

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

ОС «Бакалавр»

Тема „Розробка фільтра для неперервної очистки сироватки”

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування

Шифр ДПАПІС 25.01.00.00.000 ПЗ

Студент гр. АПс-22-2

Керівник роботи

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри ГМ та АІ



Лесько К.А.

к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

\_\_\_\_\_ 2025 р.

Хмельницький, 2025р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

ОС «Бакалавр»

Тема „Розробка фільтра для неперервної очистки сироватки”

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування

Шифр ДПАПС 25.01.00.00.000 ПЗ

Студент гр. АПс-22-2	Лесько К.А.
Керівник роботи	к.т.н., доц. Мартинюк А.В.
До захисту допускаю:	к.т.н., доц. Мартинюк А.В.
Завідувач кафедри ГМ та АІ _____	_____ 2025 р.

Хмельницький, 2025р.

## ВСТУП

На сьогодні у нашій країні не вирішена проблема раціонального використання сироватки, і це при тому, що вона містить приблизно половину сухих речовин молока. До цінних компонентів, що містяться у сироватці відносяться: білок – 0,8 - 0,9% , лактоза – 4,4 - 4,6%, жир – 0,8%. Крім цього, у сироватці знаходяться дрібні частинки творогу, сиру, казеїну, білкова пилюка.

В той же час значна кількість сироватки не переробляється, що створює навантаження на очисні споруди заводів і погіршує стан довкілля. Тому вирішення проблеми переробки сироватки має велике народногосподарське значення.

Відомі методи переробки і використання молочної сироватки згруповані в чотири основні напрямки, що перелічені нижче [1].

### I. Використання сироватки без обробки (в натуральному вигляді).

Молочна сироватка досить широко використовується при випічці хліба і хлібобулочних виробів. При цьому хліб збагачується повноцінними компонентами молока, що покращує його біологічні і смакові якості. Крім цього, введення сироватки покращує процес тістоутворення і зовнішній вигляд виробів, а також, сповільнює процес черствіння.

### II. Переробка і використання у вигляді концентратів.

Цей напрямок полягає в отриманні концентратів шляхом згущення або сушіння. Отримані концентрати мають високу харчову і біологічну цінність, а також зручні у зберіганні та транспортуванні. Маса продукту зменшується при виробництві згущених концентратів у 6-10 раз, а при виробництві сухих концентратів у 18-20 разів [3]. Концентрати нашли застосування при виробництві таких харчових продуктів як хлібобулочні і кондитерські вироби, плавлені сири, морозиво тощо.

### III. Виділення і використання найбільш цінних компонентів.

					ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Найбільш цінні компоненти молочної сироватки виділяються із сироватки і використовуються в промислових масштабах.

Одним із найважливіших для молочної промисловості компонентом сироватки є молочний жир. У даний час практично вся молочна сироватка підлягає обезжирюванню шляхом сепарації. Проблемою, яка виникає при сепаруванні, є наявність в сироватці сирної пилуки.

Білки – це найбільш цінний компонент молочної сироватки. В традиційному виробництві сиру і у виробництві казеїну сироватковий білок залишається в сироватці.

Сироватковий білок із сироватки можна виділити в натуральному вигляді, із збереженням функціональних властивостей. В цьому випадку використовуються такі процеси, як ультрафільтрація або адсорбція на частинках кремнієвої кислоти та інші.

Іншим методом є виділення білка із сироватки шляхом теплової коагуляції з наступним відстоюванням та концентрацією сепаруванням.

Серед усіх компонентів сироватки переважає лактоза (молочний цукор) – 70% маси сухих речовин. Видалення її із сироватки відбувається шляхом кристалізації лактози із перенасиченого сироваткового концентрату

#### IV. Переробка сироватки біологічним методом.

Серед біологічних методів переробки сироватки найперспективнішим є ферментативний гідроліз дисахариди лактози до моноцукрів глюкози і галактози. Практичне застосування цього процесу дозволить не тільки в значній мірі розширити сферу використання сироватки в харчових цілях, а і підвищить ефективність виробництва в цілому.

Очевидно, що наведені вище методи переробки сироватки вимагають різних технологічних процесів і машинно-апаратного оформлення. Проте кожен із вказаних методів переробки сироватки, як першу операцію, передбачає очистку сироватки від білкової пилуки – дрібних частинок сиру, сиру домашнього (творогу), казеїну. Така очистка може проводитись на ситах, сепараторах, центрифугах в одну або декілька стадій.

					ДПАПС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Найчастіше для очистки сироватки на наших підприємствах використовуються тарілкові сепаратори, оскільки вони дозволяють одночасно відділити білкову пилюку, як важку фракцію, і жир, – як легку.

Проте в процесі роботи сепаратора виникають проблеми, пов'язані із швидким забрудненням міжтарілкового простору в результаті адгезійного зчеплення білкових частинок з поверхнею тарілки. Ефективна очистка сироватки на сепараторах спостерігається на протязі всього 15-20хв.

Метою даного дипломного проекту є підвищення якості очищення сироватки та зменшення втрат цінних компонентів сироватки в процесі її переробки.

Задачею дипломного проекту є модернізація потокової лінії очистки сироватки шляхом розробки фільтра безперервної очистки сироватки.

					ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Вихідна інформація для розробки дипломного проекту

Технологічна процес виробництва на ПрАТ “Тернопільський молокозавод” здійснюється з допомогою наступних цехів та дільниць: приймально-апаратна дільниця, масло цех, творожний цех, цільномолочний цех, казеїновий цех, цех з виготовлення твердих сирів.

Завод переробляє в рік в середньому 12000 тонн молока. Виробнича програма підприємства приведена в таблиці 1.1.

Таблиця (1.1) –

### Виробнича програма ЗАТ “Тернопільський міськмолокозавод”

Найменування продукції	Маса продукції за рік, тонн
молоко пастеризоване 2,5%	2100
молоко йодоване 2,0%	1850
кефір 1%	271,56
кефір 2,5% йодований	54
ряжанка 2,5%	73,56
йогурт 2,5%	93,6
вершки 35%	13,8
сметана 20%	412,8
сметана йодована 20%	14,64
творог 9%, ваг.	97,68
творог 9%, фас.	98
творог 5%, ваг.	60
творог 2%, ваг.	28
творог н/ж ваг.	150
сир Чеддер	120
сироватка в пак.	36
сироватка ваг.	420
казеїн	70
масло	170

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Аналізуючи програму виробництва заводу треба зауважити, що основна маса сировини йде на виробництво молока пастеризованого і йодованого. Друге місце за масою у виробничій програмі займають кисломолочні продукти: кефір, сметана, творог, вершки, йогурт, ряжанка, масло. Технологічний процес виробництва цих продуктів передбачає одержання, як побічний продукт, сироватки, причому її вихід становить 90% від об'єму перероблюваного молока. В подальших технологічних процесах бере участь лише незначна частка цієї сироватки, а решта – не підлягає жодній переробці. Таким чином підприємство втрачає багато цінних компонентів, адже молочна сироватка містить 0,8 - 0,9% білка, 4,4 - 4,6% лактози та 0,8% жиру.

## **1.2. Аналіз існуючого виробництва в галузі переробки сироватки**

Основною проблемою сучасного молокопереробного виробництва є його сезонність – в зимовий період поступлення молока значно зменшуються порівняно з літнім періодом. Це не дає можливості підприємству працювати на повну потужність протягом року та приводить до простоювання технологічного обладнання.

Основною продукцією сучасних молокопереробних підприємств є сир, селянський сир, масло, пастеризоване молоко, вершки, сметана, йогурти та казеїн.

Хоча номенклатури випуску більшості молокопереробних підприємств схожі, проте технологічні процеси виробництва одних і тих самих продуктів на різних підприємствах часто дуже відрізняються, так наприклад виробництво казеїну може здійснюватися безперервним способом, або періодичним – з використання ванн ВС-5000.

Важливим побічним продуктом молокопереробної галузі є молочна сироватка. Далеко не на всіх молокозаводах добре налагоджені процеси її переробки, особливо це стосується невеликих підприємств, тому, що кількість отримуваної ними сироватки не достатня для того, щоб організувати ділянки для її переробки. Проте молочну сироватку можна використовувати і без

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки (в натуральному вигляді), наприклад при випічці хліба та хлібобулочних виробів. При цьому хліб збагачується повноцінними компонентами молока, що покращує його біологічні і смакові якості

Деякі молокопереробні заводи використовують сироватку для виробництва концентратів шляхом її згущування або сушіння. Це є один із найбільш раціональних способів збереження молочної сироватки з метою подальшого використання її цінних компонентів у виробництві харчових продуктів. Отриманий концентрат має високу харчову та біологічну цінність, може довго зберігатися та легко транспортується. Сухі та згущені концентрати найшли застосування при виробництві хлібобулочних і кондитерських виробів, плавлених сирів, морозива тощо.

Ще одним напрямом переробки сироватки є видалення і використання найбільш цінних компонентів (молочний білок, жир, лактоза). Білки – найбільш цінні компоненти сироватки, традиційним способом їх видалення є теплова коагуляція. Жири із сироватки видаляють шляхом сепарування.

Таким чином переробка сироватки має велике значення для кожного заводу, адже, одним із напрямків інтенсифікації виробництва в молочної галузі є повне і раціональне використання всіх сировинних ресурсів, в тому числі і молочної сироватки, на принципах безвідхідної технології.

### **1.3. Основні технологічні процеси, види сировини та її характеристика**

Лінія очистки сироватки складається з танка 1 (рис. 1.1.), з якого молоко з допомогою молочного насоса 2 подається в ванну 3 для виробництва творогу. У ванні молоко піддається біоенергетичному впливу в результаті чого розділяється на творог та сироватку, остання з допомогою насоса 4 перекачується в танк 5. З танка молоко подається насосом 6 на фільтр 7, в якому відбувається очистка сироватки від білкової пилюки. Очищена сироватка прямує у вирівнювальний бачок 8. з якого насосом 9 подається у сепаратор 10

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

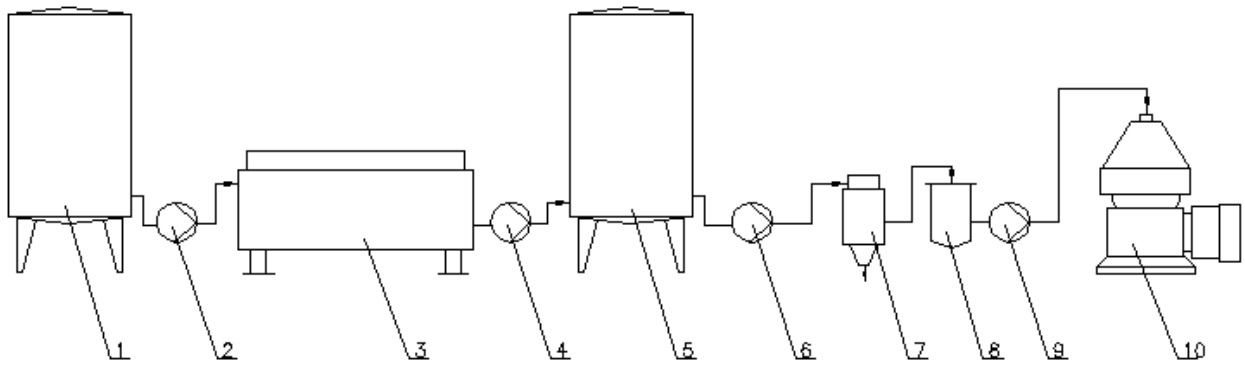


Рис.1.1. Схема лінії виробництва творогу та очистки сироватки: 1, 5-танки для зберігання молока; 2, 4, 6, 9,- молочні насоси; 3- ванна ВС-5000; 7-фільтр для очистки сироватки; 8-вирівнюючий бачок; 10-сепаратор.

Основним технологічним процесом лінії очистки сироватки є відділення жиру та білка з допомогою сепаратора. Це відділення відбувається за рахунок різниці густин вищевказаних фракцій у полі дії відцентрової сили.

Розділення відбувається в барабані сепаратора 1 (рис 1.2), який обертається з швидкістю 5000 об/хв. При такій кутовій швидкості відцентрове прискорення у сотні разів перевищує прискорення вільного падіння, чим власне і спричинена ефективність процесу сепарування у порівняння з іншими видами розділення.

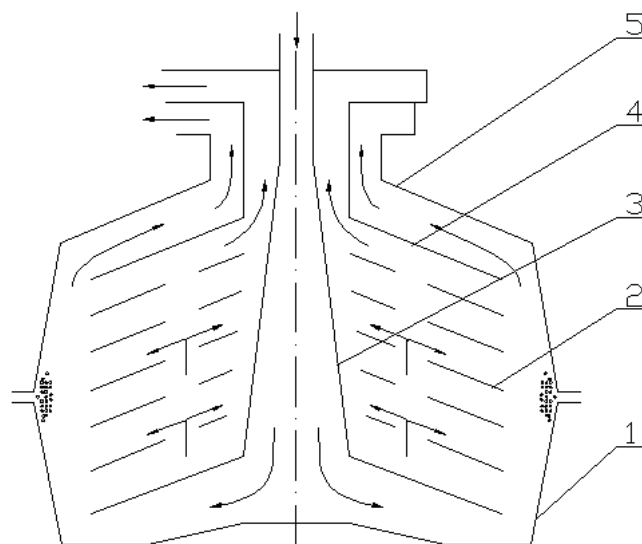


Рис.1.2. Схема технологічного процесу розділення в барабані сепаратора: 1-основа барабану; 2-тарілки сепаратора; 3-центральна труба; 4-розділююча тарілка; 8-барабан.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Тарілки сепаратора 2 мають отвори, які в сумі утворюють канали для руху і розділення молока. Радіус розміщення отворів в тарілках може бути приблизно визначений за формулою:

$$R_0 = \sqrt{\frac{\varphi R_m^2 - R_m^2}{1 + \varphi}}, \quad (1.1)$$

де  $R_0$  – радіус розташування отворів, м;

$R_m, R_0$  - відповідно малий і великий радіуси робочої частини тарілок;

$\varphi$  - об'ємне або масове співвідношення вершків і знежиреного молока на виході із сепаратора.

Сироватка в барабан подається через центральну трубу 3 під тарілотримач і по каналах піднімається вгору.

Жирова кулька буде рухатись разом з потоком вздовж конусної поверхні тарілки і під дією доцентрової сили буде прямувати до центру. Результуюча швидкість руху жирових кульок між тарілками складається із двох швидкостей: швидкості спливання  $W_c$  і швидкості потоку  $W_n$ . Швидкість спливання по мірі віддалення жирової кульки від центру зростає, оскільки при збільшенні радіуса зростає відцентрове прискорення:

$$a = 4\pi^2 \cdot n^2 \cdot R, \quad (1.2)$$

де  $a$  – відцентрове прискорення, м/с<sup>2</sup>;

$n$  – частота обертання барабану, с<sup>-1</sup>;

$R$  – біжучий радіус барабана, м.

Швидкість потоку  $W_n$  при віддаленні від осі зменшується, оскільки збільшується січення потоку. В результаті жирові кульки в між тарілковому просторі рухаються від нижньої поверхні верхньої тарілки до верхньої поверхні

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

нижньої тарілки і по ній до осі барабану. Для забезпечення відділення кульки, швидкість її руху повинна бути більша, ніж швидкість основного потоку.

#### **1.4. Техніко-економічне обґрунтування проекту.**

Метою дипломного проекту є розробка фільтра для очистки сироватки на ПрАТ “Деражнянськи молочний завод”. Щоб обґрунтувати потребу у такій модернізації проаналізуємо втрати підприємства які виникають в результаті недосконалості технологічного обладнання та незавершеності робочого циклу на молокозаводі.

В процесі своєї роботи ПрАТ “Тернопільський молокозавод” переробляє протягом року 12000 тонн молока. Якщо врахувати, що при виробництві білково-жирових концентратів (сир, сир селянський, казеїн тощо) об’єм одержуваної сироватки становить в середньому 90% від переробленого молока, то підприємство протягом року отримує тисячі тонн сироватки.

Результати проведених досліджень на ПрАТ “Тернопільський молокозавод” свідчать, що вміст білкової пилуки в сироватці, що є побічним продуктом при переробці молока, становить в середньому 3 г/л. Таким чином підприємство втрачає з кожною тонною вилитої в каналізацію сироватки біля 3 кілограм цінного молочного білка. В проекті пропонується встановити в лінію очистки сироватки фільтр, який дозволить вловити майже 80% білкової пилуки. Отже, реалізація дипломного проекту на молокозаводі дозволить повернути значну частину білка в технологічний процес.

Реалізація даного дипломного проекту відкриває перед підприємством перспективу подальшої переробки сироватки, адже будь-який із методів її переробки передбачає попередню очистку сироватки від білкової пилуки.

Ще одним плюсом є значне зменшення негативного впливу на навколишнє середовище в наслідок реалізації дипломного проекту. Адже, молочна сироватка є дуже сильним забруднювачем гідросфери, а якщо організувати на підприємстві її переробку, то викиди сироватки в навколишнє середовище можуть зменшитись практично до нуля. В цьому випадку

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

підприємство має подвійну вигоду: від реалізації продуктів отриманих при переробці сироватки та від економії на її очистці, адже затрати на очистку сироватки, що зливається в каналізацію, яку отримують на молокопереробному заводі при переробці 50 тонн молока в зміну, рівноцінні затратам на очистку стічних вод в місті з населенням 10,2 тис.чол.

Таким чином реалізація даного дипломного проекту на ПрАТ “Деражнянськи молочний завод” дасть можливість значно зменшити масу викидів в навколишнє середовище такої шкідливої речовини як молочна сироватка, і одночасно сприяє підвищенню рентабельності роботи підприємства, адже одним із напрямків інтенсифікації виробництва в молочній галузі є повне і раціональне використання всіх сировинних ресурсів, в тому числі і молочної сироватки, на принципах безвідхідної технології.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

## 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1. Загальні положення. Аналіз сучасних способів очистки сироватки

Одним із напрямків інтенсифікації виробництва в молочній галузі є повне і раціональне використання всіх сировинних ресурсів, в тому числі і молочної сироватки, на принципах безвідхідної технології.

Направлена біоенергетична дія на молоко призводить до його розділення на білково-жировий концентрат (сир, «домашній» сир, казеїн) і фільтрат (молочну сироватку). Молочна сироватка, отримана при виробництві обезжиреного сиру, селянського сиру, а також казеїну, може розглядатися як суспензія, плазму якої утворює хімічний розчин лактози і мінеральних солей разом із колоїдним розчином сироваткових білків. Дисперсна фаза утворюється за рахунок дроблення білкового згустку і називається казеїновою пилюкою.

У молочної сироватці є дві дисперсні системи: «молочний жир – плазма» і «білкова пилюка – плазма». Перша містить легкі дисперсні частинки (жирові кульки) і може розглядатися як емульсія, друга – важкі дисперсні частинки і, відповідно, є суспензією.

Таким чином, молочна сироватка являється побічним продуктом при виробництві білково-жирових концентратів. Об'єм отримуваної сироватки досягає 90% і більше від об'єму перероблюваного молока.

Однак цей побічний продукт, як показують дослідження, все ще містить деякі цінні компоненти, а саме - білок та жир.

Вміст білка в сироватці залежить від якості вихідного молока і методів його обробки. Розміри частинок білкової пилюки в сироватці коливається від 0,05 до 1,5 мм. Інтенсифікація процесів обробки без відповідної розробки конструкцій апаратів приводить до збільшення відходу білка і жиру в сироватку.

В творожній сироватці вміст білкової пилюки більший, ніж у підсирній, а в казеїновій – трохи менший, ніж в підсирній [1].

Вміст жиру в сироватці залежить також від виду продукту і технології його отримання. Дослідження показують, що не залежно від жирності підсирної сироватки найбільша кількість жирових кульок мають діаметр 1-2 мкм, а

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

основний об'єм жиру міститься в кульках діаметром 2-6 мкм [1,2]. Різкий механічний вплив з руйнуванням структури гелю, а також інтенсивне нагрівання призводять до інтенсивного відходу жиру в сироватку, в тому числі крупних жирових кульок, що понижує вихід і якість готового продукту.

Для видалення жиру із сироватки використовують відцентровий метод – сепарування. Із сироватки жир видаляти складніше, ніж із молока, що обумовлено високою дисперсністю жирових кульок і наявністю білкової пилюки. Тільки при добре організованому процесі сепарування можна досягнути в обезжиреній сироватці залишок жиру 0,05%, зазвичай він становить 0,1%.

Мінімальний радіус частинки, яка відділяється в міжтарілковому просторі, можна визначити за формулою [1]:

$$d_a = \sqrt{\frac{M}{\beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \operatorname{tg} \alpha \left( R_{\bar{o}}^3 - R_M^3 \right) \cdot \left( \frac{\rho_{\bar{o}} - \rho_c}{\mu} \right)}}, \quad (2.1)$$

При підстановці фізичних характеристик білка і сироватки [3], а також конструктивних параметрів існуючих сепараторів [1], можна встановити, що в сепараторі можна виділити частинки діаметром від 1мкм, що, в загальному, задовільняє вимоги виробництва.

Проте барабани звичайних сепараторів-вершковідділювачів швидко забиваються білковою пилюкою, з цієї причини при сепаруванні підсирної сироватки сепаратори зупиняють для очистки і мийки кожні 1,5-2 год., при сепаруванні творожної сироватки – 50-60 хв [1,4].

Таблиця (2.1) –

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

## Вміст білка та жиру в просепарованій сироватці в залежності від тривалості сепарації

Тривалість сепарації, хв.	Вміст в просипарованій сироватці, %	
	білкової пилюки	молочного жиру
5	0,05	0,03
20	0,08	0,04
40	0,1	0,05
50	0,15	0,1
60	0,3	0,3

Більшість сучасних ліній очистки сироватки аналогічні лінії, зображеній на рисунку 1.1 [5].

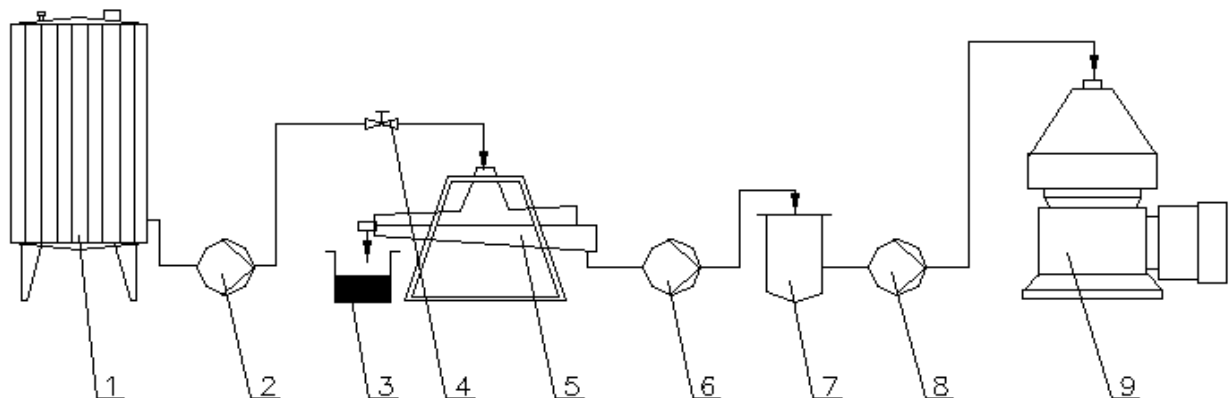


Рис.2.1. Схема лінії очистки сироватки:

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1-танк для сироватки;          | 5-вібраційне сито;      |
| 2, 6, 8-відцентрові насоси;    | 7-вирівнювальний бачок; |
| 3-ємність для білкової пилюки; | 9-сепаратор.            |
| 4-ручний регулювальний клапан; |                         |

Сироватка передається із танка для сироватки 1 на вібраційне сито 5 з допомогою відцентрового насоса 2. Відділена білкова пилюка вивантажується у ємність 3. Розміщений далі відцентровий насос 6 передає частково очищену сироватку у вирівнювальний бачок 7. Третій відцентровий насос 8 передає сироватку в сепаратор 9.

Проте така установка має недоліки. Вібраційні сита дозволяють відділити від 30 до 60% сирної пилюки, що міститься в сироватці, в залежності від продуктивності сита, концентрації сирної пилюки на вході і її характеру. Решта сирної пилюки подається в сепаратор, а це призводить до швидкого накопичування осаду на тарілках сепаратора, і як наслідок – зменшення ефективності сепарування.

Сироватка також має схильність до “піноутворення”, а при використанні сита відбувається додаткове поступлення повітря в продукт. Якщо сироватка перекачується безпосередньо із збірника сита в сепаратор, то виникають проблеми із піноутворенням, що призводить до необхідності включати проміжні цикли миття в виробничий цикл.

Ефективність установки можна підвищити, включивши повне обезшамлювання у час виробництва [6].

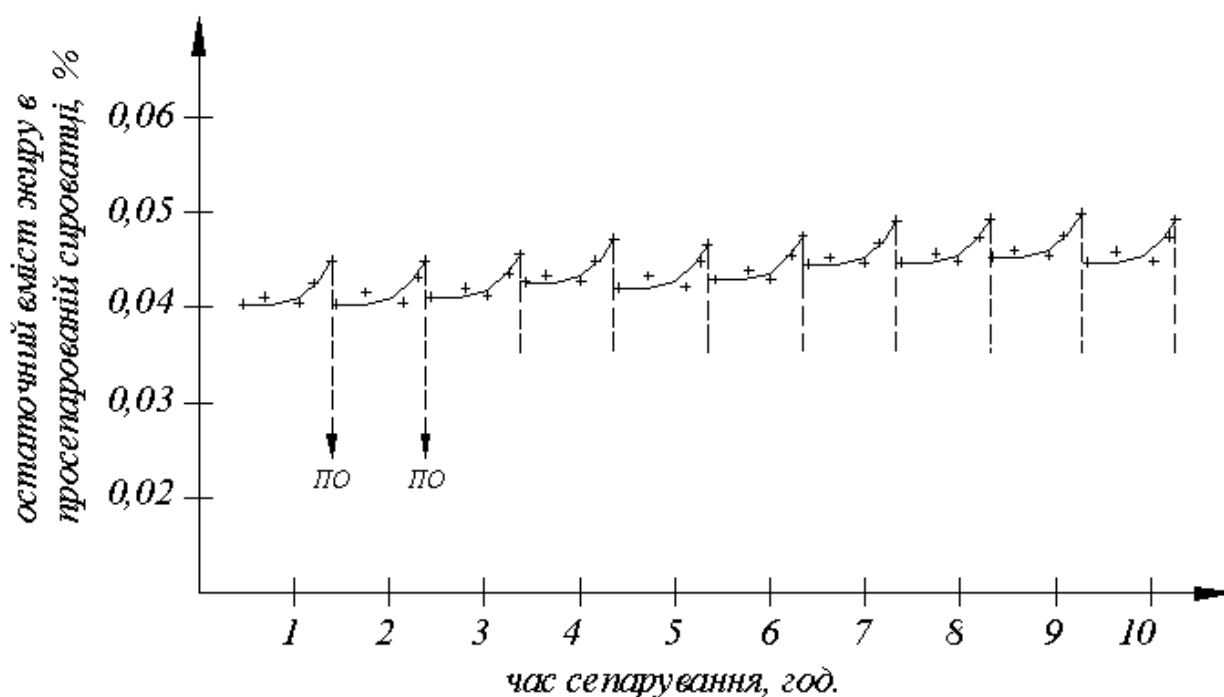


Рис.2.2. Остаточний вміст жиру в просепарованій сироватці в залежності від часу сепарування і використання повного обезшамлювання.

Криву остаточного вмісту жиру можна оптимізувати шляхом регулювання швидкості подачі в сепаратор, а також вибором найбільш відповідного набору тарілок.

Для того, щоб остаточний вміст жиру в сироватці був оптимально низьким і залишався постійним на протязі всього виробничого циклу без необхідності проміжних мийок, важливо використовувати очищувачі сироватки.

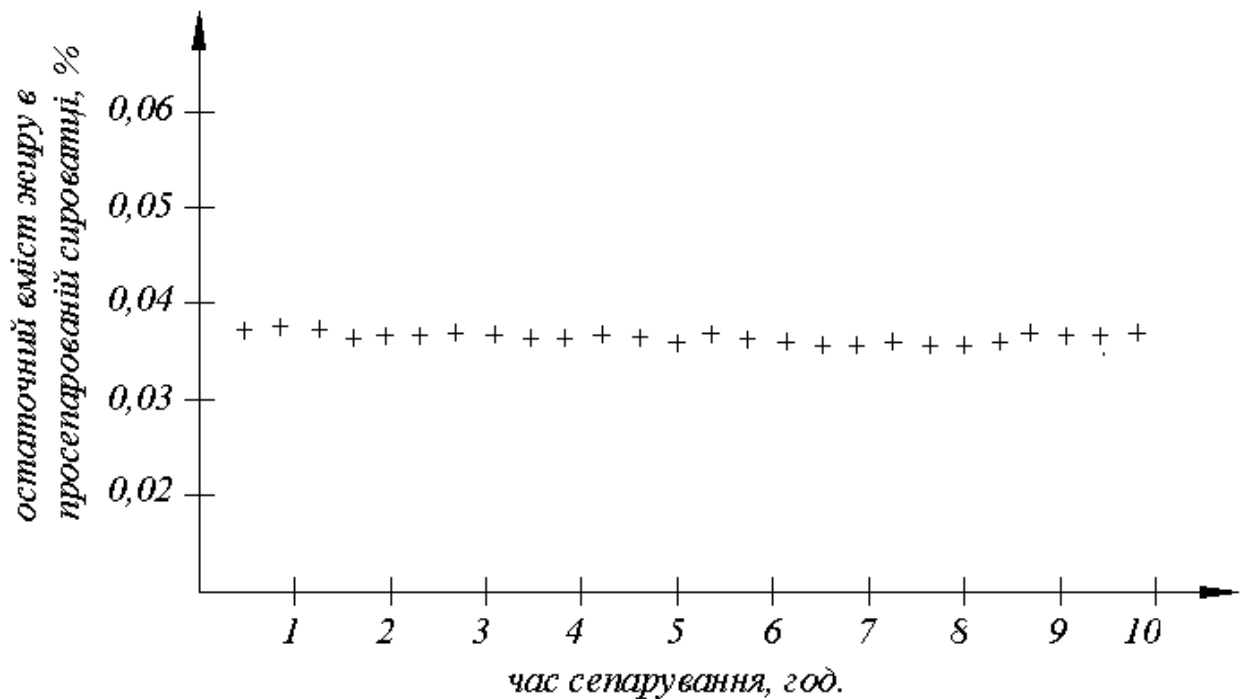


Рис.2.3. Остаточний вміст жиру в просепарованій сироватці в залежності від часу при використанні очищувача.

При переробці сироватки потрібно враховувати, що вміст жиру в сирій сироватці може значно коливатися. Це ускладнює регулювання вмісту вершкового жиру. Для того, щоб цього уникнути можна використовувати систему регулювання вершків. Ця система знаходиться в робочому режимі тільки в тому випадку, коли концентрація вершків недопустимо висока.

Важливу роль при очищенні сироватки відіграє її температура. Слід відмітити, що температура нижче 25°C, як правило, не підходить, так як в такому випадку можуть виникнути проблеми із в'язкістю вершків. Якщо необхідно відрегулювати більш високий вміст жиру у вершках, то температуру продукту потрібно підбирати відповідно, наприклад, у випадку вмісту жиру у вершках понад 40% бажано підтримувати температуру, що перевищує 35°C.

Не менш важливим є рН сирової сироватки, так як в'язкість вершків збільшується із зменшенням рН. Якщо можливо, температура не повинна перевищувати 40°C.

Для очистки сироватки використовують центрифуги та сепаратори. Для обережного поводження з продуктом були розроблені очищувачі з вводом слабого потоку, частково для передачі чутливої сирної пилуки в непошкодженому вигляді в камеру центрифугування.

## 2.2. Методи дослідження вмісту білкової пилуки в сироватці

Існує кілька основних методів вимірювання вмісту білкової пилуки. Найбільш швидким із них є метод центрифугування в лабораторній центрифугі. Суть методу полягає в тому, що сироватка центрифугується на протязі 9 хв. зі швидкістю 3500 об/хв., або на протязі 5 хвилин зі швидкістю 6000 об/хв. [1,6,7]. Принцип дії лабораторної центрифуги зображений на рис. 2.4.

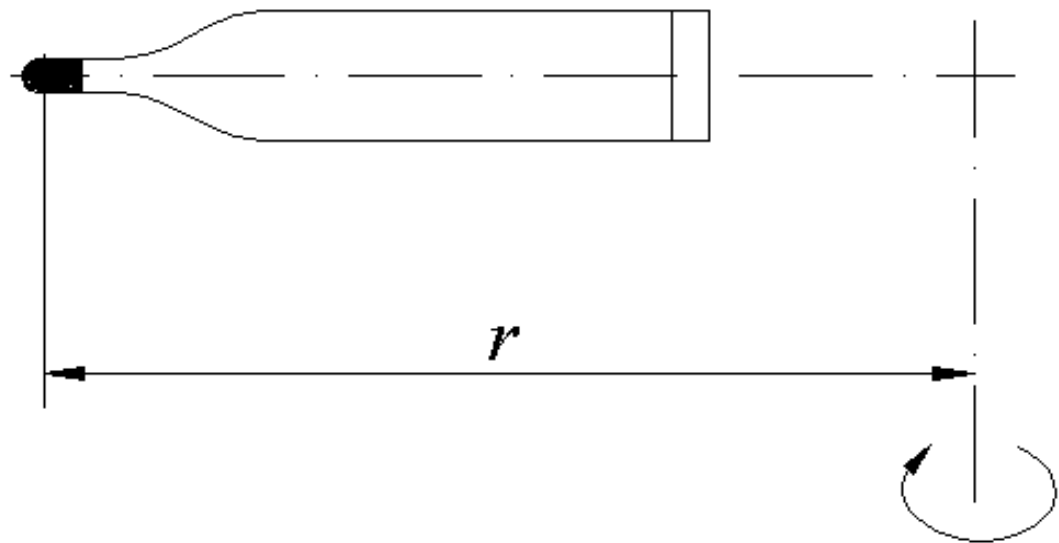


Рис. 2.4. Принципова схема лабораторної центрифуги ( $r = 140\text{мм}$ ).

Другим методом визначення вмісту білкової пилуки в сироватці є метод промивання. Він складається з наступних кроків [5]:

- 1) 100 мл сироватки заливається в пробірку;

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- 2) проба центрифугується на протязі 5 хвилин (3 хв.) з швидкістю 3000 об/хв.(6000 об/хв.);
- 3) рідина зливається;
- 4) пробірка знову заповнюється до 100 мл. Дистильованою водою і знову центрифугується. Процес промивання здійснюється за рахунок турбулентності, що створюється шляхом направлення дистильованої води на осад;
- 5) кроки 2 - 4 виконуються 5 разів;
- 6) після зливу рідини в останнє осад викладають в посудину. Осад вимивається із пробірки і додають до осаду в посудині.
- 7) визначають суху речовину осаду;

Наступним методом є фільтрування через фільтрувальний папір. Проби для фільтрування потрібно відбирати з інтервалом часу 3-5 хв. (у випадку періодичного виробництва проби відбирають під час зливу ванни). Кожну порцію сироватки потрібно профільтрувати через фільтрувальний папір і визначати масу сухої білкової пилуки по ГОСТ 3626-73 «Методы определения содержания влаги и сухого вещества». Щоб наблизити умови до виробничих можна фільтрувати сироватку через шари марлі (проби відбираються аналогічно як і у попередньому випадку).

### 2.3 Результати дослідження вмісту білкової пилуки в сироватці

Для проведення досліджень були вибрані наступні методи визначення вмісту білкової пилуки в сироватці: центрифугування, фільтрування через фільтрувальний папір та фільтрування через шари марлі.

Дослідження проводили на прикладі двох молокопереробних підприємств нашої області: ПрАТ “Тернопільський молокозавод” та ЗАТ “Старокостянтинівський маслозавод”.

Метою проведених досліджень було вдосконалення методів очистки сироватки від сирної пилуки перед наступною її переробкою. Частковою задачею даних досліджень було встановлення кількості білкової пилуки, що одержується в процесі виробництва сиру домашнього і казеїну.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На ПрАТ “Тернопільський молокозавод” домашній сир виготовляють періодичним способом з використанням сирних ванн ВС-5000, а казеїн - на лінії безперервного виробництва. Результати дослідів на цьому підприємстві представлені в таблиці 2.2.

Таблиця (2.2) –

**Результати дослідів на ПрАТ “Тернопільський молокозавод”**

Метод визначення вмісту білкової пилуки	Вміст білкової пилуки, г/л	
	творожна сироватка	казеїнова сироватка
Фільтрування через фільтрувальний папір	3,95	1,92
Фільтрування через шари марлі	3,13	1,56
Центрифугування	4,2	2,15

На ЗАТ “Старокостянтинівський маслозавод” досліді проводились на казеїновій сироватці методом фільтрування через фільтрувальний папір. Казеїн тут виготовляють періодичним способом. Результати дослідів представлені на рис. 2.5.

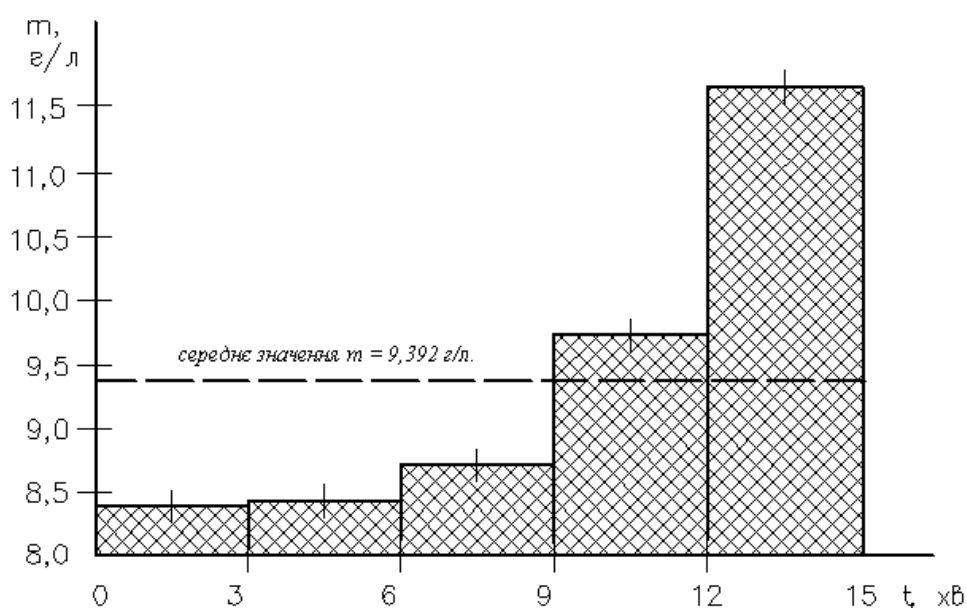


Рис. 2.5. Розподіл білкової пилуки в сироватці протягом часу зливу ванни

Як видно з діаграми мінімальний вміст білкової пилюки спостерігається на початку зливу сироватки, а максимальний – в кінці. Середній вміст сирної пилюки становить 9,392 г/л. Таким чином, тільки при завершенні технологічного циклу з однієї ванни (15т. перегону) втрачається понад 100 кг. маси.

#### 2.4. Визначення розмірів частинок білка

Вище описані досліді проводились різними шляхами – фільтрування через фільтрувальний папір, фільтрування через шари марлі та центрифугування. Це дає нам можливість встановити процентне співвідношення частин білка різних розмірів.

Припускаємо, що фільтрування через шари марлі дозволяє вловити всі частинки розміром більше 0,5мм, а центрифугування – всі частинки розміром більше 0,001мм. Також припускаємо, що фільтрування через фільтрувальний папір дозволяє відділити всі частинки білка із сироватки. Тоді:

- масова частка частинок білка розміром більше 0,5мм:

$$W_{0,5} = \frac{M_m}{M} \cdot 100\% , \quad (2.1)$$

де  $M_m$  – маса білка вловленого шляхом фільтрування через шари марлі, г/л;

$M$  – загальна маса білка в сироватці, г/л;

$$W_{0,5} = \frac{3,13}{4,2} \cdot 100\% = 74,5\%$$

- масова частка частинок білка розміром більше 0,001мм:

$$W_{0,01} = \frac{M_{\phi}}{M} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

де  $M_{\phi}$  - маса білка вловленого шляхом фільтрування через фільтрувальний папір, г/л;

$$W_{0,01} = \frac{3,95}{4,2} \cdot 100\% = 94\% ;$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- масова частка частинок білка розміром від 0,001 до 0,5мм:

$$W_{0,01-0,5} = 94 - 74,5 = 19,5 \%$$

- масова частка частинок білка розміром менше 0,001мм:

$$W_{0-0,01} = 100 - 94 = 6 \%$$

Результати обчислень подані у вигляді діаграми (рис 2.6).

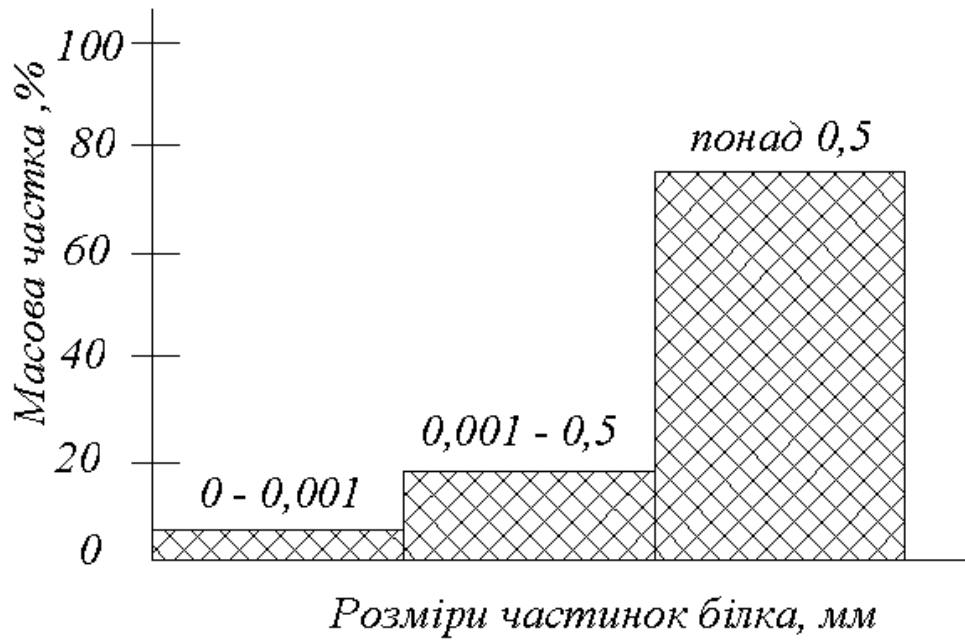


Рис. 2.6. Процентне співвідношення частинок білка різних розмірів.

### 2.5. Розробка заходів по удосконаленню лінії очистки сироватки

Пропонується на ПрАТ “Тернопільський молокозавод” встановити лінію очистки сироватки, як продовження лінії виробництва творогу (рис.2.7).

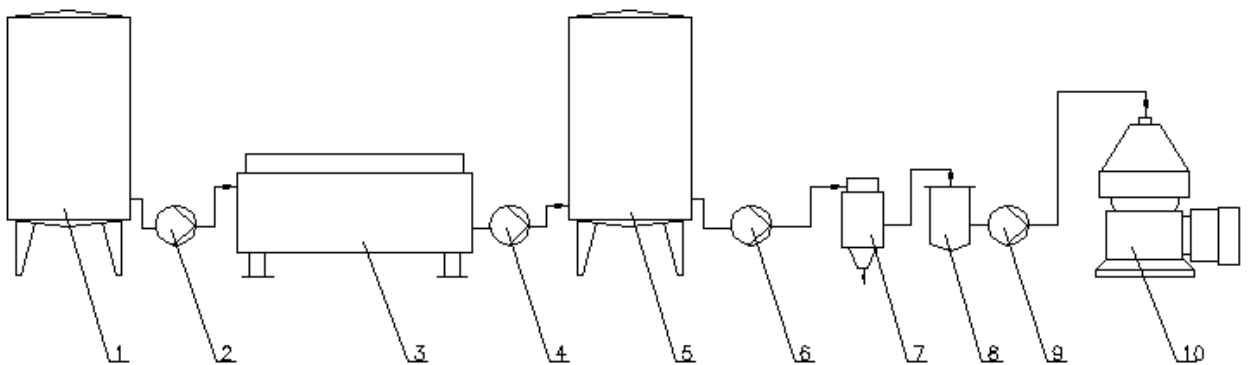


Рис. 2.7. Схема лінії виробництва творогу та очистки сироватки: 1, 5-танки для зберігання молока; 2, 4, 6, 9,- молочні насоси; 3- ванна ВС-5000; 7-фільтр для очистки сироватки; 8-вирівнюючий бачок; 10-сепаратор.

Очистку сироватки пропонується проводити на сепараторі А1-ОХС оскільки він дозволить одночасно відділити білкову пилуку, як важку фракцію, і жир, – як легку

Схема руху фракцій під час розділення в міжтарілковому просторі сепаратора показана на рисунку 2.8.

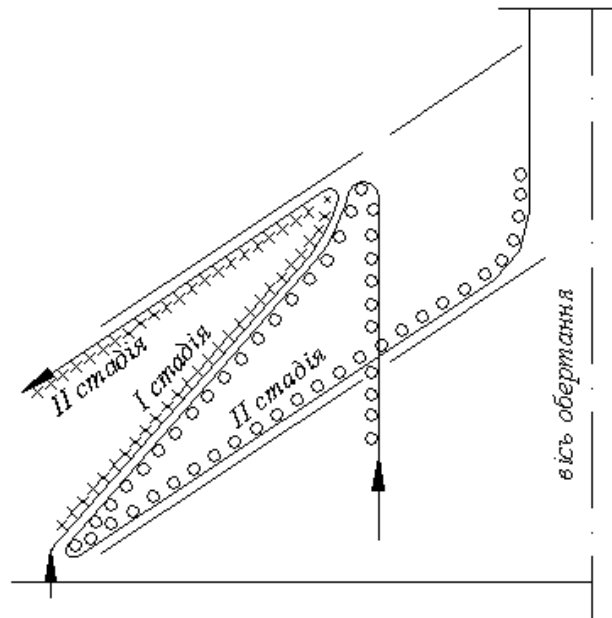


Рис. 2.8. Схема руху фракцій в міжтарілковому просторі сепаратора: о – легка фракція (жир); + – важка фракція (білкова пилука).

Проте в процесі роботи виникають проблеми, пов'язані із швидким забрудненням міжтарілкового простору в результаті адгезійного зчеплення білкових частинок з поверхнею тарілки, і як наслідок - очистка сироватки на сепараторах спостерігається на протязі всього 50-60 хв. Пропонується два шляхи подолання цієї проблеми: встановлення батареї фільтрів очистки сироватки та модернізація барабана сепаратора А1-ОХС.

### 2.5.1 Встановлення фільтра для очистки сироватки.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що значну частину білкової пилуки можна відділити, використовуючи фільтри. Це дозволить повернути білкову пилуку у виробничий процес, що знизить витрати сировинних ресурсів та навантаження на сепаратори.

Фільтр для очищення сироватки складається з циліндричного корпусу 1 (рис 2.9), у який сироватка подається через патрубок 2, проходить через

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

фільтруючий елемент 6 і виводиться через патрубок 3. Білок, що осів на фільтруючому елементі, транспортується шнеком 4, який розміщений у направляючому стакані 5. Регенерація фільтруючого елемента здійснюється гвинтовою навивкою 7, яка кріпиться до вала шнека за допомогою перемичок хоча б в одному місці, і виконана у вигляді сталльної смужки з прикріпленими до неї окремими гнучкими елементами, які безпосередньо контактують з фільтруючою поверхнею.

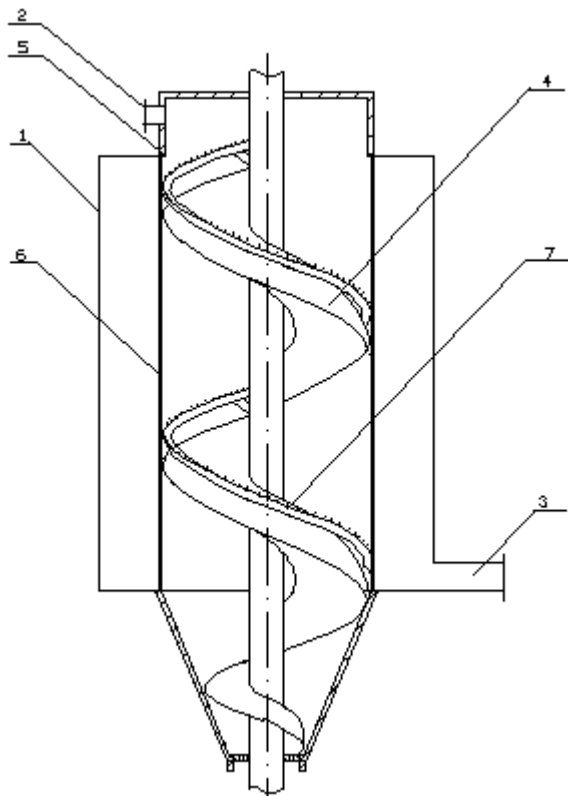


Рисунок 2.9. - Фільтр для очистки сироватки:  
1-циліндричний корпус; 2,3-патрубки вводу і виводу сироватки; 4-шнек; 5-направляючий стакан; 6-фільтруючий елемент; 7-гвинтова навивка

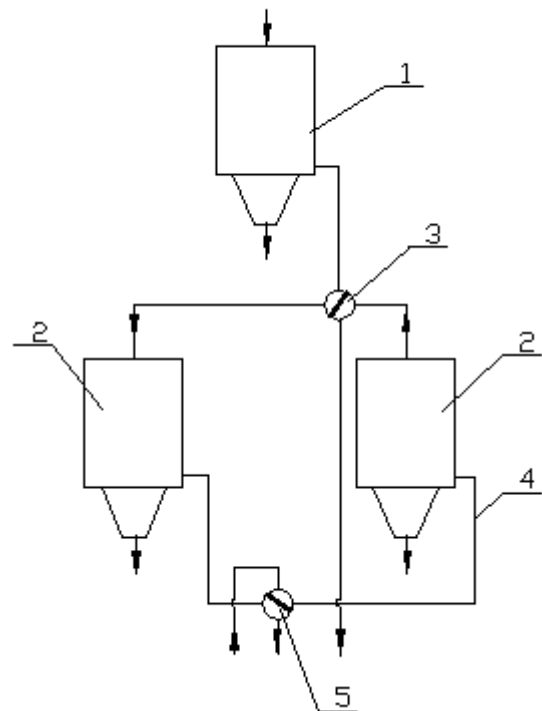


Рисунок 2.10. - Схема батареї фільтрів:

1-фільтр грубої очистки; 2-фільтри тонкої очистки; 3,5-золотники; 4-трубопроводи

В даному фільтрі, на відміну від вібраційних сит, відбувається постійна регенерація фільтруючої поверхні шляхом очистки її гнучкими елементами.

Фільтр є закритим, тобто контакт з повітрям виключений, що покращує процес подальшої переробки.

Для ефективнішої очистки сироватки доцільно встановити батарею фільтрів (рис. 2.10): після фільтра грубої очистки 1 сироватка поступає через золотник 3 на один із фільтрів тонкої очистки 2. В фільтрах тонкої очистки передбачено регенерацію фільтруючої поверхні шляхом імпульсної подачі сироватки протитечією через золотник 5.

Очистка сироватки від білкової пилюки значно покращить умови її сепарування.

Використання фільтра запропонованої конструкції дозволить ефективно очистити сироватку від білка, проводити регенерацію фільтруючої поверхні і унеможливити поступлення повітря в сироватку.

#### 2.5.2 Модернізація барабана сепаратора А1-ОХС

Другим шляхом подолання проблеми пов'язаної із налипанням білкової пилюки на тарілки сепаратора є модернізація самого сепаратора.

В процесі роботи сепаратора А1-ОХС сироватка в барабан подається по центральній трубі 4 (рис 2.11.). Сироватка проходить по під тарілотримач 6 і потрапляє в барабан сепаратора. Відділення жиру із сироватки відбувається в секції розділення 3, де в полі дії відцентрової сили сироватка рухається до периферії барабана, а жирові кульки – до його центру. Це розділення відбувається в зазорах між тарілками секції розділення, і якщо сироватки містить білкову пилюку, то в наслідок адгезійної сили відбувається налипання білкової пилюки на тарілки. Для того щоб цього уникнути білкова пилюка із сироватки повинна відходити до периферії барабана скоріше ніж сироватка потрапить в секцію розділення. Отже, потрібно максимально підвищити вплив відцентрової сили порівняно з іншими силами.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

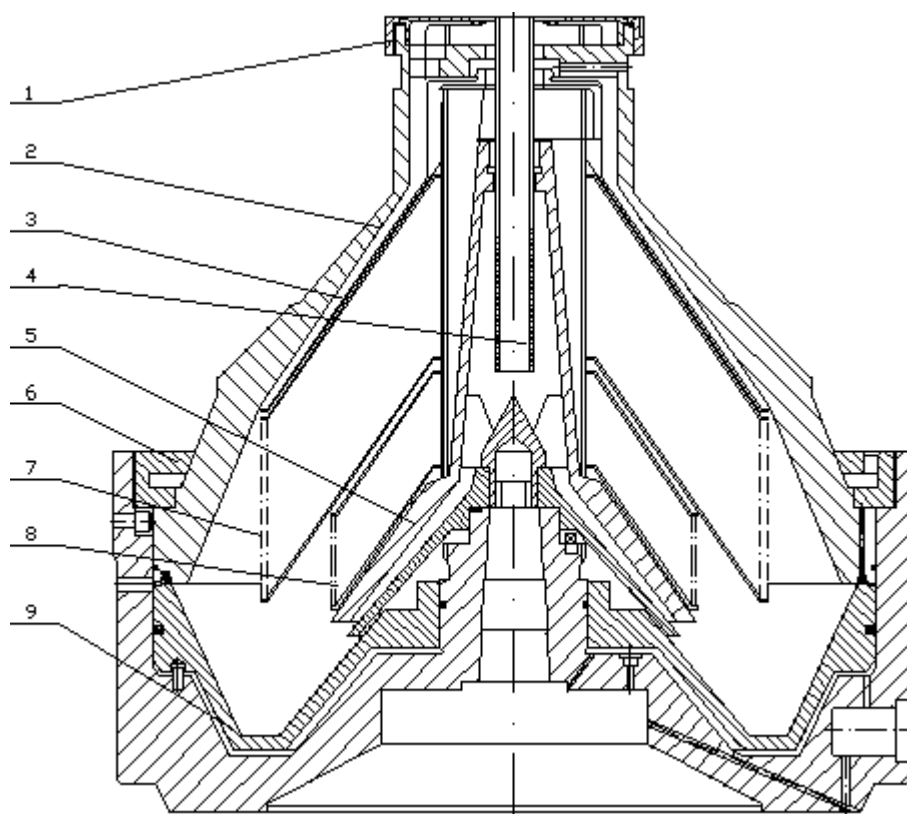


Рис. 2.11. – Барабан сепаратора А!-ОХС

1-мала зажимна гайка; 2-кришка барабана; 3-розділююча тарілка; 4-центральна труба; 5-тарілотримач; 6-велика зажимна гайка; 7-секція розділення; 8-секція освітлення; 9-поршень барабана, 10-вал.

З цією метою пропонується збільшити зазор між тарілотримачем 82 (ДП ОХВ 15.07.00.00.00о СК) та конусом 11. Це призведе до збільшення перерізу, а отже, і до зменшення швидкості руху сироватки в просторі під тарілотримачем. Фіксувати тарілотримач на певній висоті над конусом пропонується з допомогою ребер 12.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

## Висновки до розділу

Результати проведених досліджень свідчать, що ПрАТ “Тернопільський молокозавод” має значні втрати сировинних ресурсів (білка) в наслідок недосконалості технологічних процесів, а також в результаті незавершеності технологічного циклу (молочна сироватка практично не використовується).

Запропоновані шляхи вирішення цієї проблеми дозволять значно підвищити рентабельність виробництва створивши умови для подальшої переробки сироватки.

Використання фільтра запропонованої конструкції дасть можливість повернути в технологічний процес значну частину білка та значно покращить умови сепарування сироватки.

Вище описана модернізація сепаратора А1-ОХС дозволить, без використання допоміжних очисних пристроїв в лінії очистки сироватки, подолати проблему пов'язану із налипанням білкової пилюки на тарілки сепаратора.

При організації промислової переробки сироватки крім економічної вигоди важливе значення має питання про охорону навколишнього середовища. Адже одна тонна молочної сироватки вилита в стічні води, забруднює водойму так само, як 100 м<sup>3</sup> господарсько-побутових вод. Затрати на очистку сироватки, що зливається в каналізацію, яку отримують на молокопереробному заводі при переробці 50 тонн молока в зміну, рівноцінні затратам на очистку стічних вод в місті з населенням 80 тис.чол. Таким чином, встановлення на ПрАТ “Тернопільський молокозавод” лінії очистки сироватки має не лише економічне, а і екологічне значення.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

### 3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Технологічні розрахунки запропонованого фільтра для очистки сироватки та модернізованого сепаратора А1-ОХС

##### 3.1.1. Визначення частоти обертання шнека фільтра

Для нормальної роботи фільтра потрібно, щоб максимальна товщина осаду на фільтруючому елементі не перевищувала 0,5 мм. [5]. Це буде можливим лише за умови, що регенерація фільтруючої поверхні проводиться до того, як товщина шару осаду досягне максимально допустимого значення. Оскільки регенерація фільтруючої поверхні здійснюється шнеком, то розрахуємо потрібну частоту обертання вала шнека за формулою [1]:

$$n = \frac{60000 \cdot G \cdot C_6}{b_{\max} \cdot \pi \cdot d \cdot h \cdot \rho} = \frac{60000 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 3,13}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot 1055} = 2,7 \text{ об/хв}, \quad (3.1)$$

де  $b_{\max}$  – товщина максимально допустимого шару осаду на фільтруючому елементі, мм [1];

$d$  – внутрішній діаметр барабана фільтра, м [1];

$h$  – висота барабана фільтра, м [1];

$\rho$  – густина молочного білка, кг/м<sup>3</sup> [1];

$G$  – продуктивність фільтра, м<sup>3</sup>/с [ розділ 2 ];

$C_6$  – масова частка білка в сироватці [ розділ 2 ].

Отже, ефективну роботу фільтра забезпечить частота обертання шнека 2,7 об/хв

##### 3.1.2. Визначення продуктивності сепаратора А1-ОХС

Основним технологічним параметром сепаратора А1-ОХС є його продуктивність. Теоретична продуктивність сепаратора визначається за формулою [1]:

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$M = 16500 \cdot \beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) \cdot (R_{\zeta}^3 - R_M^3) \cdot \left( \frac{\rho_M - \rho_{\text{ж}}}{\mu} \right) \cdot d_{\text{ж}}^2$$

де  $d_{\text{ж}} := 1.1 \cdot 10^{-6}$  (м) - розрахунковий діаметр жирової кульки [

$\beta := 0.48$  - технологічний к.к.д. сепаратора [ ];

$n := 84$   $\text{с}^{-1}$  - частота обертання барабана;

$z := 61$  - число тарілок розділюючого пакету;

$\alpha := \frac{55 \cdot \pi}{180}$   $\alpha = 0.96$  (рад) - кут підйому твірної тарілки;

$R_{\zeta} := 0.206$  (м) - великий радіус тарілки;

$R_M := 0.066$  (м) - малий радіус тарілки;

$\rho_M := 1040$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) - густина сироватки;

$\rho_{\text{ж}} := 910$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) - густина жиру

$\mu := 1.06 \times 10^{-3}$  ( $\text{Па} \cdot \text{с}$ ) - динамічна в'язкість сироватки.

$\mu := 1.06 \times 10^{-3}$  ( $\text{Па} \cdot \text{с}$ ) - динамічна в'язкість сироватки

Підставимо ці значення у формулу для знаходження продуктивності сепаратора:

$$M := 16500 \cdot \beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) \cdot (R_{\zeta}^3 - R_M^3) \cdot \left( \frac{\rho_M - \rho_{\text{ж}}}{\mu} \right) \cdot d_{\text{ж}}^2 \quad M = 6.108 \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

Отримане значення продуктивності дещо перевищує паспортне ( $M=5000$ об/хв.) [ ], що зумовлено не врахованими у даній формулі втратами.

### 3.1.3. Визначення напору сепаратора

Напір сепаратора визначаємо за формулою:

$$H = 190 \cdot \frac{M \cdot v}{3600 \cdot h^3 \cdot z \cdot 9.81 \cdot \cos(\alpha)} \cdot \ln \left( \frac{R_{\zeta}}{R_M} \right)$$

де  $h := 0.0004$  (м) - товщина потоку рідини;

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\nu := 1.05 \times 10^{-6}$  (м<sup>2</sup>/с) - кінематична в'язкість сироватки при температурі сепарування [ ].

$$H := 190 \cdot \frac{M \cdot \nu}{3600 \cdot h^3 \cdot z \cdot 9.81 \cdot \cos(\alpha)} \cdot \ln\left(\frac{R_{\zeta}}{R_M}\right) \quad H = 17.538 \quad (\text{м})$$

3.1.4. Визначення режиму течіння рідини при розділенні в сепараторі А1-ОХС.

Важливим показником роботи сепаратора є режим руху сироватки в його міжтарілковому просторі, для нормального перебігу процесу сепарування потрібно, щоб він був ламінарним, тобто, щоб критерій Рейнольда не перевищував 3220.

В сепараторах режим руху визначається за формулою:

$$Re = \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_x}$$

де  $R_x := R_M \dots R_{\zeta}$  біжучий радіус тарілки, м.

У верхній частині тарілки:

$$Re_B := \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_M} \quad Re_B = 127.818$$

У нижній частині тарілки:

$$Re_H := \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_{\zeta}} \quad Re_H = 40.952$$

В обох випадках режим ламінарний.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

### 3.2. Розробка кінематичної схеми фільтра для очистки сироватки

Кінематична схема розробляється при проектуванні чи конструюванні нової або модернізації існуючої машини. Вона є вихідним документом для кінематичного чи силового розрахунку.

Кінематична схема фільтра для очистки сироватки зображена на рис. 3.1.

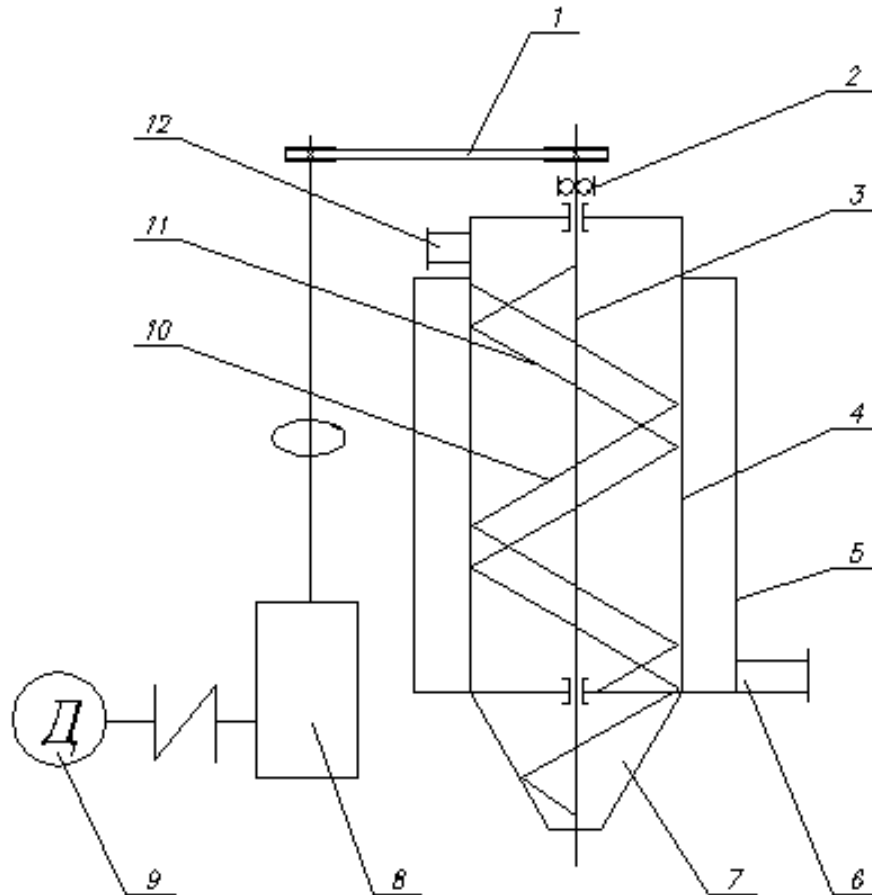


Рис. 3.1. Кінематична схема фільтра для очистки сироватки

Сироватка у фільтр подається через патрубок 12, проходить через фільтруючий елемент 4 і виводиться через патрубок 6. Блок, що осів на фільтруючому елементі, транспортується шнеком 11. Регенерація фільтруючого елемента здійснюється гвинтовою навивкою 10. Вал шнек 3 приводиться в рух від електродвигуна 9 через редуктор 8 та пасову передачу 1.

Частота обертання вала шнека становить 2,7 об/хв. [ пункт 3.1]

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### 3.3. Розробка конструкції сепаратора А1-ОХС

#### 3.3.1. Вибір структурної схеми сепаратора А1-ОХС.

По принципу дії сепаратор відноситься до обладнання з механічним приводом. Робочий орган – барабан, кріпиться на валу і здійснює обертний рух.

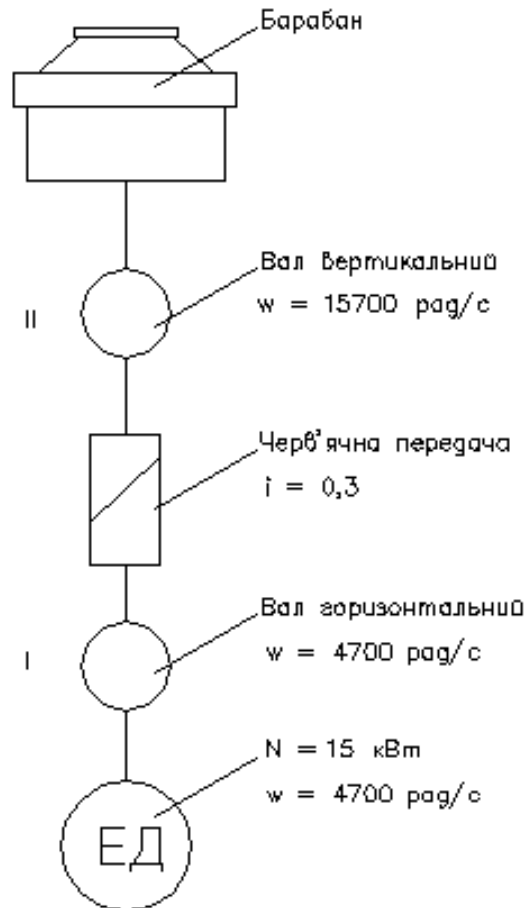


Рис. 3.2. Структурна схема сепаратора

Барабан жорстко закріплений на вертикальному валу сепаратора, який отримує обертний момент від електродвигуна через горизонтальний вал та черв'ячну передачу з передаточним числом 0,3.

Кутова швидкість вертикального вала становить 15700 рад/с. Горизонтальний вал обертається з кутовою швидкістю 4700 рад/с., за рахунок електродвигуна потужністю 15 кВт.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### 3.3.2 Розробка кінематичної схеми сепаратора А1-ОХС

Кінематична схема являє собою плоске або просторове зображення механізмів і ланок машини.

Кінематична схема дає уявлення про порядок приєднання і взаємозв'язок вузлів машини, розподілення потоків енергії, кінематичних зв'язків елементів машини тощо.

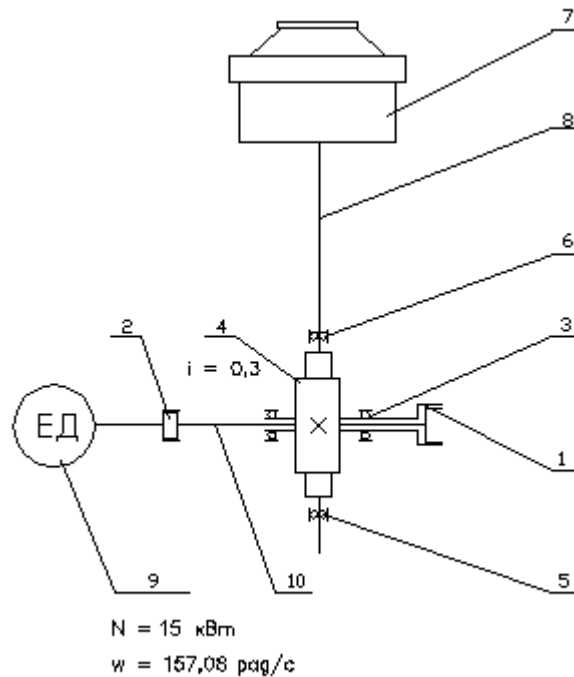


Рис. 3.3. Кінематична схема сепаратора А1-ОХС

Кінематична схема сепаратора А1-ОХС містить електродвигун 9 (рис. 3.3), від якого обертовий рух передається через горизонтальний вал 10 з муфтою 2 до вертикального вала 8 через зубчасту черв'ячну передачу 4 з передаточним відношенням 0,3. на вертикальному валі жорстко закріплений барабан 7.

### 3.3.3 Опис конструкції і принципу дії сепаратора А1-ОХС

Сепаратор розділювач-освітлювач з відцентровим автоматичним, періодичним вивантаженням осаду А1-ОХС призначений для сепарування

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

сироватки з метою видалення жиру та казеїнової пилуки і очистки від механічних забруднень.

Сепаратор А1-ОХС складається (лист ДП ОХВ 15.07.00.00.000 СК) із наступних основних вузлів: станини, привідного механізму, барабану, приймально-вивідного пристрою і гідровузла. Обертання барабана 74 сепаратора здійснюється від фланцевого електродвигуна через фрикційно-відцентрову муфту і швидкохідну гвинтову пару. Основною особливістю барабана є наявність подвійного пакету тарілок: нижнього – освітлюючого 15 і верхнього – розділюючого 86.

Барабан працює за принципом часткового розвантаження шляхом пульсації поршня 76, що знаходиться в середині барабану. Герметизація розвантажуючої щілини 81 здійснюється притиском поршня до ущільнючого капронового кільця 16 кришки барабана 85.

Гідровузол сепаратора призначений для подачі буферної води до рухомих вузлів барабану, що забезпечують вивантаження осаду. Вода подається до гідровузла під необхідним тиском з допомогою гідросистеми у визначений час, в необхідній кількості і на визначений період часу.

Часткове розвантаження здійснюється через встановлені проміжки часу без припинення подачі продукту. В гідросистемі передбачене також повне розвантаження барабана, яке здійснюється в кінці роботи.

Виділення із сироватки жиру та білкової пилуки відбувається в барабані сепаратора. Барабан складається з основи 75 та кришки 85, яка кріпиться до основи з допомогою великої затяжної гайки 14. Сироватка подається в барабан з допомогою центральної труби 9, потім вона йде по під тарілотримач 81 і попадає в поле дії відцентрової сили. Отвори в тарілках 87 утворюють канали, по яких рухається сироватка. Під дією відцентрової сили сироватка, як більш важка фракція, рухається до периферії барабана, а жир – до центру. Обидві фракції піднімаються в верхню частину барабана і виводяться приймально-вивідним пристроєм 4. вершки виводяться через

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

патрубок 6, а сироватка через патрубок 97. для контролю за тиском встановлений манометр 1.

Приймально-вивідий пристрій кріпиться до кожуха 88 болтами 93.

В верхній частині барабан є мала затяжна гайка 92, що закриває барабан. Барабан жорстко встановлений на конусній частині вала вертикального 36 сепаратора. Вал обертається в підшипниках 67 та 39 зрівноважений амортизаторами 28. На вертикальному валу кріпиться черв'як 37, що перебуває в зачепленні з черв'ячним колесом 51, яке кріпиться на горизонтальному валу сепаратора. До станини 62 кріпиться тахометр 57, який здійснює контроль за частотою обертання.

В нижній частині станини розміщено оглядове вікно 50 та пробка для зливу мастила 47. Вузол барабана до станини кріпиться з допомогою болтів 33, герметичність з'єднання забезпечується ущільненням 32.

Станина до фундаменту кріпиться з допомогою опор 45.

### 3.3.4. Кінематичні і динамічні розрахунки основних вузлів сепаратора А1-ОХС

Розрахуємо основні параметри кінематичної схеми сепаратора розділювача А1-ОХС. Попередньо підбираємо електродвигун типу 4А160S4 виконання М301 потужністю 15 кВт із частотою обертання 1500 об/хв. Електродвигун працює при напрузі в мережі 220; 380 В та частоті струму 50 Гц [ ].

Кутова швидкість електродвигуна [1]:

$$\omega_{e.d.} = \frac{1500 \cdot \pi}{30} = 157,08 \text{ (рад/с)}. \quad (3.3)$$

Кутова швидкість обертання горизонтального вала рівна кутовій швидкості яку розвиває електродвигун:

$$\omega_{z.v.} = \omega_{e.d.} = 157,08 \text{ (рад/с)}.$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Обчислимо кутову швидкість обертання вертикального вала, врахувавши, що передаточне відношення черв'ячної передачі складає 0,3:

$$\omega_{в.в.} = \frac{\omega_{з.в.}}{i} = \frac{187,08}{0,3} = 523,3 \text{ (рад/с)}. \quad (3.4)$$

Оскільки барабан жорстко закріплений на вертикальному валу, то кутова швидкість обертання барабана рівна кутовій швидкості обертання вертикального вала:

$$\omega_{\sigma} = \omega_{в.в.} = 523,3 \text{ (рад/с)}. \quad (3.5)$$

Розрахуємо потужність і моменти на валах.

ККД підшипників складає:  $\eta_{підш} = 0,98$ .

ККД черв'ячної передачі:  $\eta_{ч.п.} = 0,7$ .

Потужність електродвигуна  $P = 15$  кВт.

Потужність на горизонтальному валі рівна потужності електродвигуна:

$$P_{з.в.} = P_{е.д.} = 15 \text{ кВт}.$$

Крутний момент на горизонтальному валу складає:

$$T_{з.в.} = \frac{1000 \cdot P_{з.в.}}{\omega_{з.в.}} = \frac{1000 \cdot 15}{157,08} = 95,5 \text{ н} \cdot \text{м}. \quad (3.6)$$

Потужність на вертикальному валу:

$$P_{в.в.} = P_{з.в.} \cdot \eta_{ч.п.} \cdot \eta_{підш} = 15 \cdot 0,98 \cdot 0,7 = 10,29 \text{ кВт} \quad (3.7)$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Обчислимо крутний момент на вертикальному валу сепаратора:

$$T_{\text{в.в.}} = \frac{1000 \cdot P_{\text{в.в.}}}{\omega_{\text{в.в.}}} = \frac{1000 \cdot 10,29}{523,3} = 19,7 \text{ н} \cdot \text{м}. \quad (3.8)$$

### 3.3.5 Розрахунок деталей сепаратора А1-ОХС на міцність

Розрахуємо на міцність корпус барабана сепаратора.

Для цього тиск рідини на стінку визначимо за формулою:

$$p_p = 19.74 \cdot n^2 \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot (r^2 - r_0^2)$$

де  $r := 0.150$  (м) - внутрішній радіус барабана;

$R := 0.165$  (м) - зовнішній радіус барабана;

$r_0 := R_{\text{МН}}$   $r_0 := 0.027$  (м) - радіус відкритої поверхні обертової рідини;

Відповідні діаметри:  $d := r \cdot 2$   $d = 0.3$  (м)

$D := R \cdot 2$   $D = 0.33$  (м)

$d_0 := r_0 \cdot 2$   $d_0 = 0.054$  (м)

$$p_p := 19.74 \cdot n^2 \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot (r^2 - r_0^2) \quad p_p = 3.069 \times 10^6 \text{ (Па)}$$

Силу дії рідини на дно барабана розрахуємо за формулою:

$$Q := 31 \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot n^2 \cdot (r^2 - r_0^2)^2 \quad Q = 104919.82 \text{ (Н)}$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

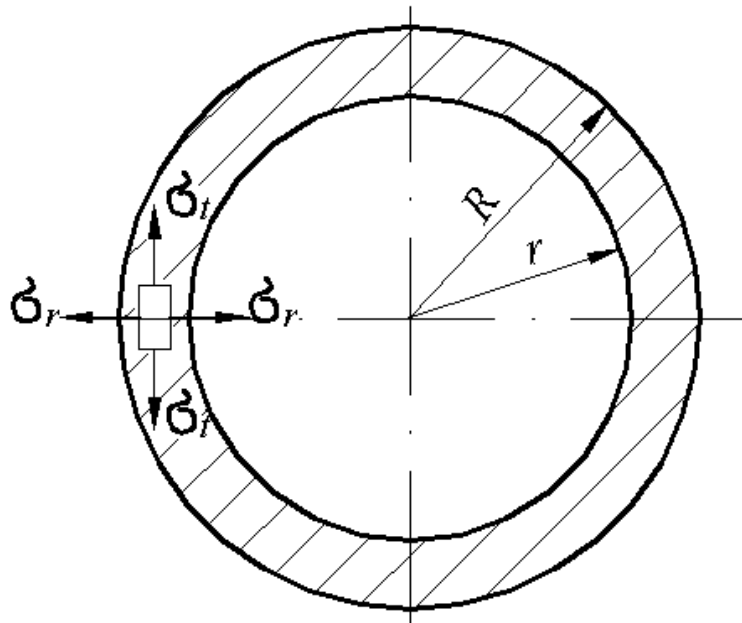


Рис. 3.3. Характер розподілу напружень по товщині стінки барабана.

Напруження в напрямку осі барабана:

$$\sigma_z := \frac{\pi \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot n^2 \cdot (r^2 - r_0^2)^2}{R^2 - r^2} \quad \sigma_z = 2.25 \times 10^6 \quad (\text{Па})$$

Дане напруження є дуже незначним, у вертикальному напрямку сепаратора міцність конструкції забезпечується.

Умову міцності циліндричної частини барабана записують у вигляді:

$$\sigma = 2 \cdot \tau_{\text{max}} \leq |\sigma|$$

де  $\tau_{\text{max}}$  - дотичні напруження в барабані, Па;

$\sigma$  - дійсні напруження в барабані на розтяг, Па;

$|\sigma|$  - допустимі напруження на розтяг, Па;

Допустиме напруження на розтяг виберемо по межі текучості для матеріалу барабана:

$$|\sigma| = \frac{\sigma_T}{n_1} \geq \sigma$$

де  $n_1$  - запас міцності.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{|\sigma|} \geq \frac{\sigma_T}{\sigma}$$

Прийmemo для барабана сепаратора [ ]:  $n_1 := 2.5$

Дійсні напруження в барабані розраховують за формулою:

$$\sigma := \pi^2 \cdot n^2 \cdot \left( 6476 \cdot D^2 + 1374 \cdot d^2 + \rho_{\text{HM}} \cdot D^2 \cdot \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right) \quad \sigma = 9.309 \times 10^7 \quad (\text{Па})$$

$$\sigma_T := \sigma \cdot n_1 \quad \sigma_T = 2.327 \times 10^8$$

Що є меншим від допустимого напруження для сталі 18ХН9Т. Отже, умова міцності виконується.

Розрахунок кришки барабана сепаратора.

Кришка барабана має вигляд зрізаного конуса. Розрахункова схема кришки барабана приведена на рис.3.4.

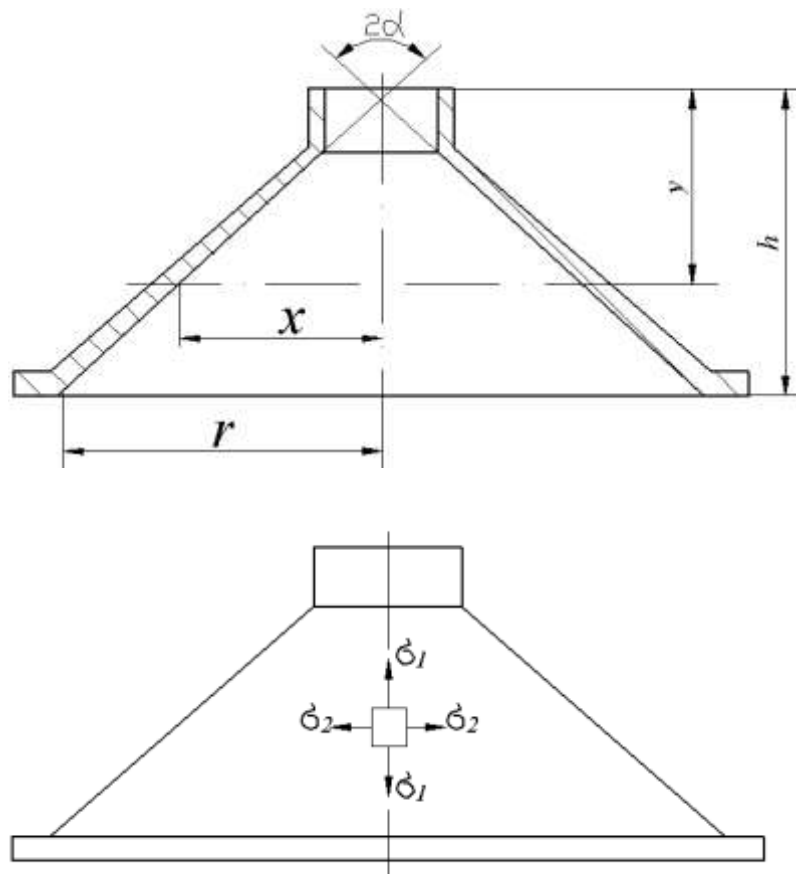


Рис. 3. 5. Розрахункова схема кришки барабана сепаратора А1-ОХС

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Кришка барабана має вигляд зрізаного конуса.

Позначимо:

$\sigma_1$  – розтягуючі напруження в меридіальному напрямі (при розрахунках в зв'язку з дуже малими значеннями, які на кілька порядків менші від тангенціальних напружень, ними нехтують)[1]

$\sigma_2$  – розтягуючі напруження в напрямку живлення в тангенційному напрямі.

Тиск рідини на кришку на радіусі  $X$  визначаємо за формулою:

$$P_{pk} = \rho_{\text{н}} \frac{\omega^2}{2} (\delta^2 - r_0^2)$$

Максимальний тиск буде при  $x=r$   $x=0,15$  (м)

$$P_{pk} = \rho_{\text{н}} \frac{\omega^2}{2} (\delta^2 - r_0^2); P_{pk} = 3,069 \times 10^6 \text{ Па}$$

Відцентрова сила  $N$  на одиницю площі  $f$  на радіусі  $x$  визначається за формулою:

$$p_c = \frac{N_c}{f} = \delta \cdot \rho_c \cdot \omega^2 \cdot x$$

де  $\delta := 0.010$  (м) - товщина кришки сепаратора.

$\rho_c := 7850$  (кг/м<sup>3</sup>) - густина матеріалу кришки (сталі 18ХН9Т).

Тут також максимальні значення будуть при  $x := r$   $x = 0.15$  (м)

$$p_c := \delta \cdot \rho_c \cdot \omega^2 \cdot x \quad p_c = 3.28 \times 10^6 \quad (\text{Па})$$

Максимальне сумарне зусилля на одиницю площі:

$$p_2 := p_{pk} + p_c \cdot \cos(\alpha) \quad p_2 = 4.95 \times 10^6 \quad (\text{Па})$$

Максимальне тангенціальне напруження:

$$\sigma_2 := \frac{p_2 \cdot x}{\delta \cdot \cos(\alpha)} \quad \sigma_2 = 1.295 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Що є в межах допустимого для матеріалу кришки барабана (сталі 18ХН9Т)

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Отже умова міцності виконується.

### 3.4. Модернізація клапана барабана сепаратора А1-ОХС

При роботі сепаратора-вершковідділювача з відцентровим вивантаженням осаду марки А1-ОХС через певний проміжок часу, а саме – 20-40 хв., в автоматичному чи ручному режимах здійснюється часткове, а в процесі циркуляційного миття й повне розвантаження його від механічного забруднення та слизу молока. За це відповідає клапан (рис.3.6), вмонтований у нижню периферійну частину барабана сепаратора. Основний елемент клапана – поршень 2 з насадкою 3.

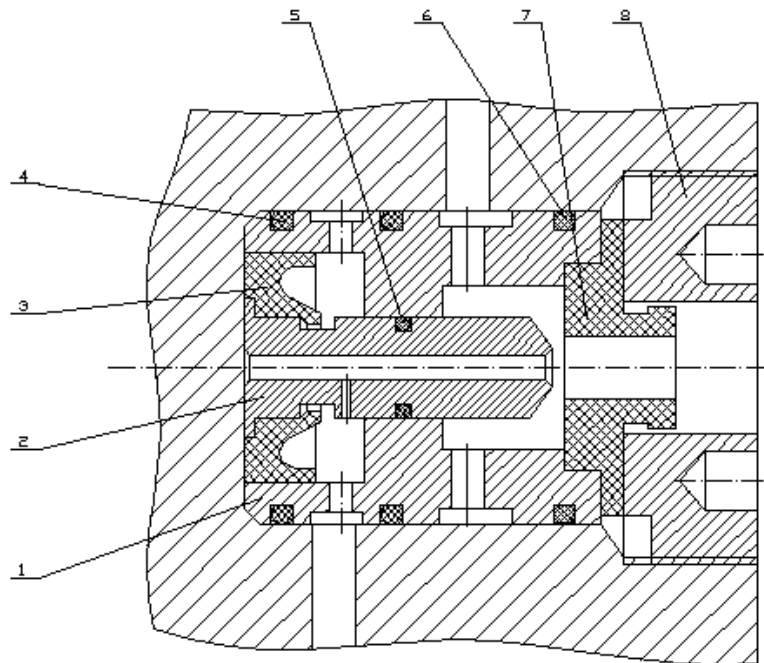


Рис. 3.6 Клапан барабана: 1-корпус клапана; 2-поршень; 3-накладка; 4,6-ущільнюючі кільця; 7-сідло; 8-гайка.

У заводському виконанні насадка має суттєвий недолік. Зокрема, матеріал насадки (сталь) позбавлений пружних властивостей, тож за мінімального його спрацювання виникає розгерметизація його ущільнення. Як наслідок, в системі розвантаження сепаратора починаються перебої роботи клапана. При заміні спрацьованої насадки на нову необхідно її зовнішній діаметр довести до необхідного розміру на токарному верстаті.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

За його відсутності , а нерідко й токаря, ремонтник змушений вдаватися до застосування заточувального верстата, напилка чи шліфувальної шкурки. Вочевидь на точну підгонку насадки поршня, а отже, й надійну роботу пристрою розраховувати не приходиться.

На рис.3.7 зображено варіант удосконалення деталі клапана. Насадка, що зображена на рисунку, виготовлена не з пластмаси, а з капрону. Крім капрону для виготовлення насадки можна використовувати також поліамід, поліпропілен, текстоліт та інші матеріали з подібними властивостями. Така насадка в процесі роботи може пружно деформуватися, що значно збільшує її термін служби.

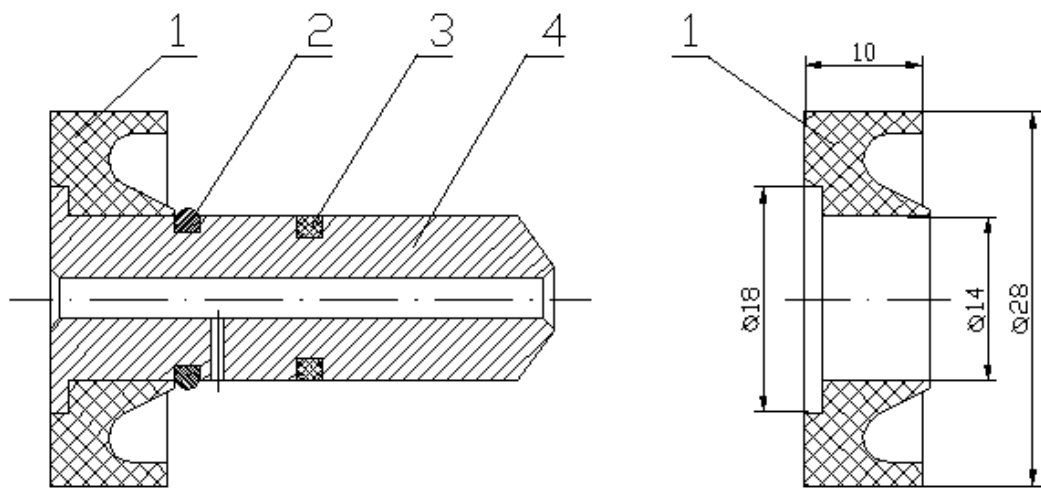


Рис. 3.7. Модернізований варіант поршня клапана барабана сепаратора А1-ОХС 1-насадка; 2-стопорне кільце; 3-ущільнююче кільце; 4-поршень.

Ще одною відмінністю модернізованої деталі від заводського її варіанту є наявність стопорного кільця. Наявність стопорного кільця значно полегшує знімання насадки з поршня та її встановлення. В якості матеріалу кільця використовують дрiт діаметром 1,8-2мм з не корозійного металу – міді, латуні, нержавіючої сталі, алюмінію тощо.

При складанні клапана для гарантованої герметичності та унеможливлення осьового зміщення насадки 1 і поршня 2 їх спряжені

поверхні покривають тонким шаром найбільш поширеного в галузі клею 88-СА, насаджують одне на одне й фіксують стопорним кільцем 4.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

### 3.5. Розробка технічних засобів контролю та автоматизації процесу сепарування сироватки з допомогою сепаратора А1-ОХС

#### 3.5.1. Обґрунтування доцільності автоматизації процесу сепарування сироватки з допомогою сепаратора А1-ОХС

Сепаратор А1-ОХС призначений для відділення із сироватки жиру та білка, а також для очищення від механічних забруднень. Сепаратор відноситься до високо динамічного обладнання з частотою обертів барабана 5000 об/хв. В процесі роботи сепаратора будь яка зміна технологічних параметрів (продуктивність, частота обертів барабана) призводить до погіршення якості сепарування. Вивантаження осаду із барабану сепаратора повинно відбуватися при неперервному процесі сепарування через кожні 60-90хв.

Отже, можна сказати, що процес сепарування сироватки з допомогою сепаратора А1-ОХС є досить складним і потребує постійного контролю. Людина, зі своїми порівняно обмеженими фізичними можливостями, не в силах вчасно реагувати на зміну технологічних параметрів процесу та забезпечити якісне сепарування. Таким чином, процес сепарування може бути ефективним лише за умови його повної або часткової автоматизації.

#### 3.5.2. Характеристика і аналіз технологічного процесу сепарування з допомогою сепаратора А1-ОХС

Процес відділення із сироватки жирових кульок відбувається в між-тарілковому просторі сепаратора в полі дії відцентрової сили. Молочна сироватка, як важча фракція, під дією відцентрової сили прямує до периферії барабана, а жир – до центру. Далі обидві фракції піднімаються в гору і виводяться із барабана з допомогою пиймально-вивідного пристрою. В процесі роботи на периферії барабану накопичуються різноманітні механічні забруднення. Барабан працює за принципом часткового розвантаження шляхом пульсації поршня барабана, що знаходиться в середині барабану.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Гідровузол подає буферну воду до рухомих вузлів барабану, що забезпечують вивантаження осаду. Вода подається до гідровузла під необхідним тиском з допомогою гідросистеми у визначений час, в необхідній кількості і на визначений період часу.

Часткове розвантаження здійснюється через встановлені проміжки часу без припинення подачі продукту. В гідросистемі передбачене також повне розвантаження барабана, яке здійснюється в кінці роботи.

Отже, функціональна схема автоматизації процесу сепарування сироватки на сепараторі А1-ОХС повинна забезпечувати постійну продуктивність та частоту обертів барабана, а також періодичне розвантаження осаду.

3.5.3. Завдання на розробку схеми автоматизації процесу сепарування сироватки на сепараторі А1-ОХС.

№ п/п	Параметр, місце зняття сигналу	Допустимі значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управ.	Додаткові вимоги	Примітка
1	Тиск, трубопровід	0,25 Мпа	Контроль	Спостереження		
2	Число обертів, привід	5500 об/хв	Контроль	Спостереження		
3	Час.	90 хв.	Регулювання	Відключення, сигналізація	світлова	
4	Електропривід		Пуск, зупинка	Дистанційне ручне сигналізація	світлова	

3.5.4. Опис функціональної схеми автоматизації процесу сепарування сироватки на сепараторі А1-ОХС.

Функціональна схема автоматизації забезпечує управління процесом часткового вивантаження осаду по часу при неперервному процесі сепарування у визначеній послідовності. Після вмикання електродвигуна 1 (рис. 3.8.) сепаратора I пусковою кнопкою вмикається лампа, яка вказує, що сепаратор відкритий. Відкривають кран V водопровідної води, яка при тиску не менше 0,25 МПа проходить через трьохходовий кран IV в механізм розвантаження сепаратора. Тиск води після фільтра III контролюється манометрами 3-1 і 4-1. Кнопкою Кн1 система управління вмикається в автоматичний режим роботи. При цьому програмне реле часу 1-1 типу РУ-01М вмикає на 2-3 хвилини електромагнітний клапан 1-2, що подає в приймальник II осад. Після проходження заданого періоду часу сепарування (60-90 хв.), встановленого на реле часу 2-1 типу РУ-01М, відкривається електромагнітний клапан 2-2. Внаслідок додаткового потоку води через клапан 2-2 до механізму розвантаження поршень останнього опускається і відбувається викид осаду через розвантажувальні щілини.

Після розвантаження сепаратора електромагнітний клапан 2-2 відключає поступання води і розвантажувальні щілини закриваються. Час для відкривання електромагнітного клапана ( 1-3,5 с) встановлюється реле часу 1-2.

Одночасно з вмиканням електромагнітного клапана 2-2 вмикається і електромагнітний клапан 1-2 подачі промивної води в приймальник осаду. Змивна вода після розвантаження сепаратора поступає на протязі 2-3 хв. в приймальник осаду, забезпечуючи повне видалення із нього сепараторного слизу. Таким чином, сепарування відбувається при закритих клапанах 1-2 і 2-2, а розвантаження при відкритих.

Продуктивність сепаратора контролюється витратоміром 5-2, що встановлений на вході в сепаратор. Тиск продукту на виході сепаратора контролюється манометром 6-1 типу МЕД 2264.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль числа обертів барабана сепаратора здійснюється тахометром 7-2 типу ТХ-104А.

### 3.5.5. Заказна специфікація на прилади

№ позиції по ФСА	Параметр, середовище	Граничне значення параметру	Місце встановлення	Найменування і характеристика приладу	Тип, модель	К-ть	Завод виготовлювач	примітк
3-1, 4-1, 6-1.	Тиск	1,5 МПа	по місцю	Манометр, клас точності 1,5	МЕД - 2236 4	3	“Манометр” м. Москва	
7-2	Число, обертів	6500об/хв	по місцю	Цифурблатний тахометр,	ТХ-104А	1	“Манометр” м. Москва	
1-1, 2-1.	Час	120 хв	на щитку	Реле часу, похибка $\pm 0,5\%$ , поріг чуйності 0,2% шкали	РУ5-01М	2	“Львівприлад” м. Львів	

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. ЗАХОДИ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СЕПАРАТОРА А1-ОХС

### 4.1. Розробка схеми монтажу сепаратора А1-ОХС

#### 4.1.1. Вибір такелажного оснащення та схема монтажу сепаратора

На заводі-виробнику сепаратор запаковують в дерев'яний ящик, який оббитий зсередини гідроізоляційним матеріалом. Сепаратор доставляється на завод-замовник з допомогою вантажного автомобіля. Перед безпосереднім монтажем сепаратор повинен простояти неменше трьох діб в сухому приміщенні.

До підготовленого під монтаж фундаменту станину сепаратора доставляють на основі ящика упаковки, після чого його забирають з під станини. Сепаратор піднімають на фундамент тальню, закріпленою на козлах (рис 4.1.) . Станину строплять, обв'язуючи канатом 3.

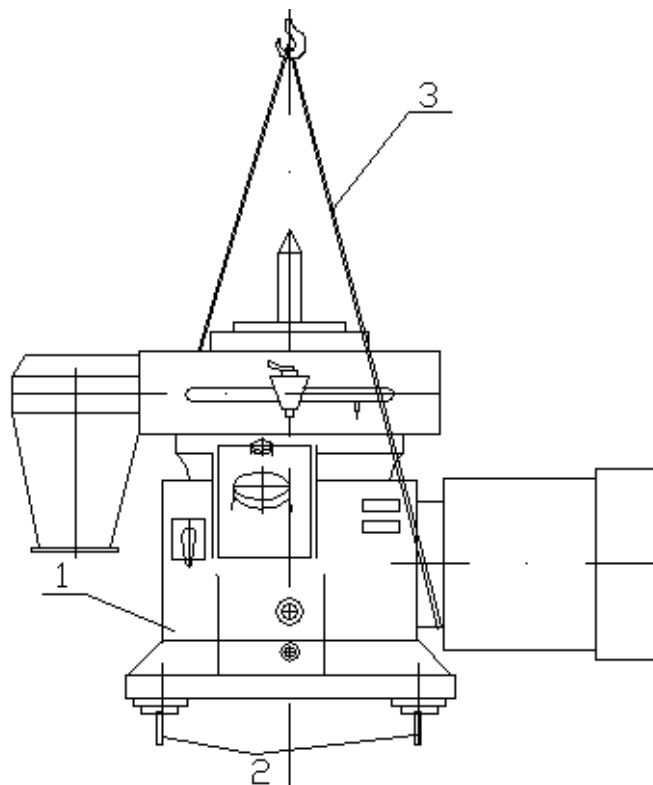


Рис.4.1. Схема строповки сепаратора А1-ОХС: 1-сепаратор; 2-гумові амортизатори; 3-канат.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

На фундаментні болти одягають гумові амортизатори 2. На них встановлюють лапи станини сепаратора, потім на болти одягають другі гумові амортизатори, а на них - металічні ковпачки, які захищають верхні амортизатори від зминання при закрученні гайок, і легко нагвинчують болти. При встановленні сепаратора на фундамент фундаментні болти не повинні дотикатись стінок отворів в лапах станини.

Сепаратор встановлюють строго вертикально, що вивіряють по розміщенні базової поверхні. Положення сепаратора при вивірці змінюють, встановлюючи під нижні амортизатори металічні шайби і легко підтягують гайки фундаментних болтів. Гайки затягують не до кінця хрест-нахрест рівномірно і плавно без ривків. Зусилля при цьому повинно бути таким, щоб висота нижніх гумових амортизаторів зменшилась не більше ніж на 20% від початкової. При встановленні шайб і затягуванні гайок положення гайок положення станини постійно регулюють по рівню. Після затягуванні гайок і контргайок сепаратор повинен стояти на фундаменті “м’яко”, в протилежному випадку гумові амортизатори втратять свою еластичність.

#### 4.1.2 Розрахунок основних конструктивних параметрів такелажних приспособ

Основні конструктивні параметри конструктивних засобів розраховують на основі ВСН 42-74 (ММСС ССРС), в параграфі Сніп 11-23-81 “Стальные конструкции. Нормы проектирования” і ОСТ 36-73-83 “Стальные канаты такелажных средств”. “Методы расчета и правила эксплуатации”.

При монтажі сепаратора використовуємо канат марки УСК1. перевіriamo цей канат на міцність за формулою [10]:

$$\frac{P}{S} \geq K, \quad (4.1)$$

де P – розривне зусилля каната, P=123,5 кН [10];

S – найбільший натяг канату (без врахування динамічних навантажень) [ ];

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$K$  – коефіцієнт запасу міцності,  $K = 5$  [10].

Значення найбільшого натягу  $S$  визначимо за формулою [10]:

$$S = \frac{Q}{(n \cos \alpha)}, \quad (4.2)$$

де  $Q$  – розрахункове навантаження, яке прикладене до рухомого блоку поліспасти  $Q = 15120$  Н [10];

$\alpha$  - кут між віссю дії розрахункового зусилля і віткою каната,  $\alpha = 40^\circ$  [10];

$n$  – загальне число віток канату,  $n = 4$  [10].

Отже:

$$S = \frac{15120}{4 \cdot \cos 40^\circ} = 4934,4,$$

тепер підставимо значення у формулу (1):

$$\frac{123500}{4934,4} = 25 \geq K = 5.$$

Отже даний канат підходить нам.

#### 4.1.3 Розробка і розрахунок фундаменту під сепаратор А1-ОХС

Визначимо фактичний тиск підшви фундаменту на основу і порівняємо його з нормативним тиском.

Коефіцієнт зменшення (динамічності)  $\alpha$  для сепаратора становить 0,5...0,6 [8]. Приймаємо для зручності  $\alpha=0,5$ . Приймаємо висоту наземної частини фундаменту  $H_1 = 100$ мм., глибину закладання  $H_2 = 500$ мм., нормати-

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

вний тиск на ґрунт II категорії  $R_k = 200 \text{ кПа}$ . [9], питома вага бетону  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ . [8].

Приймаємо припуск  $\Delta = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$  на кожну сторону, площа підшви фундаменту складе [10]:

$$F = (0,55 + 2 \cdot 0,1)^2 = 0,56 \text{ м}^2.$$

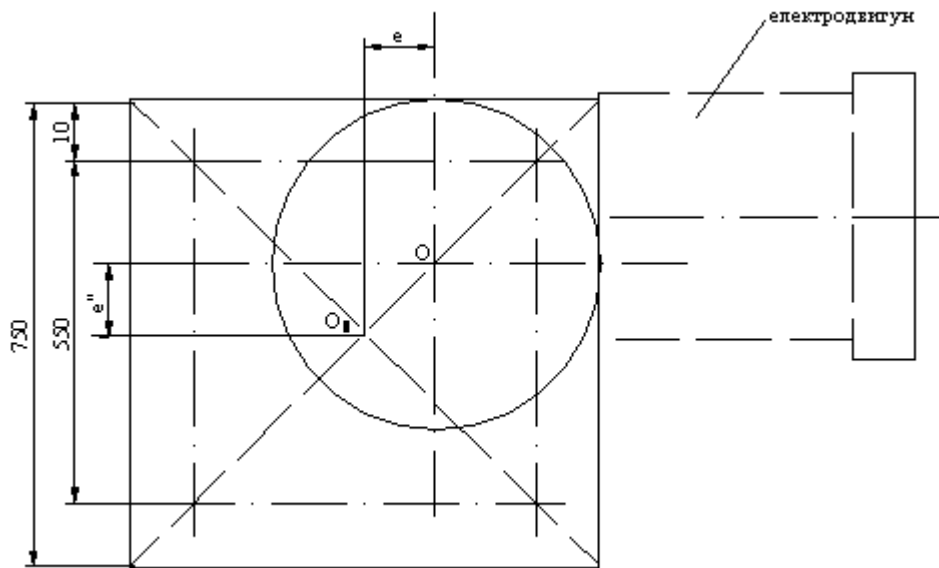


Рис. 4.2. Площа підшви фундаменту під сепаратор А1-ОХС: О – проекція центра ваги сепаратора; О<sub>1</sub> – проекція центра ваги підшви фундаменту; е – ексцентриситет вздовж поздовжньої осі сепаратора; е' – ексцентриситет вздовж поперечної осі сепаратора.

Загальна висота фундаменту [ 10]:

$$H = H_1 + H_2 = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ м}.$$

Об'єм фундаменту:

$$V = F \cdot H = 0,56 \cdot 0,6 = 0,34 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту [10]:

$$G_\phi = V \cdot \gamma = 0,34 \cdot 20 = 6,8 \text{ кН}.$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Фактичний тиск на ґрунт основи [ ]:

$$P = \frac{G_M + G_\phi}{\alpha \cdot F} = \frac{10 + 6,8}{0,5 \cdot 0,56} = 60 \text{ кПа} \leq R_K = 200 \text{кПа}.$$

Отже фактичний тиск системи “машина+фундамент” не перевищує нормативного тиску.

Тепер знайдемо допустимі ексцентриситети центрів ваги фундаменту та сепаратора, за умови, що ексцентриситет не повинен перевищувати в даному випадку 5% від розміру тієї сторони підосви фундаменту, в напрямку якої зміщується центр ваги машини [11] .

В нашому випадку за рахунок маси електродвигуна сепаратора його центр ваги О зміститься в плані вправо і вверх (ексцентриситети  $e$  і  $e''$ ).

Знайдемо допустимі ексцентриситети із пропорції [12,13]:

100мм – 5мм;

750мм –  $e$  мм;  $e = 750 \cdot 5/100 = 37,5$  мм;

750мм –  $e''$  мм;  $e'' = 750 \cdot 5/100 = 37,5$  мм.

4.1.4 Вибір методів вивірки сепаратора А1-ОХС на фундаменті.

Вибір інструментів та пристосіблень

При підготовці і проведенні монтажних робіт необхідно створювати умови для досягання необхідної точності встановлення обладнання на місці експлуатації з найменшими трудовими та матеріальними затратами.

Одночасно підготовлюють майданчики на поверхні фундаменту для встановлення опорних елементів.

Встановлення обладнання в проектне положення на фундаментах включає, як правило, наступні операції: укладка опорних елементів; попереднє встановлення обладнання на опорні елементи із суміщенням отворів базової деталі (основи) з фундаментними болтами; вивірка обладнання в плані по висоті і горизонтальності, підлив зозору між

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

обладнанням і фундаментом; закріплення обладнання зтяжкою фундаментних болтів із заданим зусиллям.

Необхідна точність положення обладнання по висоті і горизонтальності може бути досягнута методом безвивірочного монтажу, тобто, без використання регулювальних операцій, за рахунок встановлення опорних елементів в межах розрахункових допусків.

При вивірці обладнання в плані регулювання проводять за допомогою вантажопідіймальних кранів, домкратів, і монтажних пристроїв в межах зазорів між стінками, отворів основи сепаратора і стержнями попередньо встановлених фундаментних болтів або в межах зазору колодців під закріплювальні, при підливці обладнання, фундаментні болти. По висоті і горизонтальності обладнання регулюють з використанням опорних елементів різноманітних конструкцій.

При встановленні сепаратора на фундамент використовуємо метод встановлення обладнання на регулювальних гвинтах. Опорні пластини 3 (рис 4.3) встановлюємо на фундамент 4 у відповідності до розміщення регулювальних гвинтів 1 в основі 5 сепаратора.

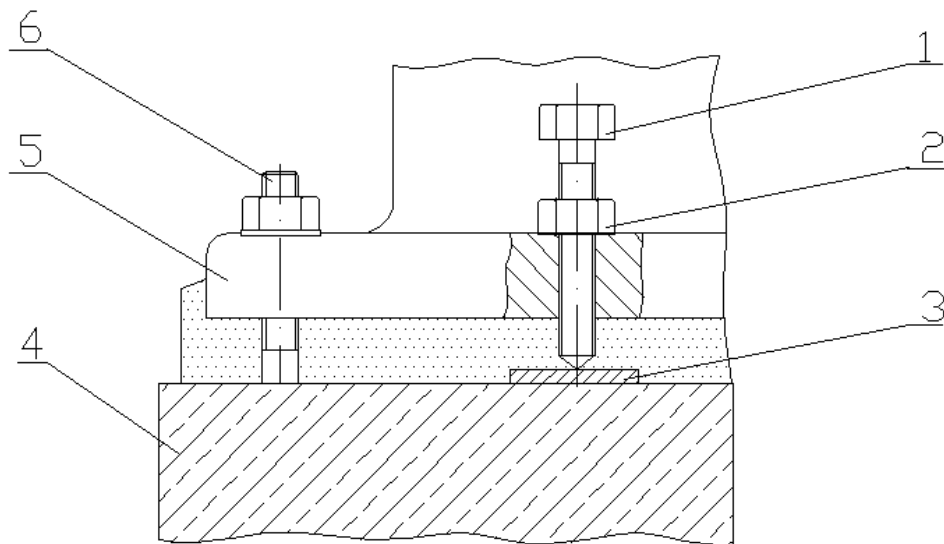


Рис.4.3. Вивірка сепаратора А1-ОХС на фундаменті.

1-регулювальний гвинт; 4-фундамент;

2-гайка; 5-сепаратор.

3-опорна пластина; 6-фундаментний гвинт.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Місця розміщення опорних пластин на фундаментах вирівнюють. Відхилення площадок під опорні пластини від горизонтальності не повинно перевищувати 10мм/м

Перед встановленням сепаратора на фундаменті розміщуємо допоміжні опори. Положення обладнання по висоті і горизонтальності регулюють всіма гвинтами, не допускаючи відхилення від горизонтальності більше ніж 10мм/м. Після вивірки сепаратора положення регулювальних гвинтів фіксуємо стопорними гайками. Перед підливкою бетонної суміші різьбову частину регулювальних гвинтів слід оберігати від бетону.

Перед кінцевим закріпленням обладнання регулювальні гвинти відкручуємо на 2-3 оберти. Гвинти багаторазового використання викручуємо повністю, а отвори заробляють пробками або цементним розчином з нанесенням малостійкої фарби.

## 4.2. Розробка технології виготовлення вала вертикального

4.2.1. Характерні причини виходу з ладу сепаратора. Розробка графіка планово-попереджувальних ремонтів сепаратора А1-ОХС.

Таблиця (4.1) –

### Характерні причини виходу з ладу сепаратора А1-ОХС

№ п/п	Причина виходу сепаратора з ладу	Метод усунення причини	Приспосіблення, рем. матеріали.
1.	Не правильно зібрана горлова опора чи пошкоджена пружина	Перевірити зборку, дефектну пружину замінити	Викрутка, гайковий ключ
2	Падіння напруги в мережі	Перевірити напругу в мережі	

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

**Характерні причини виходу з ладу сепаратора А1-ОХС**

3	Не вистачає тиску буферної води	Підняти тиск в мережі не менше 2,5 атм.	Викрутка
4	Неправильні покази манометрів гідросистеми	Замінити манометри	Викрутка, гайковий ключ
5	Оберти барабана перевищують величину вказану в паспорті	Перевірити відповідність технічної хар. електродвигуна і мережі	
6	Напірні диски зачіпають за барабан	Провести регулювання дисків по висоті відповідно до інструкції	Гайкові ключі
7	Електродвигун вібрує	Провести огляд і усунення дефектів або замінити електродвигун	Викрутка, гайкові ключі, молоток

Складаємо графік ППР сепаратора А1-ОХС.

Для даного сепаратора останнім був малий перший ремонт М1 в лютому поточного року. До кінця року сепаратор мав напрацювання із часу останнього ремонту 700год, а з часу останнього ТО – 350год.

При роботі в дві зміни тривалість ремонтного циклу сепаратора  $T_{ц}=12\text{міс}=42000\text{год}$ . [11], міжремонтного періоду  $\tau_{р}=3\text{міс}=1050\text{год}$  і періоду між ТО  $\tau_{ТО}=1\text{міс}=350\text{год}$  [11].

Типова структура ремонтного циклу сепаратора [10,11]:

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

К – 2ТО – М1 – 2ТО – С – 2ТО – М2 - 2ТО – К

Кількість годин напрацювання після М1, до наступного по циклу – середнього С – ремонту в плановому році складе  $1050-700=350$  год. Відраховуємо планове напрацювання, яке становить 350 год: в січні 350 год, після чого в лютому ставимо середній С ремонт. Далше відраховуємо 1050 год напрацювання, рівне міжремонтному періоду: в березні і квітні – по 350 год і в лютому і травні по 175 год і в травні ставимо другий другий малий М2 ремонт, а після нього – в серпні, тобто через 1050 год напрацювання – капітальний К ремонт.

Аналогічно в листопаді ставимо малий ремонт М1. Напрацювання між ТО складає 350 год, тому ТО плануємо в кожному місяці, в якому не передбачений ремонт, тобто в січні, березні, квітні, червні, липні, вересні, жовтні і грудні.

Трудомісткість капітального ремонту складає 36 люд.-год, середнього – 21 люд.-год і малого 7 люд.-год. Трудомісткість ТО:  $T=K=1 \times 1 = 1$  люд.-год. Отримані дані записуємо в знаменнику під відповідними видами робіт в графіку ППР. Визначаємо загальну трудомісткість робіт на рік, для чого сумуємо дані усіх знаменників: трудомісткість всіх семи ТО, двох малих, середнього і капітального ремонтів:  $7 \times 8 + 2 \times 7 + 21 + 36 = 78$  люд.-год. І записуємо в графу 26.

Отримані результати розбиваємо по операціях враховуючи трудомісткість на одну умовну одиницю (табл. 4.2.)

Таблиця (4.2) –

**Трудомісткість (люд.-год) на одну умовну одиницю ремонту сепаратора А1-ОХС по видах ремонтних робіт**

РЕМОНТНА РОБОТА	Ремонтні операції			
	слюсарні	верстатні	інші	разом
Огляд	0,72	-	0,28	1,0
Ремонт				

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

*Продовження таблиці (4.2)-*

**Трудомісткість (люд.-год) на одну умовну одиницю ремонту сепаратора А1-ОХС по видах ремонтних робіт**

<i>Поточний</i>	5,0	1,4	0,6	7,0
<i>Середній</i>	15,2	4,2	1,6	21,0
<i>Капітальний</i>	25,4	7,0	2,6	35,0
Питома вага ремонтних операцій до трудомісткості	72	20	8	100

Слюсарні  $78 \times 0,72 = 56,2$  люд.-год; верстатні  $78 \times 0,2 = 15,6$  люд.-год; інші  $78 \times 0,08 = 6,24$  люд.-год., і заносимо в 27, 28, і 29 графи графіка ППР, після чого дані кожної граfi сумують по вертикалі [ ].

*Таблиця (4.3) –*

**Графік ППР сепаратора А1-ОХС**

№	Обладнання	Тип марка	Інвентарний №	Час вводу в експл	Останній рем. в році		Строк служ-би до кінця року з останнього		Тривалість			План та його виконання		
					вид	міс	рем	ТО	рем. циклу T <sub>ц</sub> год	періодів між				
										рем	ТО			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
	Сепаратор	Саморозвантажувальний ОСН-С	1	1998	M <sub>1</sub>	10	700	350	42000	1050	350	срок служби міс/г	план. очікування	фактичні
Початкові дані										Нормативні дані				
										План Виконання				



## Технологічна карта складання вала вертикального

2	В корпус 33 встановлюється група вала	Молоток, гаряче мастило	Посадку проводити без перекосу	-	3	
3	Встановити на вал 25 корпус пружини 19	Молоток	-	-	3	
4	Встановити прокладку 7			-	2	
5	Загвинтити в корпус 33 шпильку 35	Ключ	Посадку проводити без перекосу	-	3	
6	Встановити кришку 5			-	1	
7	Загвинтити на шпильку 35 гайку 6	Ключ гаєчний	-	-	2	
8	Встановити на вал 25 гайку 3	Ключ гаєчний	-	-	2	

## 4.2.3 Дефектування та сортування деталей

В даному розділі проводиться сортування деталей і складається відомість дефектів

Таблиця (4.4.1) –

## Відомість дефектів

№	Деталі які мають дефект	Дефект	Способи усунення	Необхідна к-ть запасних деталей і матеріалів		Трудомісткість Люд/год	Оцінка стану обл. при здачі в ремонт
				Найменування	Кількість		
1	Різь М30x1,5	Деформація різи	Виготовлення нової різи М27x1,5	Різь М27x1,5	1	0,3	

					ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## Відомість дефектів

2	Вал вертикальний	Зношення ділянок валу під підшипниками	Перешліфовка шийки вала	Вал вертикальний	1	0,5	
---	------------------	--	-------------------------	------------------	---	-----	--

4.2.4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала вертикального сепаратора А1-ОХС.

4.2.4.1 Опис конструкції та призначення деталі.

Вертикальний вал сепаратора призначений для передачі крутного моменту від електродвигуна до барабана, з допомогою горизонтального вала та зубчастої передачі.

Деталь являє собою довгий стержень ступінчастої форми із сходом діаметральних розмірів в обидві сторони.

На один кінець вала надівається по конусній поверхні черв'як, встановлюється дистанційна втулка, радіальний сферичний підшипник 1309 ГОСТ 5720-81, упорна шайба і пакет затискається двома шліцевими гайками М30х1,5 ГОСТ 11871-73.

На другий кінець валу надіваються 2 радіальних підшипники 314 ГОСТ8338-87. По діаметрі 60h14 здійснюється лабіринтне ущільнення змащенням. На різьбі М30х1,5 встановлюється наконечник.

Деталь виготовляється із сталі 45 ГОСТ1050-74, в зв'язку з вимогами до міцності при передачі крутного моменту приводом.

Більша частина розмірів виконується по 14-му класу точності.

Цапфа  $d=45k6$  – по 6-му класу точності, опорна поверхня  $d=70k6$  – по 6-му класу точності, дві ділянки вала з різью М30х1,5 6g – по 6-му класу точності.

					ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Ділянка вала з d=45кб має шорсткість Ra 0,8мкм, ділянка вала d=70кб - Ra 0,8мкм, конусні поверхні мають Ra 63мкм; різь М30х1,5 - Ra 1,25мкм; d=78 - Ra 125 решта поверхонь виконується з шорсткістю Ra 12,5мкм.

Деталь на ділянках вала d=45кб та d=70кб має закалку ТВЧ h20 з HRC 48...52.

Деталь виготовлена з сталі 45 – вуглецевої конструкційної якісної сталі І групи з нормальним вмістом марганцю.

Таблиця (4.5) –

**Хімічний склад в % по ГОСТ 1050-74**

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni
			Не більше				
0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	0,04	0,35	<0,25	<0,25

Таблиця (4.6) –

**Механічні властивості**

$\delta_T$ Н/ММ <sup>2</sup>	$\delta_6$ Н/ММ <sup>2</sup>	$\delta_s$ , %	$\psi$ , %	$a_n$	НВ	
					гарячекатана	відпалена
350	600	16	40	55	<240	<197

**Технологічні властивості**

Температура кування: початку – 1250°С ; кінця - 700°С.

Способи зварювання: РДС і КТС.

Необхідні підігрів і наступна термообробка.

Сталь має добрі штампувальні і ливарні властивості.

Аналіз показує що матеріал для деталі підібраний правильно.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## Аналіз технологічності деталі

Технічними вимогами креслення не обумовлена можливість заміни матеріалу (сталь 40,35) та сортамент поставки заготовок деталі.

Деталь має ділянки  $d=45\text{кб}$  та  $d=70\text{кб}$  для установки шарикопідшипників, конусоподібну ділянку для установки черв'яка, конічний перехід до  $d=40$ , дві різеві ділянки  $M30 \times 1,5$  для кріплення наконечника і забезпечення осевого не зміщення червяка гайками.

Конфігурація зовнішнього контура не викликає особливих утруднень при проведенні механічної обробки (окрім конічних ділянок).

З точки зору мехобробки деталь має такі недоліки у відношенні технологічності:

а) діаметральні розміри і форма контурів зменшується в обидві сторони;

б) певні труднощі складають виконання конусоподібних ділянок.

Для забезпечення точності деталь по діаметрах, а також для ремонтних цілей вводимо виготовлення на торцях 2-х центрувальних отворів В 6,3 ГОСТ 14034-74.

Жорсткість деталі достатня для отримання точності і шорсткості поверхонь ( $L:D = 835:80 = 10,4 = 10$  [мет.вказ.], ст.10.)

Розміри і контури дозволяють виготовляти на універсальних верстатах.

Деталь має достатні ділянки для базування при мехобробці. Допустиме виконання високопродуктивних режимів різання і прогресивного інструменту.

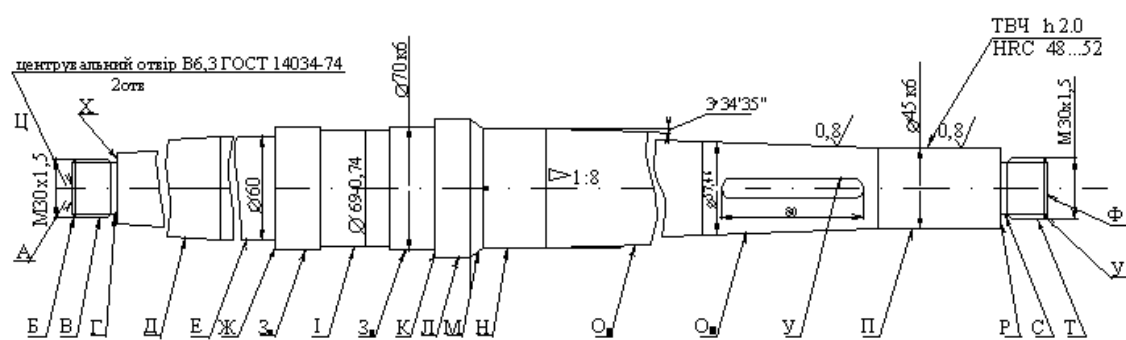


Рис.4.4. Вал вертикальний

					ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

З огляду конструкції деталі видно, що основними робочими поверхнями є поверхні:

З<sub>1</sub> та З<sub>2</sub> – посадочні поверхні під шарикопідшипники;

О<sub>1</sub> (віддаль 100мм) – посадка червяка;

П – посадочна поверхня шарикопідшипника;

В, Т – різь, кріпильні поверхні.

Ц – 2 центрувальні отвори В 6,3 для базування в процесі мехобробки при виготовленні і ремонті.

У – поверхня шпоночного паза 12D11.

Решта поверхонь – А, Б, Г, Х, Д, Е, Ж, І, К, Л, М, Н, О<sub>2</sub>, Р, С, У, Ф – перехідні поверхні, що утворюють з рештою зовнішній контур деталі.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

## Аналіз поверхонь

Позн. пов-ні	Назва поверхні (характеристика)	К-ть пов.	Квалітет точності	Параметр шорс-ті	Клас шорс	Заходи по реалізації технічних вимог
А, Ф	Торець (р-р 835 <sub>-2,0</sub> ) - плоскі кругові поверхні	2	h14	12,5	4	Точіння або фрезерування
Б, У	Фаска 2x45° - конічна пов-ня	2	± IT14/2	12,5	4	Точіння
В, Т	Різь М30x1,5 – зовнішня різьбова поверхня	2	6g	12,5	7	1) точіння; 2)різенарізання; різцем чи плаш. 3) різенакатуван
Г, С	Канавка під вихід різенарізного інструмента	2	± IT14/2	12,5	4	Точіння
Х	Уступ – плоска кругова поерхня	1	± IT14/2	12,5	4	Точіння
Д	Конічна поверхня (<7°21	1	± IT14/2	6,3	5	Точіння
Е	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 60	1	h14	12,5	4	Точіння
Ж	Уступ – плоска кругова поверхня	1	± IT14/2	12,5	4	Точіння
З <sub>1-3</sub> <sub>2</sub>	Зовнішня циліндрична поверхня – d =70к6	2	k6	0,8	7	1) точіння (чорн чистове) 2) шліфування кругове
І	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 6g	1	h14	12,5	4	Точіння
К	Уступ – плоска кругова поверхня	1	± IT14/2	12,5	4	Точіння
Л	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 78	1	h14	25	3	Точіння
М	Фаска 7x45° - конусна поверхня (зовнішня)	1	± IT14/2	12,5	4	Точіння
Н	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 66	1	h14	12,5	4	Точіння
О <sub>1</sub> , О <sub>2</sub>	Конічна поверхня (<3°34'35'')	1	± IT14/2	0,8	7	1) точіння 2) шліфування кругове
П	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 45к6	1	k6	0,8	7	1) точіння (чорн чистове) 2) шліфування кругове
Р	Уступ – плоска кругова поверхня	1	± IT14/2	12,5	4	Точіння
Ц	Два центральних отвори В 6,3 ГОСТ 14034-74 (технологічна базова поверхня)	2	H7	3,2	6	Сверління
У	Шпон очний паз 12D11	1	D11	3,2	6	Фрезерування

## Кількісні показники технологічності

Коефіцієнт точності обробки [8, 9]

$$K_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12} = 0,91, \quad (4.3)$$

де  $T_{cp}$  - середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 5 + 7 \cdot 2 + 14 \cdot 17}{24} = 11,75 \approx 12 \quad (4.4)$$

При  $K_{mч} = 0,91 > 0,8$  [мет.вказ.] ст 10. деталь середньої точності і відповідно технологічна.

Коефіцієнт шорсткості [9]:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} = \frac{1}{5} = 0,25, \quad (4.5)$$

де  $B_{cp}$  - середній клас бочності.

$$B_{cp} = \frac{\sum B \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{3 \cdot 1 + 4 \cdot 14 + 5 \cdot 2 + 6 \cdot 2 + 7 \cdot 5}{24} = 4,83 \approx 5; \quad (4.6)$$

При  $K_{ш} = 0,25 > 0,16$  [8] деталь не тяжко оброблювана і відноситься до технологічних.

### 4.2.4.2 Вибір та обґрунтування способу одержання заготовки

1) Оптимальною заготовкою може слугувати прокат гарячекатаної круглої сталі 45 ГОСТ 1050-74 діаметром 80 мм звичайної точності прокатки ( $d = 80^{+0,5}_{-1,3}$  мм).

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Круг  $\frac{B\ 80\ ГОСТ2590-71}{45\ ГОСТ1050-74}$  (I варіант)

Маса деталі :

$$m_g = 16,8\text{кг}$$

Маса заготовки:

$$m_{загл} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot \gamma = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} \cdot 83,8 \cdot 7,85 = 33,1\text{кг} \quad (4.7)$$

Коефіцієнт використання матеріалу [ 8]

$$K_{в.м} = \frac{m_g}{m_{загл}} = \frac{16,8}{33,1} = 0,507 \quad (4.8)$$

$K_{в.м} = 0,507 > 0,45 \dots 0,5$  [мет.вказ.] ст 6 більше нормативного коефіцієнта для заготовок з прокату.

2) II варіантом отримання заготовки [ 8] може бути поковка-штамповка, але зважаючи на велику довжину деталі-заготовеи і співвідношення  $L:D=10$  цей спосіб буде трудомістким і економічно безпідставним для одиничного виробництва.

Метод і маршрут обробки обираємо з врахуванням характеру та точності вихідної заготовки, точності і якості деталі, типу виробництва, використаного обладнання тощо.

В основі вибору технологічних баз покладено принципи:

а) при обробці у заготовок всіх поверхонь, в якості технологічної бази на 1 основній операції доцільно використовувати поверхню з найменшими припусками;

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) в якості технологічної бази на 1 операції використовують поверхні, які взагалі не обробляються, або обробляються в останню чергу;

в) для зменшення похибки базування важливо дотримуватися основних правил базування і правила “6-ти точок”, “постійності баз”

Виконуючи це вводимо два центрувальних отвори на яких і будемо виконувати базування при виготовленні деталі:

Таблиця (4.8) –

**Маршрут механічної обробки технологічного процесу  
виготовлення вала вертикального**

№ опер	Назва Операції	Поверхня		Назва і модель верстата
		оброблювана	базова	
005	Фрезерно-центрувальна	А, Ф	Л (сортовий прокат)	Фрезерно-центрувальний
010	Токарно-Гвинторізна	Б, В <sub>1</sub> , Г, Х, Д, Е, Ж, З <sub>1</sub> , І, З <sub>2</sub> , К, Л, М, Н, О, П, Р, С, Т <sub>1</sub> , У, В, Т.	Ц (центр. отв.)	Токарно-гвинторізний 16К20
015	Шпоночно-фрезерна	У	П,З,Ц	Шпоночно-фрезерний 692Р
020	Кругло-шліфувальна	З <sub>1</sub> , З <sub>2</sub> , П, О.	Ц	Круглошліфувальний 3561

#### 4.2.4.3 Розрахунок припусків і між операційних розмірів

Визначимо міжопераційні розміри, припуски і допуски при обробці ділянки вала  $d = 70\text{к}6 \left( \begin{smallmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)\text{мм}$ .

Заготовка – сортивний прокат  $d = 80\text{к}6 \left( \begin{smallmatrix} +0,5 \\ -1,3 \end{smallmatrix} \right)\text{мм}$ .

Технологічний маршрут обробки складається з чорнового точіння і шліфування.

Обробка виконується в центрах, тоді похибка встановлення заготовки в радіальному напрямку дорівнює нулю ( $\xi = 0$ ).

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається по формулі:

$$2Z_{\min} = 2[(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \xi_i^2}], \quad (4.9)$$

де  $2R_{Z_{i-1}}$  - висота мікронерівностей профіля на попередньому переході;

$h_{i-1}$  - глибина дефектного шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  - сумарні відхилення розташування поверхонь на попередньому переході.

$\xi_i$  - похибка установки заготовки на переході, що виконується.

а) для заготовки – сортовий прокат  $d = 80$  (після фрезерно-центрувальної операції).

$$R_Z = 160 \text{ мкм} \quad h = 250 \text{ мкм}$$

Похибка зацентровки заготовки [ 9]:

$$\Delta_y = \sqrt{\left(\frac{\delta_{заг}}{2}\right)^2 + \delta_y^2} = \sqrt{\left(\frac{1800}{2}\right)^2 + 200^2} = 920 \text{ мкм}, \quad (4.10)$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

де  $\left(\frac{\delta_{заг}}{2}\right)$  - похибка зацентровки при встановленні в призмах з одностороннім затиском на фрезерно-центрувальному верстаті;

$\delta_{заг}$  - допуск заготовки,  $\delta_{заг} = 0,5 + 1,3 = 1,8 \text{ мм} = 1800 \text{ мкм}$  [ 9];

$\delta_{ц}$  - похибка центрувальної (свердлильної) головки,  $\delta_{ц} = 200 \text{ мкм}$  [ 8,9].

а) для чорнового точіння

$$R_{Z_1} = 100 \text{ мкм} (Ra25); h_1 = 50 \text{ мкм} (\text{приймаємо})$$

величина просторового відхилення:

$$\Delta_1 = 0,04 \cdot \Delta_{ц} = 0,04 \cdot 920 = 35 \text{ мкм}; \xi_1 = 0$$

б) для чистового точіння [ 8 ]:

$$R_{Z_2} = 40 \text{ мкм} (Ra12,5); h_1 = 40 \text{ мкм} (\text{приймаємо})$$

$$\Delta_2 = 0,04 \cdot \Delta_1 = 0,04 \cdot 35 = 1,2 \text{ мкм}, \xi_2 = 0.$$

в) для шліфування [ 8 ]:

$$R_{Z_2} = 6 \text{ мкм} (Ra0,8), h_1 = 20 \text{ мкм} (\text{приймаємо}),$$

$$\Delta_3 = 5 \text{ мкм}, \xi_3 = 0 \text{ мкм}.$$

Мінімальний припуск:

а) для чорнового обточування [8,9]:

$$2Z_{\min_1} = 2[160 + 250 + \sqrt{920^2 + 0}] = 2 \cdot 1330 \text{ мкм} = 2,66 \text{ мм};$$

					ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) для чистового обточування:

$$2Z_{\min_2} = 2[100 + 50 + \sqrt{35^2 + 0}] = 2 \cdot 185 \text{ мкм} = 0,37 \text{ мм};$$

в) для шліфування:

$$2Z_{\min_3} = 2[40 + 40 + \sqrt{5^2 + 0}] = 2 \cdot 85 \text{ мкм} = 0,17 \text{ мм}.$$

Розрахунковий розмір  $d_p$  [9]:

$$d_{p_2} = d_{\min_3} + 2Z_{\min_3} = 70,002 + 0,17 = 70,172 \text{ мм};$$

$$d_{p_1} = d_{p_2} + 2Z_{\min_2} = 70,172 + 0,37 = 70,542 \text{ мм};$$

$$d_{p_{заг}} = d_{p_2} + 2Z_{\min_1} = 70,542 + 2,66 = 73,202 \text{ мм}.$$

Найбільші граничні розміри:

$$d_{\max_3} = d_{\min_3} + \delta_3 = 70,002 + 0,019 = 70,021 \text{ мм};$$

$$d_{\max_2} = d_{p_2} + \delta_2 = 70,172 + 0,3 = 70,472 \text{ мм};$$

$$d_{заг}^{\max} = d_{p_{заг}} + \delta_{заг} = 73,202 + 1,8 = 75,002 \text{ мм}.$$

Граничні значення припусків  $Z^{np}$ :

$$2Z_{\max_3}^{np} = d_{\max_2} - d_{\max_3} = 70,472 - 70,021 = 0,451 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max_2}^{np} = d_{\max_1} - d_{\max_2} = 71,342 - 70,472 = 0,870 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max_1}^{np} = d_{\max_{заг}} - d_{\max_1} = 75,002 - 71,342 = 3,66 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min_3}^{np} = d_{p_2} - d_{\min_3} = 70,172 - 70,002 = 0,17 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min_2}^{np} = d_{p_1} - d_{p_2} = 70,542 - 70,172 = 0,37 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min_1}^{np} = d_{p_{заг}} - d_{p_1} = 73,202 - 70,542 = 2,66 \text{ мм}.$$

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Перевірка:

$$2Z_{\max_3} - 2Z_{\min_3} = 0,451 - 0,17 = 0,281,$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 0,3 - 0,019 = 0,281, \quad 0,281 = 0,281$$

$$2Z_{\max_2} - 2Z_{\min_2} = 0,870 - 0,37 = 0,5;$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 0,8 - 0,3 = 0,5, \quad 0,5 = 0,5;$$

$$2Z_{\max_1} - 2Z_{\min_1} = 3,66 - 2,66 = 1,0,$$

$$\delta_{pfi} - \delta_1 = 1,8 - 0,8 = 1,0, \quad 1,0 = 1,0.$$

Припуски призначені вірно.

Таблиця (4.9) –

### Припуски

Технологічні переходи об-ки вала $d=70k6 \begin{pmatrix} +0,021 \\ +0,002 \end{pmatrix}$	Елементи приуску, мкм.				Розрахун. припуски $2Z_{\min, \text{МКМ}}$	Розр. діам. $d_p, \text{мм}$	До- пуск $\delta, \text{мм}$	Граничні Розміри		Граничні з-ня припусків, мм	
	Rz	h	$\Delta$	$\xi$				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{np}$	$2Z_{\max}^{np}$
Заготовка	160	250	920	-	-	73,202	1,8	73,202	75,002	-	-
Точіння чорнове	100	50	35	0	2 130	70,542	0,8	70,542	71,342	2 1330	2 1830
Точіння чистове	40	40	5	0	2 180	70,172	0,30	70,172	70,472	2 185	2 435
Шліфування	6	20	5	0	2 85	70,002	0,019	70,002	70,021	2 85	2 225

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

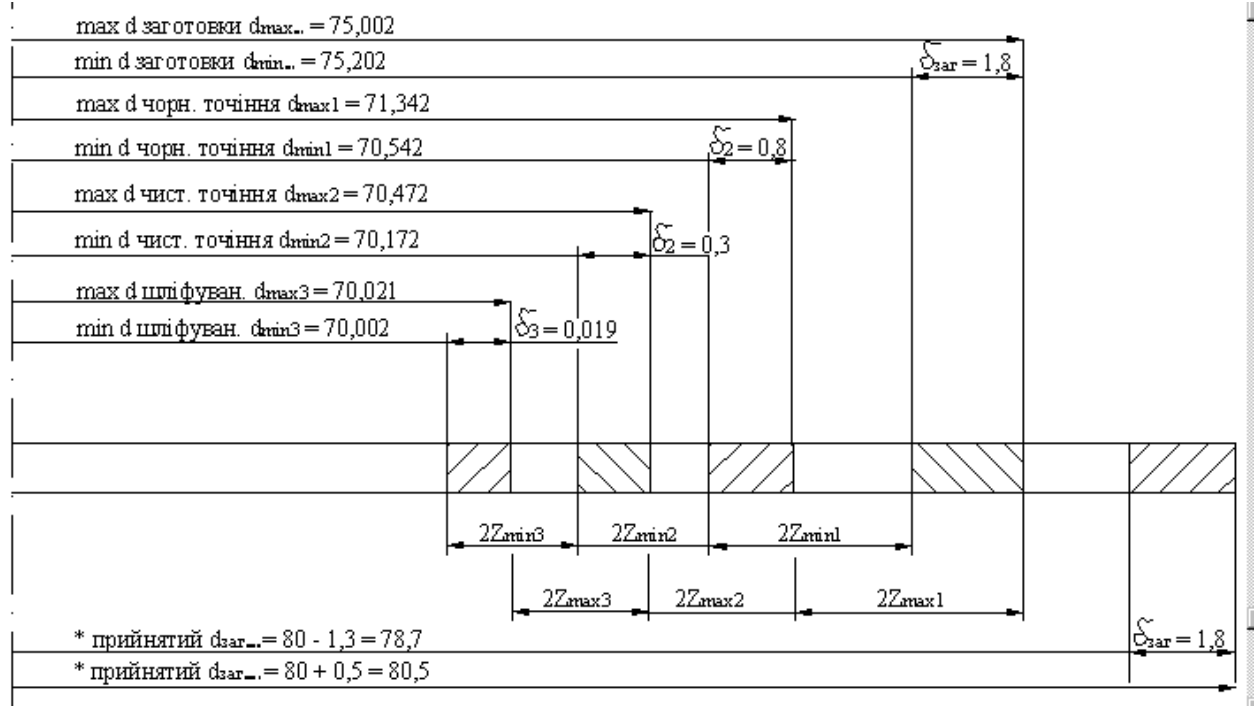


Рис. 4.5. Графічна схема між операційних припусків (аналітичний розрахунок) для обробки  $d = 70\text{k}6$  ( $^{+0,021}_{+0,002}$ ).

\* - Прийнятий діаметр заготовки  $d = 80^{+0,5}_{-1,3}$  в зв'язку з виконанням уступа  $d = 78\text{h}14$  ( $_{-0,74}$ ).

Примітки: при точінні конусної поверхні під  $<3^{\circ}34'35''$  та  $<7^{\circ}21'$  застосовуємо настройку комбінуванням повздовжньої та попередньої автоматичної подачі, причому кут повороту верхньої частини супорта [ 9]:

$$\sin \beta = \text{tg} \alpha \cdot \frac{S_{\text{прод}}}{S_{\text{поп}} + 1}, \quad \text{tg} \alpha = \frac{D - d}{2L}$$

\*а) для  $<3^{\circ}34'35''$   $\text{tg} \alpha = \frac{66 - 45}{2 \cdot 330} = 0,03181;$

$$\sin \beta = 0,03181 \cdot \frac{0,35}{0,05 + 1} = 0,010606; \quad \beta = 0^{\circ}36'.$$

\*б) для  $<7^{\circ}21'$   $\text{tg} \alpha = \frac{60 - 40}{2 \cdot 155} = 0,06451;$

$$\sin \beta = 0,06451 \cdot \frac{0,35}{0,05 + 1} = 0,021505; \quad \beta = 1^{\circ}14'.$$

#### 4.2.3.4 Розрахунок режимів різання по операціях

Аналітичний розрахунок режимів різання проведемо для операції 010 “Токарно-гвинторізна” .

Перехід 2. Точити  $d=66$ мм на довжину 453мм.

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v = \frac{273 \cdot 1}{240^{0,2} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,35^{0,2}} = 101,5 \text{ м/хв}, \quad (4.11)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт, що характеризує оброблюваний матеріал і умови обробки,  $C_v = 273$  [Абрамов], т.8.9;

$T$  - стійкість різця,  $T = 240$  хв(приймаємо);

$t$  - глибина різання,  $t = \frac{D - d}{2 \cdot i} = \frac{78 - 66}{2 \cdot 3} = 2,0$ мм;

$i$  - число проходів;  $i = 3$  (приймаємо);

$S$  - подача інструмента, при  $R_a 12,5$   $S = 0,35$  мм/об [Абрамов], т.8.11;

$m, x_v, y_v$  – показники степені [Абрамов], т.8.9.

$K_v = K_{M_v} \cdot K_{\varphi_v} \cdot K_{U_v} \cdot K_{C_{nv}} \cdot K_{O_v} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,0$

$K_{M_v} = 1$  (ст45);  $K_{\varphi_v} = 1,0$  ( $\varphi = 45$ );  $K_{U_v} = 1$  (Т15К6);  $K_{C_{nv}} = 1$  (прокат);  $K_{O_v} = 1$  (без охолодження).

Частота обертання шпинделя [ ]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 101,5}{3,14 \cdot 78} = 414,4 \text{ об/хв}, \quad (4.12)$$

приймаємо  $n = 500$ об/хв (по паспорту верстата).

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 78 \cdot 500}{1000} = 123 \text{ м/хв.}$$

Сила різання:

$$P_z = C_{PZ} \cdot t^{X_{PZ}} \cdot S^{Y_{PZ}} \cdot V^n \cdot K_{PZ} = 3000 \cdot 2^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 123^{-0,15} \cdot 1 = 2730 \text{ Н}$$

Потужність різання

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2730 \cdot 123}{1020 \cdot 60} = 5,48 \text{ кВт}$$

Решту обчислень заносимо в таблицю 4.10.

#### 4.2.4.5 Вибір ріжучого і вимірювального інструменту

Таблиця (4.10) –

#### Вибір ріжучого і вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	№ переходу	інструмент	
			різальний	вимірний
1	2	3	4	5
050	Фрезерно-центрувальна	1. 2.	Фреза 2214-0001 Т15К10 ГОСТ24359-80, фреза то- рцева насадна з вставними ножами, оснащена пласт. тв. Спл Т15К10, d = 100мм, φ = 60°, права фреза 2214-0002 ГОСТ 24359-80 (ліворіжуча) Свердло 2317-0122 ГОСТ14952-75, свердла для це- нтровочних отв. 60° з запобіжним конусом 120°, діаметром 6,3мм., L = 83мм.	Лінійка 1000 ГОСТ427-75 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-89

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

## Вибір ріжучого і вимірювального інструменту

010	Токарно-гвинторізна	1,2,10, 11,15, 3,4,6, 12,13.  5,14.  7,6  8,17	Різець 2100-0031 Т15К10 ГОСТ18878-73, різець прохідний прямий з пласт. тв. сплаву, $\varphi = 45^\circ$ ( $hxb = 25 \times 20$ ; $L = 140$ ), правий. Різець 2103-0071 Т15К10 ГОСТ18879-73, різець токарний прохідний упорний вигнутий з пласт. тв. сплаву, правий ( $hxb = 20 \times 16$ ; $L = 120$ ). Різець 2103-0307 Т15К10 ГОСТ18884-73 (спец. Заточка), різець токарний відрізний з пласт. тв. сплаву $\varphi = 90$ , спецзаточка ( $hxb = 20 \times 12$ $L = 140$ ) різець 2650-0003 2 Т15К6 ГОСТ18885-73, різець токарний різцевий з пласт. тв. сплаву для зовн. метричної різі з кроком $S = 2$ мм ( $hxb = 20 \times 12$ $L = 120$ ) Різець 2103-0075 Т15К10 ГОСТ188879-73, лівий	Лінійка 1000 ГОСТ427-75 Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ШЦ-III-0-500-0,1; Кутомір з ноніусом 2УМ ГОСТ5378-66
015	Шпоночно-фрезерна	1.	Фреза шпонкова 2234-0135 ГОСТ6396-78, фреза діаметром 12, оснащена, оснащена тв. спл. пластинками ( $L = 73$ ; $l = 16$ ) з циліндричним хвостовиком	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-89 Шаблон контролю 12D10
020	Кругло-шліфувальна	1,2,3.	Круг ПП 600х20х127 24А 40ст1 6К 35м/с кл.А1 ГОСТ2424-75 Круг шліфувальний, плоскиф прямого профілю $D \times H \times d = 600 \times 20 \times 127$ , електрокорунда білого марки 24А, зернистістю 40, твердістю СТ2, структурою 6, на керамічній зв'язці, максимальною швидкістю $V_{кр\max} = 35$ м/с, клас точності А1.	Мікрометр МК-1-50 Кутомір з ноніусом 2УМ ГОСТ5378-66 Шаблони шорсткості.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

### 4.3. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виконанні монтажних і ремонтних робіт

За своїми динамічними властивостями сепаратор А1-ОХС є швидкохідною машиною, в якій частота обертання веретена становить 5000 об/хв, зі значною обертовою масою барабана. Тому до монтажу цієї машини пред'являють підвищені вимоги. При невірному виконанні монтажу пуск і експлуатація сепаратора будуть небезпечними як для монтажу, так і для обслуговуючого персоналу.

Після доставки сепаратора на завод, він перед монтажем повинен на протязі не менше трьох діб знаходитись у сухому приміщенні.

Сепаратор монтується на жорсткому фундаменті, який залитий бетоном марки 90-110. Фундаментні болти заливаються в колодязях, виконаних при заливанні моноліту. Гвинти кріпляться на шаблоні або на станині сепаратора. Встановлюють станину після затвердіння бетону моноліту фундаменту і цементного розчину в колодязях з залитими фундаментними болтами, тобто через 5-6 днів з моменту заливання.

Даний сепаратор монтують на окремому фундаменті. Місце встановлення вибирають з врахуванням комфортного обслуговування сепаратора.

До підготовленого під монтаж фундаменту станину сепаратора доставляють на основі ящика упаковки, після чого його забирають з-під станини. При монтажі сепаратора нижні амортизатори заключають між металічною обичайкою і ковпачком. При встановленні сепаратора на фундамент фундаментні болти не повинні дотикатись стінок отворів в лапах станини.

Сепаратор встановлюють строго вертикально, що вивіряють по розміщенню базової поверхні. Базова поверхня, якою є верхня проточена кромка чаші станини повинна бути горизонтальною, що перевіряють за допомогою рівня. Положення сепаратора при вивірці змінюють, встановлюючи під нижні амортизатори металічні шайби і легко підтягують гайки фундаментних болтів. Гайки затягують не до кінця хрест-нахрест

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

рівномірно і плавно, без ривків. Зусилля при цьому повинно бути таким, щоб висота нижніх гумових амортизаторів зменшилась не більше ніж на 20% від початкової. При встановленні шайб і підтягуванні гайок положення станини постійно контролюють по рівню. Після затягування гайок і контргайок сепаратор повинен стояти на фундаменті “м’яко”, в протилежному випадку амортизатори втратять свою еластичність. Перевірити “м’якість” встановлення сепаратора можна шляхом погойдування станини за край її чаші.

В даному дипломному проекті всі монтажні, налагоджувальні і ремонтні роботи були виконані у відповідності до вимог охорони праці, техніки безпеки і пожежної безпеки.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

## ВИСНОВКИ

Розробці даного дипломного проекту передувало проведення ряду досліджень, метою яких було встановлення кількості білкової пилуки в сироватці, що одержується в процесі виробництва сиру домашнього та казеїну.

Результати проведених досліджень свідчать, що ПрАТ “Тернопільський молокозавод ” має значні втрати сировинних ресурсів (білка) в наслідок недосконалості технологічних процесів, а також в результаті незавершеності технологічного циклу (молочна сироватка практично не використовується).

Метою даного дипломного проекту було підвищення якості очищення сироватки та зменшення втрат цінних компонентів сироватки в процесі її переробки.

Запропоновані шляхи вирішення цієї проблеми дозволять значно підвищити рентабельність виробництва створивши умови для подальшої переробки сироватки.

Використання фільтра запропонованої конструкції дасть можливість повернути в технологічний процес значну частину білка та значно покращить умови сепарування сироватки.

Модернізація сепаратора А1-ОХС дозволить, без використання допоміжних очисних пристроїв в лінії очистки сироватки, подолати проблему пов’язану із налипанням білкової пилуки на тарілки сепаратора.

При організації промислової переробки сироватки крім економічної вигоди важливе значення має питання про охорону навколишнього середовища. Адже одна тонна молочної сироватки вилита в стічні води, забруднює водойму так само, як 100м<sup>3</sup> господарсько-побутових вод. Затрати на очистку сироватки, що зливається в каналізацію, яку отримують на молокопереробному заводі при переробці 50 тонн молока в зміну, рівноцінні затратам на очистку стічних вод в місті з населенням 80 тис.чол. Таким

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

чином, встановлення на ПрАТ “Тернопільський молокозавод” лінії очистки сироватки має не лише економічне, а і екологічне значення.

Отже, реалізація даного дипломного проекту на ПрАТ “Тернопільський молокозавод” дає можливість значно зменшити масу викидів в навколишнє середовище такої шкідливої речовини як молочна сироватка, і одночасно сприяє підвищенню рентабельності роботи підприємства, адже одним із напрямків інтенсифікації виробництва в молочній галузі є повне і раціональне використання всіх сировинних ресурсів, в тому числі і молочної сироватки, на принципах безвідхідної технології.

В цьому випадку підприємство має подвійну вигоду: від реалізації продуктів отриманих при переробці сироватки та від економії на її очистці, адже затрати на очистку сироватки, що зливається в каналізацію, яку отримують на молокопереробному заводі при переробці 50 тонн молока в зміну, рівноцінні затратам на очистку стічних вод в місті з населенням 80 тис.чол.

Також в проекті виконано розробку заходів з монтажу, ремонту, і технічного обслуговування технологічного обладнання лінії очистки сироватки, розробка заходів з техніки безпеки при експлуатації технологічного обладнання лінії очистки сироватки, вирішення питань охорони навколишнього середовища і безпеки життєдіяльності.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

## Список використаної літератури

1. Лукьянов Н.Я. Теория и расчет молочных сепараторов. – М.: Пищевая промышленность, 1977. - 87с.
2. Чубик Н.А., Маслов Л.Н. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов. - М.: Пищевая промышленность, 1970. -184с.
3. Каталог оборудования пищевой промышленности – М.: Агропромиздат, 1991. –258с.
4. Декл. пат. 3776 Україна, №B01D3/30 Фільтр для очищення сироватки від білка / Шинкарик М.М., Кравець О.І. 12.03.04. Опубл. 15.12.04. Бюл. №12
5. Храмцов А.. Г. Молочная сыворотка.- М.: Агропромиздат, 1990. – 342с.
6. Брусиловский А.Я., Вайнберг А.Я. Автоматизация технологических процессов в молочной промышленности. - М.: Пищевая промышленность, 1978. - 344с.
7. Красов Б. В. Ремонт и монтаж оборудования предприятий молочной промышленности. изд. 3-е. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 305с.
8. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения М.: Машиностроение, 1975.-340.
9. Режимы резания металов. Справочник. Под ред. Барановского Ю. В. – М.: Машиностроение, 1972. – 407с.
10. Справочник по монтажу технологического оборудования молочной промышленности. Под ред. Шувалова В. Н. М.:Машиностроение, 1968. – 500с.
11. Справочник конструктора – машиностроителя. Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова – М.:Машиностроение, 1972. – 712с.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Е. А. Чоботарьев. Центробежное выделение дисперсных фаз из молочной сыворотки и ее концентратов / Сыроделие и маслоделие. - № 5. 2001. – с.31-33.
13. Закалов О. В. Методичні вказівки з курсу “ Основи проектування підприємств харчової промисловості”, Тернопіль – 2000р.-51с.
14. Э.Ф. Кравченко. Пути рационального использования молочной сыворотки / Молочное дело. - №9., 2004. – с.14-16.
15. Шевчук Я.М., Галушак М.П. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090221 “Обладнання харчових та переробних виробництв” Тернопіль, 2001 – 28с.

					<i>ДПАПІС 25. 01. 00. 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87