

**Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет  
будівництва і архітектури  
Академія будівництва України**

**XVIII Міжнародна науково-технічна  
конференція  
«Вібрації в техніці та технологіях»**

**23-25 жовтня 2019 року**

**конференція присвячена  
55-річчю факультету автоматизації і  
інформаційних технологій**

**Матеріали конференції**

**Київ 2019**

УДК 62-868(06)

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури (протокол №26 від 20.09.2019 р.)

Рецензенти:

**І.В. Кузьо**, доктор технічних наук, професор

**І.І. Назаренко**, доктор технічних наук, професор

**В.П. Надутий**, доктор технічних наук, професор

**А.П. Зіньковський**, доктор технічних наук, професор

*Матеріали XVIII Міжнародної науково-технічної конференції  
«Вібрації в техніці та технологіях»*

**Установа-організатор конференції:  
Київський національний університет будівництва і архітектури**

«Вібрації в техніці та технологіях», Матеріали XVIII Міжнародної науково-технічної конференції, 23-25 жовтня 2019 р. – К.: КНУБА, 2019. – 270 с.

До збірки включено матеріали, які стосуються проблем вібраційного та віброударного обладнання, розробки приводів вібраційного та віброударного обладнання, використання вібрацій в технологічних процесах, динаміки, міцності та надійності вібраційних машин, застосування систем автоматизованого та комп'ютерного проектування і моделювання у вібраційних та віброударних системах.

Матеріали тез розраховані на викладачів, науковців та спеціалістів, що працюють в галузі теоретичних досліджень та практичного застосування вібрації в техніці та технологіях, а також студентам і аспірантам технічних ВЗО, фахівцям науково-дослідних організацій та підприємств

УДК 62-868(06)

© КНУБА, 2019

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

### **Голова програмного комітету:**

**Куліков Петро Мусійович** – д-р. екон. наук, професор, ректор Київського національного університету будівництва і архітектури

### **Заступники голови програмного комітету:**

**Плоский Віталій Олексійович** – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи Київського національного університету будівництва і архітектури

**Баженов Віктор Андрійович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури

**Назаренко Іван Іванович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури

### **Члени програмного комітету:**

**Бобир М.І.** – д.т.н., професор, Київ

**Генрик С.**, професор, директор Представництва «Польська Академія Наук» у м. Київ, Польща

**Гордєєв А.І.** – д.т.н., професор, Хмельницький

**Данильченко Ю.М.** – д.т.н., професор, Київ

**Зіньковський А.П.** – д.т.н., професор, Київ

**Ємельянова І.А.**, д.т.н., професор, Харків

**Іскович–Лотоцький Р.Д.**– д.т.н., професор, Вінниця

**Ковров А.В.**, к.т.н., професор, Одеса

**Круль Казимеж**, професор, Польща, Радом

**Кузьо І.В.** – д.т.н., професор, Львів

**Ланець О.С.** – д.т.н., професор, Львів

**Ловейкін В.С.** – д.т.н., професор, Київ

**Луговський О.Ф.** – д.т.н., професор, Київ

**Маслов О.Г.**, д.т.н., професор, Кременчук

**Максименко О.Н.**, професор, Білорусія, Могильов

**Меламир Гашич**, професор, Сербія, Кралево

**Надугий В.П.**, д.т.н., професор, Дніпро

**Нестеренко М.П.**, д.т.н., професор, Полтава

**Оніщенко В.О.**, д.е.н., професор, Полтава

**Паламарчук І.П.**, д.т.н., професор, Київ

**Петраков Ю.В.**, професор, Київ

**Поліщук Л.К.**, д.т.н., професор, Вінниця

**Савіцький М.В.**, д.т.н., професор, Дніпро

**Сальвінський Юзеф**, професор, Польща, Краків

**Стіп-Рековські Міхал**, професор, Польща, Бидгощ

**Струтинський В.Б.**, д.т.н., професор, Київ

**Стоцько З.А.**, д.т.н., професор, Львів

**Фаренюк Г.Г.**, д.т.н., професор, Київ

**Франчук В.П.**, д.т.н., професор, Дніпро  
**Харченко Є.В.**, д.т.н., професор, Львів  
**Хмара Л.А.**, д.т.н., професор, Дніпро  
**Шатохін В.М.**, д.т.н., професор, Харків  
**Яровий А.А.**, д.т.н., професор, Вінниця  
**Яхно О.М.**, д.т.н., професор, Київ

## **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

### **Голова оргкомітету:**

**Назаренко Іван Іванович**, д.т.н, професор, зав. кафедри машин і обладнання технологічних процесів КНУБА

### **Заступник голови оргкомітету:**

**Яковенко Валерій Борисович**, д.т.н, професор, професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів КНУБА

**Гайдайчук Віктор Васильович**, д.т.н, професор, зав. кафедри теоретичної механіки КНУБА

### **Члени оргкомітету:**

**Делембовський Максим Михайлович**, к.т.н., доцент

**Дєдов Олег Павлович**, к.т.н., доцент

**Дьяченко Олександр Сергійович**, асистент

**Клименко Микола Олександрович**, к.т.н., доцент

**Лесько Віталій Іванович**, доцент

**Міщук Євген Олександрович**, к.т.н., доцент

**Орищенко Сергій Вікторович**, к.т.н., доцент

**Свідерський Анатолій Тофілійович**, к.т.н., професор

### **Секретар конференції:**

**Ручинський Микола Миколайович**, к.т.н., професор

## ЗМІСТ

**Іван Назаренко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

1. **СТВОРЕННЯ, СУЧАСНИЙ СТАН І НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ НАУКОВОЇ ШКОЛИ «ВІБРАЦІЙНІ МАШИНИ І ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ» КАФЕДРИ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ КНУБА.** 11

**Ланець О. С.<sup>1</sup>, Боровець В. М.<sup>1</sup>, Майструк П. В.<sup>1</sup>, Деревенько І. А.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, <sup>2</sup>Вінницький національний аграрний університет, Вінниця*

2. **ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ МОТОРІВ-ВІБРАТОРІВ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН** 15

**Ємельянова І.А., Блажко В.В., Субота Д.Ю.**

*Харківський національний університет будівництва і архітектури, Харків*

3. **ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОМПЛЕКТІВ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБЛАДНАННЯ ІЗ ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ БЕЗОПАЛУБНОГО БЕТОНУВАННЯ СПОСОБОМ МОКРОГО ТОРКРЕТУВАННЯ** 20

**Щербина С.В., Gökhan Benk, Сорока Ю.П.**

*Інститут геофізики НАН України, Київ*

4. **ЛАЗЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУ РУЙНУВАНЬ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ** 24

**Іванчук Я.В., Яровий А.А., Коваль К.О., Бельзецький Р.С.**

*Вінницький національний технічний університет, Вінниця*

5. **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАНУРЕННЯ ПАЛЬ НАВІСНИМ ВІБРОУДАРНИМ ПРИСТРОЄМ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ** 28

**Іванчук Я.В.<sup>1</sup>, Іскович-Лотоцький Р.Д.<sup>1</sup>, Коц І.В.<sup>1</sup>, Севостьянов І.В.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет, Вінниця, <sup>2</sup>Вінницький національний аграрний університет, Вінниця*

6. **МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА З ДВОКАСКАДНИМ КЛАПАНОМ-ПУЛЬСАТОРОМ** 31

**Дєдов О.П.**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

7. **ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПРОСТОРОВИМ ХАРАКТЕРОМ РУХУ** 35

**Струтинський В.Б.<sup>1</sup>, Гусяков О.М.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, <sup>2</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ*

8. **ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТОРОВОЇ** 39

**СТРИЖНЕВОЇ СИСТЕМИ НАЗЕМНОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ**

- Полєвода Ю.А.**  
 9. Вінницький національний аграрний університет, Вінниця 44  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОЇ СИСТЕМИ ЗА КОМБІНОВАНОГО ВІБРОМЕХАНІЧНОГО ВПЛИВУ**
- Яковенко В.Б., Міщук Є.О.**  
 10. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ 48  
**СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ВІБРАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІВ ЗВ'ЯЗКУ**
- Кошевий О.О.**  
 11. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ 52  
**ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВЛАСНИХ ЧАСТОТ КОЛИВАНЬ ХВИЛЬНОЇ КОНІЧНОЇ ОБЛОНИ**
- Назаренко І.І., Клименко М.О.**  
 12. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ 56  
**ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІШУВАННЯ БАРАБАННИХ ЗМІШУВАЧІВ**
- Івашко Є.І.**  
 13. Вінницький національний технічний університет, Вінниця 59  
**ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ПРИВОД НАВІСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ҐРУНТІВ**
- Орищенко С.В.**  
 14. Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ 61  
**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА**
- Дем'яненко А.Г., Ключник Д.В.**  
 15. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро 68  
**ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ КОЛИВАНЬ ТА СТІЙКОСТІ РУХУ ЗУБЧАСТОГО ПАСКА З НАТЯЖНИМ РОЛИКОМ**
- Данильченко Ю.М.<sup>1</sup>, Петришин А.І.<sup>1</sup>, Бойко В.Ю.<sup>2</sup>**  
<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, <sup>2</sup>Прогрестех-Україна, Київ 73  
 16. **ВИКОРИСТАННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОТОРНИХ МАШИН ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**
- Ланець О.С., Кузьо І.В., Шоловій Ю.П., Майструк П.В.**  
 Національний університет "Львівська політехніка", Львів 78  
 17. **ОБґРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТРИМАСОВОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ З ІНЕРЦІЙНИМ ПРИВОДОМ, ЗДАТНОЇ ВХОДИТИ В МІЖРЕЗОНАНСНУ ЗОНУ**

УДК 621.928

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОЇ СИСТЕМИ ЗА КОМБІНОВАНОГО ВІБРОМЕХАНІЧНОГО ВПЛИВУ

Полевода Ю.А.

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна

*Анотація.* У роботі викладені результати теоретичних досліджень змін реологічних властивостей дисперсного середовища під впливом комплексної вібровідцентрованої дії. Проведений теоретичний аналіз залежності швидкості деформування дисперсного середовища під впливом вібрації; визначено функціональну залежність напруги технологічного середовища від динаміки руху виконавчих органів вібраційної машини (амплітуда, кутова швидкість). Проведений аналітичний аналіз отриманих реологічних коефіцієнтів при різних режимах роботи машини. Проведені розрахунки основних параметрів процесів розділення дисперсного середовища при його вібровідцентровій обробці, знайдені величини реологічних коефіцієнтів, що необхідні при розробці нових конструкцій машин для розділення рідкої неоднорідної сировини.

*Ключові слова:* реологія; дисперсне середовище; вібровідцентрова дія; деформування, напруга

В останні роки значно зросла зацікавленість суспензіями і емульсіями, які широко використовуються в промисловому виробництві і відіграють важливу роль в природних процесах. Реологічні властивості таких неоднорідних систем визначають їх технологічні характеристики. Саме через це проблемам реології суспензій і емульсій приділена увага багатьох дослідників [1-5]. До основоположників, які проводили аналіз та розробку теоретичних уявлень про реологію суспензій можна віднести Ейнштейна А., Рейнера М., Блехмана І.І., Гуськова К.П., Мачіхіна Ю.А., Мачіхіна С.А., Овчіннікова П.Ф. та інших.

Обов'язковим елементом реологічних досліджень є вимірювання механічних сил (напруга зсуву), дією яких в'язкі середовища приводяться до руху. По одержаним значенням напруги та швидкості зсуву визначають в'язкість консистентного середовища (суспензія, емульсія). Враховуючи похибки умов вимірювання, значення умовної або ефективної в'язкості однієї і тієї ж суспензії можуть бути різними [5]. Якщо параметри механічних впливів в процесах вимірювання і промислового розділення суспензій не співпадають, то технологічна оптимізація їх реологічних властивостей ускладнена або навіть неможлива.

Велика кількість обладнання переробних і харчових виробництв, що базується на відцентровій дії, широко застосовується в багатьох технологіях, де виникає потреба у розділенні неоднорідних дисперсних систем. В таких процесах якість і навіть можливість розділення в першу чергу залежать від конструкції, режимів роботи апарата та структурно-механічних (реологічних) властивостей досліджуваного харчового продукту. Вплив останніх на технологічне середовище у вібраційному полі не достатньо широко досліджено, що є важливою **проблемою** при проектуванні і виробництві досконалих з точки зору ефективності розділення і продуктивності конструкцій центрифуг.

Суспензії і емульсії в реологічних моделях слід розглядати як двофазні (незведені до однофазної) системи, в яких дисперсне середовище фактично і визначає їх в'язкість. При цьому, необхідно отримати залежність для силових та кінематичних параметрів примусового механічного впливу при врахуванні реологічних властивостей об'єкта обробки, в якості якого виступають переважно неньютонівські рідини. Утворення стійких агломератів в таких неоднорідних системах також обґрунтовує необхідність оцінки їх реологічних параметрів. Це означає, що певна статистична сукупність агломератів в суспензії присутня даному об'ємному наповненню, швидкості зсуву та передісторії суспензії до моменту дослідження її реологічних властивостей.

Таким чином, можна обґрунтувати наступні загальні вимоги до досліджуваних апаратів і установок. Апарати мають забезпечувати просторово-часову однорідність руйнування первинної структури. При цьому, питома потужність, що підводиться до системи в цілому і до її елементарного об'єму, повинна бути достатня для досягнення граничного руйнування структури в самому початку її формування одночасно у всьому об'ємі системи. Діапазон механічних вібраційних впливів на дисперсну систему в робочій зоні апарату має відповідати діапазону зміни структурно-механічних властивостей системи в ході процесу. Якщо в ході процесу обробки реологічні властивості системи змінюються дуже різко, то відповідний їм діапазон механічних впливів не може бути реалізований в одному апараті. Доцільно застосовувати установку із декількох послідовно з'єднаних апаратів, в кожному із яких реалізується формування структури переважно одного типу, характерного для однієї із двох окремих стадій структуроутворення [6, 7].

При виборі оптимальних технологічних параметрів обробки харчових мас за допомогою вібрації широко застосовують методи реології. Зокрема взаємодію робочого органу машини з середовищем, що обробляється, з метою пошуку оптимальних параметрів технологічного режиму слід розглядати комплексно з позиції механіки і реології. Методами механіки описується взаємодія робочого органу з середовищем, що обробляється, як механічним об'єктом; реологія, в свою чергу, дозволяє розкрити внутрішні процеси в середовищі.

Досліджувану систему можна віднести до пружно-в'язкого середовища (неньютонівської рідини), що описується феноменологічною моделлю, яка складається із з'єднаних між собою пружного і в'язкого елементів [1-3].

У Національному університеті харчових технологій було розроблено компресійний прилад для знаходження реологічних коефіцієнтів  $c$  і  $\mu$  [8], використовуючи який було знайдено для досліджуваної системи шукані реологічні параметри  $c$  і  $\mu$ , які відповідно характеризують в'язкі та пружні властивості продукту.

Так як дослідження проводять при відомій величині  $\tau$ , то простим розрахунком з відношення  $\frac{\tau}{c}$  знаходять величини  $c$  та  $\mu$  відповідно.

Для знаходження реологічних коефіцієнтів  $c$  і  $\mu$  використаємо експериментально отримані залежності  $x(t)$  для в'язко-пружного продукту – сирого гліцерину [8], що проводились з наданням коливального руху технологічній масі та без вібраційного впливу на останню.

Аналіз отриманих даних свідчить, що дія вібрації прискорює процес формування дози і ущільнення продукту, змінює його структурно-механічні властивості, відповідно змінюючи реологічні коефіцієнти, які впливають на швидкість деформування.

Для проектування досліджуваних машин необхідно вміти розраховувати величину деформації залежно від тривалості стискання продукту [9]. Зокрема, при використанні математичної моделі деформування продукту під дією вібрації.

У випадку дії вібрації на продукт реологічне рівняння запишемо:

$$\tau + \tau_1 A \cos(\omega t) = cx + \mu \frac{dx}{dt}, \quad (1)$$

де  $\tau_1$  - коефіцієнт який характеризує зміну напруги під дією вібрації,  $\frac{Pa}{m}$ .

Отримуємо розв'язок рівняння при початкових умовах.

За результатами експериментальних досліджень знаходимо значення  $t$ , коли  $\frac{dx}{dt} = 0$ , тобто на завершальній стадії ущільнення осаду. Знаючи величини реологічних коефіцієнтів  $c$  і  $\mu$  та основні характеристики коливань ( $A$ ,  $\omega$ ), з рівняння можна знайти також функціональний зв'язок [10]:



$$\tau_1 = f(\omega, t) \quad (2)$$

Дослідивши функціональний зв'язок напруги технологічного середовища в залежності від кутової швидкості та часу, будемо відповідну графічну залежність (рис. 1), яка відображає діапазон максимальних напружень в шарі технологічного середовища, що лежить в інтервалі 0 – 50 рад/с.

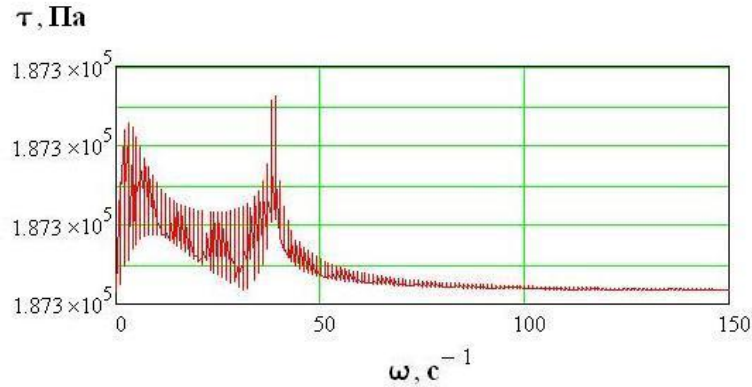


Рис. 1. Функціональний зв'язок напруги середовища від кутової швидкості приводного вала

Для перевірки достовірності отриманих функціональних залежностей реологічних коефіцієнтів підставимо їх у рівняння і будемо в математичному середовищі «MathCad» графік  $x(\omega)$  для умов деформування технологічного продукту (рис. 2).

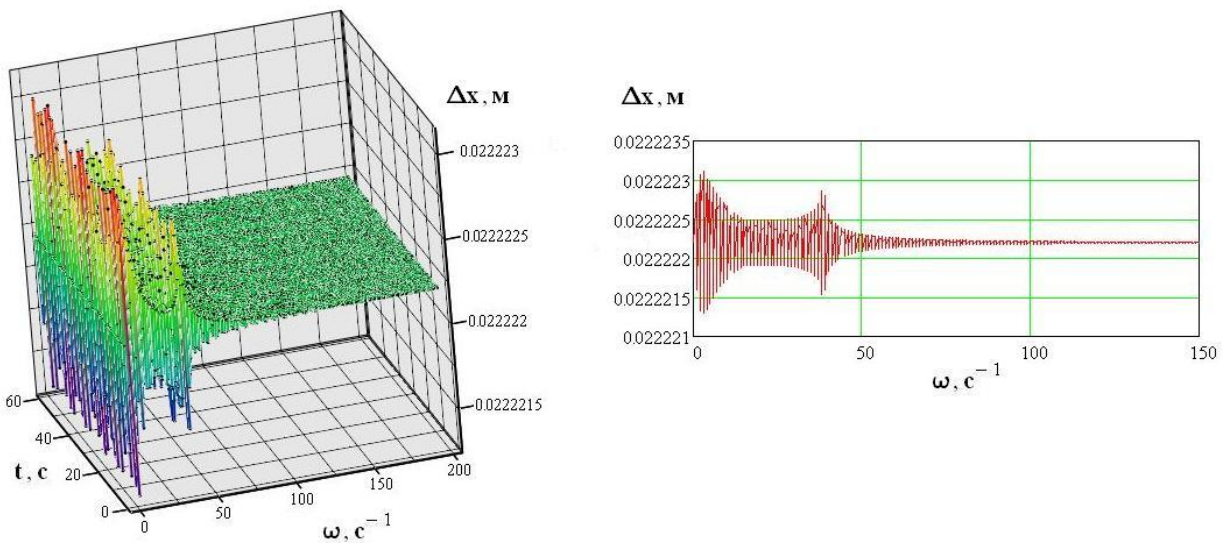


Рис. 2. Функціональна залежність деформування продукту від кутової швидкості приводного вала машини: а – графік функції  $\Delta X = f(\omega, t)$ ; б – графік функції  $\Delta X = f(\omega)$ .

### Висновки

На основі проведеного практичного та теоретичного аналізу величини деформації технологічного середовища в залежності від внутрішньої напруги за умови вібровідцентрового впливу виконавчих органів машини виявлено, що інтервал оптимальних режимів роботи обладнання лежить в межах 90 – 100 рад/с.

Представлені розрахунки основних параметрів процесів розділення для неоднорідного рідкого середовища при його вібровідцентровій обробці, знайдені величини реологічних коефіцієнтів, що необхідні при розробці нових конструкцій обладнання для розділення дисперсних систем.

## RESEARCH OF THE DISPERSED SYSTEM BY THE COMBINED SYSTEM VIBROMECHANICAL EFFECTS

Polievoda Yurii

**Abstract.** *The paper presents the results of theoretical research of rheological properties of disperse medium under the influence of complex vibration centrifugal action. Theoretical analysis of the dependence of the velocity of deformation of the dispersion medium under the influence of vibration; defined by the functional dependence of the voltage of the technological environment on the dynamics of movement of the Executive bodies of vibratory machines (amplitude, angular velocity). Conducted analytical analysis of the rheological coefficients of the different modes of operation of the machine. Calculations of basic parameters of processes of separation of the dispersion medium when it is vibration centrifugal treatment, the found values of the rheological coefficients required for the development of new designs of machines for separation of liquid heterogeneous raw materials.*

**Keywords:** *rheology; dispersed environment; vibration centrifugal action, deformation, stress*

### Список літератури

1. Реология пищевых масс / К. П. Гуськов, Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин, Л. Н. Лунин. – М. : Пищевая промышленность, 1970. – 208 с.
2. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
3. Овчинников П. Ф. Виброреология / П. Ф. Овчинников. – К. : Наук. думка, 1983. – 272 с.
4. Урьев Н. Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н. Б. Урьев. – М. : Химия, 1988. – 255 с.
5. Ходаков Г. С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование / Г. С. Ходаков // Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. – 2003. – №2. – С. 33–44.
6. Урьев Н. Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н. Б. Урьев, М. А. Галейник. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 239 с.
7. Урьев Н. Б. Образование и разрушение дисперсных структур в условиях совместного действия вибрации и поверхностно-активной среды : автореф. докт. дис. / Н. Б. Урьев. – Москва, 1974. – 40 с.
8. Гуць В. С. Визначення структурно-механічних характеристик в'язко-пружних дисперсних систем / В. С. Гуць, Ю. А. Полевода, О. А. Коваль // Упаковка. – 2011. – №1. – С. 46–47.
9. Гуць В. С. Применение реологических уравнений в расчетах механических процессов пищевых производств / В. С. Гуць, С. И. Резников // Пищевая технология. – 1997. – №2. – С. 60–61.
10. Паламарчук І. П. Аналіз математичної моделі вібровідцентрової машини для очищення рідкої сировини / І. П. Паламарчук, Ю. А. Полевода, В. П. Янович // Вібрація в техніці та технологіях. – 2009. – №4(56). – С. 129–136. – ISBN 5-7763-9123.