



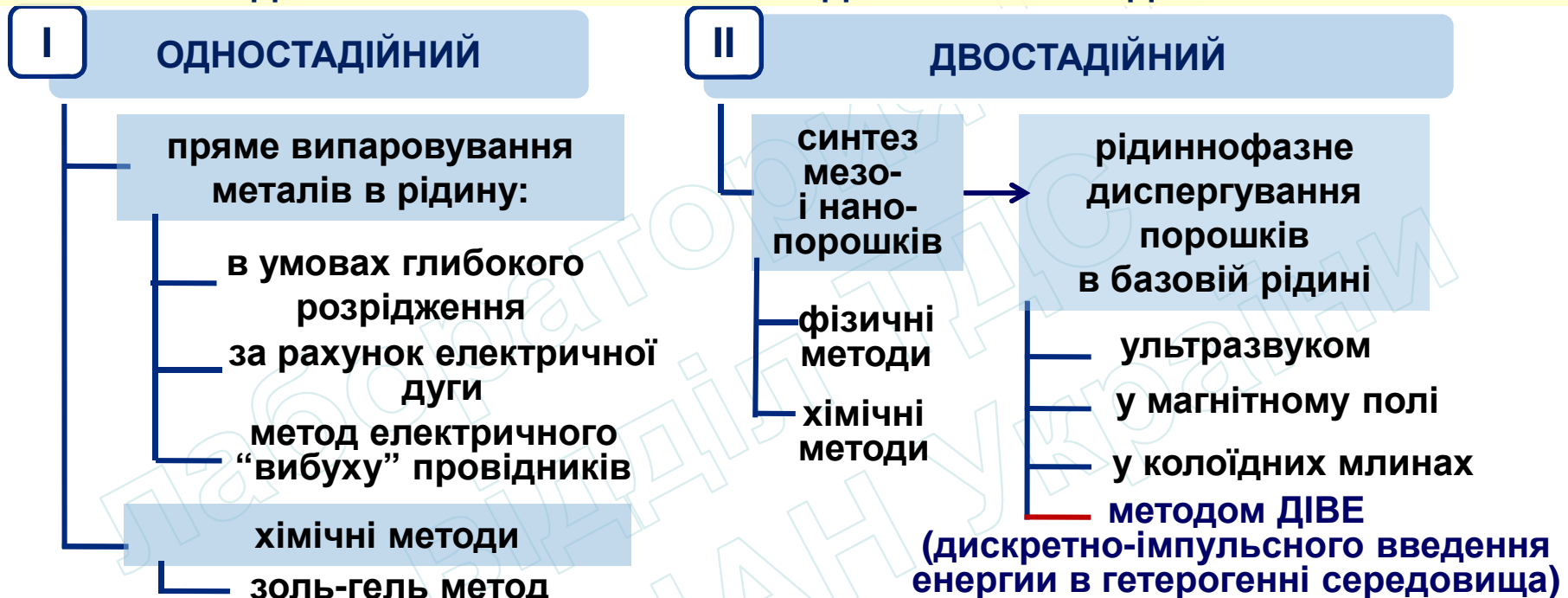
XII міжнародна конференція
«ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОФІЗИКИ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ»

**ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЦЕСІВ В ТЕХНОЛОГІЯХ ОТРИМАННЯ
ВИСОКОДИСПЕРСНИХ РІДИННИХ СИСТЕМ**

Посунько Дмитро Вікторович, Долінський А.А., Грабова Т. Л., Базєєв Р.Е.
Інститут технічної теплофізики НАН України
тел.: (044) 424-98-86, e-mail: htplab@ukr.net

Мета роботи: провести комплекс досліджень фізико-хімічних, гідродинамічних і теплових ефектів при обробці високодисперсних рідинних систем із застосуванням механізмів ДІВЕ і на їх основі розробити ефективні методи інтенсифікації технологічних процесів і обладнання для отримання нових функціональних продуктів

МЕТОДИ ОТРИМАННЯ МЕЗО- І НАНОДИСПЕРСНИХ РІДИННИХ СИСТЕМ



Недо-ліки	прийнятні для отримання рідин з частинками металевими і оксидів металів	схильність до агломерації (вирішують проблему за рахунок введення ПАР, диспергантів, стабілізаторів)
	високі вимоги до базової рідини (повинна бути діелектриком, очищеною і т.п.)	
	нерегульована концентрація і чистота отриманих рідин	
	не реалізовані методи для промислових масштабів	
Пере-ваги	більш висока дисперсність	дозволяє отримувати широкий спектр мезо- і нанорідин
		більш економічний метод для отримання у промислових масштабах

МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3



Загальні вимоги до кінцевих продуктів, які визначають їх теплофізичні та функціональні властивості: **дисперсність, гомогенність, стабільність**

В традиційних технологіях одержання продуктів на основі мезо- і нанодисперсій виникають проблеми пов'язані з утворенням просторових структур, що призводить до збільшення матеріальних і енергетичних витрат

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ

класифікація контактної взаємодії дисперсних частинок (за П.А. Ребіндером)

4

$$f_c \sim 10^{-8} \dots 10^{-9} \text{ Н};$$

$$E_c \sim 10^{-17} \dots 10^{-16} \text{ Дж}$$

$$f_c \sim 10^{-10} \dots 10^{-8} \text{ Н};$$

$$E_c \sim 10^{-19} \dots 10^{-18} \text{ Дж}$$

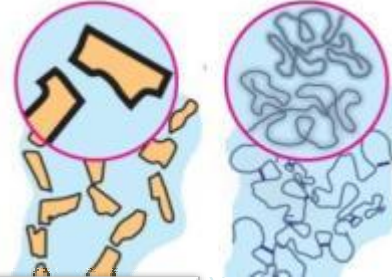
$$f_c \geq 10^{-7} \dots 10^{-6} \text{ Н};$$

$$E_c \geq 10^{-17} \dots 10^{-16} \text{ Дж}$$

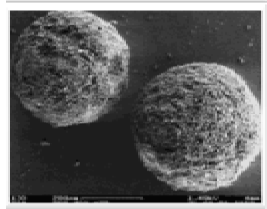
безпосередній
або атомний
(порошки)



коагуляційні
(суспензії та
пасти)



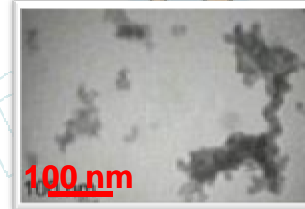
фазовий
(конденсаційні або
конденсаційно-
кристалізаційні
системи)



SiO₂



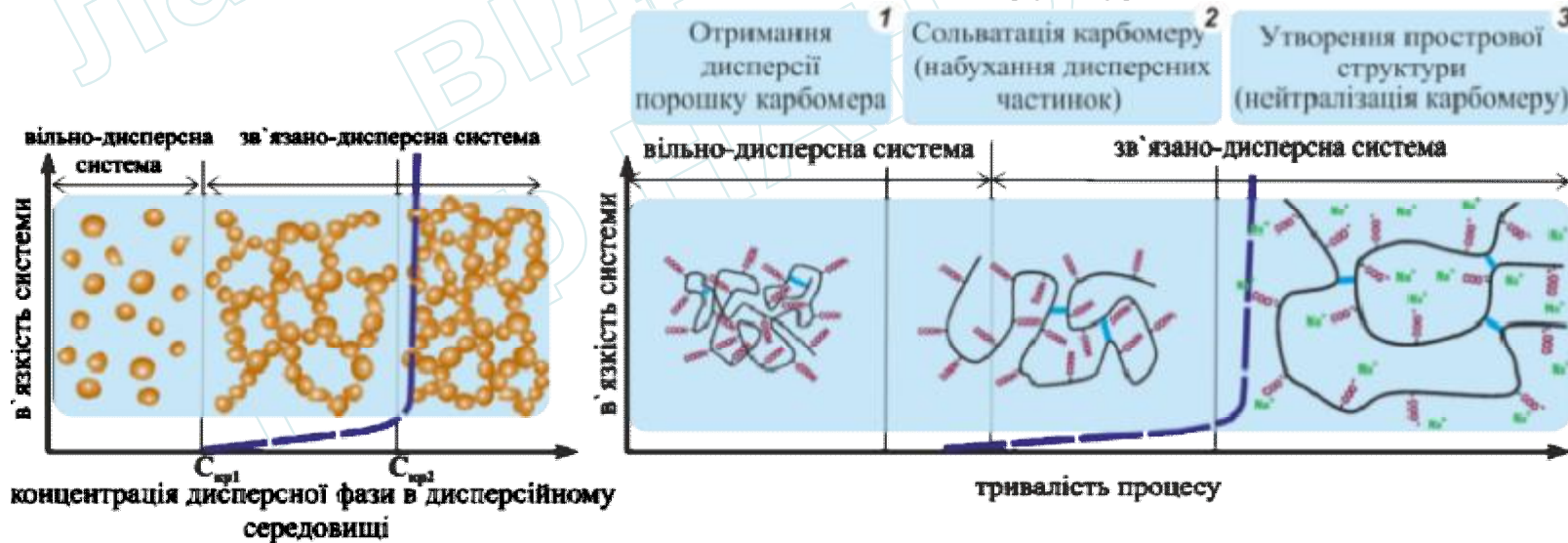
поліакрилат



1% дисперсії SiO₂ у воді

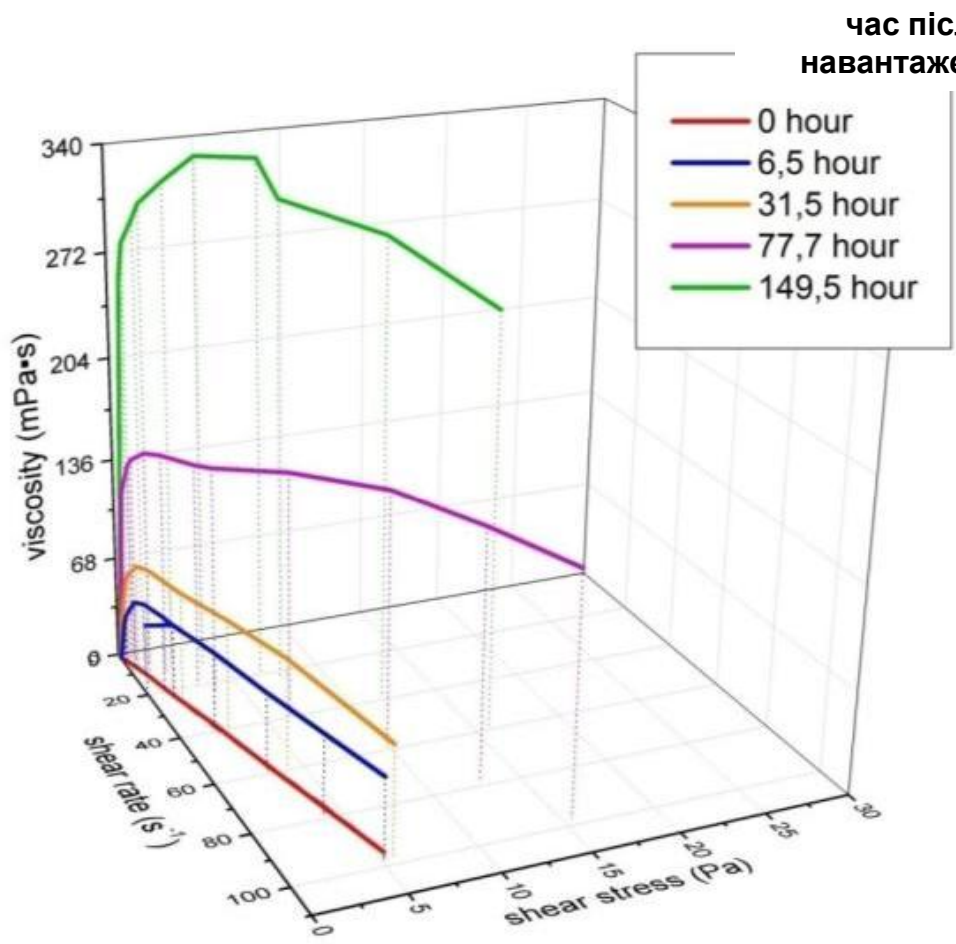
в концентрованих дисперсних
системах

в системах з поліелектролітними
структурами



ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

Повні реологічні криві системи «діоксид кремнію SiO₂ 15 т% – водо-гліцериновий рослинний екстракт»



Результати отримано на цифровому віскозиметрі VISCO-895 (Японія)

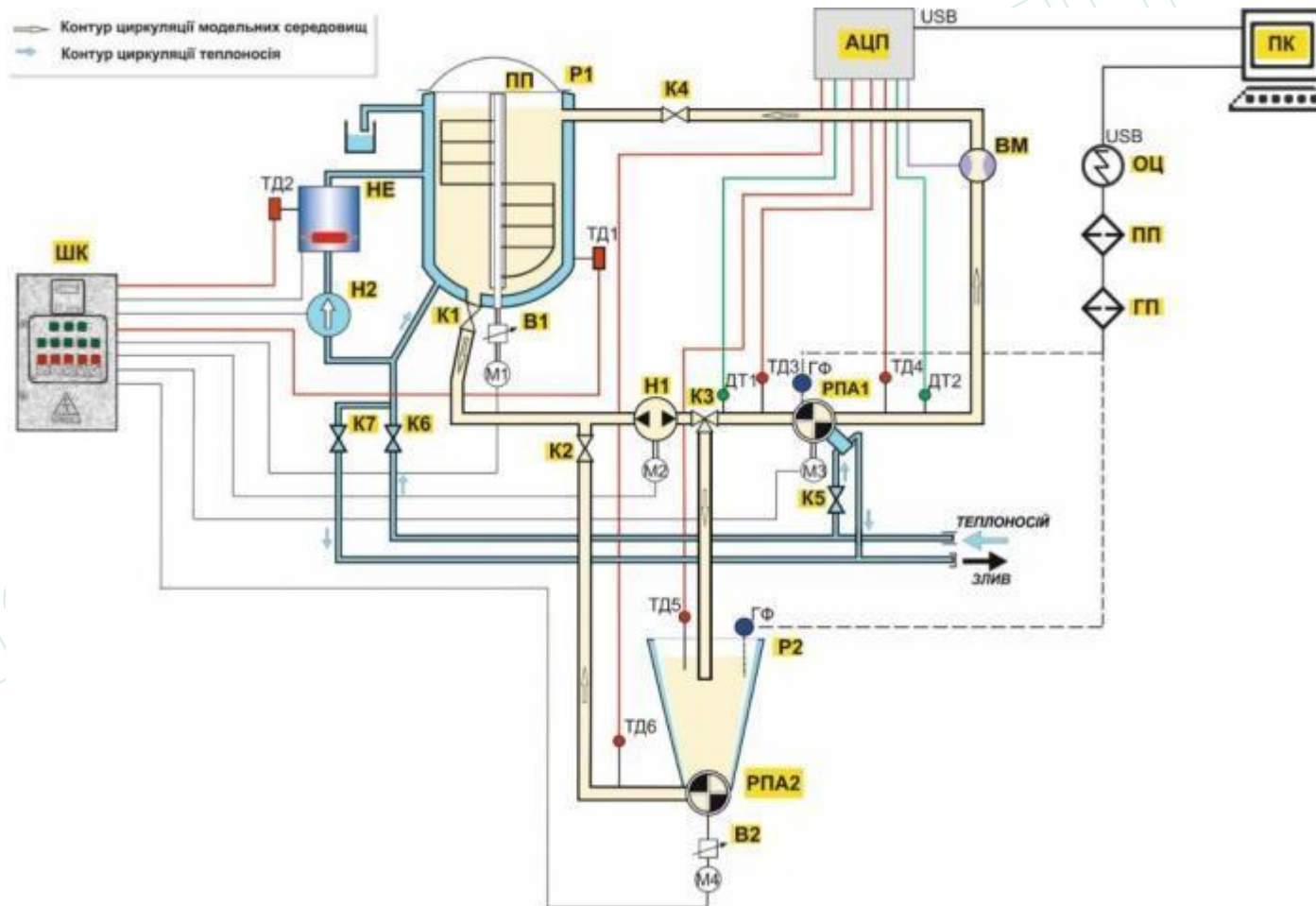
вимірювальна комірка колба/шпіндель: A1/S



Ефективна в'язкість є комплексним показником глибини і швидкості структуроутворення, якості кінцевого продукту, та залежить від поверхневих властивостей компонентів системи і від методу їх отримання.

ПРИНЦИПОВА СХЕМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИМІЧНОГО ВПЛИВУ І ТЕПЛОМАСОБМІНУ У ВИСОКОДИСПЕРСНИХ РІДИННИХ СИСТЕМАХ

6



АЦП - аналогово-цифровий перетворювач; ВМ - витратомір; ОЦ - осцилограф цифровий; ГП - гідрофонний підсилювач; ГФ - гідрофон контрольний; ДТ1-ДТ5 - датчик температури; ДЦА - дисково-циліндричний апарат; К1-К6 - запірно-регулююча арматура; МР - мотор-редуктор; НЕ - нагрівач електричний; НР - насос роторний; НЦ - насос центробіжний; ПК - персональний комп'ютер; ПМ – перемішувач; ПП - попередній підсилювач; Р - реактор; Р1, Р2 - датчик тиску; ШК – шафа керування

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИМІЧНОГО ВПЛИВУ І ТЕПЛОМАССОБМІНУ У ВИСОКОДИСПЕРСНИХ РІДИННИХ СИСТЕМАХ

ЕЛЕКТРОНИЙ
ОСЦЛОГРАФ

БЛОК НАГРІВУ
ТЕПЛОНОСІЯ

РЕАКТОР №1 З
ПЕРЕМІШУЮЧИМ
ПРИСТРОЄМ

ПУЛЬТ
КЕРУВАННЯ



сенсор тиску
ГКА-5,015



ДЦА
(типу ДЦД)

РОТОРНИЙ
НАСОС

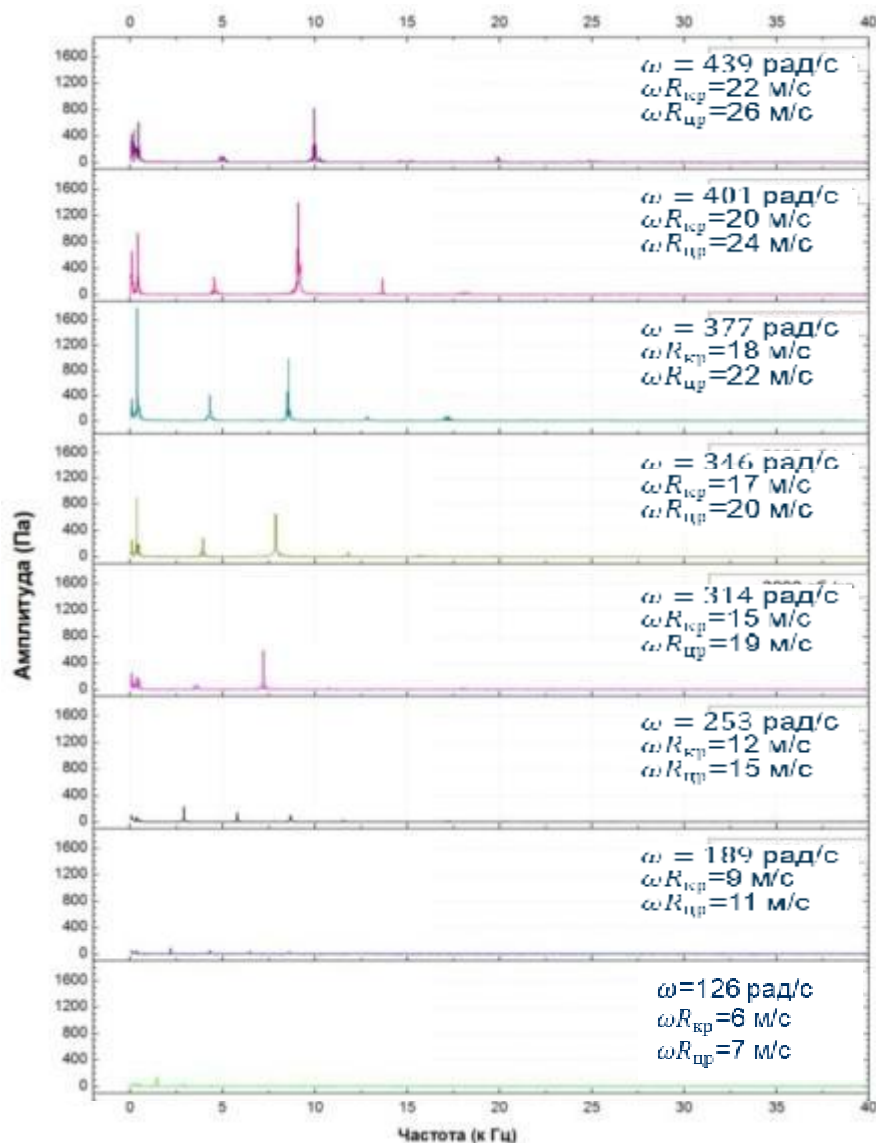


РЕАКТОР №2
з ДЦА
(типу ЛДЦДМ-850)



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ БАЗОВОЇ РІДИНИ (води) І АКУСТИЧНИХ ШУМІВ У ДЦД

(диск.статор-диск.ротор-цил.крильчатка-цил.статор-цил.ротор-цил.статор)



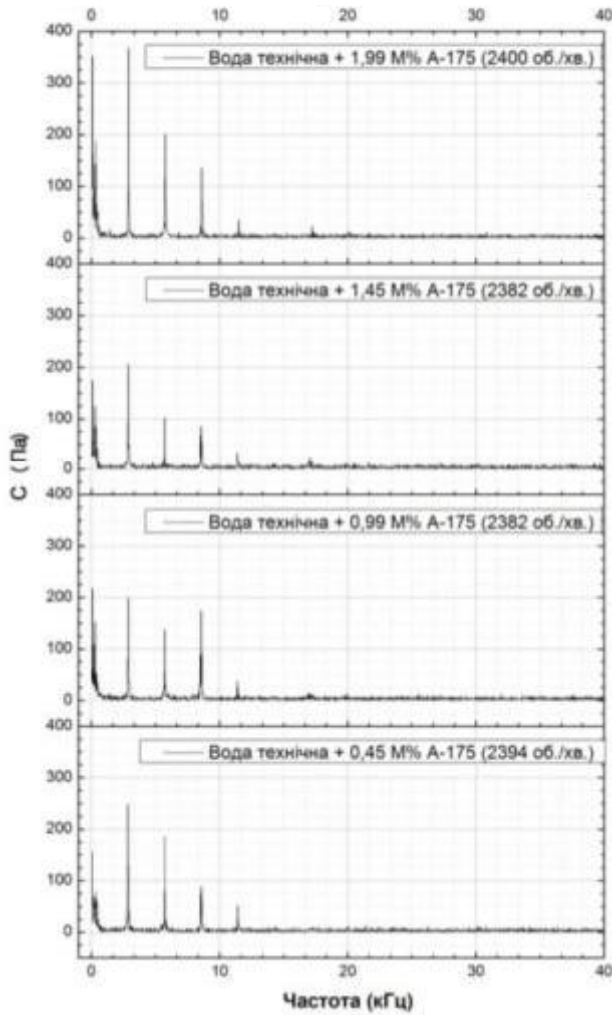
АЧХ акустичного сигналу в ДЦД

$Q, 10^{-3} \cdot \text{м}^3/\text{с}$	$V, \text{м/с}$	$P_{вх}, \text{кПа}$	$\Delta P, \text{кПа}$	$\dot{\gamma}_{\text{max}}, \text{с}^{-1}$	$\frac{\Delta T}{\Delta \tau}, 10^{-2} \cdot \text{°C/с}$
0,591	2,09	-6,82	106,99	179265	1,350
0,45	1,59	-2,75	97,40	163621	0,710
0,435	1,54	-2,19	93,48	153875	0,590
0,379	1,34	-1,82	44,50	141052	0,500
0,352	1,24	-1,22	43,90	128230	0,440
0,331	0,92	-0,56	38,00	103353	0,320
0,26	0,64	0,08	18,80	77194	0,030
0,18	0,50	0,60	5,10	51548	0,057
продуктивність	швидкість потоку рециркуляції	тиск на вході в ДЦД	перепад тиску	швидкість зсуву	швидкість нагріву в ДЦД

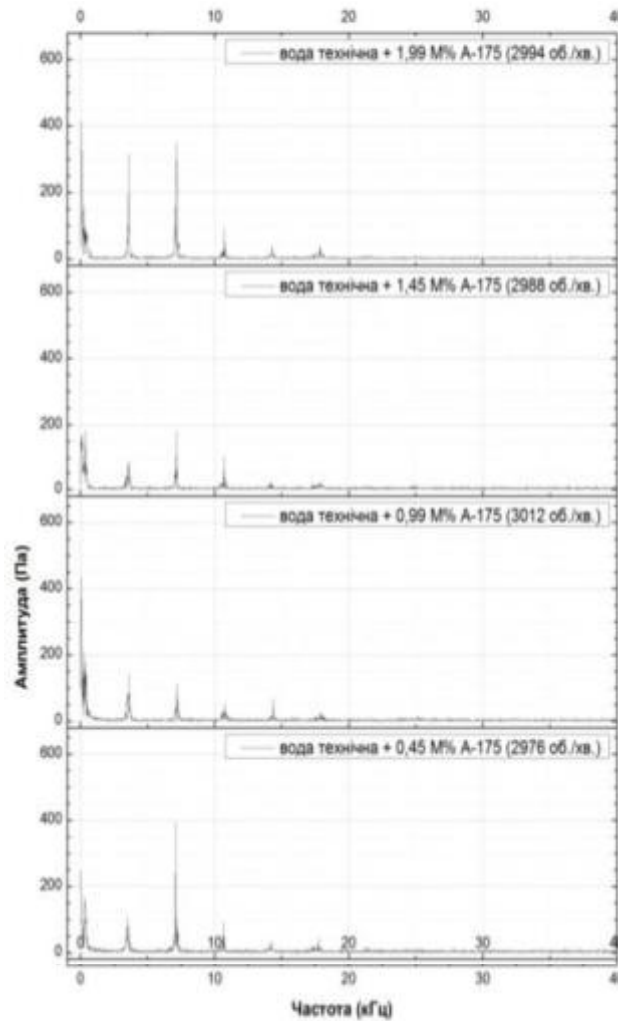


ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ І АКУСТИЧНИХ ШУМІВ НАНОДИСПЕРСІЇ SiO₂ (0,5...2 М%) У ВОДІ У ДЦД

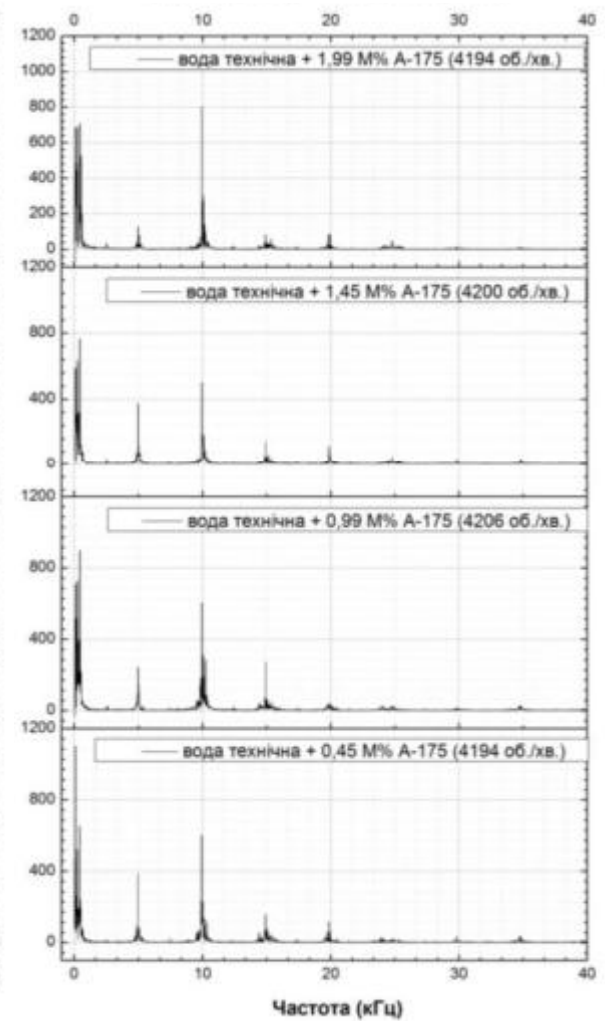
$\omega=126$ рад/с; $\omega R_{кр}=6$ м/с; $\omega R_{цр}=7$ м/с



$\omega=314$ рад/с; $\omega R_{кр}=15$ м/с; $\omega R_{цр}=19$ м/с

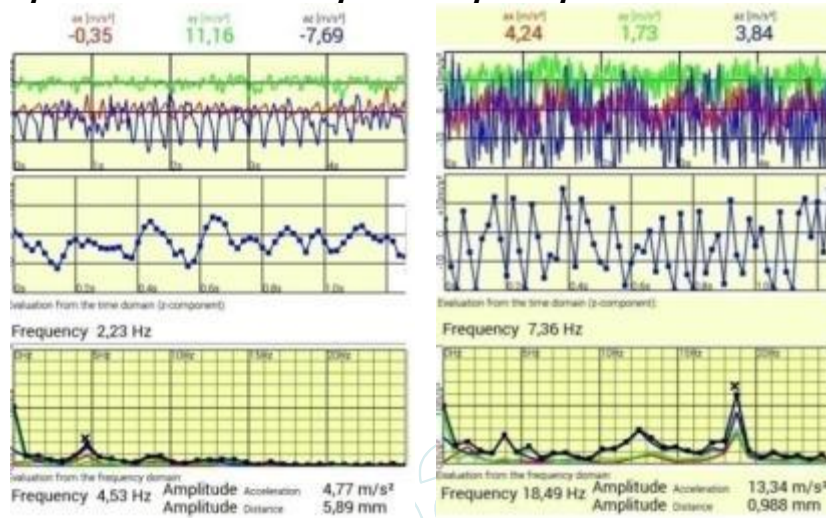


$\omega=439$ рад/с; $\omega R_{кр}=22$ м/с; $\omega R_{цр}=26$ м/с

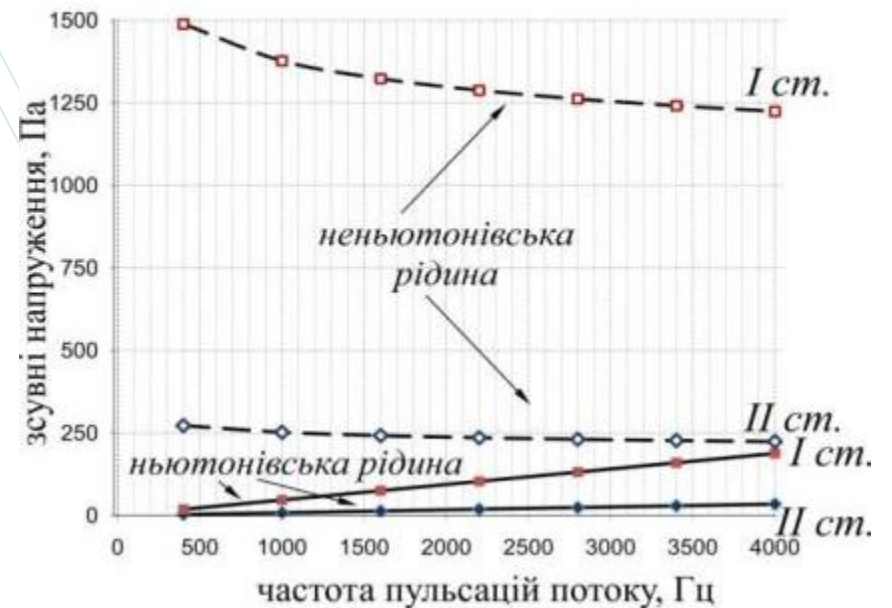
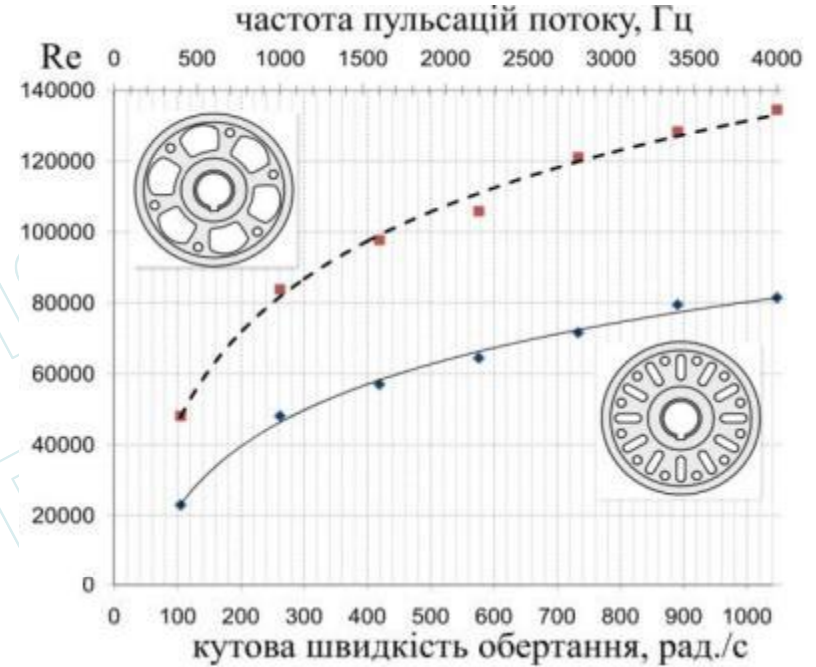
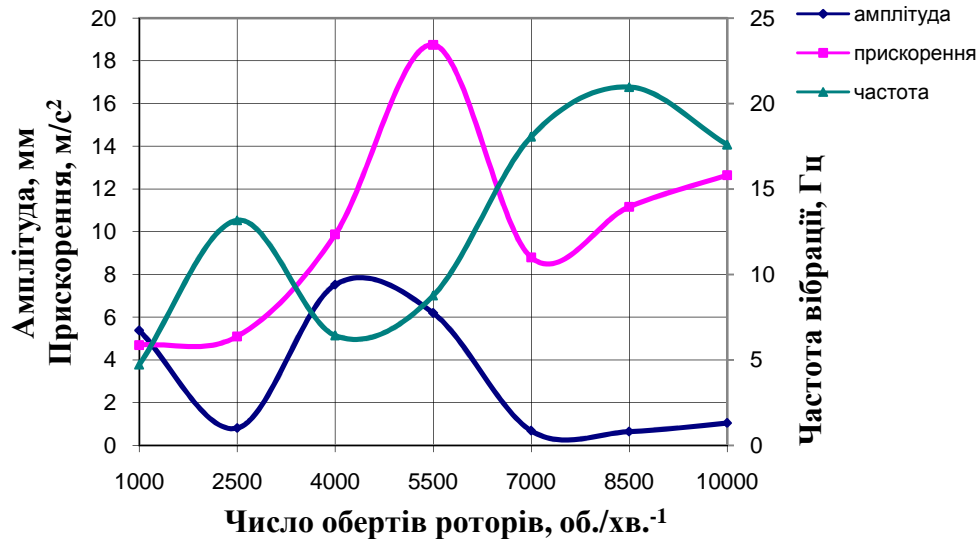


ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ (ЛДЦД ВМ-850 ВМОНТОВАНО В КОНУС-РЕАКТОР)

Оцінка параметрів вібрації у програмі *Vibration Analysis* для різних частот обертання роторів



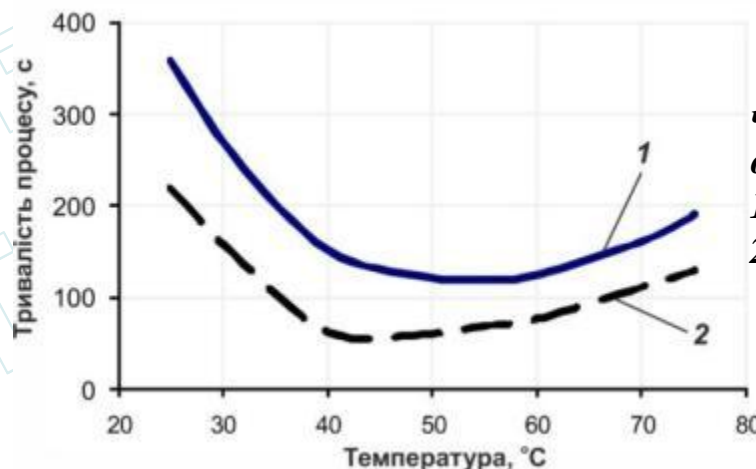
Залежність домінуючих параметрів вібрації від частоти обертання роторів



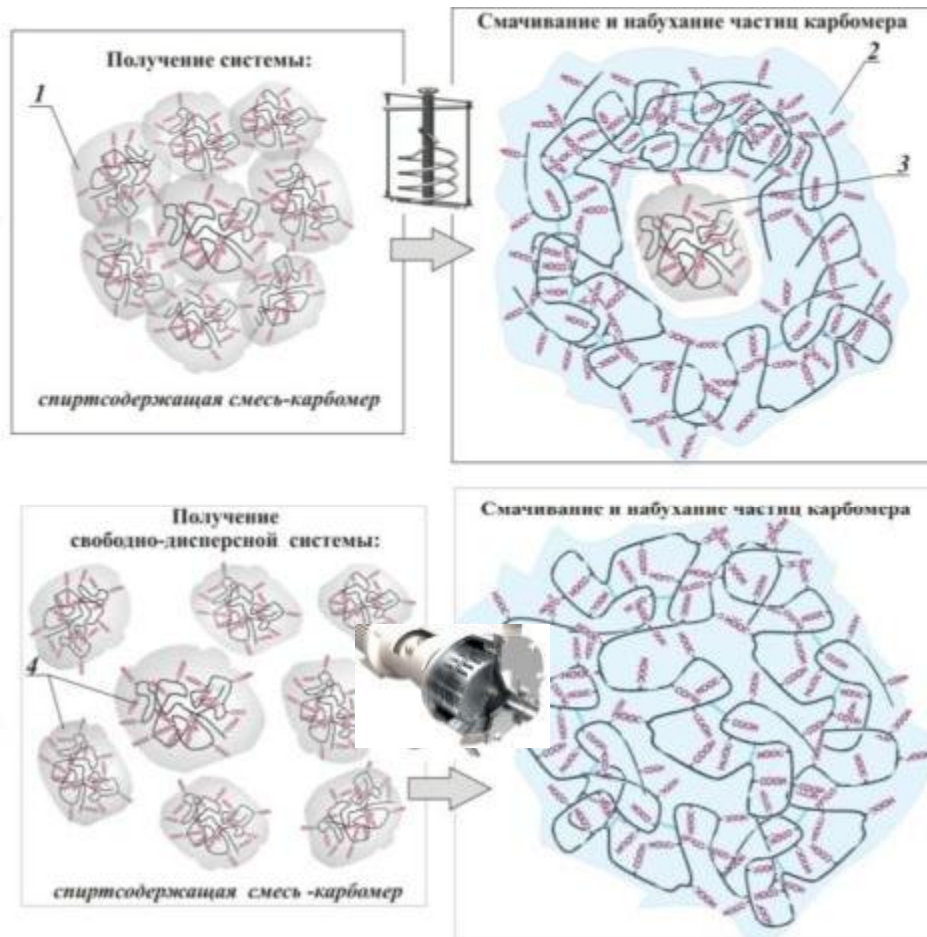
МЕХАНІЗМ СТРУКТУРУВАННЯ В СИСТЕМАХ З ПОЛІЕЛЕКТРОЛІТНИМИ СТРУКТУРАМИ



Figure 1: Scanning Electron Micrograph (SEM) of Carbopol® 971P NF polymer



Тривалість процесу набухання частинок карбомера (0,5 М%) у воді в залежності від температури:
1) якірний перемішувач;
2) в режимі рециркуляції в ЛДЦД ВМ-850



- 1 – коагуляційна структура з частнок карбомеру;
- 2 – незмочене «ядро»;
- 3 – оболонка з набрякших частинок;
- 4 – дисперсна частинка

ТРАДИЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ

ефект «риб'ячого ока»

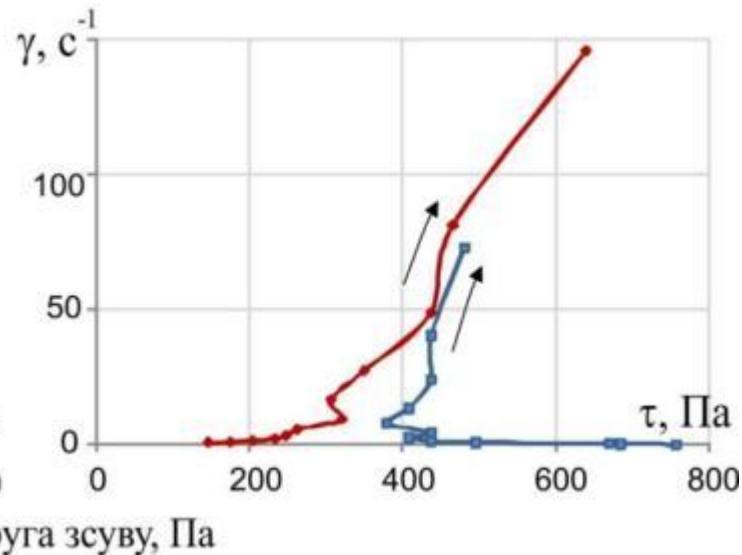
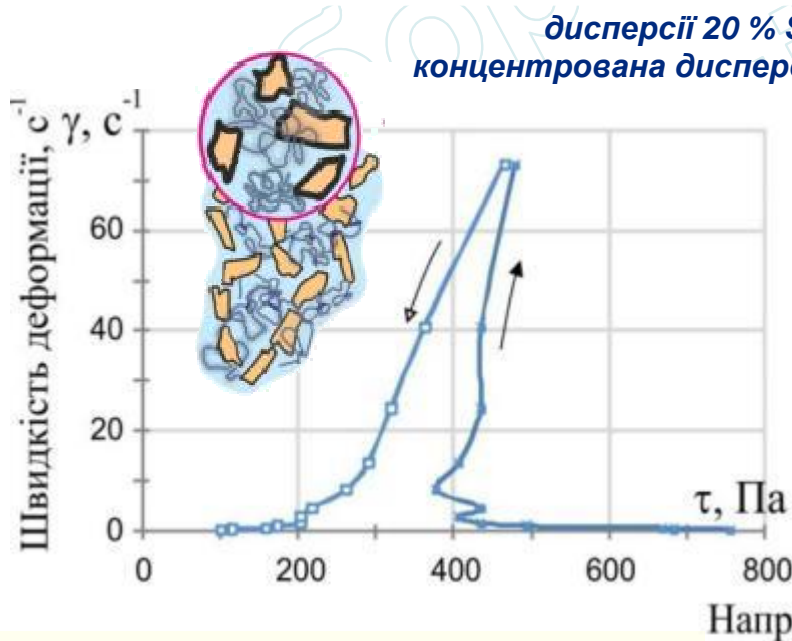
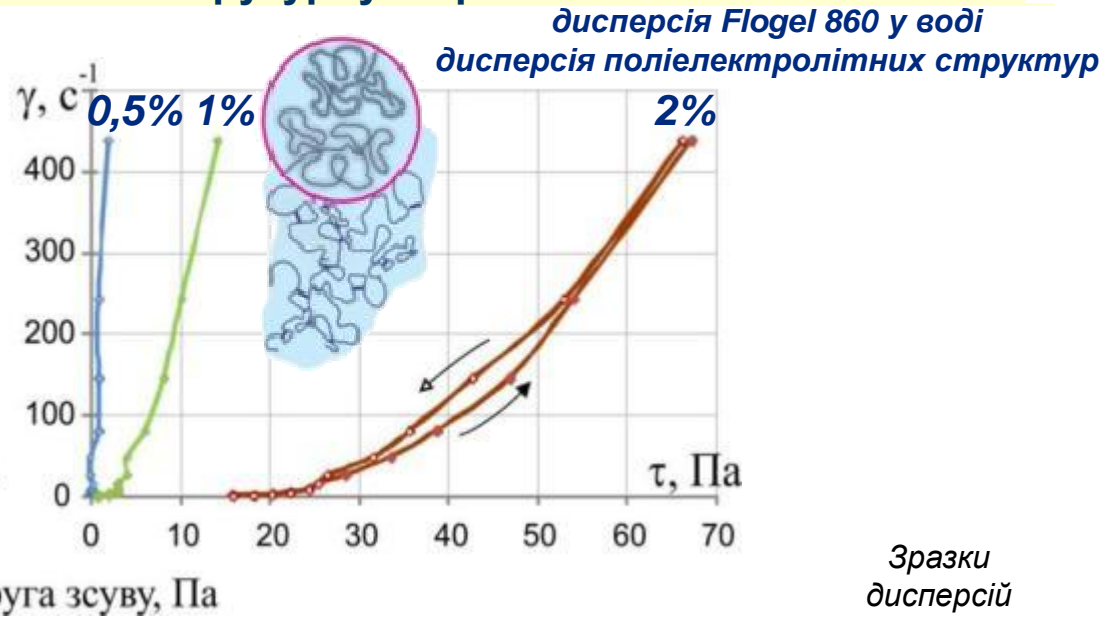
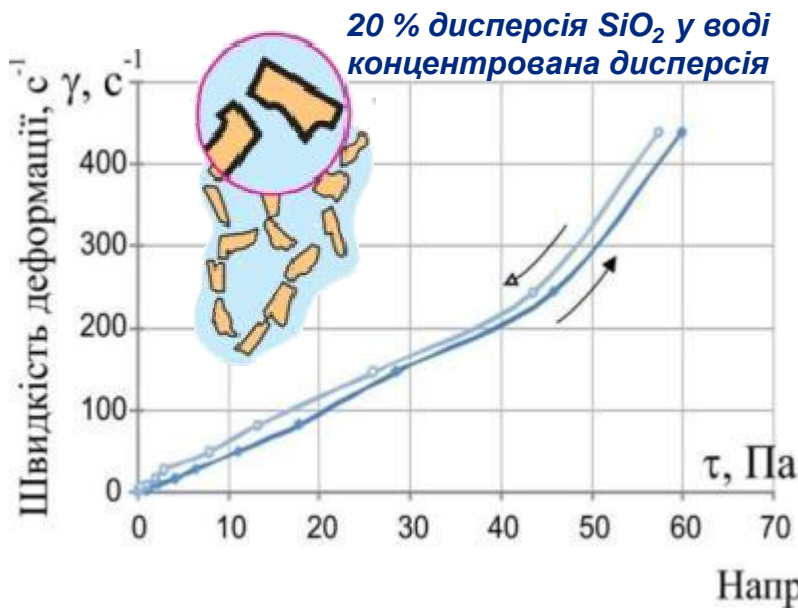


ЗАПРОПОНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ



pH (засобу): $7,0 \pm 1,5$;
показник заломлення:
 $1,366 \pm 0,003$

РЕОГРАМИ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ДИСПЕРСІЙ з різними механізмами структуроутворення



Зразки дисперсій отримано на апараті ЛДЦД ВМ-850

Результати отримано на цифровому віскозиметрі Rheotest 2,0 (Німеччина)

Лінімент бальзамічний (ВФС 42У-115-1530-99)

Дисперсна фаза:

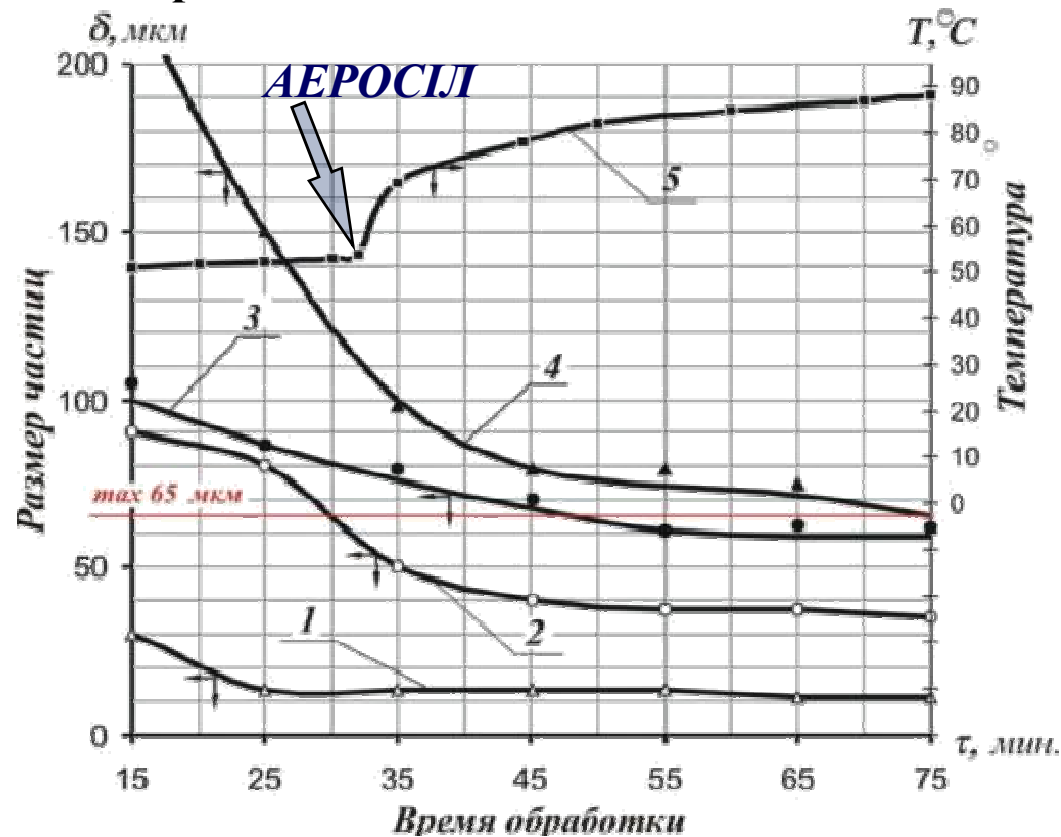
п аеросіл (діоксид кремнію – 20-40 нм) - 5 М%;

п ксероформ – 3 М%;

п деготь березовий – 3 М%

Дисперсійне середовище:

п олія рицинова – 89 М%



Кінетика процесу гомогенізації та диспергування:

1, 2 – розмір основної маси агрегатів дисперсних частинок; 3,4 - агрегатів дисперсних частинок максимального розміру; 5 - температура системи

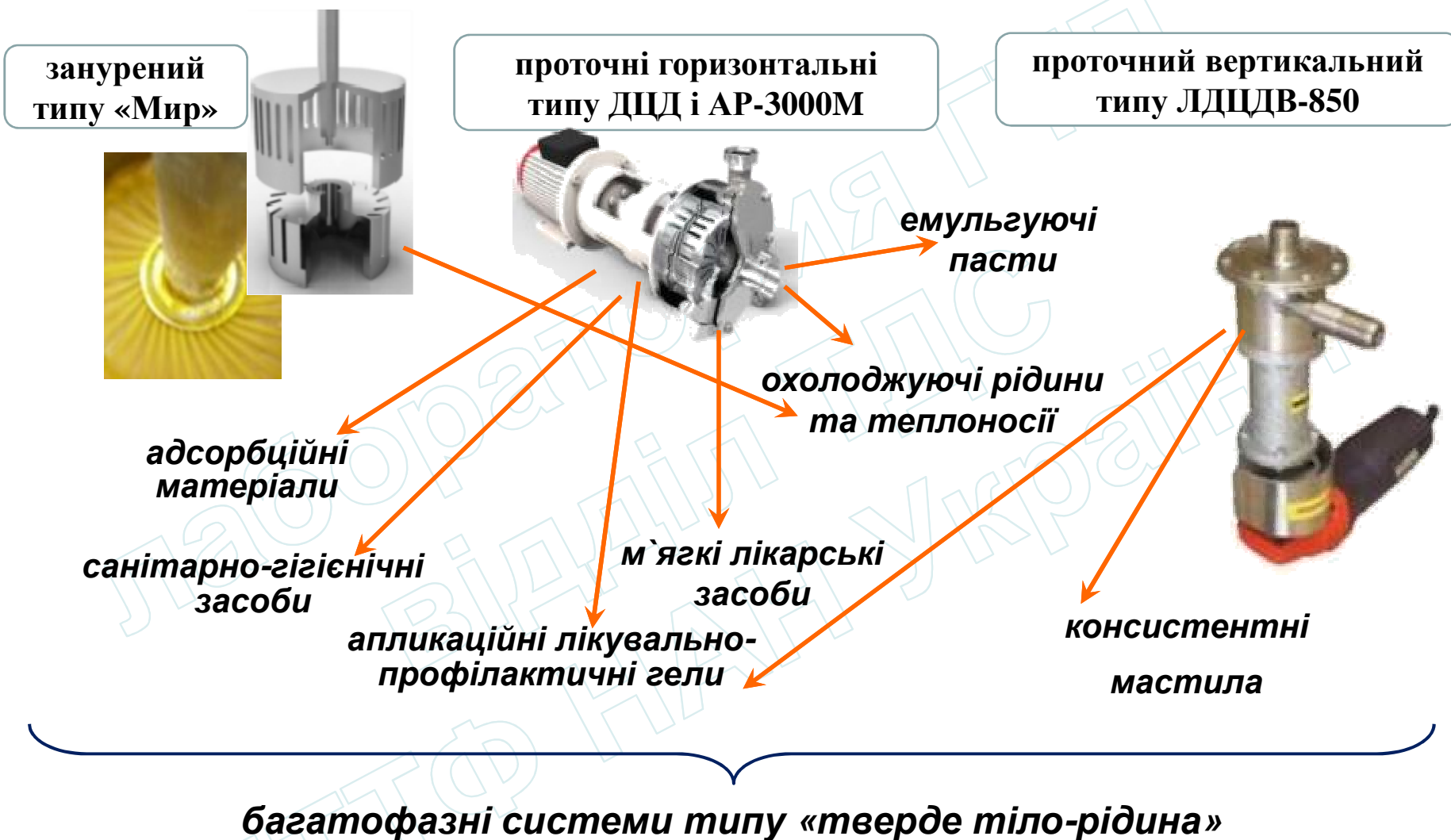
ВАТ «Тернофарм», 2014 р.



AP-3000 M

ЗАПРОПОНОВАНІ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНІ АПАРАТИ В МАТЕРІАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

15



За результатами фізичного моделювання:

- визначено оптимальні значення кутової швидкості роторів апарата типу ДЦД – 315...401 рад/с з точки зору максимального акустичного і гідродинамічного впливу;
- визначено залежності середньої швидкості потоку в циркуляційному контурі і максимальних зсувних напружень від швидкості обертання роторів для апаратів з різною геометрією робочих елементів вертикального ДЦА типу ЛДЦДВ-850;
- проведено якісну оцінку параметрів вібрації, випромінювачем якої є конус-реактор. Встановлено, що при зростанні частоти обертання роторів апарата в середовищі, яке циркулює, спостерігається перехід зі стану подібного «псевдозрідженню» (в діапазоні 209-450 рад/с) до стану «віброкипіння» (при 576 рад/с) для легкоплинних середовищ;
- визначено складний характер течії для систем зі змішаним механізмом структуроутворення: напруження зсуву такої системи на 1-3 порядки вище ніж для окремих дисперсій компонентів такої системи; в'язкість істотно залежить від швидкості зсуву, що враховано при розробці технології. Встановлено характер і час тиксотропного відновлення системи після зняття навантаження;
- застосування ДІВЕ-технології на запропонованому обладнанні для отримання структурованих систем дозволяє скоротити тривалість виробничого циклу в 2 рази, сприяє вирішенню ряду технологічних проблем, зокрема ефекту “риб'ячого ока” і дозволяє поліпшити якість готового продукту.

Проведене фахівцями ІТТФ НАНУ фізичне моделювання процесів в запропонованих оригінальних конструкціях РПА дозволяє здійснити трансфер технології при розробці нових функціональних продуктів.