

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інженерно-технічний інститут
імені акад. І.С. Гулого**

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

« ____ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

освітньо-професійної програми «Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв»

на тему:

Підвищення ефективності роботи обладнання для змішування і гомогенізації компонентів мазей продуктивністю 30 кг/год

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОФ-2-6М

Курило Дмитро Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник **Житнецький Ігор Володимирович**

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені акад. І. С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
Освітньо-професійна програма: Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАХФВ

_____ **Олександр ГАВВА**
“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Курила Дмитра Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Підвищення ефективності роботи обладнання для змішування і гомогенізації компонентів мазей продуктивністю 30 кг/год**

Керівник роботи **Житнецький Ігор Володимирович**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 1 жовтня 2024 р. № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 16.12.2024

3. Вихідні дані до роботи. Предмети досліджень – мазь Меновазан, зубна паста Blend-a-med, рицинова олія; ротационный вискозиметр Rheotest RV2.1.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація (українською та англійською мовами); Вступ; Аналітичний огляд процесу і технологічного обладнання для гомогенізації м'яких лікарських та косметичних засобів; Матеріали і методи досліджень; Результати досліджень та обговорення; Модернізація гомогенізатора-змішувача; Монтаж, ремонт, експлуатація; Безпека життєдіяльності; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Слайди презентації: Актуальність теми; Мета і задача дослідження; Методика проведення досліду; Матеріали і методи досліджень; Результати досліджень та їх обговорення; Загальний вид; Реактор-змішувач; Внутрішня та зовнішня мішалки; Привід; Висновки.

Креслення: Загальний вид; Розріз; Внутрішня мішалка; Зовнішня мішалка; Привід.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання **10 жовтня 2024 р.**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Анотація, зміст	05.12.24	
	Вступ	10.10.24	
	Аналітичний огляд процесу і технологічного обладнання для гомогенізації м'яких лікарських та косметичних засобів	20.10.24	
	Матеріали і методи досліджень	30.10.24	
	Проведення експериментальних досліджень	09.11.24	
	Результати досліджень та їх пояснення	11.11.24	
	Модернізація гомогенізатора-змішувача	22.11.24	
	Монтаж, ремонт, експлуатація	24.11.24	
	Безпека життєдіяльності	25.11.24	
	Висновки	28.11.24	

Здобувач

(підпис)

Дмитро КУРИЛО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Вступ. Проведені аналітичні та експериментальні дослідження з метою удосконалення процесу гомогенізації компонентів м'яких лікарських та косметичних засобів.

Матеріали та методи. Аналітичні дослідження базуються на аналізі сучасної наукової, інформаційної літератури, патентних баз України та світу, а також загальнодоступної інформації виробників фармацевтичної та косметичної продукції. Експериментальні дослідження полягали у визначенні реологічних показників м'яких лікарських і косметичних засобів, зокрема, мазей і зубної пасти на віскозиметрі Реотест 2.1. Енергетичні параметри процесу гомогенізації визначені з врахуванням результатів досліджень на основі відомих критеріальних рівнянь.

Результати та обговорення. Визначено основні переваги і недоліки наявних теорій процесу і обладнання для гомогенізації емульсій – мазей, паст і компонентів косметичних засобів. Основні недоліки наявного обладнання:

- низька ефективність перемішування і розбивання частинок емульсії, і як наслідок – низька продуктивність;
- наявність застійних зон, де продукт не гомогенізується;
- недостатньо даних про реологічні параметри досліджуваних продуктів і режимні параметри роботи обладнання.

Досліджено реологічні властивості рідких лікарських і косметичних засобів. Встановлено, що напруження їх зсуву зі збільшенням швидкості зсуву спочатку зростає, при значних швидкостях зсуву напруження зростає повільніше, тобто, в'язкість зменшується. Проте в'язкість деяких гелів у досліджуваному діапазоні швидкостей зсуву зменшується незначно. В'язкість всіх досліджених продуктів зі збільшенням температури зменшується. В'язкість зубних паст зі збільшенням температури знижується незначно, що пояснюється їх водною основою порівняно із жирною для більшості мазей. Отримані дані підтверджуються результатами інших дослідників на схожих продуктах, і дозволяють розрахувати потужність приводу гомогенізаторів на етапі проектування.

Модернізація гомогенізатора полягає у встановленні турбінної мішалки і зовнішнього циркуляційного контуру. Це дозволило зменшити час гомогенізації з 4 до 1 години, і відповідно, збільшити продуктивність.

Висновок. Наукова новизна результатів полягає у отриманні ряду залежностей в'язкості мазей і паст від швидкості зсуву та температури. Практична цінність полягає в удосконаленні конструкції гомогенізатора, і, відповідно, зменшенні часу гомогенізації.

Ключові слова: реологія, в'язкість, мазь, швидкість зсуву, паста.

ABSTRACT

Introduction. Analytical and experimental studies have been conducted to improve the process of homogenization of the components of soft drugs and cosmetics.

Materials and methods. Analytical studies based on the analysis of modern scientific, information literature, patent bases, as well as public information of manufacturers of pharmaceutical and cosmetic products. The experimental studies consisted of determining the rheological parameters of soft drugs and cosmetics, in particular ointments and toothpaste, on a Reotest 2.0 viscometer. The energy parameters of the homogenization process are determined taking into account the results of studies based on known criteria.

Results and discussion. The main advantages and disadvantages of the available process theory and equipment for homogenization of emulsions - ointments, pastes and components of cosmetics are determined. The main disadvantages of the available equipment:

- Low efficiency of mixing and partitioning of the emulsion particles, and as a consequence - poor performance;
- Presence of stagnant areas where the product is not homogenized;
- Insufficient data on the rheological parameters of the investigated products and operating parameters of the equipment.

The rheological properties of liquid medicines and cosmetics were investigated. It was found that the shear stress with increasing shear rate initially increases, at high shear rates it increases more slowly, that is, the viscosity decreases. However, the viscosity of some gels in the studied range of shear rates decreases slightly. The viscosity of all tested products decreases with increasing temperature. The viscosity of toothpastes decreases slightly with increasing temperature, which is explained by their water base compared to oily for most ointments. The obtained data are confirmed by the results of other researchers on similar products, and allow to calculate the drive power of homogenizers at the design stage.

The modernization of the homogenizer consists in the installation of a turbine mixer and an external circulation circuit. This reduced the homogenization time from 4 to 1 hour and, accordingly, increased productivity.

Conclusion. The scientific novelty of the results is to obtain a number of dependences of the viscosity of ointments and pastes on the shear rate and temperature. The practical value is to improve the design of the homogenizer and, accordingly, to reduce the time of homogenization.

Keywords: rheology, viscosity, ointment, shear rate, paste.

ЗМІСТ

Вступ	8
РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд процесу і технологічного обладнання для гомогенізації м'яких лікарських та косметичних засобів	9
1.1. Основи гомогенізації	9
1.2. Теорія процесу перемішування	10
1.3. Загальні відомості про мазі	11
1.4. Технологія виготовлення мазей на фармацевтичних підприємствах	16
1.5. Огляд патентів	23
1.6. Висновки і задачі досліджень.	28
РОЗДІЛ 2. Матеріали і методи досліджень	29
2.1. Матеріали, що досліджуються	29
2.2. Опис експериментального стенду	29
2.3. Порядок проведення досліджень	35
2.4. Математично-статистична обробка результатів досліджень	39
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень та їх обговорення	41
3.1. Реологічні властивості мазі Меновазан	41
3.2. Реологічні властивості змішаних компонентів зубної пасти	44
3.3. Реологічні властивості рицинової олії	48
3.4. Порівняння результатів	51
РОЗДІЛ 4. Модернізація гомогенізатора-змішувача	54
4.1. Опис модернізації	54
4.2. Розрахунки	57
4.3. Розрахунки потужності приводів	62
4.4. Тепловий розрахунок	68
РОЗДІЛ 5. Монтаж, ремонт, експлуатація	70
5.1. Вимоги до монтажу, ремонту, експлуатації обладнання	70

5.2 Ремонт	70
5.3. Експлуатація обладнання	71
РОЗДІЛ 6. Безпека життєдіяльності	74
Висновки	77
Література	78
Додатки	81

ВСТУП

Однією із провідних галузей економіки України на початку XXI століття являється фармацевтична промисловість країни. Її подальший розвиток обумовлюється інтенсифікацією технологічних процесів, зменшенням витрат палива, електроенергії на їх здійснення, витрат матеріалів та інших конструкційних матеріалів на виготовлення машин і апаратів нового покоління.

За останні роки технічна база підприємств фармацевтичної промисловості оновлюється швидкими темпами. Поряд з обладнанням, змонтованим в попередні роки, з'явилися зразки обладнання, виготовлені українськими машинобудівними заводами, а також поставлені зарубіжними фірмами та сумісними підприємствами. Найбільший економічний ефект при модернізації фармацевтичного обладнання дають саме ті рішення, що спрямовані на раціональне використання матеріалів і сировини, впровадження матеріалозберігаючої техніки, технології та підвищення ефективності установки.

На сучасному етапі розвитку фармацевтичної галузі України використовується багато різноманітного обладнання. Гомогенізатори є одним із головних видів його устаткування.

Гомогенізатори призначені для подрібнення жирових кульок, рідких і в'язких продуктів у сумішах. Це обладнання застосовуються в різних технологічних лініях для виготовлення мазей та паст. Для гомогенізації мазі використовуються змішувачі, вібратори тощо. Але ці обладнання, як показала практика, менш ефективні.

У фармацевтичній промисловості найбільшого застосування отримали гомогенізатори SpeedyMix, які представляють собою мішалки різних типів і видів.

<i>Відповідальна організація</i>	<i>Технічне узгодження</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	230643MP.11.001.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова UA</i>	<i>Арх ш</i>	

РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд процесу і технологічного обладнання для гомогенізації м'яких лікарських та косметичних засобів

1.1. Основи гомогенізації

Гомогенізація (від грец. ὁμογενής – однорідний) – технологічний процес, вироблені над дво- або багатозфазною системою, в ході якого зменшується ступінь неоднорідності розподілу хімічних речовин і фаз за обсягом гетерозфазної системи [1].

Слід розрізняти поняття гомогенізацію і диспергування. При гомогенізації необов'язково проводиться дроблення дисперсної фази (наприклад при змішування порошкоподібних твердих речовин). Навпаки, при диспергування гетерозфазна система зазвичай одночасно і гомогенізується.

В ході гомогенізації можуть виходити як стійкі, так і нестійкі гетерозфазні системи. Коли це можливо і необхідно, в гетерозфазні системи вводяться стабілізуючі речовини (наприклад аміачний буфер при отриманні мікрокристаллического гідроксиапатиту).

Хоча термін «Гомогенізація» зазвичай вживається відповідно процесів змішування взаємно нерозчинних речовин, наприклад таких як вода - олія, етиловий спирт - ртуть, також гомогенізацією можуть піддаватися і суміші твердих порошків (суха будівельна суміш), і суміші взаємно розчинних компонентів, особливо коли з якихось -або причин швидкість розчинення уповільнена.

<i>Відповідальна організація</i>	<i>Технічне узгодження</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i>	<i>Розробник документа</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	230643MP.11.001.ПЗ			
НУХТ	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова UA</i>	<i>Арку ш 1/01</i>

Термін «Гомогенізація» також використовується в розділі будівельної механіки опір матеріалів для розрахунку композитних матеріалів, наприклад кам'яної кладки, яка складається з елементів кладки (цегли, каменів, блоків) і будівельного розчину. Під час гомогенізації композитний матеріал замінюється умовно однорідним (гомогенним), фізичні характеристики якого інтегрально збігаються з реальним матеріалом.

1.2. Теорія процесу перемішування

Змішувальні машини класифікуються за наступними ознаками[2]:

- За фізичним станом перемішувального середовища: змішувачі для сипких матеріалів, паст для тістомісильних машин ;
- За способом дії – змішувачі періодичної та безперіодичної дії ;
- За природою силового впливу на частинки матеріалу – гравітаційні, відцентрові та пневматичні змішувачі ;
- За механізмом перемішування частинок – циркуляційні, об'ємного та дифузійного змішування ;
- За конструкцією – барабанні, шнекові, стрічкові та лопатеві змішувачі;
- За способом управління – з ручним, автоматичним управлінням.

Шнековий змішувач для приготування паст [3].

--	--	--	--	--

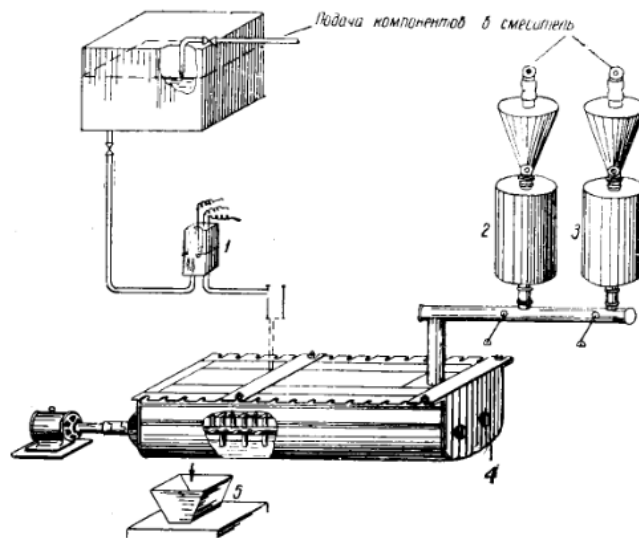


Рис.1.2.1. Шнековий змішувач для приготування пасти:

1 – дозатор для кислоти; 2 – дозатор для порошка; 3 – дозатор для розширювача; 4 – змішувач безперервної дії; 5 – бункер для пасти.

1.2. Загальні відомості про мазі

Мазі є офіційною лікарською формою. Під терміном мазі (*unguenta*) об'єднується велика група різноманітних за складом і дією ліків, які мають в'язко-пружно-пластичну консистенцію.

Державна фармакопея України визначає мазі як м'які лікарські засоби для місцевого застосування, призначені, для місцевої терапевтичної або захисної дії, або для проникнення лікарських речовин крізь шкіру. Мазі складаються з основи і лікарських речовин, рівномірно в ній розподілених.

У заводському виробництві на мазі припадає близько 10 % від загального обсягу виробництва ГЛЗ. Вони широко застосовуються в терапії багатьох дерматологічних захворювань, в офтальмології, отоларингології, хірургії, акушерстві, гінекології, проктології та інших галузях клінічної медицини.

--	--	--	--	--

Мазі застосовуються не тільки для лікування, а й з метою профілактики або діагностики захворювань, а також як індивідуальні засоби захисту відкритих частин тіла від дії хімічних подразників на виробництві і в побуті. Велику групу складають косметичні мазі для пом'якшення і живлення шкіри, вони можуть бути гігієнічними, лікувально-профілактичними і декоративними.

За типом дисперсних систем розрізняють мазі гомогенні (сплави, розчини) і гетерогенні (суспензійні, емульсійні, комбіновані), а в залежності від консистентних властивостей власне мазі, пасти, креми гелі та лініменти.

Залежно від призначення мазі поділяють на дерматологічні, уретральні, мазі для носа, очні, ректальні, вагінальні. Така класифікація мазей має значення як з технологічної, так і з біофармацевтичної точки зору, що вказує на комплекс операцій, які закладено в схему технологічного процесу їх виробництва. Так, мазі, які наносять на слизові оболонки, рани, опікові поверхні, слід виготовляти в асептичних умовах. Суспензійні мазі, які застосовуються для лікування органів зору, мають містити найдрібніші частинки лікарських речовин. Водночас вибір технологічних операцій повинен бути обґрунтованим і з біофармацевтичної точки зору.

М'які лікарські засоби звичайно містять діючі та допоміжні речовини. Допоміжні речовини утворюють просту або складну основу, яку можна виробляти окремо або одержувати у процесі виготовлення м'якого лікарського засобу. Діючі речовини мають бути рівномірно розподілені в основі, яка залежно від її складу і властивостей може впливати на їх вивільнення, біодоступність і терапевтичну дію.

М'які лікарські засоби і основи можуть являти собою одно-, дво- або багатофазові системи і складатися з природних і/або синтетичних речовин.

Допоміжні речовини, що входять до складу м'яких лікарських засобів, за функціональним призначенням можна класифікувати як:

--	--	--	--	--

- м'які основи-носії (вазелін, ланолін та ін.);
- речовини, що підвищують температуру плавлення і в'язкість (парафін, спермацет, гідрогенізовані рослинні олії, воски, макроголи з високою молекулярною масою та ін.);
- гідрофобні розчинники (мінеральні та рослинні олії, ізопропілпальмітат, ізопропілміристат, поліалкілсилоксани, бензилбензоат та ін.);
- вода і гідрофільні розчинники (етанол та ізопропанол, макроголи 200-600, пропіленгліколь, пропіленкарбонат, гліцерин, диметилсульфоксид та ін.);
- емульгатори типу масло/вода (м/в) (натрію лаурилсульфат, емульгуючий віск (емульгатор №1), полісорбати, поліоксиетиленгліколеві ефіри вищих жирних спиртів, цетилпіридинію хлорид, солі вищих жирних кислот, оксіетильована рицинова олія, поліоксиетиленгліколеві ефіри стеаринової кислоти та ін.);
- емульгатори типу вода/масло (в/м) (вищі жирні спирти, холестерин, спирти шерстного воску, спени, гліцерилмоноолеат, гліцерилмоностеарат та ін.);
- гелеутворювачі (карбомери, альгінова кислота та її солі, похідні целюлози, поліетилен низькомолекулярний, полоксамери або проксаноли, макроголи 1500-8000, бентоніт, каолін, кремнію діоксид колоїдний, гуміарабік, трагакант, желатин та ін.);
- антимікробні консерванти (бензалконію хлорид, мірамістин, цетримід, цетил піридинію хлорид, солі хлоргексидину, бензойна і сорбінова кислоти та їх солі, ефіри п-гідроксибензойної кислоти (парабени), спирт бензиловий, крезол, хлор крезол, імідосечовина, феноксиетанол, макрогол, етанол та ін.);
- антиоксиданти (альфа-токоферол, аскорбінова кислота та її похідні, бутилгідроксіанізол і бутилгідрокситолуол, етилендіа

--	--	--	--	--

мінтетраоцтова кислота та її солі, лимонна кислота, пропілгалат, натрію метабісульфіт та ін.);

— солюбілізатори (бета-циклодекстрин, гідрофільні поверхнево-активні речовини (ПАР) та ін.);

— запашники (ментол, ефірні олії, фенілетанол та ін.);

— речовини для створення або стабілізації певного значення рН (лимонна кислота, фосфорнокислі солі натрію та ін.);

— барвники, коригенти смаку та ін.

Деякі допоміжні речовини, крім того, можуть правити за зм'якшувальні і зволожувальні добавки, пенетратори, змочувачі та ін. Допоміжні речовини одночасно можуть виконувати декілька вищеперерахованих функцій, наприклад, гелеутворювачі, емульгатори й речовини, що підвищують температуру плавлення і в'язкість основ, є також стабілізаторами дисперсних систем. Деякі допоміжні речовини являють собою суміші різних речовин: ланолін водний, емульгуючий віск (емульгатор №1), неіоногенний емульсійний віск, сплав вазеліну зі спиртами шерстного воску та ін.

М'які лікарські засоби і основи можуть бути класифіковані за такими ознаками:

— за спорідненістю до води: на гідрофільні і гідрофобні (ліпофільні);

— за здатністю абсорбувати воду і механізмом її абсорбції;

— за типом дисперсних систем: на розчини, сплави (однофазні системи); емульсії типу м/в і в/м, суспензії, колоїдні дисперсії вищих жирних спиртів або кислот, стабілізовані гідрофільними ПАР (двофазові системи); множинні емульсії м/в/м і в/м/в, а також комбіновані системи (багатофазові системи);

— за реологічними властивостями м'якого лікарського засобу і/або дисперсійного середовища при установлених температурі зберігання і способі застосування;

--	--	--	--	--

– за концентрацією і дисперсним станом допоміжних і/або лікарських речовин.

Найбільш прогресивною класифікацією мазевих основ є система, яка враховує здатність основи поглинати рідину, що узгоджується з технологічними принципами виготовлення мазей.

За цією класифікацією мазеві основи поділяють на чотири групи: гідрофобні, абсорбційні, водозмивні, водорозчинні.

До гідрофобних основ належать індивідуальні речовини та їхні суміші з яскраво виявленими гідрофобними властивостями (вазелін, петролатум, тваринні жири, рослинні і мінеральні олії).

До класу абсорбційних основ належить група основ, здатних інкорпорувати до 50 % і більше води або водних розчинів лікарських речовин з утворенням емульсій типу в/м (ланолін, гідролін). До групи водозливних основ належать емульсійні основи типу м/в, виготовлені з використанням поверхнево-активних речовин (ПАР), високогідрофільних неорганічних (бентоніти), органічних (водорозчинні естери целюлози) речовин та їх сумішей.

Водорозчинні мазеві основи об'єднують велику групу гідрофільних основ, утворених водорозчинними високомолекулярними сполуками синтетичного або природного походження. До них належать також численні гідрофільно-колоїдні основи – крохмальні, альгінові, пектинові гідрогелі.

Сучасні вимоги до мазей. Мазі повинні мати певні структурно-механічні (реологічні) характеристики: еластичність, пластичність, в'язкість, періоди релаксації. Фармакологічний ефект мазей значною мірою залежить від їхніх структурно-механічних властивостей, які є критерієм визначення якості мазей як під час виробництва, так і в процесі зберігання.

М'яка консистенція мазей забезпечує зручність їх застосування через нанесення на шкіру, слизові оболонки і вивільнення з них лікарських речовин. Оптимальна дисперсність лікарських речовин і рівномірний

--	--	--	--	--

розподіл їх у мазі забезпечують необхідний фармакологічний ефект і гарантують незмінність її складу при застосуванні і зберіганні.

На характер і силу дії мазі істотно впливає тип дисперсної системи. Мазі-розчини та емульсійні можуть виявляти як місцеву, так і резорбтивну дію, тоді як суспензійні мазі виявляють переважно місцеву дію.

Мазева основа є носієм лікарських речовин і забезпечує об'єм і потрібні фізико-технологічні властивості мазі.

Вибір основи залежить від фізико-хімічних властивостей введених до них лікарських речовин і характеру дії мазі. Основа, яка б забезпечувала максимальний терапевтичний ефект мазі, повинна відповідати таким вимогам:

- мати необхідні структурно-механічні властивості;
- мати необхідну абсорбційну здатність;
- не змінюватися під дією чинників зовнішнього середовища і не вступати в реакцію із введеними до неї лікарськими речовинами;
- мати хімічну стійкість;
- бути фармакологічно індиферентною, не повинна чинити подразливої та сенсibiliзуючої дії, сприяти зберіганню початкового значення рН шкіри або слизової оболонки;
- не піддаватися мікробній контамінації;
- властивості основи повинні відповідати призначенню мазі.

Нині як основи для мазей використовують значну кількість різних компонентів, інколи – окремих речовин. Вони є, як правило, складними фізико-хімічними системами. Великий асортимент і різноманітність властивостей основ для мазей визначає необхідність їх класифікації.

--	--	--	--	--

1.4. Технологія виготовлення мазей на фармацевтичних підприємствах

У фармацевтичному виробництві найчастіше доводиться виготовляти комбіновані мазі, які містять компоненти, розчинні і нерозчинні в основі або воді. Усе це визначає технологію одержання мазей і тип апаратури, яка використовується. Відмінними рисами виробництва мазей у заводських умовах є те, що їх готують у спеціальних цехах із застосуванням складного обладнання за технологією, що забезпечує їх стабільність протягом не менше двох років відповідно до розробленої і затвердженої АНД.

В умовах заводського виробництва мазей використовують різноманітний асортимент основ і складне спеціальне обладнання. У технології мазей дуже важливими є такі чинники: ступінь дисперсності лікарських речовин, спосіб уведення лікарських речовин в основу, час, швидкість і порядок змішування компонентів, температурний режим та інші параметри. Вони впливають на консистенцію, реологічні властивості, однорідність, стабільність під час зберігання і фармакотерапевтичну ефективність мазей.

Технологічний процес виробництва мазей на хіміко-фармацевтичних підприємствах складається з таких основних стадій:

- санітарна обробка виробничих приміщень;
- підготовка сировини і матеріалів (лікарських речовин, основи, тари, упаковки та ін.);
- уведення лікарських речовин в основу;
- гомогенізація мазей;
- стандартизація готового продукту;
- фасування, маркування та упакування готової продукції.

Залежно від складності рецептури мазей і фізико-хімічних властивостей компонентів, що входять до їх складу, до технологічної схеми виробництва

--	--	--	--	--

можуть входити різні операції. Усі стадії та операції суворо контролюються згідно з технологічним регламентом від початку і до кінця виробничого циклу.

Стадія «Санітарна обробка виробничих приміщень» спрямована на забезпечення випуску високоякісного готового продукту, на попередження мікробної контамінації (засівання) під час виробництва, зберігання і транспортування, на створення безпечних умов праці та охорони здоров'я працівників.

Приготування основи включає операції розчинення або сплавлення її компонентів із наступним видаленням механічних домішок методом фільтрування.

Компоненти основи, які плавляться (вазелін, ланолін, віск, емульгатор №1, №2, емульсійні воски та інші), розплавляють у електрокотлах марок ЕК-Ю, ЕК-60, або в котлах із паровими оболонками марок ПК-125 і ПС-250. За формою вони можуть бути циліндричними або сферичними, а для зливання розплавленої маси їх конструюють перекидними або обладнують зливальними кранами.

Мазеві котли виготовляють із міді або чавуну. Вони входять у групу допоміжного обладнання виробництва.

Розплавлення основи здійснюється спеціальною паровою «голкою» або паровим змійовиком. Електропанель для плавлення основ, яка складається з ємкості і конічної лійки з ґратками, захисним кожухом, нагрівальними елементами. Захисний кожух запобігає проникненню основи до нагрівальних елементів, а ґратки захищають мазевий котел від домішок, що можуть туди потрапити. Після розплавлення; основа шлангом за допомогою вакууму перекачується в котел.

Розплавлену основу трубопроводом, що обігривається, переводять у реактор для приготування мазі. Для перекачування розплавленої основи використовують різні типи насосів. Найбільш доцільно використовувати

--	--	--	--	--

шестеренчасті насоси, оскільки вони надійно працюють у в'язких середовищах.

До стадії «Підготування лікарських речовин входить здрібнювання, просіювання, якщо лікарські речовини входять до складу мазі за типом суспензії; розчинення у воді або в компонентах маzewої основи, якщо це мазь-емульсія або мазь-розчин.

Стадія «Введення лікарських речовин в основу» може включати додавання твердих речовин до основи (мазь-суспензія) або розчинення речовин в основі (мазі-розчин). Якщо мазі комбіновані, можуть здійснюватися і той, і інші процеси. Для введення лікарських речовин в основу використовують мазеві котли або реактори.

Котли і реактори, обладнані потужними мішалками, пристосованими для роботи у в'язких середовищах (якірні, грабельні або планетарні). Реактор (рис. 2) призначений для змішування густих компонентів. Він має корпус 2, кришку 1 із вмонтованим в неї завантажувальним бункером оглядове вікно, клапани, штуцери і патрубки для введення різних компонентів. Кришка корпусу за допомогою траверси 9 і гідравлічних опор може підніматися і опускатися. Усередині корпусу розташовується якірна мішалка 7 з лопатками 4, що відповідають профілю корпусу. Мішалки 7 і 4 обертаються в протилежні сторони за допомогою гідродвигунів 11 і співвісних валів 3. Крім цього, у корпусі реактора змонтовано і турбінну мішалку 5, що обертається за допомогою електродвигуна 10. Наявність трьох мішалок забезпечує якісне перемішування компонентів мазі. Завантаження реактора здійснюється через паровий клапан 6, його корпус має оболонку для підведення гарячої або холодної води.

--	--	--	--	--

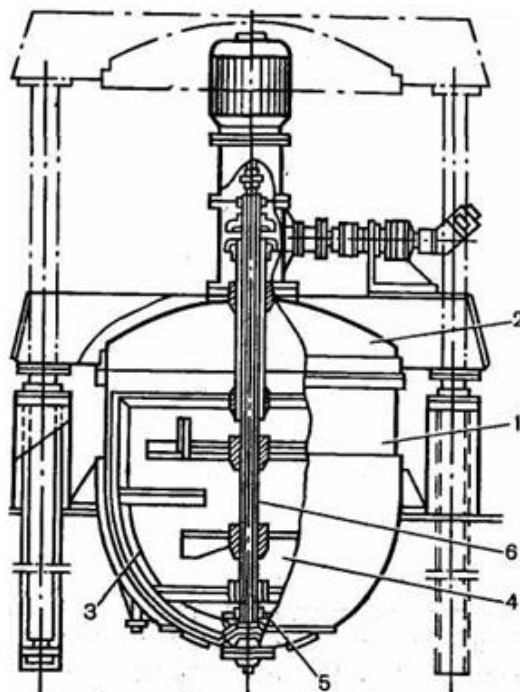


Рис. 1.4.1. Реактор-змішувач

Для змішування і лікарських речовин використовують тістомісильні машини типу тих, які мають змінний котел, що підкочується, і змішувальний важіль із лопатями. Котел приводиться до руху електродвигуном. Фірма «А. Джонорн і К^о» (Англія). випускає універсальний змішувач «Юнітрон» (рис. 3). Він складається з нерухомого резервуара 1, що закривається кришкою 7 із гідравлічним керуванням. У кришці є впускні канали і система Для миття резервуара без його розкривання.

У центрі котла вмонтовано вал 4, що приводить до руху знімні змішувальні насадки 2 і обертовий скребок 6. У резервуарі є нижній випускний отвір 3 і отвір 5 для підключення гомогенізатора або іншого обладнання. Змішування компонентів у резервуарі можна здійснювати при різних температурах, у середовищі інертного газу, із постійним вимірюванням температури суміші, вмісту в ній вологи, визначення маси та інших параметрів.

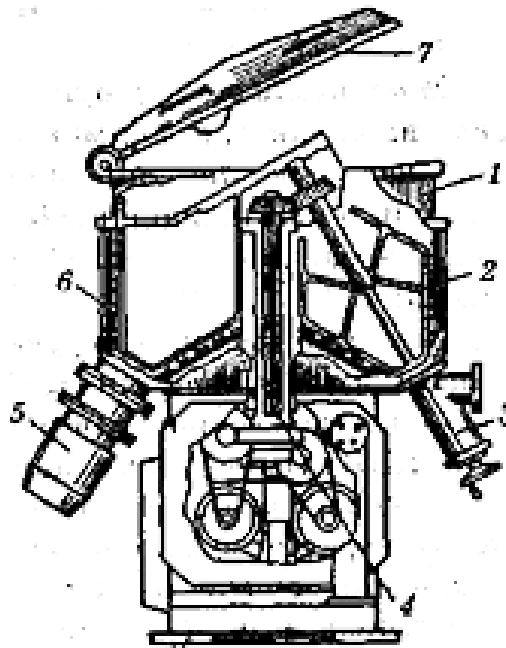


Рис. 1.4.2. Схема змішувача «Юнітрон»

Керування всіма операціями виконується з пульта, на якому встановлено реєструючі пристрої. Однак з допомогою тільки мішалок не можна домогтися необхідної дисперсності суспензійних мазей. Тому мазі під час їх виробництва піддають гомогенізації, для чого використовують ма-зетерки різних типів (дискова, валкова, жорнова).

Дискова мазетерка складається з двох дисків, розташованих горизонтально, один під одним. Обертається нижній диск, верхній нерухомо скріплений з лійкою, в яку подається мазь. У лійці є мішалка або скребки, що сприяють рухові мазі. На дисках є насічки. Мазь надходить у просвіт між дисками в центр, розтирається і одночасно переміщується до країв, з яких знімається скребками в приймач. Ступінь гомогенізації регулюється відстанню між дисками. Продуктивність дискової мазетерки складає 50–60 кг мазі за годину.

Валкова мазетерка складається з двох або трьох паралельно і горизонтально розташованих валків з гладкою поверхнею, які обертаються (рис. 4). Вони можуть виготовлятися з фосфору, базальту або металу. Для

--	--	--	--	--

створення оптимальної температури мазі, що надходить у валки, їх виготовляють пустотілими, для того щоб у разі необхідності всередину можна було подавати теплу воду. При роботі валки обертаються з різною швидкістю (останній, крім того, робить коливальні рухи). Диференціацію швидкостей обертання валків забезпечують спеціальні шестерні.

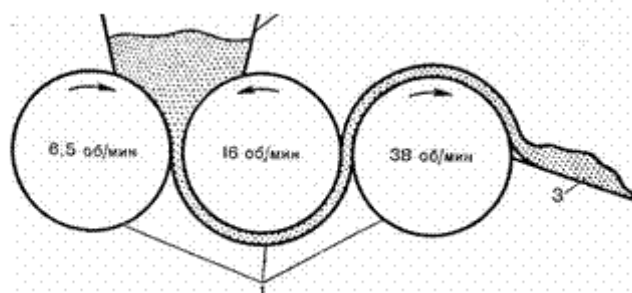


Рис.1.4.3. Схема роботи тривалкової мазетерки

лікарських речовин, що містяться в готовій мазі, використовують методики, наведені у відповідних статтях ДФУ, ФС, ДСТ У, ТУ.

Відхилення в масі мазей, розфасованих у баночки або туби, перевіряють шляхом зважування 10 доз. Мазь поміщають у бункер 2, з нього вона самоплинно надходить на валки 1, проміжок між якими регулюється. З третього валка мазь надходить по напрямних жолобах 3 у приймач фасувальної машини. Різна швидкість обертання валків забезпечує перехід мазі з одного валка на інший.

Стандартизація мазей. Мазі стандартизують за якісним і кількісним вмістом лікарських речовин (визначення істинності).

Це визначення проводиться візуально за зовнішнім виглядом та органолептичними ознаками, а також, проведенням якісних реакцій на лікарські речовини, що входять у склад мазі. Для якісної ідентифікації і визначення кількості

--	--	--	--	--

Для суспензійних мазей визначається дисперсність. Норми ступеня дисперсності твердих частинок є індивідуальними для кожної мазі і повинні зазначатися в окремих статтях ДФ та іншій АНД.

Фармакопея ХІ видання вимагає проводити випробовування мазей на мікробну чистоту. У це поняття входить кількісне визначення життєздатних бактерій і грибків, а також виявлення певних видів мікроорганізмів, наявність яких є неприпустимою у нестерильних лікарських засобах.

Фасування і упаковування мазей. Упаковування мазей проводять в ємкості з різних матеріалів. Мазі, що містять водну фазу або леткі компоненти, упаковують у посудини, які запобігають їх випаровуванню. Для упакування мазей часто використовуються банки скляні, порцелянові, із полімерних матеріалів (полістирол) об'ємом 10, 20, 30, 50, і 100 мл, які закриваються кришками, що загвинчуються.

Найбільш зручною і сучасною упаковкою для мазей є туби, виготовлені з металу або полімерних матеріалів. Туба є найбільш гігієнічною і зручною упаковкою; на неї можна наносити поділки, що забезпечують дозування мазі, до неї можуть додаватися насадки (аплікатори) з пластмаси, які дають змогу вводити мазь у порожнини і та ін. Для металевих туб використовують алюміній марок А6 і А7. Їхню внутрішню поверхню вкривають лаком (ФД-559), а зовнішню – емалевою фарбою, на яку потім наносять маркування.

Як полімерні матеріали для виготовлення туб використовують поліетилен низького і високого тиску, поліпропілен, полівінілхлорид.

Для герметизації отвір туби закривають суцільною тонкою алюмінієвою плівкою, зверху нагвинчується конічний бушон. Бушон має гострий шип, яким проколюють отвір туби при використанні. Для наповнення туб використовують тубонаповнювальні машини лінійного і карусельного типу.

--	--	--	--	--

1.5. Огляд патентів

Реакторний гомогенізатор [4]

Працює реакторний гомогенізатор наступним чином: рідкий матеріал, що підлягає подрібненню, подається через патрубок 10 в кришці 8 на диск 4 статора з отворами 16. Він проходить через отвори 16 диска 4 статора та отвори 15 диска 5 ротора, який обертається разом і привідним валом 7. Матеріал потрапляє в об'єм між дисками ротора після того, як проходить через систему отворів 15, 16 у вигляді кругів або іншої форми дисків статора та ротора.

В разі збігу та не збігу отворів 15, 16 виникають такі фактори, як градієнти тиску, ультразвукових та кавітаційних сил, які діють на матеріал. За рахунок цього матеріалу подрібнюється та гомогенізується.

Диск 4 статора, крім того, виконує функції фільтрата, затримуючи більші по розміру ніж діаметр кругів отворів частки, а диск 5 ротора виконує функції зрізуючого ножа 5.

Після першої стадії обробки матеріал лопатками 6 подається в щілині отвори 12 циліндрів ротора 3 та статора 2.

Під час другої стадії обробки матеріал піддається діям названих факторів при першій стадії обробки, а також більш інтенсивній пульсації тиску та автоколивальному режиму. Ці фактори виникають за рахунок дії більшшх лінійних швидостей в щілинних отворів 12.

Таблиця 1.5.1

Аналіз роботи реакторного гомогенізатора

Недоліки	Переваги
В запропонованій конструкції матеріал має меншу можливість просочування між торцевими поверхнями ротора та статора, але дуже часто піддаються замилюванню	Підвищена ефективність праці роторного гомогенізатора. Реакторний гомогенізатор, який містить циліндричний корпус, в которому коаксіально встановлені

--	--	--	--	--

щілинні отвори найменшого діаметру циліндра ротора. Крім того, частки маєрiалу мають можливість проходити через щілинні отвори циліндрів, розміщуючись вздовж щілинного отвору, при великих зазорах між циліндрами ротора та статора в них потрапляє маєрiал, що призводить до зупинки апарата.

циліндри ротора та статора, що чергуються між собою, з щілинними отворами на бокових поверхнях, Закріпленні на дисках, розміщених з протилежних сторін, перегородки, виконанні у вигляді лопаток, та кришку корпусу, згідно з винаходом диска статора виконано x отворами а ротор наділено додатковим, з'єднаним з протилежним диском лопатками, в якому також виконано отвори, що по розміру, формі та розташуванню співпадають з отвором в диску статора.

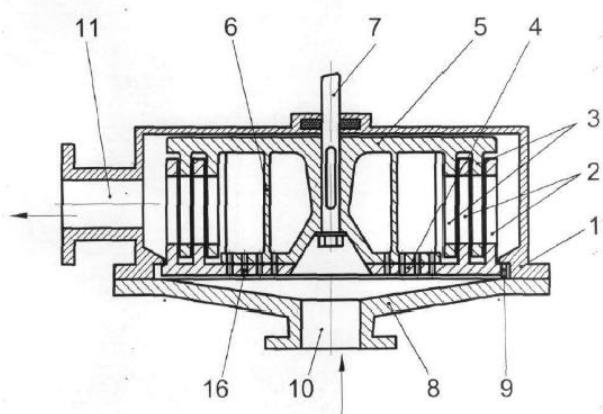


Рис.1.5.1.

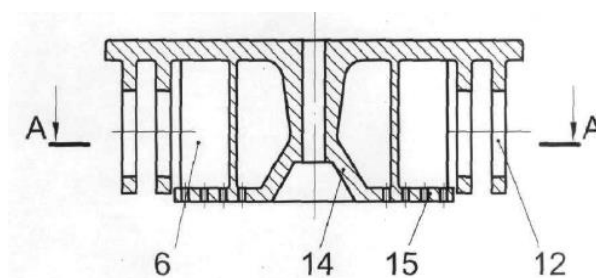


Рис.1.5.2.

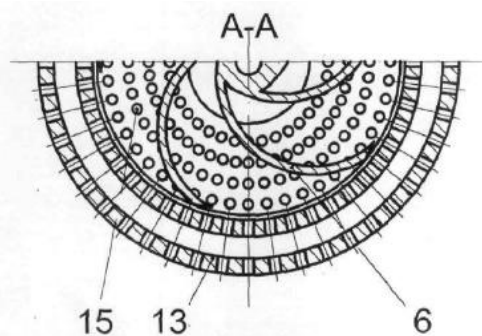


Рис.1.5.3.

Гомогенізатор для рідких продуктів [5]

Запропонована конструкція корисної моделі пояснюється кресленням, :

--	--	--	--	--

на рис. 1.7 зображено заявлений імпульсний гомогенізатор, загальний вигляд;

на рис. 1.8 - вид зверху на поршень-ударник;

на рис. 1.9 зображено осьовий наскрізний отвір у вигляді дифузора.

Гомогенізатор для рідких продуктів складається з циліндра 1 з поршнем-ударником 2, штока 3, імпульсного приводу 4, патрубків підведення 5 і відведення 6 гомогенізуючої рідини, 5 колектора вводу 7 гомогенізованої рідини з отворами 8 її вводу в циліндр 1, вентиля 9 випуску й регулювання витрати гомогенізованої рідини. В поршні-ударнику 2 виконані осьові наскрізні

отвори 10 у вигляді дифузорів, основа яких розташована критичним перерізом на глибині, рівній половині товщини поршня-ударника.

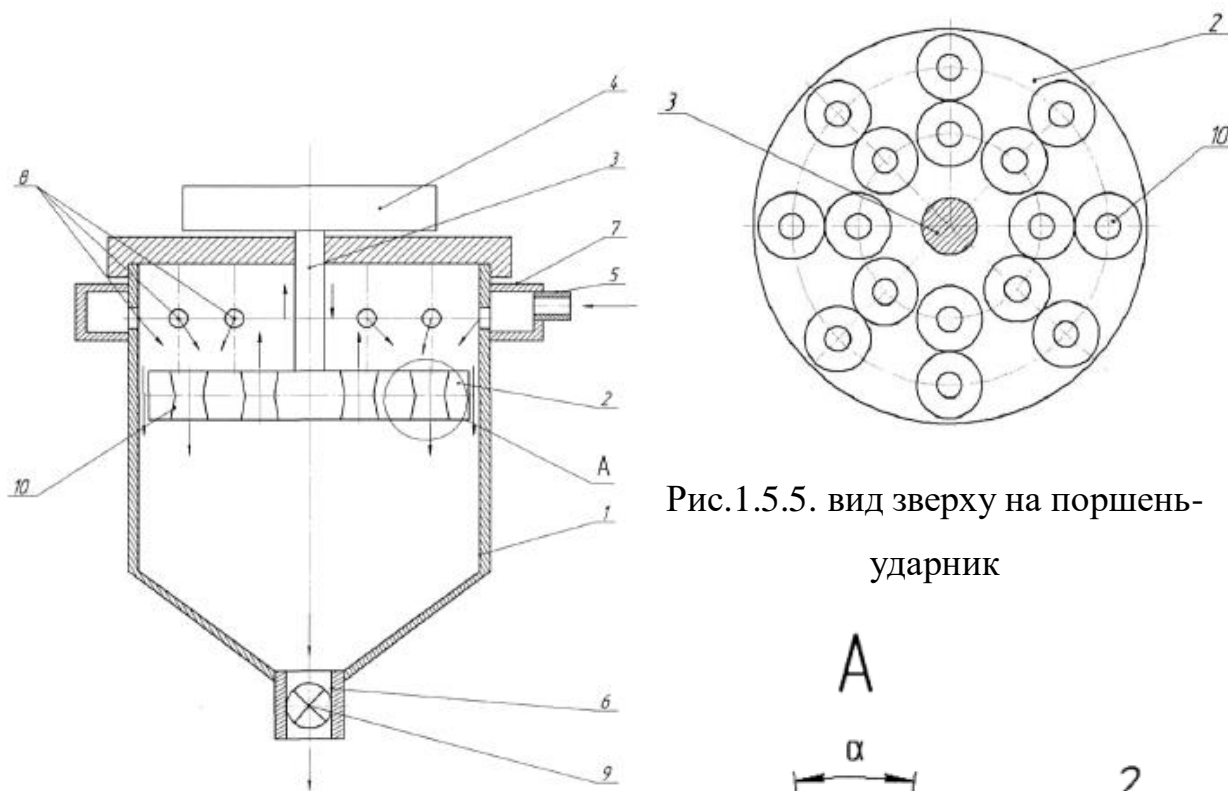


Рис. 4. імпульсний гомогенізатор
загальний вигляд

Рис. 1.5.5. вид зверху на поршень-ударник

Рис. 1.5.6 осьовий наскрізний отвір

Аналіз роботи гомогенізатора для рідких продуктів

Переваги	Недоліки
Корисна модель належить до конструкції пристроїв, які використовуються при гомогенізації рідких продуктів в харчовій, хімічній, фармацевтичній та інших галузях агропромислового комплексу, де використовується гомогенізація.	Недоліком конструкції є те що виконання наскрізних отворів дифузорів з довільним кутом конусності призводить до зниженню швидкості струменю, тим самим зниження ступеня диспергування.

Роторний гомогенізатор [8]

Гомогенізатор складається з завантажувальної ємності 1 у вигляді бака з кришкою 2, що має вакуумне ущільнення, вихідного патрубку 3 та корпуса 4, який містить ніж 5, ротор 6, статори 7, 8 та диск з лопаиками 9, які встановлені на спільному приводному валу, що через вакуумне торцеве ущільнення 10 обертається в підшипниково-вому вузлі 11 і має клино-ремінний привід від електродвигуна 12.

У верхній частині завантажувальної ємності 1 встановлено тарілчастий розподільник 13 рідини, що сполучений з вихідним патрубком за допомогою циркуляційного трубопроводу 14, за допомогою диска з лопатками 9.

В циркуляційному контурі встановлено три-ходовий кран 15. Завантажувальна ємність 1 сполучена з вакуум-насосом 16 за допомогою трубопроводу з водяним конденсатором 17. Для контролю вакууму, величина якого повинна дорівнювати 0,1...0,2 абсолютної атмосфери, служить вакуумметр 18.

--	--	--	--	--

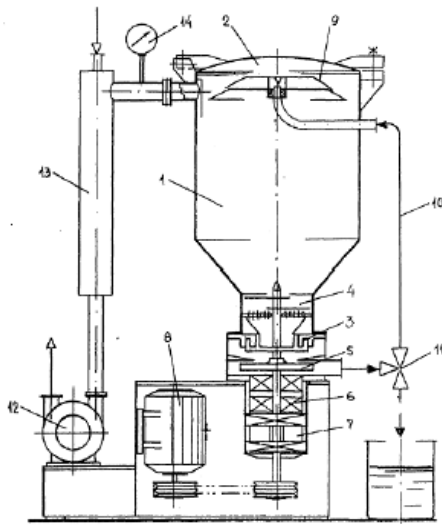


Рис.1.5.7.

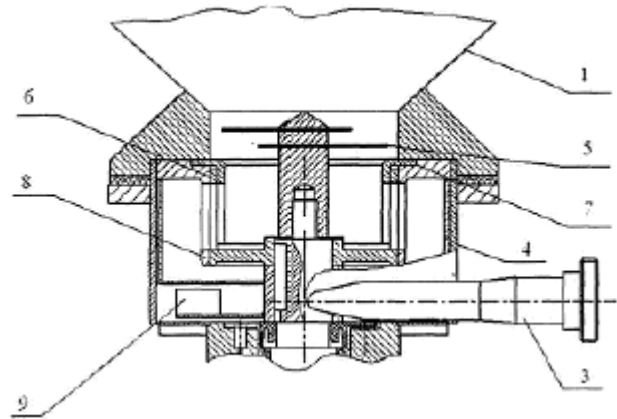


Рис.1.5.8.

Таблиця 1.5.3

Аналіз роботи роторного гомогенізатора

Переваги	Недоліки
<p>Винахід відноситься до масообмінних апаратів і використовується для приготування розчинів шляхом змішування, розчинення або емульгування компонентів в рідкому середовищі у харчовій, хімічній, фармацевтичній та інших галузях промисловості.</p> <p>Основним елементом роторних гомогенізаторів, що розглядаються, є роторно-пульсаційний апарат, дія якого основана на пульсаційній течії рідини внаслідок переривання течії ротором, що має отвори й перетини між ними.</p> <p>Відомий реакторний гомогенізатор Пат. України №20698, кл. B01F7/00, 1997, що фактично являє собою роторно-пульсаційний апарат комбінованого типу - з дисковою і циліндричною зонами, який містить циліндричний корпус, в якому коаксіально встановлені циліндри ротора та</p>	<p>Недоліками відомого пристрою є незначний гідродинамічний вплив елементів апарата на сировину через подрібнюючу дію тільки одного ротора (диск з лопатками працює, головним чином, як насос), а також спінення розчину і насичення його повітрям з довколишнього середовища при атмосферному тиску. В результаті цього виникає проблема отримання нерозшарованого гомогенного продукту високого ступеня дисперсності.</p>

--	--	--	--	--	--

статора, які чергуються між собою, з отворами на бокових поверхнях, що виконані з живим перерізом, який дорівнює живому перерізу щілинних отворів на боковій поверхні циліндрів ротора та статора, перегородки, що виконані у формі лопаток та кришку корпусу, причому ротор виконаний з двох дисків, які з'єднані з протилежним диском лопатками, в якому додатково виконані отвори.

Висновки та задачі досліджень

На основі літературного аналізу можна стверджувати:

1. У наявній науковій літературі недостатньо даних щодо реологічних властивостей м'яких лікарських форм, зокрема, мазей і паст, а також шляхів інтенсифікації процесів їх приготування, зокрема, гомогенізації.
2. Наявне обладнання не забезпечує високої продуктивності процесу гомогенізації компонентів мазей і паст.
3. Потребують визначення та пояснення реологічні властивості мазей і паст.

Отже, **метою** дослідження є удосконалення процесу гомогенізації мазей і паст.

Задачі досліджень:

1. Налаштувати експериментальний стенд і визначити реологічні властивості м'яких лікарських форм.
2. Провести математично-статистичну обробку результатів експериментальних досліджень
3. Удосконалити наявну конструкцію гомогенізатора

--	--	--	--	--

РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи дослідження

2.1. Матеріали що досліджуються

Мазь Меновазан[®] туба 40 г №1.

Склад: діючі речовини: 1 г мазі містить новокаїну (прокаїн гідрохлориду) 10 мг, ментолу рацемічного 25 мг, анестетика (бензокаїн) 10 мг;

Допоміжні речовини: парафін м'який білий, олія мінеральна, вода очищена, емульгатор Т-2.

Зубна Паста

Інгредієнти: вода, сорбіт, гідратований діоксид кремнію, лаурилсульфат натрію, ароматизатор, камедь целюлози, цитрат цинку, порошок карагенану, сахарин натрію, фторид натрію, СІ 77891, гідроксиетилцелюлоза, цитрат натрію, віск Коперника, лімонен, гліцерин, слюда, полісорбат 80, СІ 74260, цетилпіридинію хлорид.

2.2. Опис експериментального стенду

РЕОТЕСТ-2 – це ротаційний віскозиметр (рис.2.1), який складається з двох вузлів: віскозиметра 1 і вимірювального вузла 2.

Віскозиметр 1 складається з механізму вимірювального приладу 4, привідного механізму 3 і циліндрового вимірювального пристрою 5.

Привідний механізм 3 містить в собі ніжці 6 ; 5 синхронних двигунів з полюсами, що перемикаються; 1-ступінчасту коробку передач 7 і міст передачі 8. Вимірювальний вал 12 має різні рівні числа обертів з чинником градації $\approx\sqrt{3}$.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Арку ш 1/01

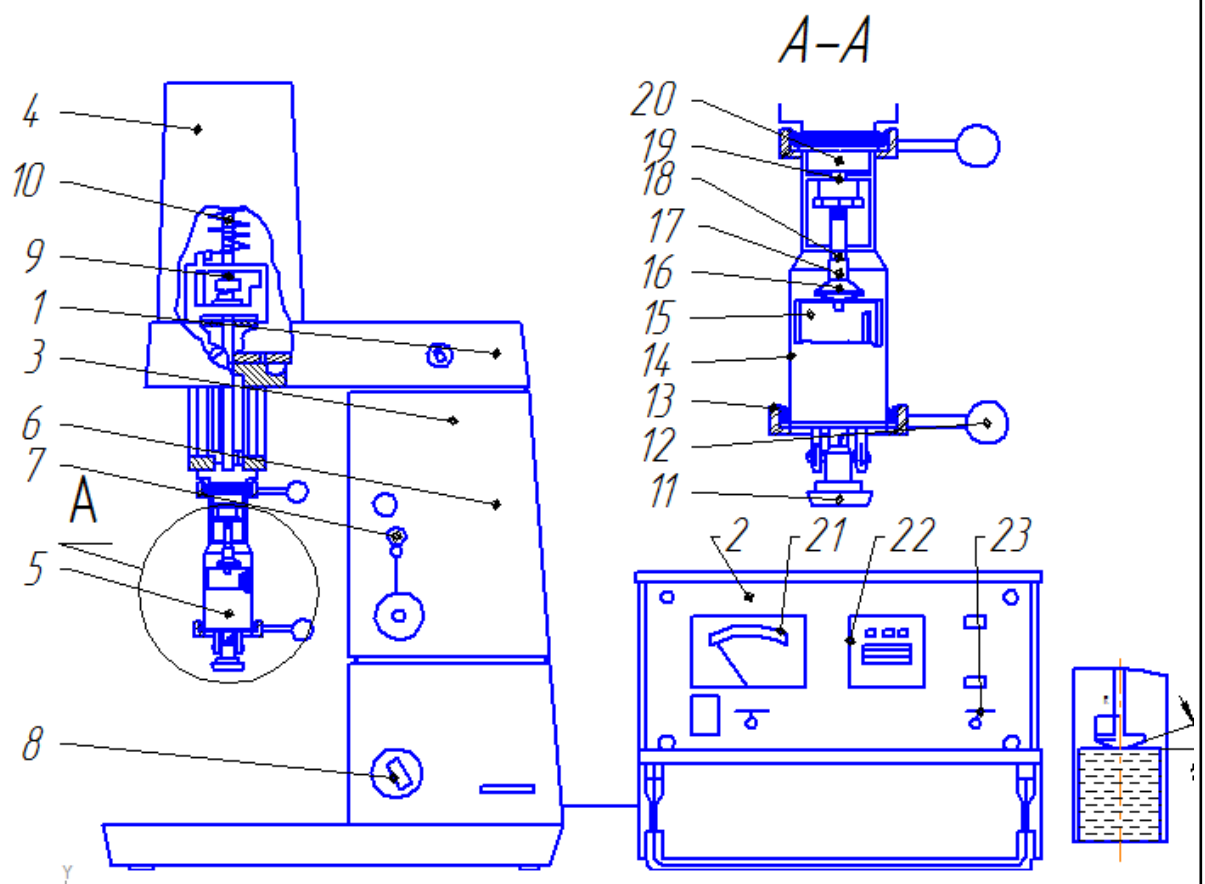


Рис.2.2.1 Схема ротаційного віскозиметра РЕОТЕСТ 2:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1.Віскозиметр. | 11. Мікрометричний гвинт. |
| 2.Блок вимірів. | 12. Натяжна важіль. |
| 3.Привод. | 13. Натяжне кільце. |
| 4.Вимірювальний механізм. | 14. Направляюча пластина. |
| 5.Конусно-пластинчатий пристрій. | 15. Термостатична камера. |
| 6.Ступінчата коробка передач. | 16.Температурний датчик. |
| 7.Важіль перемикання коробки передач. | 17.Вимірювальна пластина |
| 8.Перемикач числа обертів (а - б). | 18.Вимірювальний конус. |
| 9.Приладовий потенціометр. | 19. Муфта. |
| 10.Динамометр. | 20. Втулка. |
| | 21. Індикаторний прилад. |
| | 22. Вимірювач частоти. |
| | 23. Установка нуля /електрична/ |

--	--	--	--	--

Опис системи

Ротаційний віскозиметр REOTEST 2.1 є двосистемним приладом. Реологічні властивості досліджуваних матеріалів можна перевірити за допомогою циліндричних вимірювальних приладів по Сірлу (Searle) або конічних і пластинчастих вимірювальних пристроїв.

У конфігурації з конусом і пластиною матеріал, що підлягає випробуванню, поміщають у клиноподібний зазор, утворений між нерухомою пластиною та конусом радіуса R , який обертається з постійною w .

Кут конуса системи конус і пластина менший, $0,3^\circ$

Дослідження матеріалу при певній температурі досягається безпосереднім підтриманням температури пластини шляхом роботи термостатної камери системи конус-пластина від рідинного циркуляційного термостата.

Напруга зсуву, що відповідає гідравлічному опору клинового зазору, залежить від вимірюваного крутного моменту M , який перетворюється в електричний сигнал. Напруга зсуву V і швидкість зсуву в клиновому зазорі постійні.

$$\text{Швидкість зсуву : } D = \frac{w}{\tan a}.$$

$$\text{Зсування напрямних } \tau = \frac{3}{2} \frac{M}{\pi R^3}.$$

$$\text{В'язкість : } \eta = \frac{\tau}{D}.$$

Ротаційний віскозиметр REOTEST 2.1 приводиться в рух 12-ступінчастою швидкісною реверсивною передачею з використанням синхронного двигуна зі зміною полюсів, тому можна вибрати загалом 24 різні швидкості обертання або зсуву.

Ротаційний віскозиметр REOTEST 2.1 складається з двох основних компонентів: віскозиметра I і вимірювального блоку II.

--	--	--	--	--

Віскозиметр I складається з приводу (3), вимірювального механізму (4) і з пристроєм конусно-пластинчастого пристрою (5). Привід (3) має синхронний двигун з чергуванням полюсів, розташований в рамі (6). 12-ступінчаста коробка передач (7) і трансмісійний міст. Вибір обертів/кількість оборотів за допомогою коробки передач дуже простий. На вимірювальній осі можна виконати 12 різних ступенів обертання, співвідношення між сусідніми ступенями = $\sqrt{3}$. Встановіть потрібну кількість обертів, повертаючи важіль селектора (8). Кількість обертів, що відповідає даному положенню важеля коробки передач, показано на шкалі. Перемикач з 1 на 12 передач вимагає двох з половиною обертів важеля коробки передач. Між цими ступенями знаходяться всі інші ступені. Пристрій обладнаний перемикачем швидкості обертання, розташований у стійці (6). Цей перемикач дозволяє змінювати швидкість обертання двигуна з 1500 об/хв до 750 об/хв. У положенні "з" перемикача, швидкість додатково знижується приблизно на 10%. Важливою особливістю є можливість змінювати швидкість обертання за будь-яких умов роботи, незалежно від режиму двигуна чи передачі. Швидкість обертання синхронного двигуна, а отже, і вимірювального конуса, залишається сталою і не залежить від змін напруги в мережі чи навантаження.

Перед початком вимірювальних процедур необхідно виконати наступні операції з метою перевірки та корекції нульового положення вимірювальної системи:

А. Встановити вимірювальний прилад РЕОТЕСТ 2.1 на робоче місце та підключити його до електромережі відповідно до інструкції виробника.

Б. Здійснити з'єднання вимірювального циліндра, обраного згідно з таблицею I або рисунком I, з вимірювальним приладом РЕОТЕСТ 2.1 відповідно до схеми підключення.

В. З вимкненим вимірювальним пристроєм перевірити показання індикаторного приладу (23). У разі необхідності виконати механічну корекцію нульового положення згідно з інструкцією (26).

--	--	--	--	--

г/ Увімкнути вимірювальний механізм (4) та запустити двигун, встановивши необхідний ступінь передачі.. Повторити перевірку показань індикаторного приладу (23). За потреби виконати електричну корекцію нульового положення згідно з інструкцією (26).

Для забезпечення точності вимірювань необхідно провести процедуру перевірки та корекції підведення вимірювальної пластини до встановленого значення x .

- З'єднати вимірювальний конус (19) з вимірювальним пристроєм (4) для проведення вимірювань.

- Повністю відвернути мікрометричний гвинт, щоб вимірювальна пластина (18) не контактувала з вимірювальним конусом.

- Налити на вимірювальну пластину (18) дистильовану воду як вимірюваний матеріал.

- Встановити пластину в направляючу пластину (15).

- Увімкнути вимірювальний механізм (4).

- Запустити двигун та встановити ступінь передачі 8 ad та діапазон V I.

- Обертаючи мікрометричний гвинт за годинниковою стрілкою, обережно підведіть вимірювальну пластину до вимірювального конуса, забезпечуючи мінімальний зазор між ними (приблизно 0,01 мм).

- Продовжуйте підведення пластини доти, доки індикаторний прилад (24) не покаже кут відхилення C більший за нуль.

- Отримане положення мікрометричного гвинта відповідає підведенню пластини на значення $x - 0,01$ мм.

- Для встановлення пластини на значення x необхідно додатково повернути мікрометричний гвинт на 0,01 мм.

Важливо: Під час виконання процедури слід забезпечити плавність рухів та точність встановлення.

--	--	--	--	--

Для отриманих значень та реологічних параметрів дійсні наступні рівняння:

Напруга зсуву:

$$\tau = c \times a$$

C = постійна конусу / 10^{-1} Па./поділок шкали/.

a = кількість поділок на шкалі вимірювального приладу.

Значення постійної конуса, яка залежить від геометричних параметрів конуса та жорсткості пружини динамометра, вказано в протоколі випробувань приладу РЕОТЕСТ 2.1 для кожного конуса окремо, як для діапазону I, так і для діапазону II зсувних напружень.

Швидкість зсуву в зазорі між конусом та пластиною залежить від геометричних розмірів пристрою та швидкості обертання конуса. Її значення наведені в таблиці для різних швидкостей обертання при частоті мережі 50 Гц. При зміні частоти мережі значення швидкості зсуву необхідно коригувати за допомогою формули:

$$D_k = D \frac{v}{50}$$

D_k - відкориговане значення швидкості зсуву, c^{-1}

D – табличне значення швидкості зсуву, c^{-1}

v – Частота мережі, Гц

За отриманими даними напруги зсуву T і швидкості зсуву D можна обчислити динамічну в'язкість:

$$\eta = \frac{\tau}{D} \times 100$$

η - Динамічна в'язкість, мПа.с

D - Швидкість зсуву, c^{-1}

τ - зсувана напруга, 10^{-1} /

--	--	--	--	--

Для рідин, в'язкість яких змінюється залежно від умов течії (неньютонівські рідини), з отриманого рівняння можна розрахувати так звану ефективну в'язкість. Використовуючи спеціальний коефіцієнт перерахунку та дані з таблиці приладу РЕОТЕСТ 2.1, можна обчислити значення в'язкості за формулою:

$$\eta = \tau \times f$$

Корекційний коефіцієнт для частоти обчислюється за формулою

$$fk = f \times \frac{50}{v}$$

2.3. Порядок проведення дослідження

Таблиця 1 містить інформацію про відповідність різних рівнів налаштувань до конкретних значень частоти обертання..

Для встановлення бажаної частоти обертання необхідно повернути важіль управління (9) до потрібного положення. Відповідність між положенням важеля та частотою обертання вказана в таблиці 2.3.1. Для зміни частоти обертання від мінімального до максимального значення потрібно зробити приблизно два з половиною повних оберти важеля.

Для грубої зміни частоти обертання двигуна використовується перемикач, розташований в ніжці (6). Цей перемикач дозволяє вибрати один з двох режимів роботи: 1500 об/хв (положення “а”) або 750 об/хв (положення “б”). Перемикання між режимами можна здійснювати в будь-який момент.

Прилад (4) обладнаний датчиком, який перетворює механічну силу обертання на електричний сигнал..

--	--	--	--	--

Таблиця 2.3.1

Характеристика числа обертів

Рівень числа обертів	1а	2а	3а	4а	5а	6а	7а	8а	9а	10а	11а	12а
Число обертів (хв^{-1})	5/9	1	5/3	3	5	9	15	27	45	81	135	240
Рівень числа обертів	1в	2в	3в	4в	5в	6в	7в	8в	9в	10в	11в	12в
Число обертів (хв^{-1})	5/18	0,5	5/6	1,5	2,5	4,5	7,5	13,5	22,5	40,5	67,51	21,5

Таблиця для вимірювання обертаючого моменту циліндра діапазону 2.

Таблиця 2.3.2

Залежність кутової швидкості від числа обертів

Ступінь числа обертів	Вимірювальний пристрій							
	Н		S_3		S_2		S_1, N	
	f	γ	f	γ	f	γ	f	γ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1а	300,0	0,333	300,0	0,333	100,0	1,000	33,33	3,000
1в	600,0	1,667	600,0	1,667	200,0	0,500	66,7	1,500
2а	166,7	0,600	166,7	0,600	55,6	1,800	18,52	5,40
2в	333,3	0,300	333,3	0,300	111,1	0,900	3,700	2,700
3а	100,0	1,000	100,0	1,000	33,33	0,3000	11,11	9,00
3в	200,0	0,500	200,0	0,500	66,7	1,500	22,22	4,500
4а	55,6	1,800	55,6	1,800	18,52	5,40	6,17	16,20
4в	111,1	0,900	111,1	0,900	37,04	2,700	12,34	8,10

Продовження табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5a	33,33	3,000	33,33	3,000	11,11	9,0	3,704	27,00
5b	66,7	1,500	66,7	1,500	22,22	4,500	7,41	13,50
6a	18,52	5,40	18,52	5,40	6,17	16,20	2,058	48,60
6b	37,04	2,700	37,04	2,700	12,34	8,10	4,115	24,30
7a	11,11	9,00	11,11	9,00	3,704	27,00	1,234	81,0
7b	22,2	4,50	22,2	4,50	7,41	13,50	2,469	40,50
8a	6,17	16,20	6,17	16,20	2,058	48,60	0,686	145,8
8b	12,34	8,10	12,34	8,10	4,115	24,300	1,372	12,9
9a	3,704	27,00	3,704	27,00	1,234	81,0	0,4115	243,0
9b	7,41	13,50	7,41	13,50	2,469	40,50	0,823	121,5
10a	2,058	48,60	2,058	48,60	0,686	145,8	0,2286	237,4
10b	4,115	24,30	4,115	24,30	1,372	72,9	0,4572	218,7
11a	1,234	81,0	1,234	81,0	0,4115	243,0	0,1382	729,0
11b	2,469	40,50	2,469	40,50	0,823	121,5	0,2743	364,5
12a	0,686	145,8	0,686	145,8	0,2286	437,4	0,0762	1312,0
12b	1,372	72,9	1,372	72,9	0,4572	218,7	0,1524	656,0

Методика проведення роботи

Спочатку необхідно увімкнути прилад (вимикач 48) та запустити двигун (вимикач 47). Далі, згідно з інструкцією, встановлюємо перемикачі діапазону та числа обертів у відповідні положення.

Визначення межі текучості:

Щоб визначити момент, коли матеріал починає поводитися як рідина (межа текучості), потрібно поступово збільшувати навантаження на матеріал при низькій швидкості обертання. Цей момент ми фіксуємо за початком обертання вала 12.

Починаємо вимірювання з найменшої швидкості обертання (рівень 16). Якщо вал не обертається, поступово збільшуємо швидкість, поки не побачимо рух вала. Значення швидкості, при якому почався рух, фіксуємо за шкалою приладу (49).

Значення на шкалі приладу 49, яке ми зчитали в момент початку обертання вала, відповідає напруженню, при якому матеріал почав текти. Ці дані записуємо в таблицю 3.

--	--	--	--	--

Визначення константи циліндра

Значення циліндрів	Діапазон роботи	
	1	2
	Z	Z
N/N	3,35	32,1
S/S_1	5,85	56,1
S/S_2	6,17	58,7
S/S_3	8,54	81,2
H/H	30,0	289,3

Вимірювання параметрів для побудови кривої течії і повної реологічної кривої.

Після визначення межі текучості, поступово збільшують швидкість обертання вимірювального циліндра, фіксуючи через кожну хвилину відповідні значення напруження на індикаторному приладі. Ці дані записують до таблиці. Потім процедуру повторюють у зворотному порядку, зменшуючи швидкість обертання. Таким чином, отримують дані для побудови кривої течії при зростанні та спаданні навантаження..

Обробка експериментальних даних

Дотичне напруження $\sigma = z \cdot \alpha \cdot 0,1$

Де z – константа циліндра з табл.2;

α - значення шкали індикаторного приладу (49). Значення швидкості зсуву y береться з табл.2.3.3. У відповідності тому або іншому значенню рівня чиста обертів по розрахованому дотичному напруженню a та величині швидкості зсуву y обчислюють μ за формулою $\mu = \frac{\sigma}{y}$. динамічну в'язкість.

За отриманими експериментальними даними розраховують дотичне напруження та швидкість зсуву за відповідними формулами, використовуючи константи приладу. Отримані значення використовують для побудови кривих течії при збільшенні та зменшенні швидкості деформації. За формою цих кривих роблять висновки про реологічні властивості матеріалу:

--	--	--	--	--

визначають тип рідини (ньютонівська, неньютонівська), наявність ефекту гістерезису та особливості руйнування структури.

Проводимо дослідження по вимірюванню мазі МЕНАВАЗАН та зубної пасти Blend-a-med.

Проведення дослідження з нагрітою маззю

Мазь МЕНАВАЗАН заливаємо в циліндр вимірювального пристрою. Кріпимо термостатуючу баню і запускаємо віскозиметр.

Для дослідження впливу температури на властивості матеріалу, зразок нагрівають у термостатуючій бані. Потім повторюють вимірювання при різних швидкостях обертання, фіксуючи значення струму. Отримані дані перераховують у напруження зсуву та дізнаємось градієнт швидкості.

Проведення дослідження з зубною пастою проводиться аналогічно до дослідження мазі МЕНАВАЗАН.

2.4. Математично-статистична обробка результатів досліджень

Для візуалізації отриманих експериментальних даних будуємо в Excel графіки залежності в'язкості від швидкості зсуву (при розгоні та сповільненні циліндру) та температури. За допомогою методу найменших квадратів підбираємо степеневу функцію, що найкраще описує залежність в'язкості від зазначених параметрів. Якість підбору моделі оцінюється за коефіцієнтом детермінації R^2 .

Таблиця 2.4.1.

--	--	--	--	--

Приклад оформлення таблиці результатів

№	Швидкість зсуву для S_2	Покази приладу (відносний кут обертання), α , поділок шкали						τ , Па ↓	τ , Па ↑	μ , Па×с	μ , Па×с	
	γ , с ⁻¹									$\mu = \tau / \gamma$		
	α_1 ↓	α_1 ↑	α_2 ↓	α_2 ↑	α_c р ↓	α_c р ↑	↓			↑	↓	↑
	Початок:		Початок:									
	_____		_____									
	Закінчення:	Закінчення:					↓			↑	↓	↑
_____		_____										
—		—										
1 (1a)	1											
2 (2a)	1,8											
3 (3a)	3											
4 (4a)	5,4											
5 (5a)	9											
6 (6a)	16,2											
7(7a)	27											
8 (8a)	48,6											
9 (9a)	81											
10 (10a)	145,8											
11 (11a)	243											
12(12a)	437,4											

Напруження зсуву: $\tau = c \cdot \alpha$

Швидкість зсуву: $\gamma = \frac{w}{\tan \alpha}$, с⁻¹

Вязкість: $\eta = \frac{\tau}{\gamma}$

$c = 0.63 \times 10^{-1}$ Па Положення пружини (1).

--	--	--	--	--

РОЗДІЛ 3. Результати досліджень та їх обговорення

3.1. Реологічні властивості мазі Меновазан

Результати дослідження реологічних властивостей мазі Меновазан продемонстрували степеневу залежність напруження зсуву від швидкості зсуву. Графічне зображення цих даних наведено в Додатку А та на Рисунку 3.1.1.

Як бачимо з графіка, поведінка мазі Меновазан під навантаженням залежить від швидкості деформації. При збільшенні швидкості зсуву напруження також зростає. Цей ефект більш виражений при розгоні циліндра (крива 1).

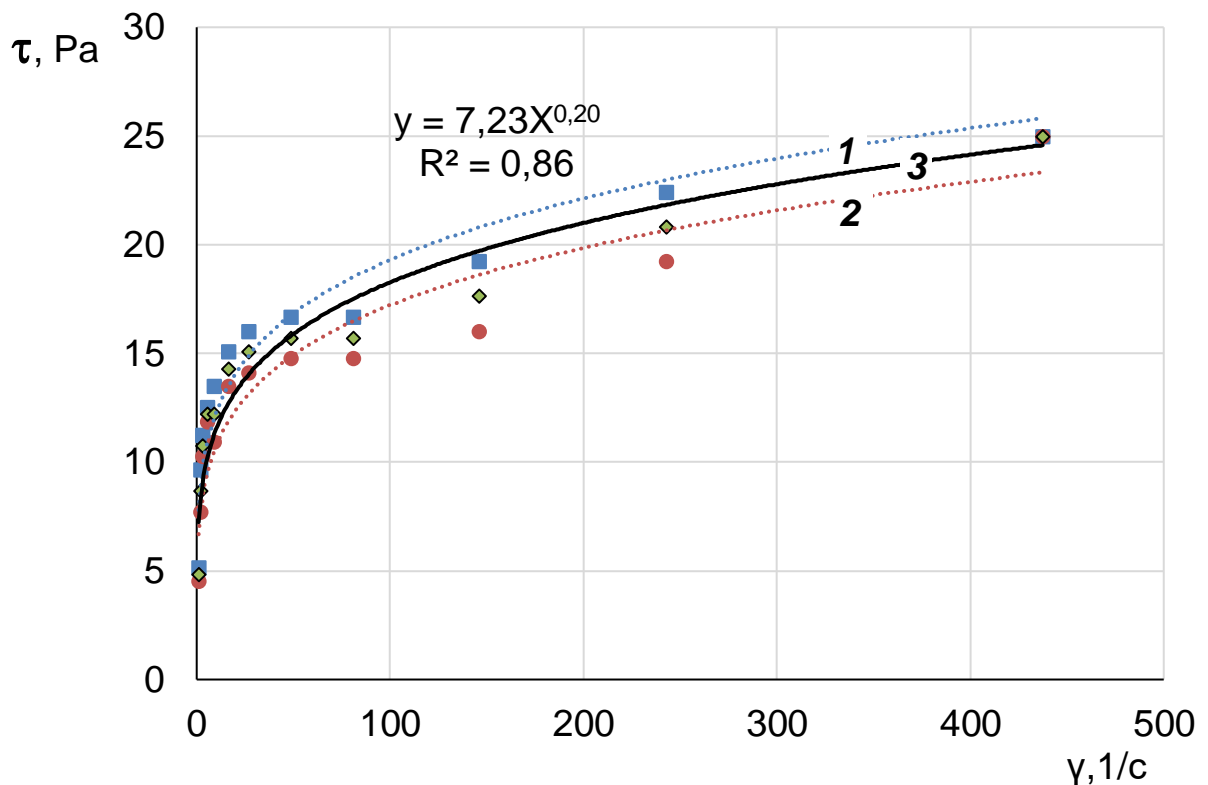


Рис. 3.1.1. Залежність напруження зсуву мазі Меновазан від швидкості зсуву.

Температура мазі: 1 – 20 °С. 1 – дані для розгону циліндра; 2 – дані для сповідльнення циліндра; 3 – усереднені дані.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/01

На рисунку 3.1.2 зображено залежність напруження зсуву мазі Меновазан від швидкості зсуву при температурах 20, 35 та 50 °С. Отримані дані свідчать про те, що реологічні властивості мазі значною мірою залежать від температури та швидкості деформації.

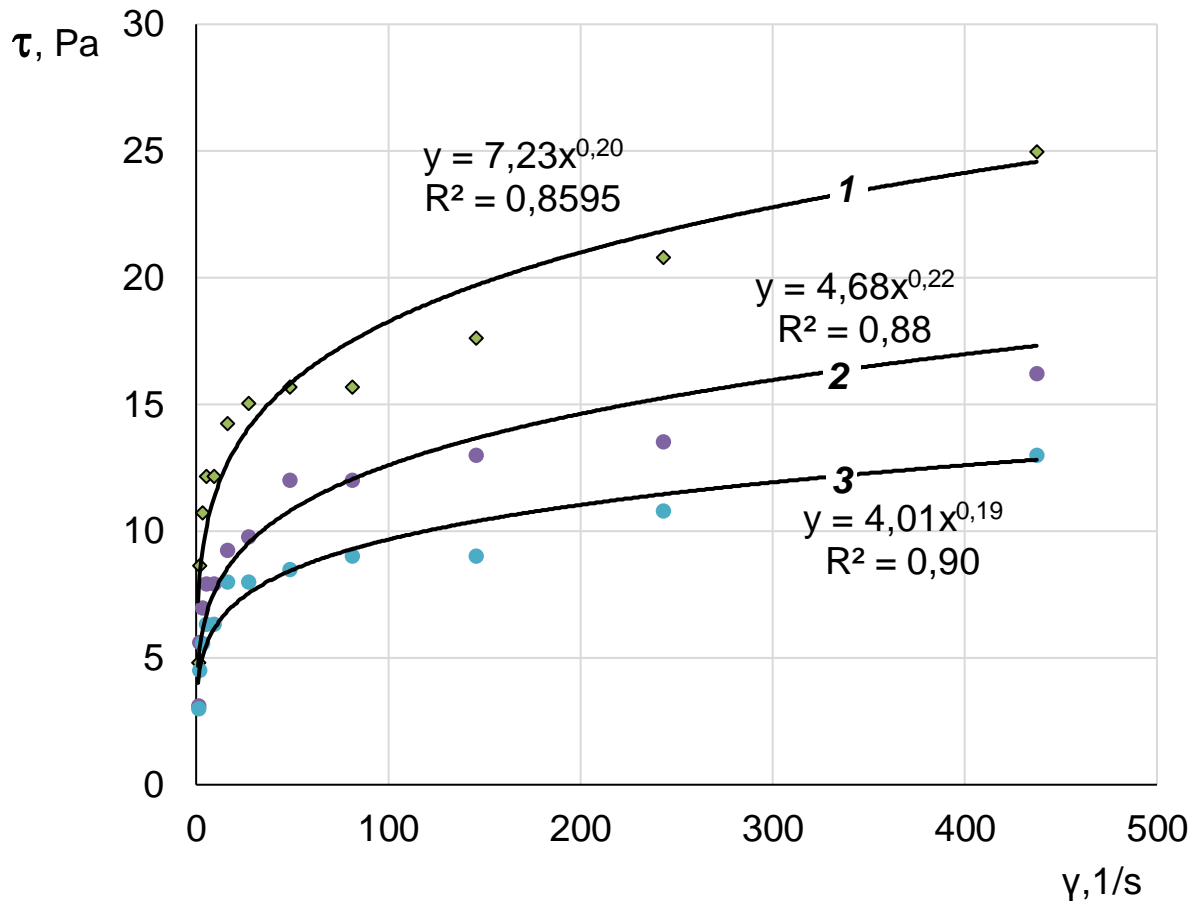


Рис. 3.1.2. Залежність напруження зсуву мазі Меновазан від швидкості зсуву температури. Температура мазі: 1 – 20 °С; 2 – 35 °С; 3 – 50 °С.

На рисунку 3.1.3 представлена залежність в'язкості мазі Меновазан від швидкості зсуву при температурах 20, 35 та 50 °С. Отримані дані свідчать про неньютонівський характер поведінки мазі.

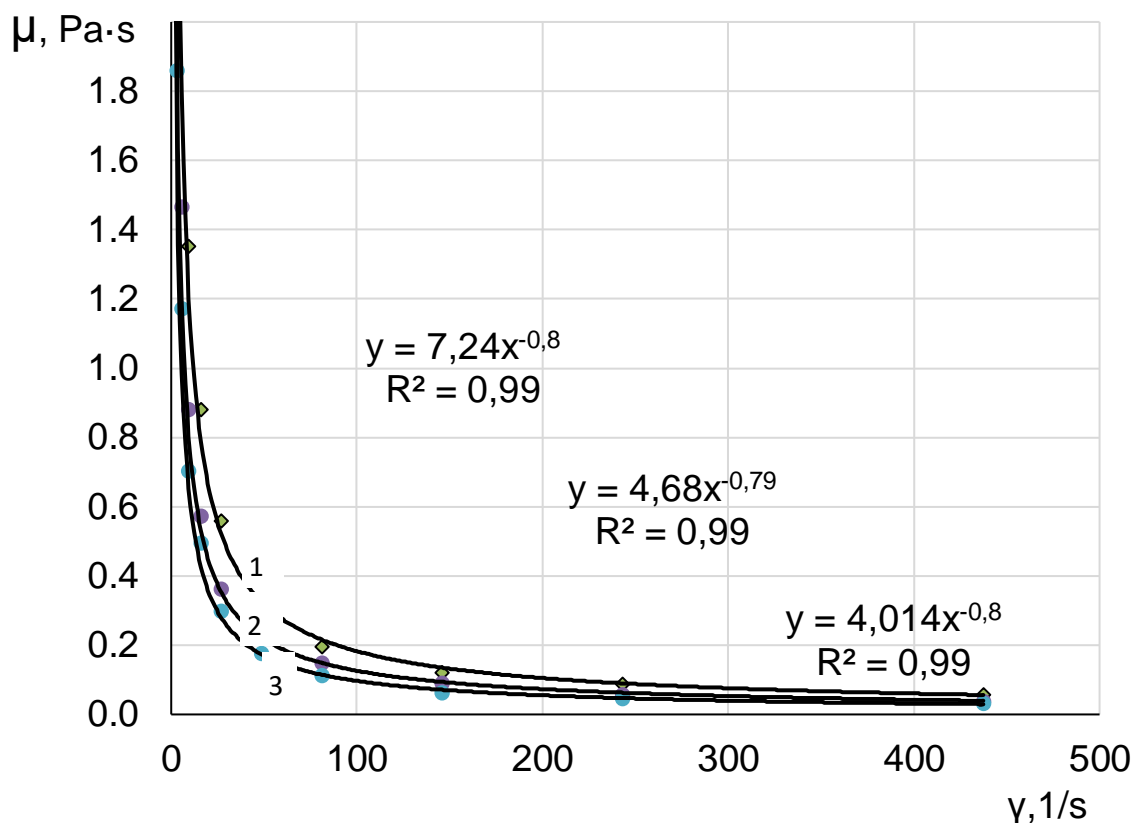


Рис. 3.1.3. Залежність в'язкості зсуву мазі Меновазан від швидкості зсуву і температури. Температура мазі: 1 – 20 °С; 2 – 35 °С; 3 – 50 °С.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що напруження зсуву мазі Меновазан демонструє степеневу залежність від швидкості зсуву в діапазоні від 0 до 400 с^{-1} . Найбільш виражене зростання напруження спостерігається при низьких швидкостях зсуву (0-100 с^{-1}). Відповідно, ефективна в'язкість мазі різко знижується в цьому ж діапазоні, а при подальшому збільшенні швидкості зсуву залишається практично сталою на рівні близько 0,1 Па·с. Результати математичної обробки підтверджують степеневий характер залежності напруження від швидкості зсуву з показником степеня менше одиниці, що характерно для псевдопластичних рідин.

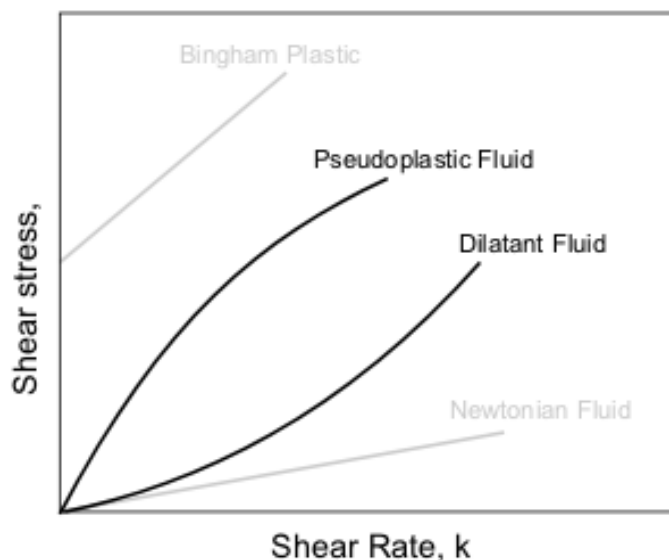


Рис. 3.1.4. Характеристики рідин за їх в'язкістю

3.2. Реологічні властивості змішаних компонентів зубної пасти

Було проведено дослідження реологічних властивостей змішаних компонентів зубної пасти на віскозиметрі Реотест 2.1. На рисунку 3.2.5 представлена залежність напруження зсуву від швидкості зсуву при температурі 20°C. Криві 1 і 2 відображають дані, отримані під час розгону та сповільнення вимірювального циліндра відповідно. Крива 3 представляє усереднені значення. Отримані результати дозволяють оцінити вплив швидкості деформації на в'язкість компонентів зубної пасти та визначити їх реологічний тип.

--	--	--	--	--

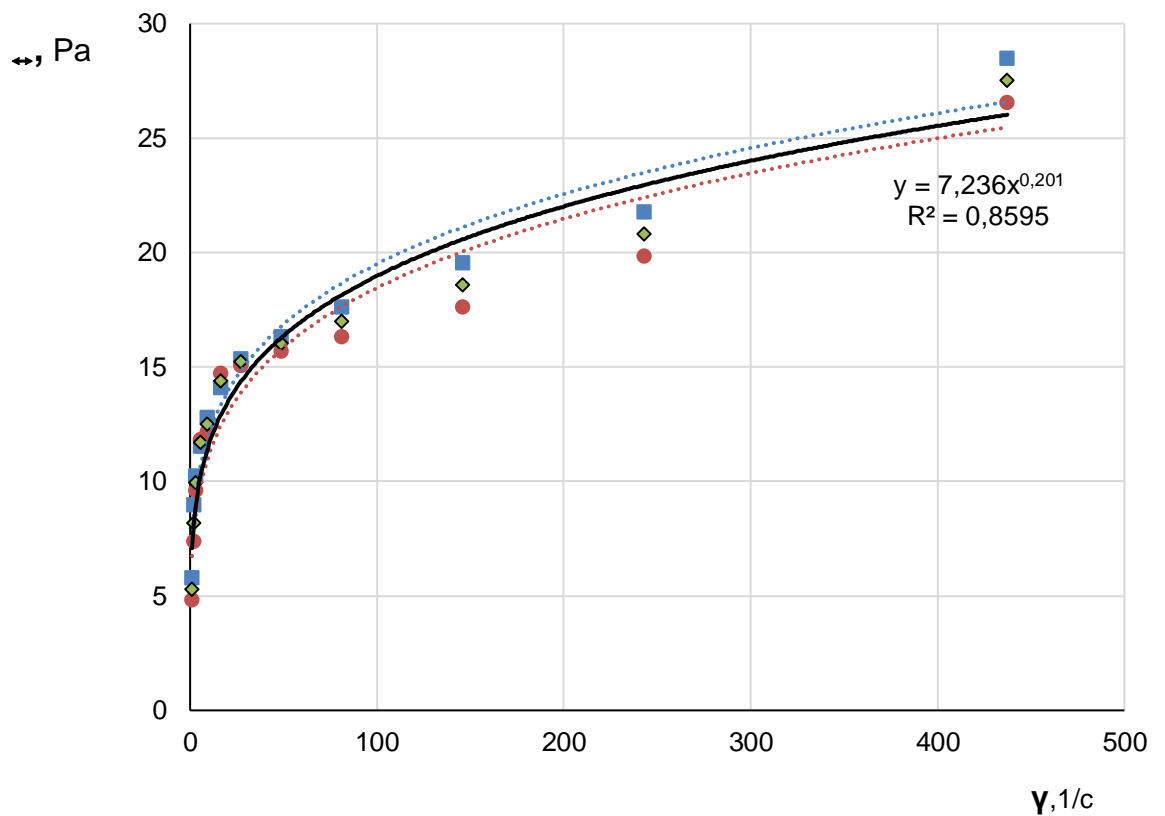


Рис. 3.2.5. Залежність напруження зсуву компонентів зубної пасти від швидкості зсуву.

Температура мазі: 1 – 20 °С. 1 – дані для розгону циліндра; 2 – дані для сповідльнення циліндра; 3 – усереднені дані

На рисунку 3.6 представлена залежність напруження зсуву компонентів зубної пасти від швидкості зсуву при різних температурах (20°C, 35°C, 50°C). Отримані дані дозволяють оцінити вплив температури та швидкості деформації на реологічні властивості компонентів зубної пасти. Аналіз кривих вказує на псевдопластичність компонентів."

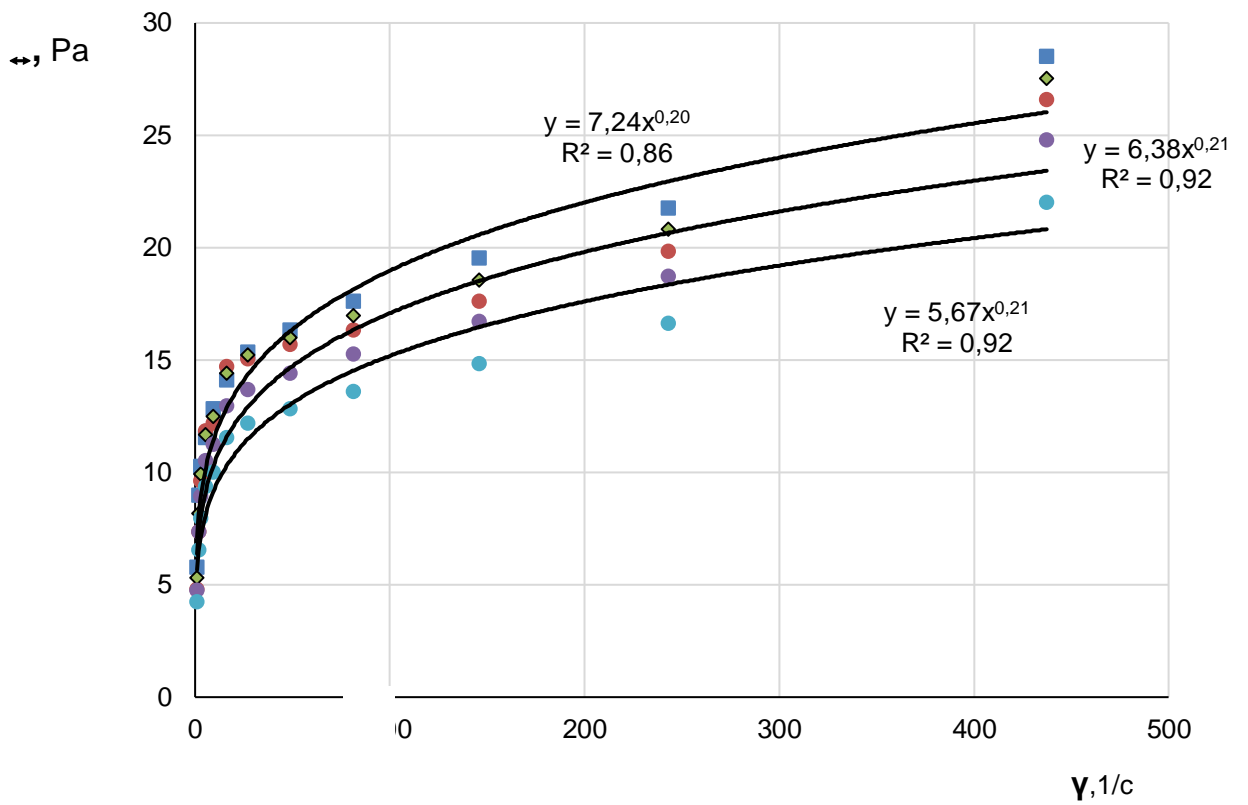
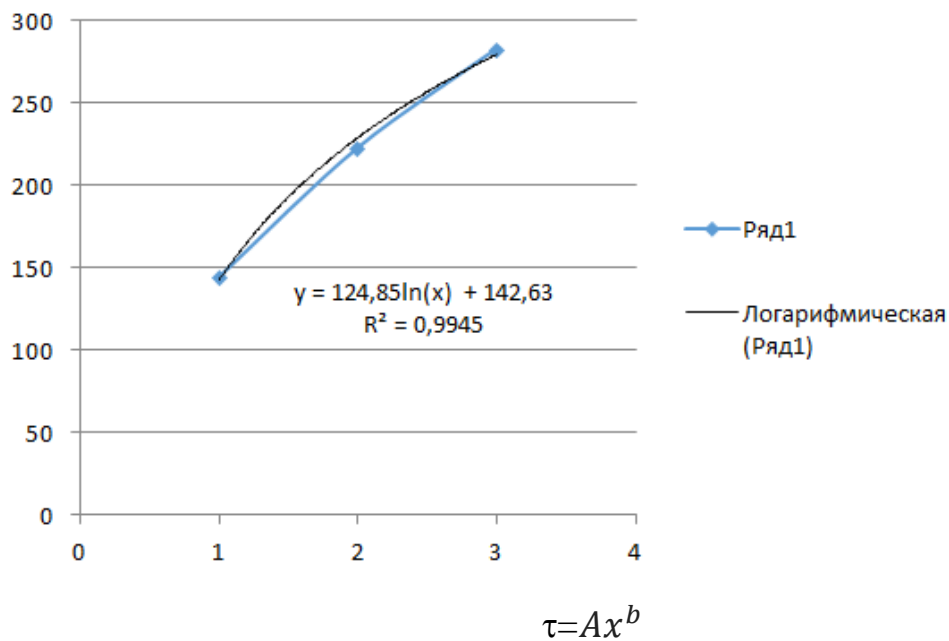


Рисунок 3.2.6. Залежність напруження зсуву компонентів зубної пасти від швидкості зсуву і температури. Температура мазі: 1 – 20 °С; 2 – 35 °С; 3 – 50°С.



Результати вимірювання в'язкості компонентів зубної пасти при різних температурах та швидкостях зсуву представлені на рисунку 3.2.7.

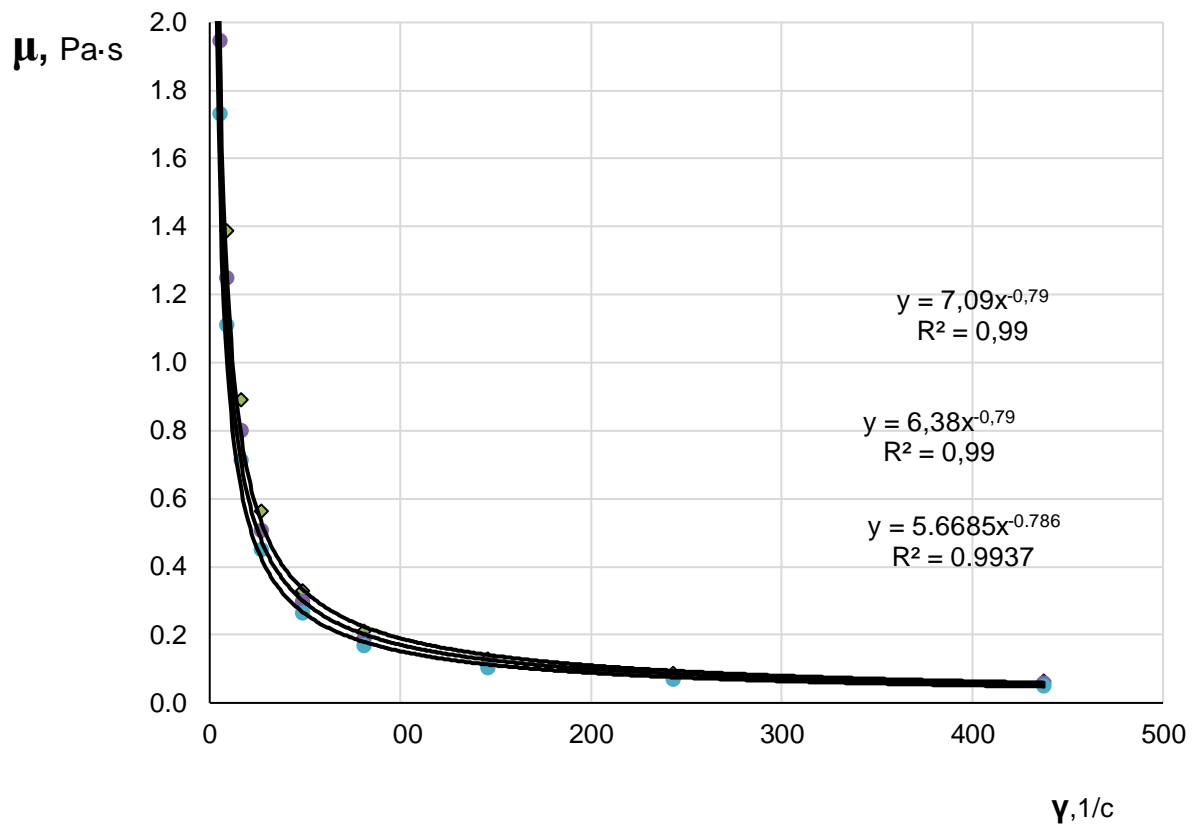


Рисунок 3.2.7. Залежність в'язкості зубної пасти від швидкості зсуву і температури. Температура мазі: 1 – 20 °С; 2 – 35 °С; 3 – 50 °С.

Результати дослідження свідчать про те, що компоненти зубної пасти демонструють псевдопластичні властивості, тобто їх в'язкість зменшується зі збільшенням швидкості зсуву. Це пов'язано з орієнтацією молекул полімерів, що входять до складу пасти, вздовж напрямку течії під дією зсувних напружень. Збільшення температури призводить до зниження в'язкості за рахунок зростання кінетичної енергії молекул і послаблення міжмолекулярних взаємодій. Отримані дані можуть бути використані для оптимізації складу та технології виробництва зубних паст.

3.3. Реологічні властивості рицинової олії

На рисунку 3.3.8 представлені результати вимірювання напруження зсуву рицинової олії при різних швидкостях деформації при температурі 20°C. Криві 1 і 2 відображають дані, отримані під час розгону та сповільнення вимірювального циліндра відповідно. Крива 3 представляє усереднені значення. Отримані результати дозволяють оцінити вплив швидкості деформації на в'язкість рицинової олії та визначити її реологічний тип.

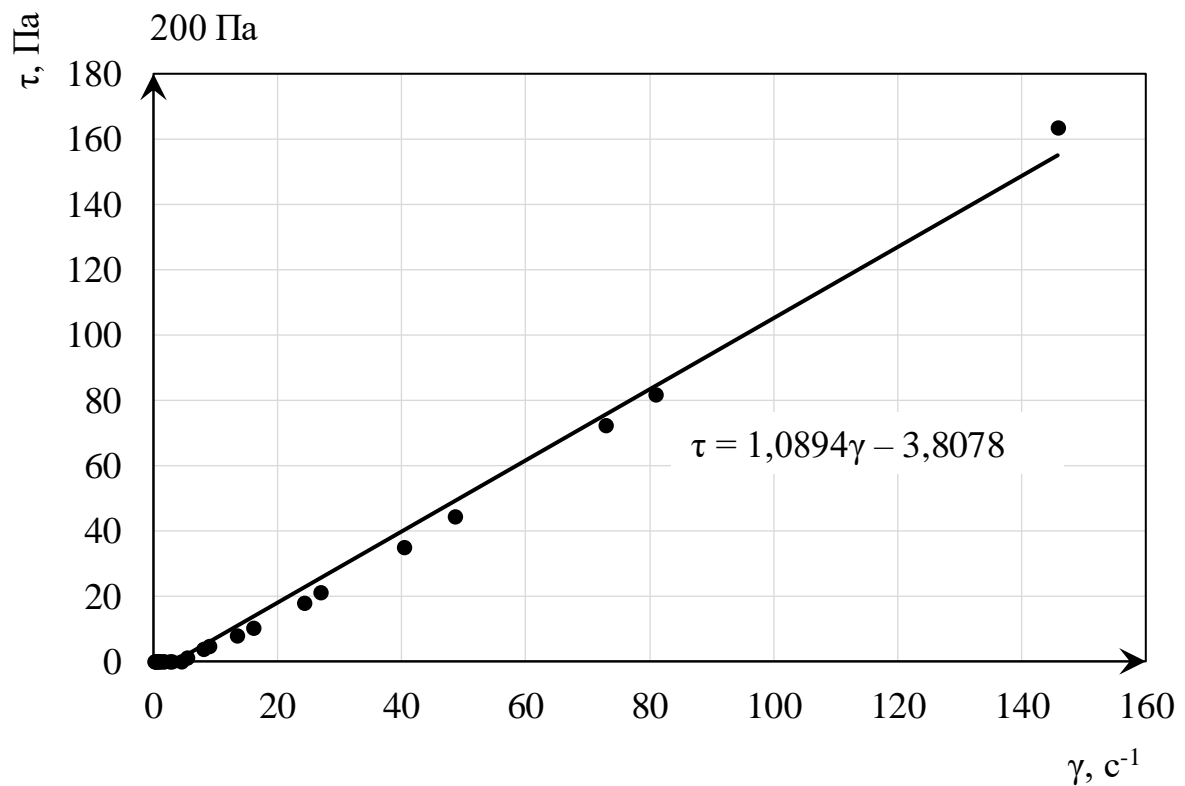


Рисунок 3.3.8. Залежність напруження зсуву Рицинової олії від швидкості зсуву. Температура мазі 20 °С

На рисунку 3.3.9 представлена залежність напруження зсуву рицинової олії від швидкості зсуву при різних температурах, отримана на реометрі Реотест 2.1. Аналіз кривих вказує на те, що рицинова олія проявляє властивості ньютонівської рідини при температурі 20°C, тобто її в'язкість не

залежить від швидкості зсуву. З підвищенням температури спостерігається незначне зниження в'язкості, що типово для багатьох рідин.

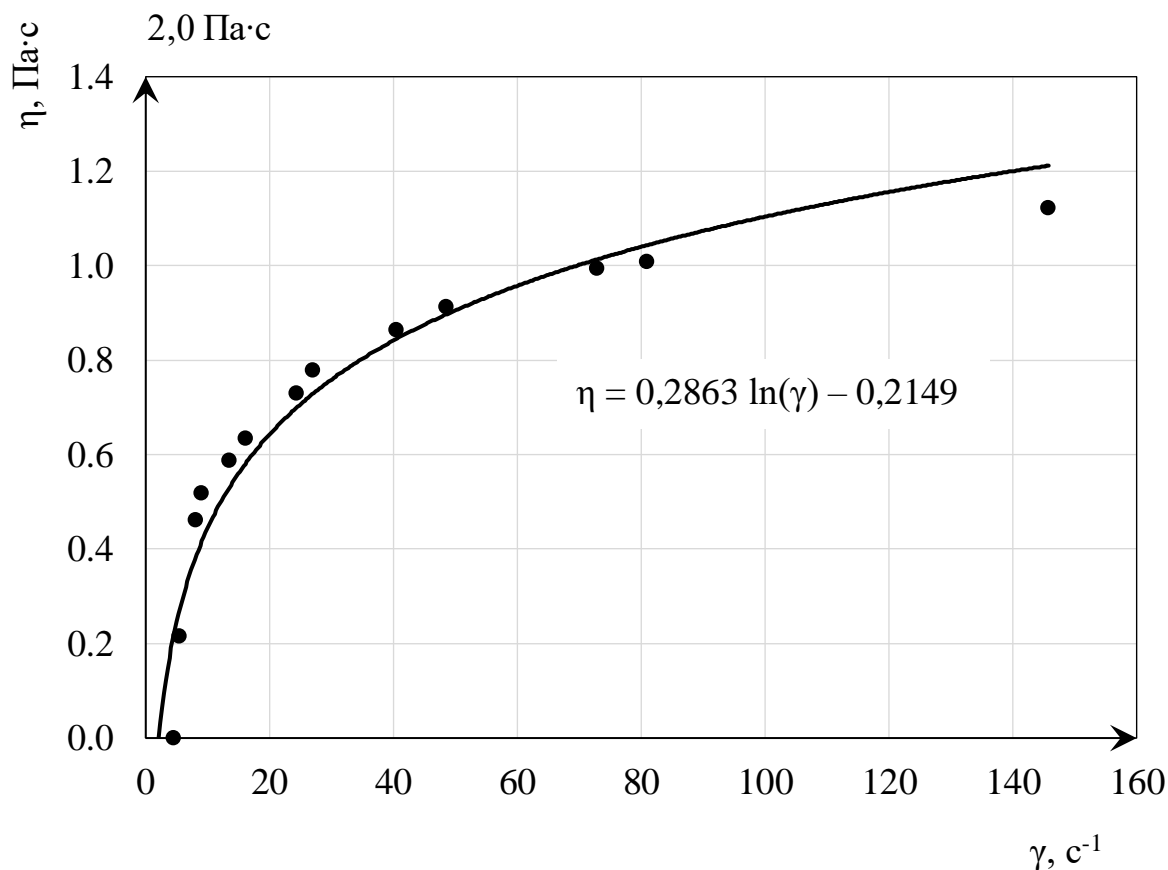
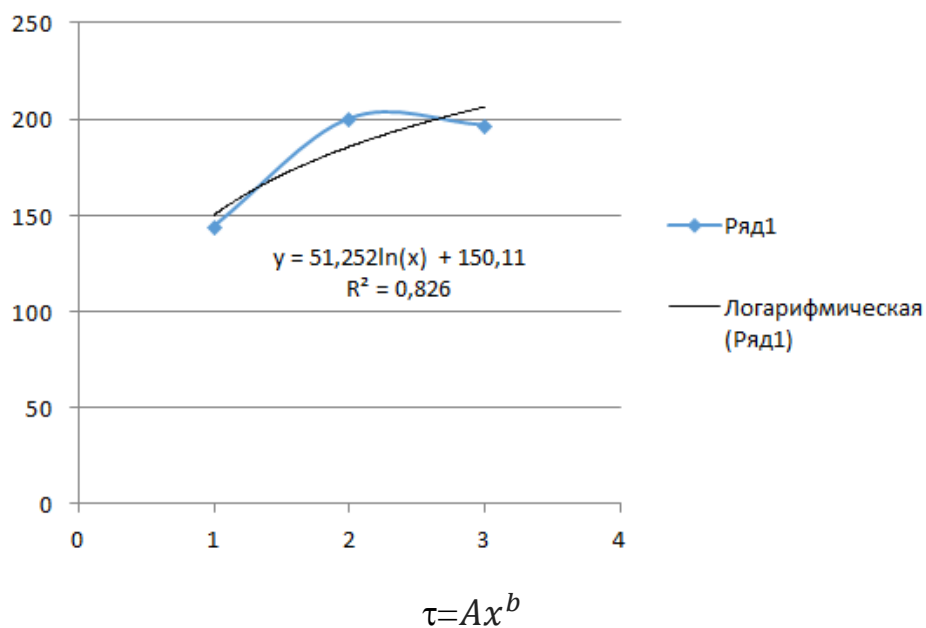


Рисунок 3.3.9. Залежність напруження зсуву рицинової олії від швидкості зсуву і температури. Температура мазі: 1 – 20 °С.



На рисунку 3.3.10 представлена залежність в'язкості рицинової олії від швидкості зсуву при різних температурах, отримана на реометрі Реотест 2.1.

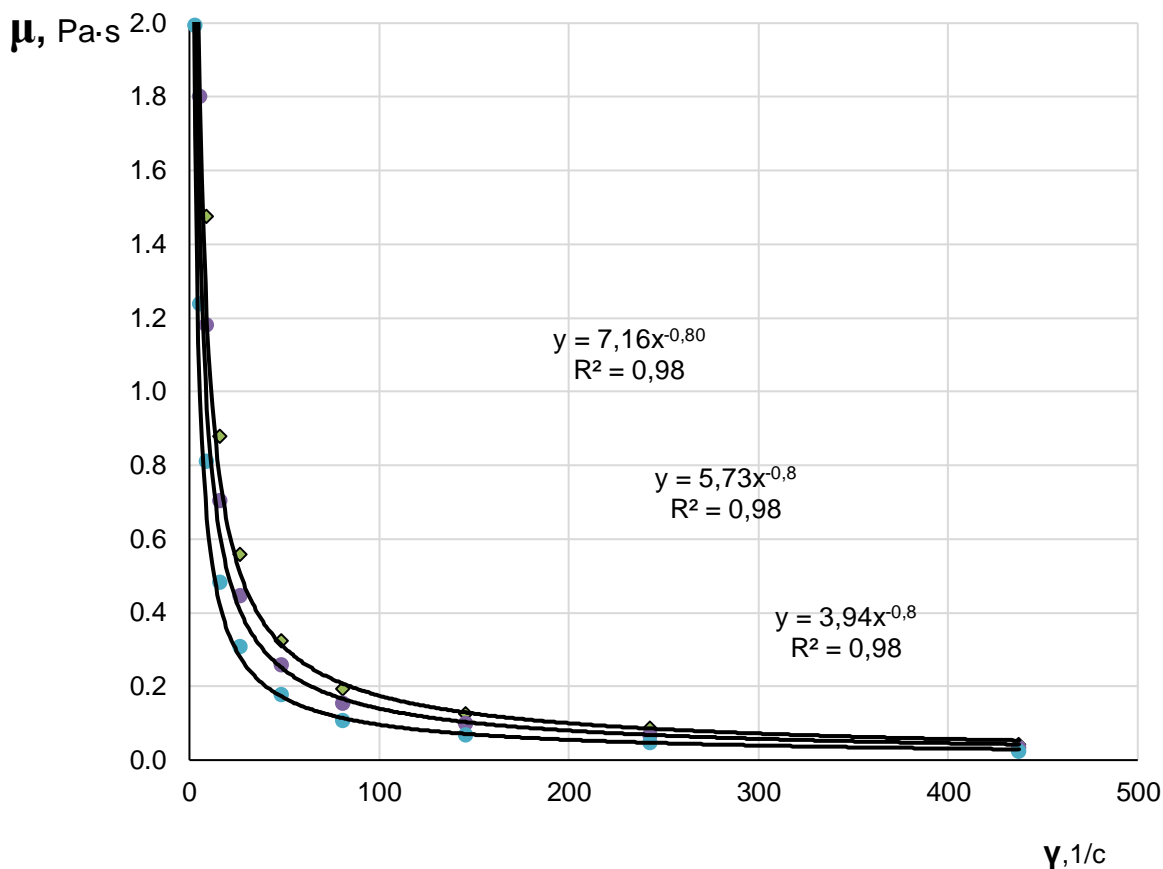


Рисунок 3.3.10. Залежність в'язкості рицинової олії від швидкості зсуву і температури.

Температура мазі: 1 – 20 °C; 2 – 35 °C; 3 – 50 °C.

Аналіз даних, представлених на рисунку 3.3.10, свідчить про те, що рицинова олія демонструє типові ньютонівські властивості. В'язкість олії різко знижується зі збільшенням швидкості зсуву в діапазоні від 0 до 100 с^{-1} , що пов'язано з орієнтацією молекул олії вздовж напрямку течії. При подальшому збільшенні швидкості зсуву в'язкість стабілізується на значенні близько 0,1 Па·с. Така поведінка характерна для багатьох рідин, що містять довголанцюгові молекули.

3.4. Порівняння результатів

Дослідження Є. А. Безрукавого, яке проводилося з метою вивчення реологічних властивостей мазі з тіотриазоліном та цинковою сіллю кислоти гіалуронової [11]

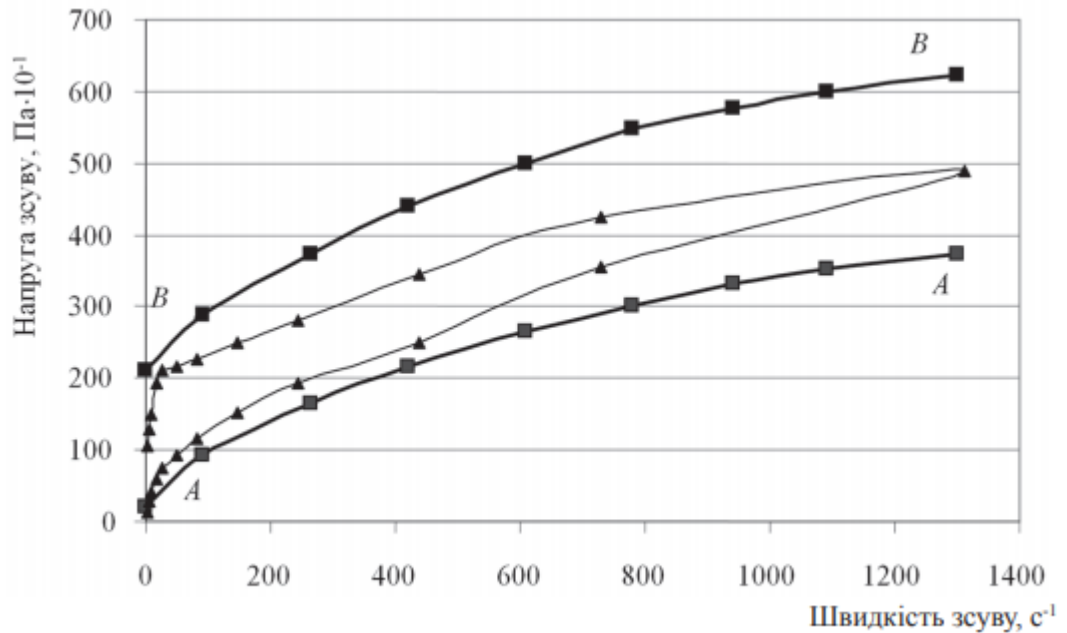


Рис.3.4.11.Залежність напруги зсуву від швидкості зсуву

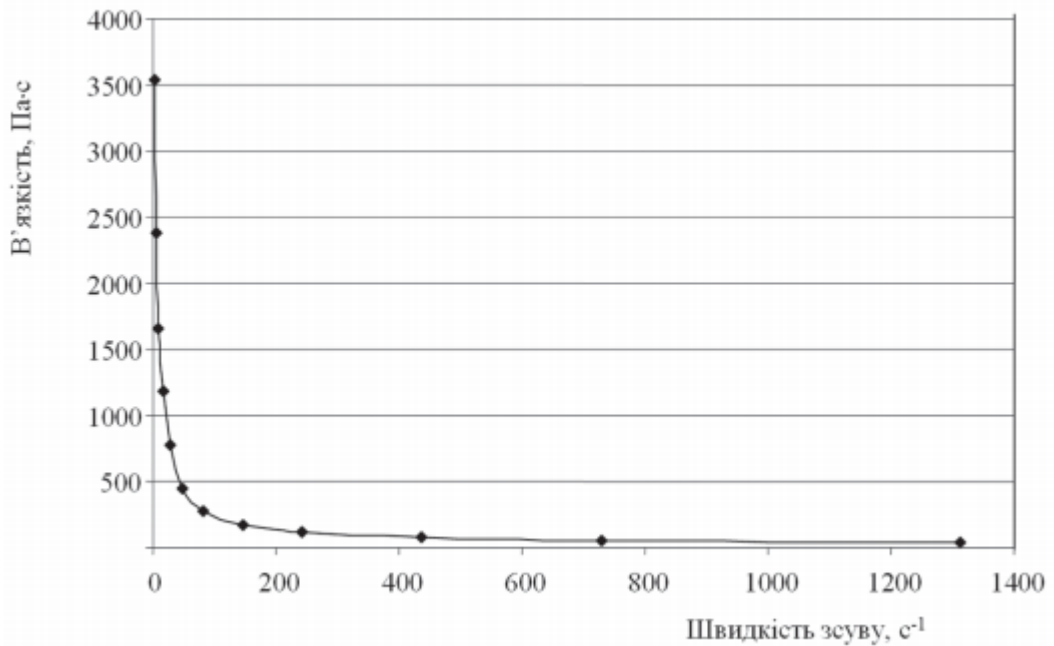


Рис.3.4.12.Залежність в'язкості мазі від швидкості зсуву

Також звернемо увагу на дослідження Лелека Т.О. і Тарасенко Г.В. [12]

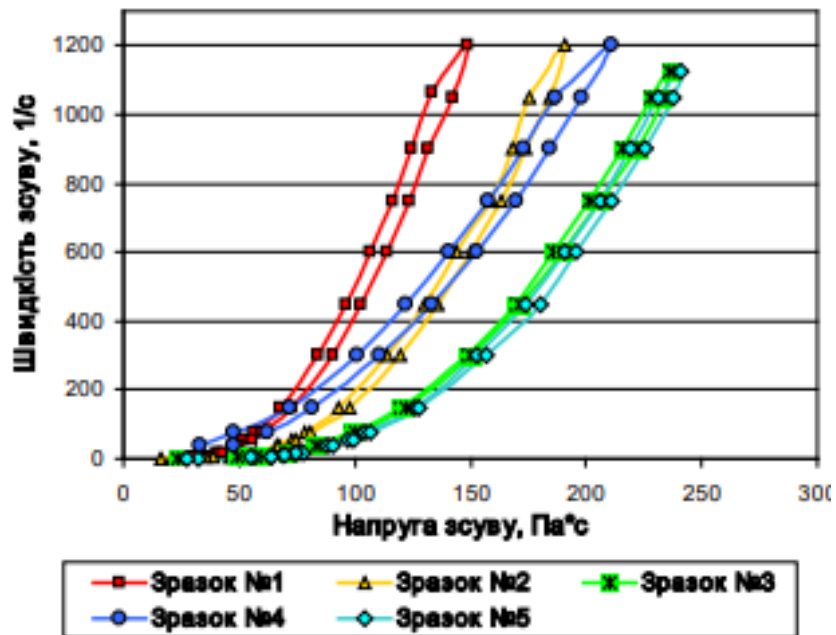


Рис.3.14. Реограма течії з натрію дифлофенаком

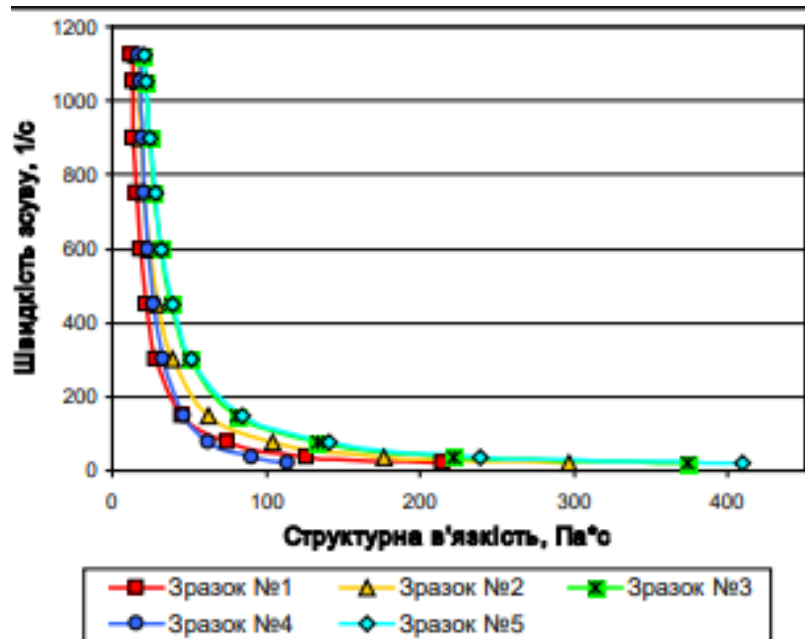


Рис.3.15. Залежність структурної в'язкості гелів з натрію диклофенаком від градієнту зсуву

Аналіз отриманих даних, а також результатів досліджень Є. А. Безрукавої та Тарасенка Г.В. і Лелеки Т.О., свідчить про те, що мазі з цинковою сіллю кислоти гіалуронової та тіотриазоліном демонструють

нелінійну залежність напруження зсуву від швидкості деформації. Спостерігається степеневе зростання напруження зсуву зі збільшенням швидкості, особливо виражене в діапазоні від 0 до 200 с⁻¹. Така поведінка характерна для псевдопластичних рідин, в яких в'язкість знижується зі збільшенням швидкості зсуву.

Висновки. Отримані результати вказують на те, що реологічні властивості мазей значною мірою залежать від їхнього складу та можуть бути описані моделями неньютонівських рідин.

--	--	--	--	--

РОЗДІЛ 4. Модернізація гомогенізатора-змішувача

4.1. Опис модернізації

Лінія SPEEDYMIX 500 (ділянка №2) забезпечує безперервне виробництво до 5 тонн на добу різних косметичних та фармацевтичних продуктів на водній та олійній основі, таких як зволожуючі креми, сонцезахисні гелі, мазі для шкіри та слизових оболонок, а також основ для суппозиторіїв.. [13]

Ефективність гомогенізації мазі визначається робочим тиском, температурою, швидкістю руху продукту при проходженні через гомогенізуючу голівку(мішалку), конструктивними особливостями останньої, складом і властивостями компонентів, що утворюють оболонку жирових кульок, кислотністю, а також послідовністю технологічних операцій. Основними елементами гомогенізатора є лопатева, якірна та турбінна мішалки.

Для покращення процесу гомогенізації нами запропоновано додати до гомогенізатора зовнішній контур, це сприятиме більш якісній та інтенсивнішій гомогенізації, а саме змінити, створити ре-цикл протікання мазі, що дає нам змогу краще перемішувати продукт.

На рисунку 4.1 показаний зовнішній контур та принцип його роботи.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назв	230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Арку ш 1/01

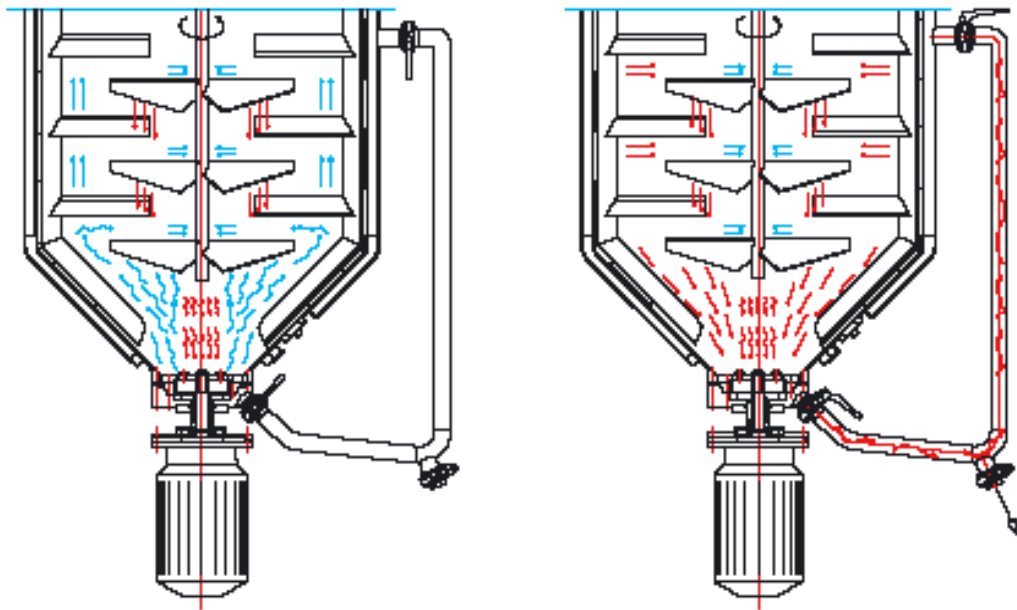


Рис. 4.1.1. Зовнішній контур міксеру-гомогенізатору

Міксер-гомогенізатор Speedymix 500 оснащений комплексом з трьох мішалок: якорною, лопатною та високошвидкісною турбіною. Якорна та лопатна мішалки, що обертаються в протилежних напрямках, забезпечують делікатне перемішування продукту. Якорна мішалка, обладнана тефлоновими скребками, запобігає прилипанню продукту до стінок міксера. Турбіна, розташована в нижній частині міксера, забезпечує інтенсивну гомогенізацію завдяки взаємодії ротора та статора. Конструкція міксера дозволяє організувати як внутрішню, так і зовнішню рециркуляцію продукту для досягнення максимальної однорідності суміші. (рис. 4.1).

Конструкція міксера передбачає наявність спеціальної камери перемішування, в якій розташована турбіна. Таке рішення дозволяє створити умови для формування потужних турбулентних потоків, що забезпечує ефективне диспергування та гомогенізацію продукту. Інтенсивне перемішування в камері сприяє значному збільшенню поверхні контакту між частинками, що прискорює процес масопереносу.

Внутрішньокамерний вакуум, що створюється обертанням високошвидкісної турбіни, індукує безперервну циркуляцію продукту через

--	--	--	--	--

зовнішній рециркуляційний контур. Цей контур, обладнаний відповідними трубопроводами та клапанами, забезпечує подачу продукту з міксера, його переміщення по зовнішній петлі та повернення назад. Швидкість циркуляції безпосередньо залежить від частоти обертання турбіни, що дозволяє плавно регулювати інтенсивність перемішування та гомогенізації.

Ключовим елементом системи рециркуляції є точка повернення продукту в міксер. Продукт вводиться тангенціально до центральної осі міксера, що створює вихровий рух, який посилює ефективність перемішування тихохідними мішалками (якорною та лопатною). Цей вихровий рух сприяє розбиванню агрегатів, диспергуванню твердих частинок та усуненню включень повітря, що є особливо важливим для отримання однорідних емульсій та суспензій.

Крім того, тангенціальний ввід продукту сприяє дегазації суміші. Виникаючі центробежні сили примушують бульбашки повітря рухатися до центральної осі міксера, де вони зливаються в більші бульбашки і піднімаються до поверхні, виходячи з системи.

Конструкція нижньої частини міксера, виконана у вигляді усіченого конуса, також сприяє ефективному перемішуванню. Конічна форма направляє потік продукту до турбіни, що забезпечує постійну циркуляцію і перешкоджає утворенню "мертвих зон".

Для управління процесом рециркуляції використовується клапан XV203. Закриття цього клапана блокує зовнішній контур і переводить міксер в режим роботи з внутрішньою рециркуляцією. В такому режимі турбулентність забезпечується за рахунок конвективних потоків, що виникають в результаті обертання турбіни.

Турбіна є ключовим елементом системи гомогенізації. Вона складається з двох основних компонентів: зубчастого ротора, що обертається всередині нерухомого зубчастого статора. Продукт, що подається в міксер, засмоктується ротором аксіально. Обертання ротора надає продукту

--	--	--	--	--

кінетичну енергію і створює значний тиск, який виштовхує продукт через вузькі щілини між зубцями ротора і статора. Цей процес супроводжується інтенсивним механічним та гідравлічним впливом на продукт, що призводить до його дроблення, диспергування та гомогенізації. Пульсації, що виникають внаслідок взаємодії зубців ротора і статора, створюють додаткові сили зсуву, які сприяють руйнуванню агрегатів і формуванню однорідної суміші. Для посилення ефекту турбулізації ротор оснащений скребками на вході та виштовхуючими лопастями на виході, що створює додаткові турбулентні потоки.



Рис. 4.1.2. Загальний вигляд турбіни

Мішалки доповнюють дію турбіни, забезпечуючи ефективне перемішування продукту в об'ємі міксеру. Якореві і лопатні мішалки, обертаючись у протилежних напрямках, створюють складні потоки, що сприяють розподілу компонентів і усуненню неоднорідностей. Трилопатева конструкція внутрішньої лопатної мішалки та спеціальний профіль лопастей забезпечують оптимальну взаємодію з якоревією мішалкою. Така конструкція дозволяє уникнути утворення застійних зон та забезпечує ефективне перемішування навіть високо в'язких продуктів. Лопасті мішалок також сприяють переміщенню продукту від центру міксеру до турбіни і назад, що посилює ефект гомогенізації.

--	--	--	--	--

4.2. Розрахунки

Розрахунок продуктивності реактора-змішувача

Продуктивність реактора-змішувача розраховуємо за формулою:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}}$$

де M – маса продукту в апараті, кг;

$\tau_{осн}$ – час проведення хімічної реакції, годин.

$\tau_{доп}$ – час допоміжних операцій (завантаження та розвантаження компонентів та готового продукту).

Продуктивність апарату розраховуємо на прикладі приготування модифікованого крохмалю особливої чистоти для фармацевтичних препаратів.

Час оброблення – 23 години (з них настоювання 15 год).

Об'єм апарату – 1,0 м³.

Густина середовища – 900 кг/м³.

Тоді маса продукту в апараті 1,0*900 = 900 кг.

Час допоміжних операцій – 7 год

(кріплення лопастей – 3 год, миття та стерилізація перед завантаженням продукту – 1 год, завантаження реактора - 0.5 год, розвантаження - 2 год, миття реакторів та трубопроводів – 0.5 год)

Тоді продуктивність апарату:

$$P = \frac{M}{\tau_{осн} + \tau_{доп}} = \frac{900}{23 + 7} = 30 \text{ кг/год}$$

Розрахунок на механічну міцність

Після кожного циклу гомогенізації реактор стерилізують парою під надмірним тиском $p = 0,4 \text{ МПа} = 4,08 \text{ кг/см}^2$ ($t_{нас} = 142,9 \text{ }^\circ\text{C}$).

--	--	--	--	--

Матеріал реактора приймаємо Ст. 3. Найкращі умови гомогенізації м'яких лікарських засобів забезпечуються в реакторах з нержавіючої сталі [14]

Товщину циліндричної обичайки розраховуємо за формулою:

$$S = \frac{pD_{\text{вн}}}{230\varphi\sigma_{\text{доп}} - p} + C = \frac{4,08 \cdot 880}{230 \cdot 0,9 \cdot 11,7 - 4,08} + 3 = 7,1 \text{ мм}$$

де p – розрахунковий (робочій) тиск, $p=0,4 \text{ МПа}=4,08 \text{ кг/см}^2$

φ – коефіцієнт міцності зварного шва; $\varphi=0,9$;

C – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо $C=3 \text{ мм}$

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження матеріалу стінки; при температурі до 200°C $\sigma_{\text{доп}}=11,7 \text{ кг/мм}^2=115 \text{ Мн/м}^2$

Товщину стінки еліптичних днищ знаходимо за формулою:

$$S_{\text{дн}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{400K\sigma_{\text{доп}}\varphi - p} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} + C = \frac{4,08 \cdot 880}{400 \cdot 0,83 \cdot 11,7 \cdot 1 - 4,08} \cdot \frac{880}{2 \cdot 600} + 5 = 10,05 \text{ мм}$$

де φ – коефіцієнт міцності зварного шва (днище прийнято штамповане); $\varphi=1$;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження матеріалу стінки; при температурі до 200°C $\sigma_{\text{доп}}=11,7 \text{ кг/мм}^2=115 \text{ Мн/м}^2$

p – розрахунковий (робочій) тиск, $p=0,4 \text{ МПа}=4,08 \text{ кг/см}^2$

C – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо $C=5 \text{ мм}$

Безрозмірний коефіцієнт, який враховує послаблення днища отворами найбільшого діаметра, визначаємо за формулою $K=1.3$:

В залежності від товщини еліптичних днищ приймаємо товщину циліндричних обичаок реактора $S_{\text{ц}}=7 \text{ мм}$.

В корпусі реактора є неукріплені отвори.

--	--	--	--	--

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвору в циліндричній частині:

$$d_{\text{м.ц.}} = 8,1 \sqrt[3]{D_{\text{вн}}(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})(1 - K)} = 8,1 \sqrt[3]{880(7 - 3)(1 - 0,52)} = 162 \text{ мм}$$

де

$C_{\text{ц}}$ – надбавка до товщини стіни; $C_{\text{ц}} = 3 \text{ мм}$

Значення K визначаємо за формулою:

$$K = \frac{p D_{\text{вн}}}{(230 \sigma_{\text{доп}} - p)(S_{\text{ц}} - C_{\text{ц}})} = \frac{4,08 \cdot 840}{(230 \cdot 11,7 - 4,08)(7 - 3)} = 0,52$$

Отворів, діаметр яких перевищує 162 мм, в циліндричній частині реактора немає.

Максимально допустимий діаметр неукріпленого отвору в еліптичних днищах:

$$d_{\text{м.д.}} = 0,95 D_{\text{вн}}(1 - K_1) = 0,95 \cdot 840(1 - 0,84) = 365 \text{ мм}$$

Значення коефіцієнту K_1 визначаємо за формулою:

$$K_1 = \frac{p}{400 \sigma_{\text{доп}}} \cdot \left[\frac{D_{\text{вн}}}{S_{\text{дн}} - C_{\text{дн}}} \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2h_{\text{в}}} - 1 \right] = \frac{4,08}{400 \cdot 11,7} \cdot \left[\frac{840^2}{(10 - 5) \cdot 2 \cdot 600} - 1 \right] = 0,84$$

Отворів, діаметр яких перевищує 365 мм на у днищі не передбачається.

Гідравлічне випробування реактора має проводитись при тиску:

$$p_{\text{г}} = p + 2 = 4,08 + 2 = 6,08 \text{ кг/см}^2$$

До цього тиску додається гідростатичний тиск стовпа рідини, що заливається в апарат при випробуванні, $p_{\text{ж}} = 0,1 \text{ Н}$.

Гідравлічний випробувальний тиск:

$$p_{\text{и}} = p_{\text{г}} + p_{\text{ж}} = 6,08 + 0,1 \cdot 4,98 = 6,578 \text{ кг/см}^2$$

H – висота реактора; $H = 0,8 \text{ м}$

Допустима напруга матеріалу при гідравлічному випробування реактора має задовольняти вимозі:

$$\sigma = \frac{[D_{\text{вн}} + (S - C)]p_{\text{и}}}{2(S - C)\eta} \leq \frac{\sigma_{\text{T}}}{1,2}$$

де

S – товщина стінки апарата; $S=0,01\text{м}$

η – коефіцієнт міцності зварного шва; $\eta=0,9$

σ_{T} – межа текучості матеріалу; для Ст. 3 $\sigma_{\text{T}} = 24 \text{ кГ/см}^2 = 236 \text{ МН/м}^2$

Підставивши цифрові значення, отримаємо допустиму напругу:

$$\sigma = \frac{[880 + (0,7 - 0,3)]6,578}{20,70,9} = 1256 \text{ кГ/см}^2$$

що менше, ніж

$$\frac{2400}{1,2} = 2000 \text{ кГ/см}^2$$

Розрахунок корпусу на зовнішній тиск

Корпус реактора піддається зовнішньому тиску води, що подається в охолоджуючу сорочку. Надлишковий робочий тиск в сорочці $p = 1,5 \text{ кГ/см}^2$ ($0,1472 \text{ МН/см}^2$). Запас на стійкість форми реактора від зовнішнього тиску приймають чотирикратним від робочого тиску. Критичний тиск, при якому форма ємкості стає нестійкою, $p_{\text{кр}} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кГ/см}^2 = 588,6 \text{ кН/м}^2$. [15]

Товщину стінки реактора, що піддається зовнішньому тиску, визначаємо за формулою:

$$S = r \sqrt[3]{\frac{p_{\text{кр}} 4(1 - \mu^2)}{E}} = 121 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4(1 - 0,3^2)}{2100000}} = 0,72 \text{ см}$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; $\mu=0,3$

Розрахунок зовнішньої стінки охолоджуючої сорочки реактора

Товщина стінки сорочки реактора розраховуємо за формулою:

--	--	--	--	--

$$S_{\text{дн}} = \frac{pD_{\text{вн}}}{230\sigma_{\text{доп}}\varphi - p} + C = \frac{4,08 \cdot 950}{230 \cdot 11,7 \cdot 0,9 - 1,5} + 3 = 7,2 \text{ мм}$$

де p – розрахунковий (робочій) тиск, $p=1,58\text{кГ/см}^2$

φ - коефіцієнт міцності зварного шва; $\varphi=0,9$;

C – надбавка на корозію, знос та інші несприятливі фактори; приймаємо $C=3\text{мм}$

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг;
 $\sigma_{\text{доп}}=11,7\text{кГ/мм}^2=115\text{МН/м}^2$

Приймаємо $S=8\text{мм}$.

4.3. Розрахунок потужності приводів

Розрахунок потужності приводу реактора-змішувача

Порядок розрахунку потужності на перемішування в реакторі-змішувачі:

1. Розраховуємо критерій Рейнольдса
2. Розраховуємо критерій потужності за формулою для конкретної мішалки
3. Розраховуємо потужність перемішування.
4. З врахуванням коефіцієнту корисної дії приводу та втрат потужності в торцевому ущільненні.

Розрахунок внутрішньої лопатевої мішалки

Коефіцієнт Рейнольдса заповнюємо за формулою:

$$\text{де: } Re_s = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{2,5 \cdot 0,76^2 \cdot 1100}{5} 900 = 51$$

ρ = густина середовища, кг/м^3 ;

μ = в'язкість перемішувальної рідини, Нхс/м^2

Критерій потужності для дволопатевої мішалки розраховуємо за формулою:

--	--	--	--	--

$$Kn = 1.09 \cdot Re_{\epsilon}^{0.31} \left(\frac{D}{d} \right)^{0.31} = 1.09 \cdot 51^{0.91} \left(\frac{0.86}{0.76} \right)^{0.31} = 69$$

D – діаметр апарату, м

d – діаметр валу мішалки, м.

Потужність мішалки розраховуємо за формулою:

$$N_1 = Kn \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 39 \cdot 5 \cdot 150^2 \cdot 0.76^3 = 568.1 \text{ Вт}$$

В апараті розміщено 5 лопатевих мішалок, тому сумарна потужність на валу з внутрішніми мішалками:

$$N_{\text{сум}} = N_1 \cdot 5 = 568.1 \cdot 5 = 2840.5 \text{ Вт}$$

Так як в апараті встановлено сучасне торцьове ущільнення (замість застарілого сальникового), то втрати потужності в ньому мізерно малі порівняно з сальниковим. Приймаємо, що на подолання опору обертанню валу в ущільненні витрачається 100 Вт.

Приймаємо потужність мотор-редуктора внутрішньої мішалки N=3 кВт

Розрахунок зовнішньої рамної мішалки

Коефіцієнт Рейнольдса:

$$Re_{\epsilon} = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 880^2 \cdot 900}{5} = 51$$

Критерій потужності для дволопатевої мішалки розраховуємо за формулою:

$$Kn = 7.9 \cdot Re_{\epsilon}^{0.77} \left(\frac{h}{d} \right) = 7.09 \cdot 51^{0.91} \left(\frac{0.750}{0.880} \right) = 363$$

D – діаметр апарату, м

d – діаметр валу мішалки, м.

Потужність мішалки розраховуємо за формулою:

$$N_1 = Kn \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 363 \cdot 5 \cdot 1^2 \cdot 0.81^3 = 890 \text{ Вт}$$

Приймаємо потужність мотор-редуктора зовнішньої мішалки N=1,5 кВт

--	--	--	--	--

Розрахунок валу-мішалки на міцність

Діаметр валу, на якому закріплена мішалка, розраховуємо за умови міцності задеформації кручення.

Потужність на валу: $N = 6$ кВт

Частота обертання валу: $n = 150$ об/хв.

Крутний момент на валу:

$$T = 9550 \frac{N}{n}$$

де - потужність на валу, кВт

n - частота обертання валу, об/хв.

тоді

$$T = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{6}{150} = 382 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Граничне напруження кручення для сталі 45Х:

$$[\tau_{\text{св}}] = 40 \text{ Мпа}$$

Тоді діаметр валу:

$$d = \sqrt{\frac{0,2 \cdot T}{[\tau_{\text{св}}]}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 382}{0,2 \cdot 40}} = 47,1 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань, а саме, для закріплення втулок з лопатями, кріплення фланця, зручності обслуговування приймаємо діаметр валу

$$d = 50 \text{ мм}$$

Розрахунок корпусу на зовнішній тиск

Корпус реактора піддається зовнішньому тиску води, що подається в охолоджуючу сорочку. Надлишковий робочий тиск в сорочці $p = 1,5 \text{ кг/см}^2$ ($0,1472 \text{ МН/см}^2$). Запас на стійкість форми реактора від зовнішнього тиску приймають чотирикратним від робочого тиску. Критичний тиск, при якому форма ємкості стає нестійкою, $p_{\text{кр}} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ кг/см}^2 = 588,6 \text{ кН/м}^2$.

--	--	--	--	--

Товщину стінки реактора, що піддається зовнішньому тиску, визначаємо за формулою:

$$S = r \sqrt[3]{\frac{p_{кр} 4(1 - \mu^2)}{E}} = 121 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4(1 - 0,3^2)}{2100000}} = 0,72 \text{ см}$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; $\mu=0,3$

E – модуль пружності вуглецевої сталі; $E=2100000 \text{ кГ/см}^2$

4.4. Тепловий розрахунок

Тепловий розрахунок реактора змішувача

Розрахунок водяної сорочки

В реактор змішувач зазвичай надходить підігріта гетерогенна система, і функція водяної сорочки – лише підтримка постійної температури.

Іноді продукт нагрівається безпосередньо в реакторі при постійному перемішуванні.

Розглянемо випадок, коли потрібно підігріти в реакторі систему з розчину хімічних реагентів та крохмвлю від 20 до 60 °С.

Середовище має нагрітись за пів години ($\tau=0,5$)

Кількість тепла, що передається від водяної сорочки до продукту в реакторі:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{\tau}$$

де V – об'єм середовища; $V=0,54 \text{ м}^3$

ρ – густина середовища; $\rho=900 \text{ кг/м}^3$

c - теплоємність середовища, $c = 2,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$

Тоді:

$$Q = \frac{V \rho c (t_2 - t_1)}{0.5} = \frac{0,54 \cdot 900 \cdot 2,5(60 - 20)}{0,5} = 189000 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 52,5 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} \quad (\text{або} \quad \text{кВт})$$

Кількість води, яку потрібно витратити на нагрівання продукту в реакторі, за умови, що початкова температура води – 100 °С, кінцева – 70 °С:

$$M_A = \frac{Q + 2\%Q}{c(t_2 - t_1)} = \frac{189000 + 2\%(189000)}{4,19(100 - 70)} = 1591 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Розрахунок теплової ізоляції

Згідно умов безпеки праці температура зовнішньої стінки апарату не повинна перевищувати 40 °С.

Температура води в водяній сорочці – 100 °С.

Матеріал ізоляції – мінеральна вата.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за формулою:

$$\delta = \frac{\lambda(t_{cm} - t_{iz})}{\alpha(t_{iz} - t_n)} = \frac{1,3(100 - 40)}{13,5(40 - 20)} = 0,21 \text{ м}$$

де:

λ – коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, Вт/(м·К);

α – коефіцієнт теплопередачі від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище, Вт/(м²·К)

t_{cm} - температура стінки апарату з боку ізоляції (приймаємо рівною температурі теплоносія)

t_{iz} – температура зовнішньої стінки ізоляції;

t_n – температура навколишнього повітря.

Отже, при товщині ізоляції з мінеральної вати понад 0,21 м будуть забезпечені вимоги охорони праці, згідно яких температура стінок теплообмінних апаратів не повинна перевищувати 40 градусів.

--	--	--	--	--

РОЗДІЛ 5. Монтаж, ремонт, експлуатація

5.1. Вимоги до монтажу, ремонту, експлуатації обладнання

Установка й вивірка гомогенізатора. Усі вітчизняні гомогенізатори встановлюють на фундаменті на гумових амортизаторах 2 і 4 (рис. 6.1) і кріплять до нього фундаментними болтами 1.

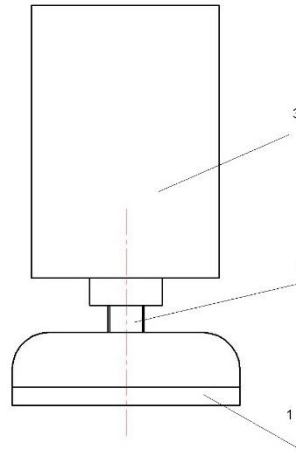


Рис. 5.1.1 Кріплення до фундаменту: 1 – гумові амортизатори; 2, – лапа станини сепаратора; 3 – станина.

Для нормальної й безпечної роботи гомогенізатор повинен бути встановлений так, щоб веретено було строго вертикально, а верхня базова поверхня — горизонтальна. При невеликих відхиленнях від горизонтальності роблять вивірку та регулюють лапи так щоб встановити горизонтальність, щоб забезпечити якісну роботу гомогенізатора.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назв	230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Арку ш 1/01

5.2 Ремонт

При ремонті гомогенізатора доводиться знімати його розбирати. Щоб уникати поверхневих пошкоджень вала, рекомендується використовувати спеціалізований з'ємник, який встановлено в корпусі гомогенізатора, який являється пневмоприводом [16]

Під час проведення ремонтних робіт, для полегшення їх проведення застосовують різні спеціалізовані пристрої, універсальний гідравлічний інструмент, спеціальний ключ для закручування шпильок, спеціальний ексцентриковий ключ для встановлення і знімання шпильок.

При зніманні деталей спеціалізованими пристроями сама деталь не пошкоджується, а при застосуванні слюсарних інструментів, наприклад молоток. Удари наносяться на саму деталь і при цьому пошкоджують її.

Структура ремонтного циклу

К-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-С-О-О-О-О-П-О-О-О-О-О-К

К – 1 – капітальний ремонт;

О – 16 – огляд;

П – 2 – поточний ремонт;

С – 1 – середній ремонт.

Категорія ремонтної складності – 3,5.

5.3. Експлуатація обладнання

Підготовка до роботи.

Відкрийте вентиль подачі води для подачу в оболонковий теплообмінник, проконтролюйте процес та температуру води. [17]

--	--	--	--	--

Задайте на пульті керування потрібну програму, пуск гомогенізатора має почати працювати без тиску. Забезпечте надходження продукту в гомогенізатор. Переведіть рукоятку у автоматичного вимикача на електрошафі в положення «Включено». Включіть двигун. Перевірте напрям обертання шківів. Вони повинні обертатися проти годинникової стрілки, і за нею. Порядок роботи. Підготувавши гомогенізатор до роботи, натисніть кнопку «Пуск».

Потім, обертаючи рукоятку нажимного гвинта II ступені, підвищте тиск до робочого, одночасно перевіряючи і усуваючи надмірне коливання стрілки обертанням голки манометричної головки.

Після регулювання коливання стрілки манометра перевірте, чи не закритий доступ продукту до мембрани манометра. Для цього нажимним гвинтом II ступені трохи понизьте тиск гомогенізації, а потім підніміть його до раніше встановленого, — свідчення манометра повинні змінитися.

Під час роботи гомогенізатора продукт не повинен просочуватися через ущільнення та кришку, а також через прокладки у всіх приєднувальних місцях.

Групу гомогенізаторів під час роботи може обслуговувати одна людина.

Для зупинки гомогенізатора:

- Дочекатися закінчення програми;
- Вимкнути електродвигун;
- закрийте кран подачі води, що надходить у рубашку;

Промивку проводьте в наступній послідовності:

1. Циркуляційним способом прополощіть систему від залишків продукту водопровідною водою протягом 10...15 хв.
2. Промийте лужним розчином при температурі плюс 75...80°C протягом 30...40 хв.
3. Обполосніть теплою водою (плюс 40...50°C) до повного зникнення

--	--	--	--	--

слідів лужного розчину (по лакмусовому паперу).

Перед зупинкою гомогенізатора на тривалий час ретельно промийте його, пропускаючи через нього гарячу воду до тих пір, поки вода, що виходить, не стане повністю чистою.

Технічне обслуговування. Для нормальної безвідмовної роботи гомогенізатора систематично виконуйте наступні роботи.

Щодня контролюйте температуру води в корпусі оболонкового теплообмінника. Температура не повинна перевищувати плюс 60 °С.

Періодично відкривайте кришки для огляду деталей, дотичних з продуктом. За наявності залишків продукту видаляйте їх.

Один раз в 6 місяців проводите перевірку придатності ущільнень в колодязях, попарну притертість клапанів і сідел, стан робочої поверхні мішалок. У разі не придатності деталей проводите їх заміну і притирання.

Для очищення фільтру чи його заміну на двигунах проводьте огляд на контролюйте його на цільність, у разі будь-яких відхилень зробіть його заміну.

--	--	--	--	--

РОЗДІЛ 6. Безпека життєдіяльності

Інструктажі. Всі працівники, що приймаються на роботу, а також в процесі роботи, проходять навчання і інструктаж з охорони праці. Вивчають правила надання першої долікарської допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правила поведінки при виникненні аварійних ситуацій або аварій. Працівники, що виконують роботи по обслуговуванні обладнання підвищеної небезпеки обов'язкове курсове навчання по безпечним методам праці з обов'язковим іспитом. Відповідальним за організацію навчання і перевірку знань на підприємстві покладають на його керівника, а в структурних підрозділах на керівників цих підрозділів. Контролює ці питання відділ охорони праці. Всі посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (1 раз на 3 роки) проходять також навчання і перевірку знань з охорони праці.

Інструктажі за часом та характером їх проведення поділяють на 5 видів: вступний, первинний, повторний або періодичний, позаплановий, цільовий. Мета проведення – навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки [18]

Вступний інструктаж – проводиться з усіма працівниками, які щойно прийняті на роботу (постійну чи тимчасову), незалежно від їх освіти, стажу роботи, за цією професією або посади.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в спеціальному журналі, а також в документі про прийняття працівника на роботу, де розписуються інструктуючий та проінструктований.

Первинний проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу [19]

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назв		230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено						

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті з охорони праці:

- при введенні в дію нових або змінених нормативних актів про охорону праці;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;
- при порушенні працівником нормативних актів, що може призвести до травми, отруєння або аварії;
- на вимогу працівника органу державного нагляду або вищої державної чи господарської організації при виявленні недостатнього знання працівником безпечних прийомів праці і нормативних актів про охорону праці;
- при перерві в роботі виконавця робіт більше ніж 60 календарних днів.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально або з групою працівників спільного фаху. Обсяг і зміст інструктажу визначається в кожному окремому випадку залежно від обставин, що спричинили необхідність його проведення.

Цільовий інструктаж проводять із працівниками:

- при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо з основними роботами працівника;
- при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха;
- при виконанні робіт, що оформляються нарядом – допуском, письмовим дозволом та іншими документами;

Цільовий інструктаж фіксується нарядом допуском або іншою документацією, що дозволяє проведення робіт.

Первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт (начальник виробництва, цеху, дільниці, майстер, інструктор виробничого навчання тощо).

--	--	--	--	--

Оформляються первинний, повторний та позаплановий інструктажі, стажування та допуск до роботи реєстра цією в спеціальному журналі. При цьому обов'язкові підписи як інструктованого, так і інструктуючого, журнали інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

Керівник підприємства зобов'язаний видати працівнику примірник інструкції з охорони праці за його професією або вивісити її на робочому місці.

Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації гомогенізатора SPEEDYMIX 500

На обслуговуючий персонал модернізованої установки діють такі негативні фактори як вібрація, електробезпека та тепловиділення (виробничі шкідливості), ці чинники зображені на Рис.6.1.1:

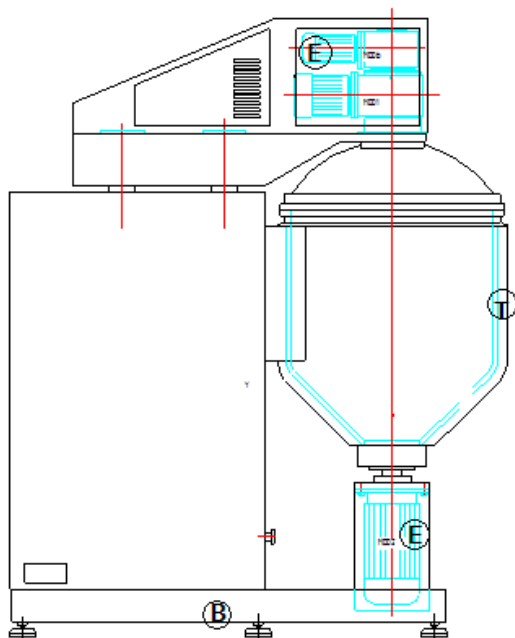


Рис.6.1.1. Гомогенізатор SPEEDYMIX 500. Умовні позначення шкідливих і небезпечних чинників: В – вібрація; Е – електробезпека; Т – тепловиділення.

--	--	--	--	--

ВИСНОВКИ

1. У наявній науковій літературі недостатньо даних щодо реологічних властивостей м'яких лікарських форм, зокрема, мазей і паст, а також шляхів інтенсифікації процесів їх приготування, зокрема, гомогенізації.

2. Наявне обладнання не забезпечує високої продуктивності процесу гомогенізації компонентів мазей і паст.

3. Напруження зсуву мазі Меновазан зростає за степеневою залежністю зі збільшенням швидкості зсуву від 0 до 400 s⁻¹. Причому найбільш інтенсивне збільшення напруження відбувається на проміжку швидкостей зсуву від 0 до 100 s⁻¹. Відповідно, такі ж закономірності і для значень ефективної вязкості – вона різко знижується на проміжку швидкостей зсуву від 0 до 100 s⁻¹ з подальшим підвищенням швидкості зсуву ефективна вязкість змінюється незначно, і складає приблизно 0.1 Pa·s. Такі закономірності дають підставу вважати мазь неньютонівською рідиною з ознаками псевдопластичності.

6. Напруження зсуву (і, відповідно, вязкість) мазі значно знижується при підвищенні температури від 20 до 50 градусів.

7. Аналогічні властивості мають інші фармацевтичні продукти, зокрема, зубні паста, а також основний компонент мазей – рицинова олія.

8. На відміну від мазей, температура не значно впливає на вязкість зубних паст. Це пояснено тим, що зубні паста виготовлені на водній основі, а мазі – на жировій. Жир (наприклад, рицинова олія) за високих температур плавиться і значно знижує свою вязкість.

9. Пропонується удосконалена конструкція гомогенізатора, у якому встановлено додаткову швидкохідну турбінну мішалку і зовнішній контур. Це забезпечить зниження часу гомогенізації (відповідно, підвищення продуктивності) в 2-3 рази.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назв		230643MP.11.001.ПЗ		
	Документ затверджено					

ЛІТЕРАТУРА

1. Batt C.A. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition) / C.A. Batt. – Elsevier, 2017. – 110 p.
2. Brennan J. G.. Food Processing Handbook, 2nd Edition / James G.B., Alistair S.G. – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2011. – 826 p.
3. Fellows P. Food processing technology. Principles and Practice. Second Edition / P. Fellows. – CRC Press, 2000. – 591 p.
4. Lelieveld H. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition) / H. Lelieveld, J. Holah, D. Gabrić. – Elsevier, 2016. – 736 p.
5. Nagornaya N.A. Study of consistent properties of vinpocetine intranasal dosage form / N.A. Nagornaya, V.V. Gladyshev, B.S. Burlaka // Запорожский медицинский журнал. – 2014. – №5(86). – С. 97–100.
6. Naumenko N. History of Food Science / N. Naumenko N. – Kyiv, NUFT. – 2014. – 199 с.
7. Swarbrick J. Encyclopedia of pharmaceutical technology. 3-d ed. Pinehurst : Informa healthcare. – 2007. – Vol. 5. – P. 3128–3146.
8. Toledo R.T. Fundamentals of Food Process Engineering. Third Edition / R.T. Toledo. – Springer, 2007. – 585 p.
9. Yiu H. Hui. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. / H. Hui Yiu. – CRC Press, 2006. – 928 p.
10. Баранова І.І. Вивчення фізико-хімічних та структурно-механічних властивостей гідрогелів на основі полімерної композиції «Salcare 80» // Український журнал клінічної та лабораторної медицини. - 2009. - №1. - С. 16-18.

Відповідальна організація	Технічне <u>узгодження</u>	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назва	230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Арку ш 1/01

- Гавва, О. М. Основи наукових досліджень: конспект лекцій для студ. спец. 7.05050206 «Машини і технологія пакування» та 7.05050207 «Машини і ресурсозберігаючі технології переробки упаковки» денної форми навч. / О. М. Гавва, Л. О. Кривопляс-Володіна ; Нац. ун-т харч. технол. - К. : НУХТ, 2015. - 86 с.
11. Лич І.В. Промислова технологія лікарських засобів [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освітнього ступеня бакалавр спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» ден. та заоч. форм навч. / І.В. Лич. – К.: НУХТ, 2017. – 323 с.
12. Монтаж, експлуатація, діагностика та ремонт обладнання м'ясопереробних підприємств: підручник / І. Г. Бабанов, О. М. Гавва, О. І. Бабанова та ін. – Київ: Сталь, 2015. – 600 с.
13. Мостенська Т. Збалансування продовольчого ринку в контексті забезпечення продовольчої безпеки: монографія / Т. Мостенська. – Київ: Кондор-Видавництво, 2015. – 283 с.
14. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підручник / Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін.; за ред. В.Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
15. Основи наукових досліджень у прикладних задачах [Текст] : навч. посіб. / Л. О. Кривопляс-Володіна, О. М. Гавва, В. Л. Яровий, С. В. Токарчук ; наук. ред. О. М. Гавва, літ. ред. Л. О. Кривопляс-Володіна ; Нац. ун-т харч. технол. - К. : Сталь, 2016. - 272 с.
16. Охорона праці [Текст]: Метод. вказівки до викон. розділу "Охорона праці" диплом. проектів для студ. напряму 0902 "Інженерна механіка" ден. та заоч. форм навч. / Гуць В.С., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф., Сидоренко О.І., Богданов Є.С. — К. : НУХТ, 2003. — 21 с. — каф. безпеки життєдіяльності.
17. Павлище, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст] : Підруч. / В. Т. Павлище. — К. : Вища шк., 1993. — 556 с.

--	--	--	--	--

18. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – Київ: Упаковка, 2010. – 744 с.
19. Пат. 20698 UA Реактронний гомогенізатор / Грабов Л.М., Мерцій В.І., Жилєєв В.Т. – Опубл. 15.04.2002.
20. Пат. 121278 UA. Гомогенізатор для рідких продуктів / Кюрчев В.М., Левченко Л.В., Марченко О.С., Самойчук К.О. – Опубл. 27.11.2017.
21. Пат. 65406 UA. Роторний гомогенізатор / Басок Б.І., Піроженко І.А., Гартвіг А.П., Кравченко Ю.С., Коба А.Р., Долінський А.А. – Опубл. 16.01.2006.
22. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / За ред. проф. І. Ф. Малежика. Підручник. – К.: НУХТ, 2003. – 400с.
23. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник / В. Г. Мирончук, Л. О. Орлов, А. І. Українець та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.
24. Сидоров Ю. І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості [Текст]: навч. посіб. / Ю. І. Сидоров, В. І. Чуєшов, В. П. Новіков. — Вінниця : Нова книга, 2009. — 816 с.
25. Сухенко Ю. Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підручник / Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. – Київ: НУХТ, 2010. – 547 с
26. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В.І. Теличкун, О.М. Гавва, Ю.С. Теличкун, О.О. Губеня, М.Г. Десик, О.М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. – 456 с.

--	--	--	--	--

Додатки

Додаток А.

Таблиця А1.

Результати експериментальних досліджень реологічних властивостей мазі

Меновазан

№	Швидкість зсуву для S_2 $\dot{\gamma}$, c^{-1}	Покази приладу(відносний кут обертання), α , поділок шкали						η , Па ↓	η , Па ↑	τ , Па×с ↓	τ , Па×с ↑
		α_1 ↓	α_1 ↑	α_2 ↓	α_2 ↑	$\alpha_{ср}$ ↓	$\alpha_{ср}$ ↑				
		Початок: _____		Початок: _____							
Закінчення: _____		Закінчення: _____									
1 (1a)	1	8	7	8	7	8	7	5,1	4,5	5,1	4,5
2 (2a)	1,8	15	13	15	11	15	12	9,6	7,7	5,3	4,3
3 (3a)	3	18	17	17	15	17,5	16	11,2	10,2	3,7	3,4
4 (4a)	5,4	20	20	19	17	19,5	18,5	12,5	11,8	2,3	2,2
5 (5a)	9	21	17	21	17	21	17	13,4	10,9	1,5	1,2
6 (6a)	16,2	24	20	23	22	23,5	21	15,0	13,4	0,9	0,8
7(7a)	27	25	22	25	22	25	22	16,0	14,1	0,6	0,5
8 (8a)	48,6	26	23	26	23	26	23	16,6	14,7	0,3	0,3
9 (9a)	81	26	23	26	23	26	23	16,6	14,7	0,2	0,2
10 (10a)	145,8	30	25	30	25	30	25	19,2	16,0	0,1	0,1
11 (11a)	243	35	30	35	30	35	30	22,4	19,2	0,1	0,1
12(12a)	437,4	39	39	39	39	39	39	25,0	25,0	0,1	0,1

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа	Розробник документа	Назва, додаткова назв		230643MP.11.001.ПЗ			
	Документ затверджено						

Результати експериментальних досліджень реологічних властивостей
змішаних компонентів зубної пасти

№	Швидкість зсуву для S_2 $\dot{\gamma}$, c^{-1}	Покази приладу(відносний кут обертання), α , поділок шкали						η , Па ↓	η , Па ↑	τ , Па×с $\dot{\gamma}$ ↓	τ , Па×с $\dot{\gamma}$ ↑
		α_1 ↓	α_1 ↑	α_2 ↓	α_2 ↑	$\alpha_{ср}$ ↓	$\alpha_{ср}$ ↑				
		Початок: _____		Початок: _____							
Закінчення: _____		Закінчення: _____									
1 (1a)	1	10	8	8	7	9	7,5	5,8	4,8	5,8	4,8
2 (2a)	1,8	13	12	15	11	14	11,5	9,0	7,4	5,0	4,1
3 (3a)	3	15	15	17	15	16	15	10,2	9,6	3,4	3,2
4 (4a)	5,4	17	20	19	17	18	18,5	11,5	11,8	2,1	2,2
5 (5a)	9	19	21	21	17	20	19	12,8	12,2	1,4	1,4
6 (6a)	16,2	21	24	23	22	22	23	14,1	14,7	0,9	0,9
7(7a)	27	23	25	25	22	24	23,5	15,4	15,0	0,6	0,6
8 (8a)	48,6	25	26	26	23	25,5	24,5	16,3	15,7	0,3	0,3
9 (9a)	81	29	28	26	23	27,5	25,5	17,6	16,3	0,2	0,2
10 (10a)	145,8	31	30	30	25	30,5	27,5	19,5	17,6	0,1	0,1
11 (11a)	243	33	32	35	30	34	31	21,8	19,8	0,1	0,1
12(12a)	437,4	50	44	39	39	44,5	41,5	28,5	26,6	0,1	0,1

Результати експериментальних досліджень реологічних властивостей
рицинової олії

№	Швидкість зсуву для S_2 $\dot{\gamma}$, c^{-1}	Покази приладу(відносний кут обертання), α , поділок шкали						η , Па ↓	η , Па ↑	η , Па×с $\dot{\gamma}$ ↓	η , Па×с $\dot{\gamma}$ ↑
		α_1 ↓	α_1 ↑	α_2 ↓	α_2 ↑	$\alpha_{ср}$ ↓	$\alpha_{ср}$ ↑				
		Початок: _____		Початок: _____							
Закінчення: _____		Закінчення: _____									
1 (1a)	1	5	5	8	7	6,5	6	4,2	3,8	4,2	3,8
2 (2a)	1,8	14	12	15	11	14,5	11,5	9,3	7,4	5,2	4,1
3 (3a)	3	17	19	17	15	17	17	10,9	10,9	3,6	3,6
4 (4a)	5,4	20	20	19	17	19,5	18,5	12,5	11,8	2,3	2,2
5 (5a)	9	22	23	21	17	21,5	20	13,8	12,8	1,5	1,4
6 (6a)	16,2	24	20	23	22	23,5	21	15,0	13,4	0,9	0,8
7(7a)	27	25	22	25	22	25	22	16,0	14,1	0,6	0,5
8 (8a)	48,6	26	23	26	23	26	23	16,6	14,7	0,3	0,3
9 (9a)	81	26	23	26	23	26	23	16,6	14,7	0,2	0,2
10 (10a)	145,8	32	26	30	25	31	25,5	19,8	16,3	0,1	0,1
11 (11a)	243	35	30	35	30	35	30	22,4	19,2	0,1	0,1
12(12a)	437,4	20	18	39	39	29,5	28,5	18,9	18,2	0,0	0,0