**III. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА****Дейниченко Г. В.***Харківський державний  
університет  
харчування та  
торгівлі***Самойчук К. О.****Івженко А. О.***Таврійський державний  
агротехнологічний  
університет***Deinychenko G. V.***Kharkiv State University  
of Food Technology and  
Trade***Samoichuk K. O.****Ivzhenko A. O.***Tavria State  
Agrotechnological  
University***УДК 637.134****СИНХРОНІЗАЦІЯ КОЛИВАЛЬНИХ  
І ОБЕРТАЛЬНИХ РУХІВ РОТОРА  
У ПУЛЬСАЦІЙНОМУ  
ГОМОГЕНІЗАТОРІ З ВІБРУЮЧИМ  
РОТОРОМ**

Для пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором проаналізовані характерні варіанти синхронізації фаз обертання та коливання ротора, які включають співвідношення між частотами обертання ротора та кривошипа і зсув між кутами обертання ротора і кривошипу. Для підвищення ефективності процесу диспергування молочної емульсії, за основу чого прийнято швидкість ковзання жирової кульки відносно плазми молока, визначений оптимальний варіант синхронізації, при якому частота пульсацій, викликана обертальним та коливальним рухами ротора однакова, а характер зміни швидкостей – подібний. Це призводить до виникнення резонансу пульсацій, що підвищує амплітуду коливань, швидкість ковзання, а отже і ступінь диспергування. Виведене рівняння швидкості для такого режиму роботи гомогенізатора. При експериментальних дослідженнях розміри жирових кульок зменшувалися на 15-20% при оптимальній частоті синхронізації фаз, що підтверджує аналітичні дослідження.

**Ключові слова:** гомогенізація, роторно-пульсаційний апарат, вібруючий ротор, швидкість, синхронізація.

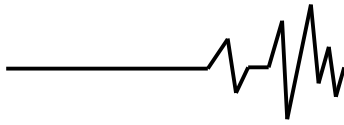
**Постановка проблеми.** В технологічних схемах виробництва питного молока, кисломолочних продуктів, морозива і інших продуктів необхідним процесом є гомогенізація. На молокозаводах завдяки високому ступеню диспергування та універсальності широко використовуються клапанні гомогенізатори. Але такі машини мають високі енерговитрати, що сягають 8 кВт/т при коефіцієнті корисної дії менше 0,1% [1]. Знайти заміну клапанним гомогенізаторам намагались більше 50 років, створюючи апарати з іншим принципами дії. Так з'явилися ультразвукові, вакуумні, струменево-вихрові та інші типи пристроїв, які так і не змогли витіснити клапанні.

Реальна альтернатива з'явилася лише останні 15 років, після проведення ґрунтовних досліджень роторно-пульсаційних апаратів (РПА), які подібно клапанним здатні обробляти широкий спектр як рідких та і в'язких молочних продуктів але мають в рази менші енерговитрати та вартість. Але при обробці молока в роторно-пульсаційних апаратах дисперсний склад молочної емульсії

відрізняється нерівномірністю і містить високий відсоток крупних жирових кульок, які не були зруйновані під час обробки [2]. Тому на практиці для гомогенізації молока в РПА доводиться значно збільшувати кратність обробки, що знижує продуктивність та підвищує енерговитрати.

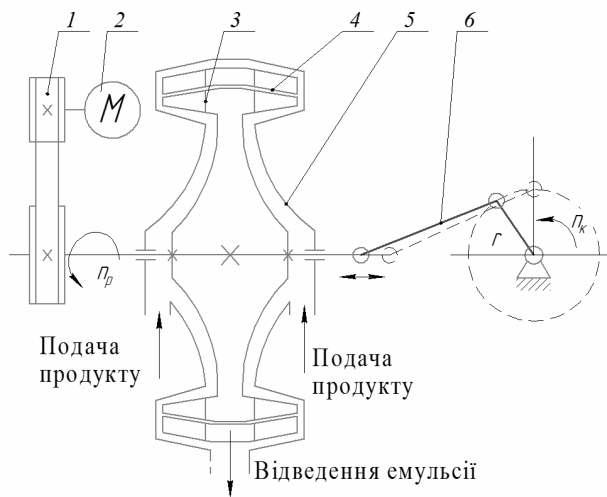
Ефективним способом підвищення якості обробки емульсій є накладання коливань на оброблюване середовище наприклад за допомогою вібруючого ротору. При вібраціях молочної емульсії дисипація енергії відбувається у всьому об'ємі на межі розділу фаз, що інтенсифікує процес гомогенізації. Крім того при застосуванні вібрації можливе підвищення ефективності роботи за рахунок резонансних явищ.

Гомогенізація в РПА при одночасному впливі вібрації практично не досліджена, тому була поставлена задача дослідити процес гомогенізації молока в такому апараті та перевірити гіпотезу про підвищення ефективності його роботи у порівнянні з класичним РПА. Тому ця стаття є складовою



циклу досліджень пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором (ПГ з ВР), призначеного для обробки молока.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основним вузлом пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором є гомогенізуючий вузол, який складається з ротора 3, статора 4 і корпуса 5. В роторі виконані отвори, які періодично збігаються з отворами статора. Ротор обертається з частотою  $n_p$  і сполучений з електродвигуном 2 через пасову передачу 1, яка припускає відхилення на величину 2-3 мм при роботі. Кривошипний механізм 6 спричиняє вібрацію ротора вздовж вісі його обертання, амплітуда якої залежить від радіусу кривошипу  $r$ . Частота обертання кривошипу  $n_k$  дорівнює частоті вібрації ротора.



**Рис. 1. Схема пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором: 1 – пасова передача; 2 – електродвигун приводу обертання ротора, 3 – ротор; 4 – статор; 5 – корпус; 6 – кривошипний механізм вібрації ротора**

У попередніх наукових роботах визначено рівняння зміни площі прохідного перерізу модулятора, яке представлено у вигляді безперервної функції. Це значно спрощує математичний опис функції, і подальшу аналітичну модель руху емульсії в апаратах такого типу. На основі цього рівняння визначений вираз для знаходження швидкості осьових пульсацій емульсії в отворах модулятора [3]. Задачу знаходження швидкості емульсії вирішували поетапно. На першому – визначили швидкість емульсії при коливальних осьових рухах ротора, не враховуючи відцентровий тиск рідини, що створюється при

обертанні ротора  $U_o^n$ . На другому – швидкість емульсії при проходженні переривника апарата, що викликана тільки відцентровими силами  $U_o^{\delta}$ . На третьому – знайшли сумарну швидкість рідини у переривнику ПГ з ВР  $U_o$

$$U_o = U_o^n + U_o^{\delta}, \quad (1)$$

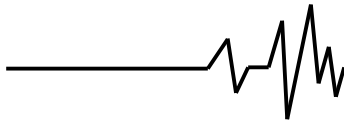
Після перетворень рівняння (1) отримали у вигляді [3]

$$U_o = \frac{2 n_k r D \cos \beta}{\frac{\pi D}{2z} \left( 1 + \sin\left(\varphi z - \frac{\pi}{2}\right) \right) + 8\delta} + \frac{\pi^2 n_p D^2}{120z(l_p + \delta + l_c)} \left\{ \frac{\varphi z}{2\pi} \right\}, \quad (2)$$

де  $\beta$  – кут повороту кривошипу ПА з ВР, рад;  $\varphi$  – кут повороту ротора ПА з ВР, рад;  $D$  – діаметр ротора, м;  $r$  – радіус кривошипу, м;  $\left\{ \frac{\varphi z}{2\pi} \right\}$  – дробова частина числа  $\varphi z / 2\pi$ ;  $z$  – кількість отворів ротора (дорівнює числу отворів статора);  $l_p + \delta + l_c$  – довжина відповідно ротора, радіального зазору між ротором і статором і статора (довжина модулятора), м.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Рівняння (2) пов'язує основні конструктивні і кінематичні параметри апарату, але не враховує співвідношення частот та фаз початку руху ротора та кривошипу, що істотно впливають на параметри роботи гомогенізатора.

Для забезпечення рівності пульсацій емульсії у всіх отворах модулятора і підвищення ефективності диспергування частота обертання ротора ПГ з ВР повинна бути синхронізована з частотою обертання кривошипу. Критеріями підвищення ефективності вважаємо збільшення швидкості при зменшенні часу циклу цієї зміни. При цьому буде зростати швидкість ковзання жирової кульки, що є визначальною для її руйнування. Іншим важливим критерієм підвищення ефективності вважаємо виникнення резонансу між пульсаціями молочної емульсії, що спричинені відцентровим виштовхувальним рухом емульсії крізь отвори модулятора і рухом емульсії, що спричинені осьовими рухами ротора. При резонансному режимі роботи підвищується амплітуда коливань, що підвищує



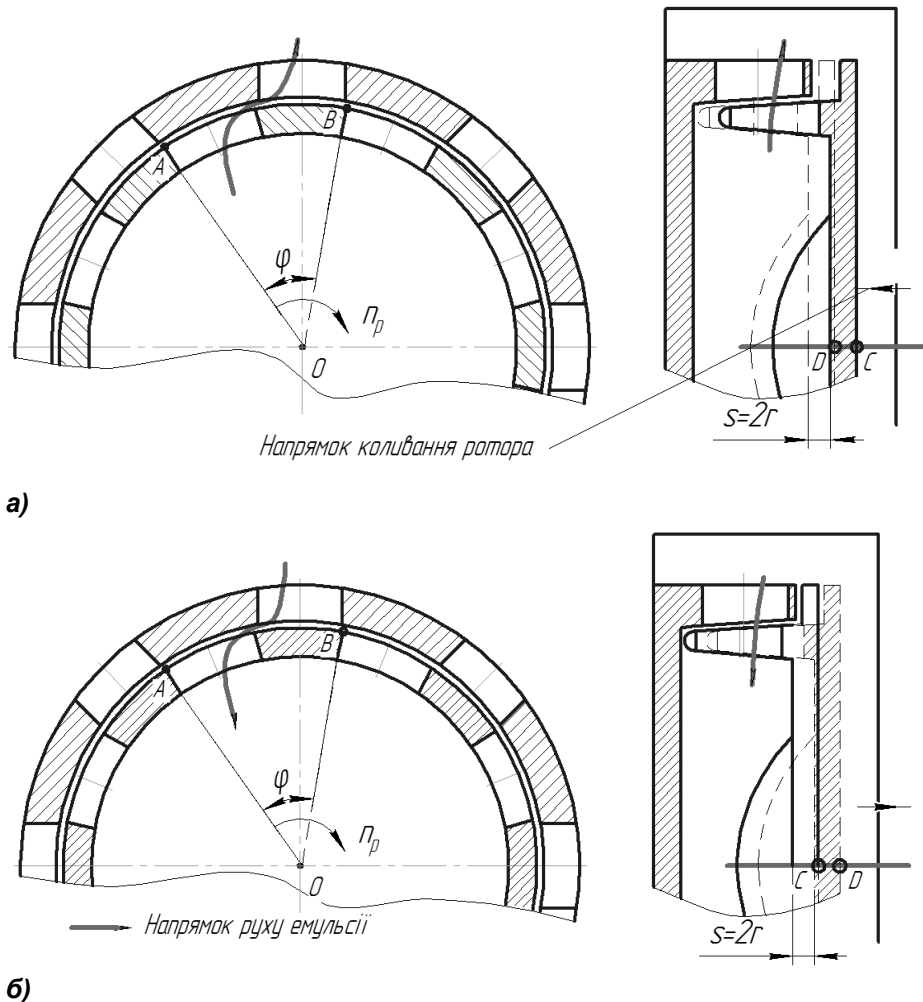
швидкість ковзання жирової кульки і знижуються енерговитрати процесу.

**Мета дослідження:** проаналізувати можливі комбінації осьових рухів ротора з положенням отворів модулятора ПГ з ВР, які визначають фазові співвідношення кутів обертання ротора і кривошипу і визначити найбільш ефективний з них з точки зору підвищення ступеня диспергування молочного жиру.

**Основні результати дослідження.** Синхронізація осьових рухів ротора з положенням отворів модулятора ПГ з ВР визначається двома параметрами: співвідношенням частот обертання ротора і кривошипу та зсувом між кутами  $\beta$  і  $\varphi$ .

Проаналізуємо найбільш характерні 3 варіанти співвідношення частот  $n_p$  і  $n_k$ .

**Варіант 1.** Цикл зміни площі переривника (від повного відкриття до закриття отворів модулятора) здійснюється при повертанні ротора з точки А в точку В. При цьому ротор здійснює коливання від крайніх положень на величину амплітуди  $S$  (з точки С в точку D) (рис. 2). За пів оберти кривошипу при русі ротора вліво (див. рис. 2 а) ротор виштовхує емульсію крізь отвори переривника, яка рухається з порожнини ротора у канали статора. При наступному циклі зміни площі переривника ротор рухається вправо, і всмоктує емульсію з каналів статора в порожнину ротора (див. рис. 2 б).

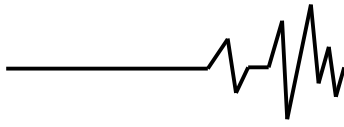


**Рис. 2.** Зв'язок обертального та осьового рухів ротора: а) при обертанні ротора на кут  $\varphi$  ротор рухається вліво, б) при обертанні ротора на кут  $\varphi$  ротор рухається вправо

При цьому частоти обертання ротору і кривошипу та кути обертання  $\beta$  і  $\varphi$  співвідносяться як

$$n_p = \frac{2n_k}{z_p}, \quad \varphi = \frac{2\beta}{z_p}. \quad (3, 4)$$

Для такого співвідношення частот  $n_p$  і



$n_k$  проаналізуємо 4 випадки зсуву фаз між кутами  $\beta$  і  $\varphi$ : а) при  $\varphi=0$ ,  $\beta=0$ ; б) при  $\varphi=0$ ,  $\beta = \pi / 2$ ; в) при  $\varphi=0$ ,  $\beta = \pi$ ; г) при  $\varphi=0$ ,  $\beta = 3\pi / 2$ .

Отримані залежності для цих 4 випадків покажемо на графічно на рис. 3 (при  $D=0,15$  м,  $n_k=2880$  об/хв,  $r=0,001$  м,  $z=8$ ,  $\delta=0,001$  м,  $l_p=0,005$  м,  $l_c=0,01$  м).

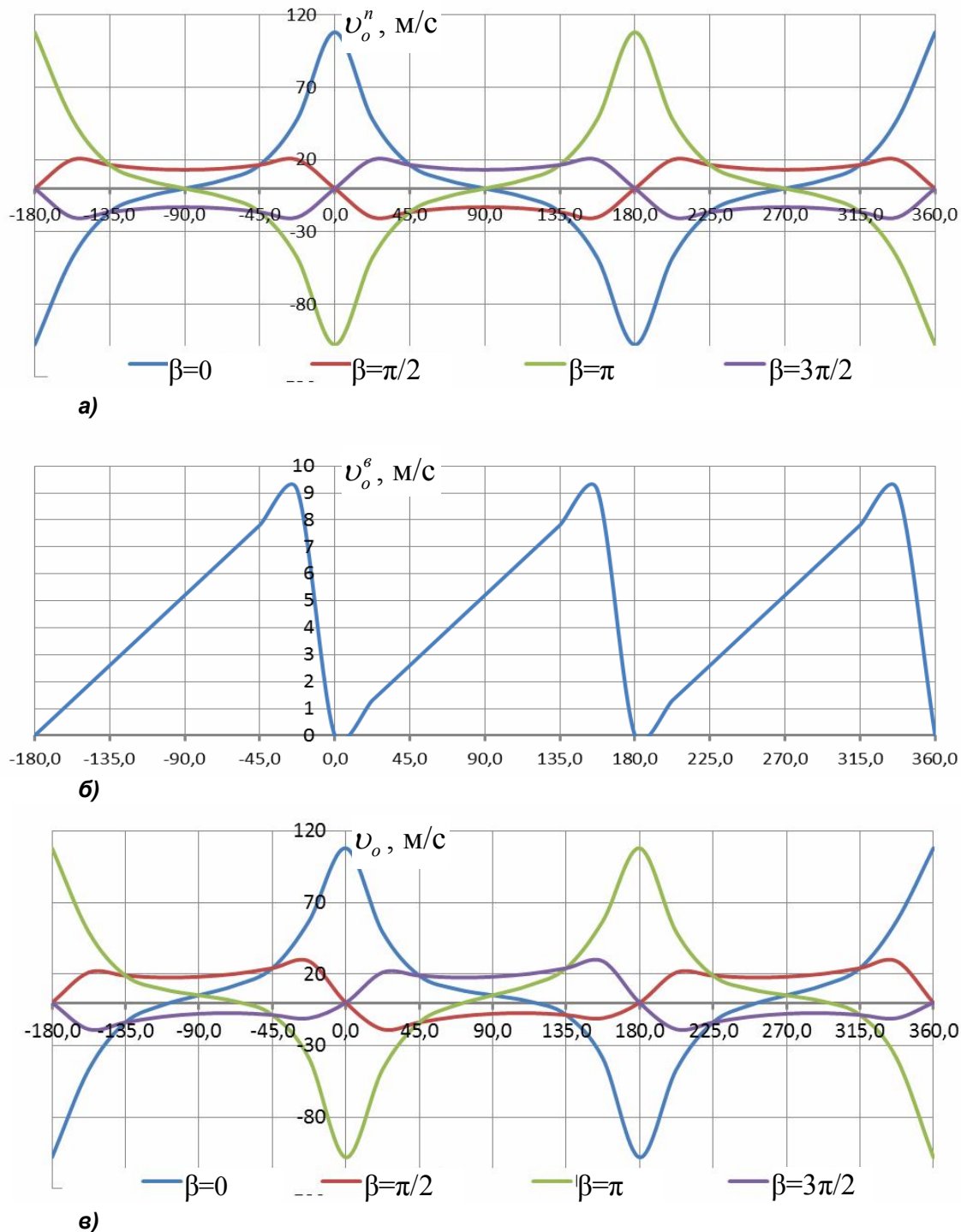
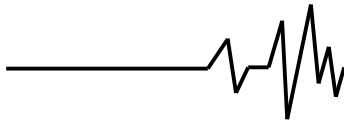


Рис. 3. Графіки зміни швидкості емульсії в модуляторі а) від осьових коливань ротора  $v_o^n$ ; б) від відцентрової сили  $v_o^e$ , в) сумарної швидкості  $v_o$  для варіанта співвідношення частот  $n_p = 2n_k / z_p$  для випадків  $\beta=0$ ,  $\beta = \pi / 2$ ,  $\beta = \pi$ ,  $\beta = 3\pi / 2$



Рівняння В.І. Біглера [4] на основі якого здійснювався вивід формули (2) не враховує підвищення коефіцієнта опору при русі рідини через тонкі канали, тому піки швидкостей (при закритті отворів модулятора), що сягають 110 м/с насправді будуть значно меншими, але характер графіків швидкостей залишиться незмінним.

Аналізуючи графіки бачимо, що зсув фаз між кутами  $\varphi$  і  $\beta$  істотно змінює характер сумарної швидкості руху рідини в переривнику ПГ з ВР ( $v_o^n$ ). Максимальне значення швидкості  $v_o$  сягає максимуму при  $\beta=0$ . Зі зсувом фази  $\beta$  більше нуля максимальна швидкість  $v_o$  зменшується і знову сягає максимуму при зсуві  $\beta = \pi$ .

Підвищення ступеня гомогенізації забезпечують режими з максимальним прискоренням  $a = dv_o / dt$ , що при  $n_p = n_k = const$  пропорційно  $dv_o / d\beta$ . Отже необхідні режими з максимальною амплітудою коливань емульсії за найменший

період часу  $dv_o / d\beta \rightarrow max$ . Таким вимогам відповідають 2 випадки: при зсуві фаз  $\beta = 0$  і при  $\beta = \pi$ . За величиною та характером пульсацій емульсії ці варіанти ідентичні один одному.

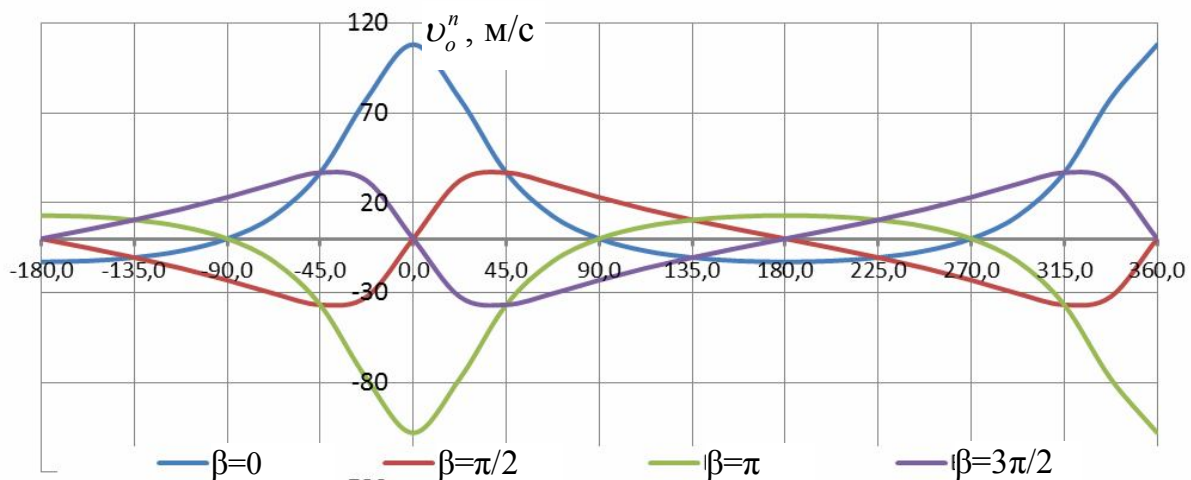
**Варіант 2.** За цикл зміни площі переривника (до повного закриття отворів) кривошип здійснює повний оберт, тобто ротор здійснює коливання на величину амплітуди  $s$  вправо і повертається у вихідне положення.

При цьому частоті співвідношення частот обертання ротору і кривошипу та залежність між фазовими кутами  $\beta$  і  $\varphi$  дорівнюють

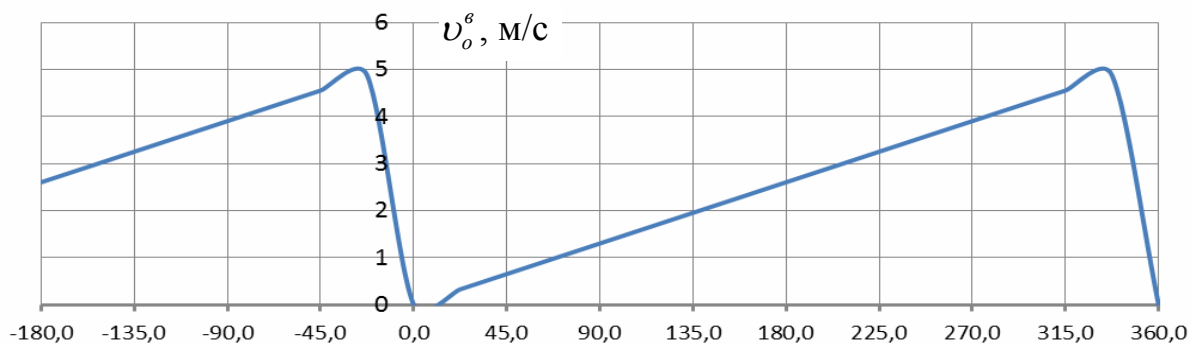
$$n_p = \frac{n_k}{z_p}, \quad \varphi = \frac{\beta}{z_p} \quad (5, 6)$$

Для такого співвідношення частот  $n_p$  і

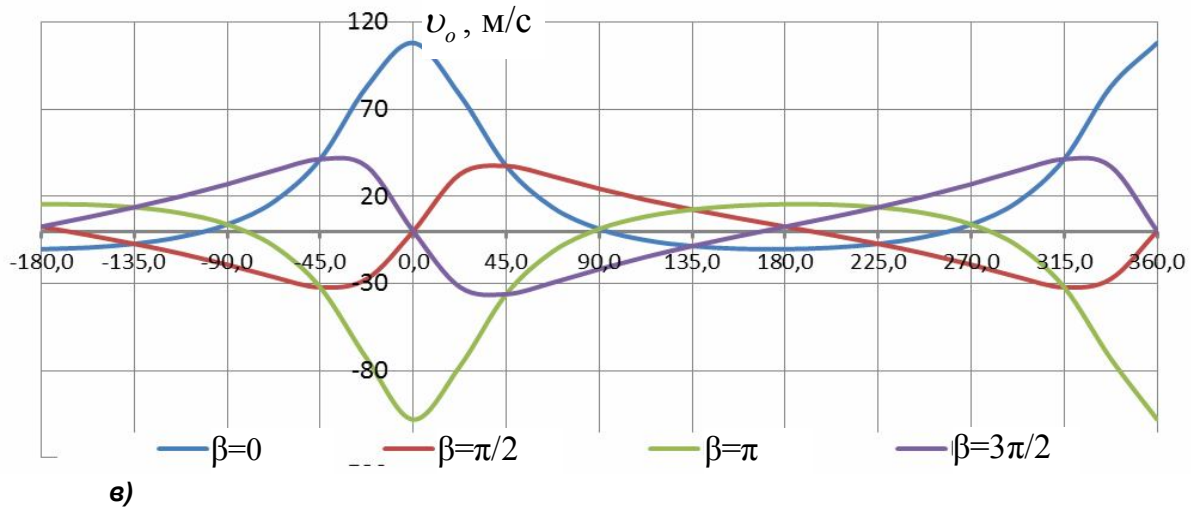
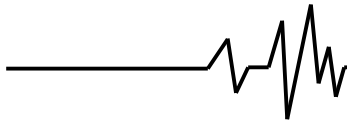
$n_k$  проаналізуємо аналогічні першому варіанту 4 випадки зсуву фаз між кутами  $\beta$  і  $\varphi$  (на 0, 90, 180 і 270°), для яких рівняння швидкостей емульсії в переривнику апарата мають вигляд (рис. 4)



а)



б)



**Рис. 4. Швидкості а)  $v_o^s$ , б)  $v_o^n$  і в)  $v_o$  для варіанта співвідношення частот  $n_p = n_k / z_p$  для випадків  $\beta = 0, \beta = \pi / 2, \beta = \pi, \beta = 3\pi / 2$**

Отже варіанти синхронізації фаз, при яких  $\varphi < \beta / z_p$  використовувати недоцільно внаслідок зменшення  $dv_o / d\beta$ , а отже і ступеня диспергування.

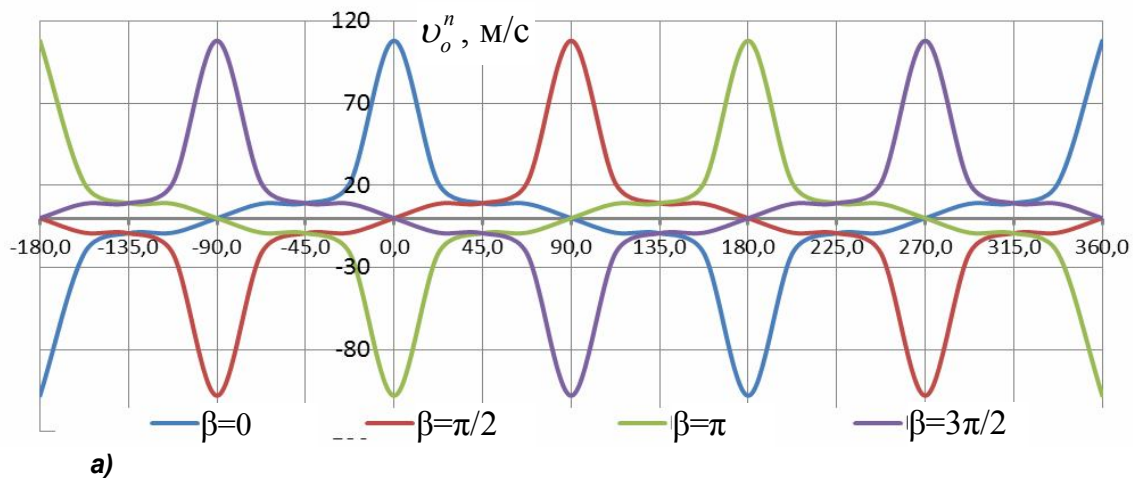
**Варіант 3.** За 2 цикли зміни площі переривника ротор здійснює рух на величину амплітуди  $s$ .

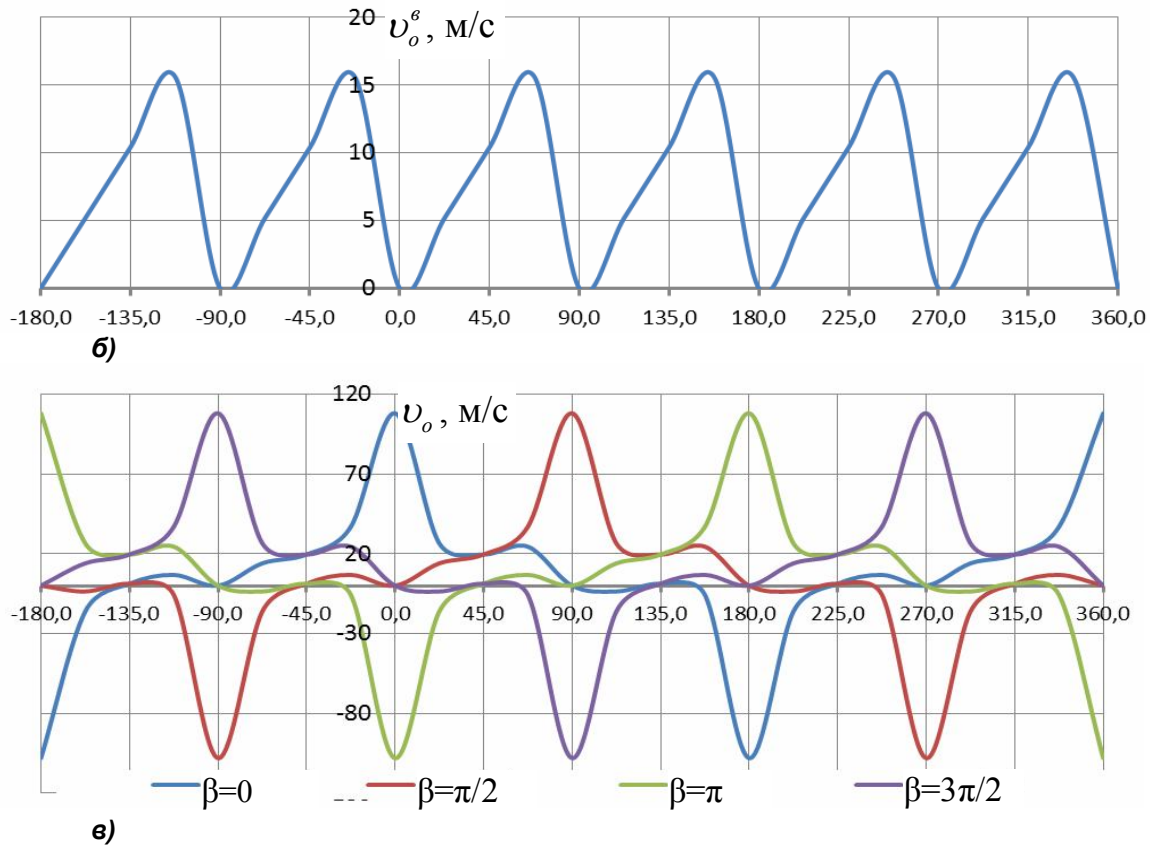
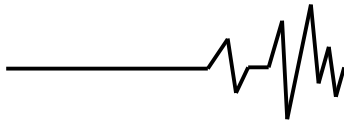
При цьому частоти співвідношення частот обертання ротору і кривошипу та залежність між фазовими кутами  $\beta$  і  $\varphi$  дорівнюють

$$n_p = \frac{4n_k}{z_p}, \quad \varphi = \frac{4\beta}{z_p}. \quad (7, 8)$$

Для такого співвідношення частот  $n_p$  і  $n_k$  проаналізуємо аналогічні першому варіанту 4 випадки зсуву фаз між кутами  $\beta$  і  $\varphi$  (на  $0, 90, 180$  і  $270^\circ$ ), для яких графіки рівняння швидкості емульсії в переривнику ПА мають вигляд (рис. 5).

Значення швидкості в отворах модулятора ПА з ВР при співвідношенні  $\varphi = 4\beta / z_p$  (а отже і режими з більшими  $\varphi$ ) не співпадають за періодом зміни площі переривника. Умова рівності пульсацій в отворах апарату не виконується, що унеможливує отримання однорідної дисперсності емульсії ПА з ВР.





**Рис. 5. Швидкості а)  $U_o^e$ , б)  $U_o^n$  і в)  $U_o$  для варіанта співвідношення частот  $n_p = 4n_k / z_p$  для випадків  $\beta=0, \beta = \pi / 2, \beta = \pi, \beta = 3\pi / 2$**

Аналізуючи всі 3 варіанти синхронізації фаз можна зробити такі висновки. Основна доля в швидкості  $U_o$  належить швидкості  $U_o^n$  (від 60 до 90%). Це пояснюється тим, що частота обертання ротора ПА у  $(z_p \dots z_p / 4)$  разів менше ніж  $n_k$ . Для збільшення  $U_o$  (і доли швидкості  $U_o^n$ ) необхідно зменшувати кількість отворів ротора  $z$ , тобто обирати режими у яких  $\varphi$  наближуються або дорівнюють  $\beta$ . Тому для підвищення швидкості  $U_o$  найбільш ефективний варіант 3 ( $\varphi = 4\beta / z_p$ ), де складова  $U_o^e$  найбільша ( $n_p = \max$ ), і найменш ефективний варіант 2 ( $\varphi = \beta / z_p$ ).

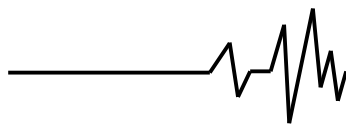
Як було зазначено вище, підвищення ступеня гомогенізації можливе при створенні резонансу пульсацій швидкостей  $U_o^n$  і  $U_o^e$ . При

цьому зростає амплітуда пульсації рідини в отворах переривника і збільшується сумарна швидкість  $U_o$ . Умовою резонансу є подібний характер зміни цих швидкостей [5]. Така подібність має місце у випадку  $\varphi = \beta / z_p$  при  $\beta = 3\pi / 2$ .

Отже з проаналізованих варіантів оптимальним є варіант 2 г:  $\varphi = \beta / z_p, \beta = 3\pi / 2$ , який описується рівнянням

$$U_o = \frac{2 n_k r D \cos(\beta - 3\pi / 2)}{\frac{\pi D}{2z} \left( 1 + \sin\left(\beta - \frac{\pi}{2}\right) \right) + 8\delta} + \frac{\pi^2 n_k D^2}{120 z^2 (l_p + \delta + l_c)} \left\{ \frac{\beta}{2\pi} \right\} \quad (9)$$

Для перевірки такого висновку проведемо експериментальні дослідження гомогенізації молока на установці, що показана на рис. 6.

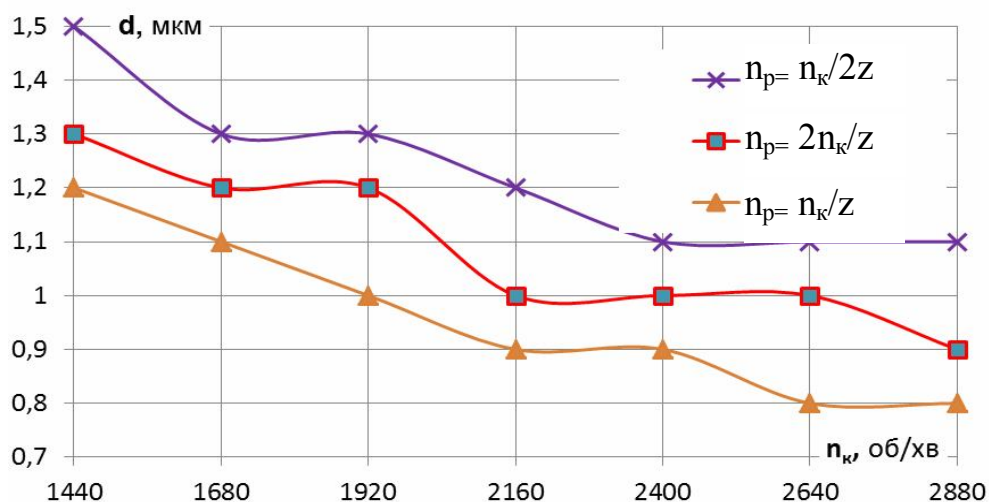


**Рис. 6. Лабораторна установка пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором:**  
1 – гомогенізуючий вузол; 2 – електродвигун приводу вібрації ротора; 3 – кривошипний механізм; 4 – клинопасова передача; 5 – електродвигун обертання ротора

Для визначення дисперсних параметрів емульсії молока після гомогенізації використовувалася метод вимірювання жирових кульок під мікроскопом за допомогою веб-камери та комп'ютера.

Проведене дослідження впливу на середній діаметр жирових кульок  $d$  частоти обертання кривошипу для 3 випадків:  $n_p = n_k / z$ ,  $n_p = n_k / 2z$  і  $n_p = 2n_k / z$

(рис. 7). Результати свідчать про значне збільшення ефективності гомогенізації при  $n_p = n_k / z$ . Пояснити збільшення  $d$  при підвищенні частоти обертання кривошипу можна лише виникненням резонансних явищ – збільшенням амплітуди пульсації емульсії в переривнику ПГ з ВР, при якій підвищується швидкість ковзання жирової кульки.

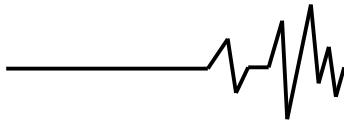


**Рис. 7. Графік зміни діаметру жирових кульок в залежності від частоти обертання кривошипу для  $n_p = n_k / z$ ,  $n_p = 0,5n_k / z$  і  $n_p = 2n_k / z$**

Внаслідок збільшення прискорення емульсії в переривнику при збільшенні частоти обертання кривошипу та ротора діаметр жирових часток зменшується. При  $n_k$  більше 2400 об/хв темпи зменшення жирових часток

уповільнюються і можна прогнозувати, що досягти  $d = 0,8$  мкм можливо тільки при підвищенні  $n_p$  значно більше ніж  $n_p = 2n_k / z$ .





На рис. 8. показана залежність між кутом зсуву фаз оберտального та коливального рухів ротора та розмірами жирових кульок, яка свідчить про збільшення ефективності

диспергування при оптимальному, за теоретичними розрахунками, кутом зсуву  $\beta = 3\pi / 4$ .

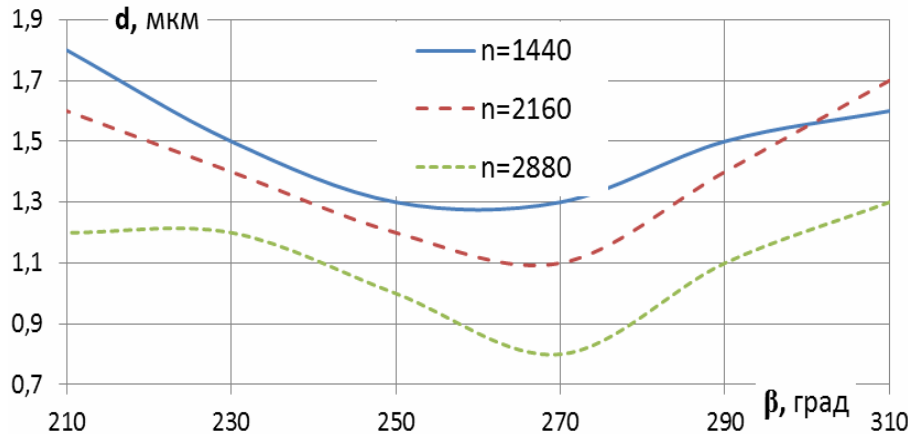


Рис. 8. Залежність діаметра жирової кульки  $d$  від кута зсуву фаз обертального та коливального рухів ротора  $\beta$

При збільшенні або зменшенні зсуву фаз на 20-40 град. розміри жирових кульок збільшуються на 15-25%.

**Висновки.** Подібний характер зміни швидкостей, викликаних коливаннями та обертанням ротора призводить до виникнення резонансних явищ, які очікувано призведуть до збільшення амплітуди пульсацій емульсії, підвищення прискорення та збільшення дисперсності жирової фази молока. Умовами для виникнення резонансу є співвідношення між частотою обертання ротора та кривошипу  $n_p = n_k / z$  та кут зсуву фаз між ними  $\beta = 3\pi / 4$ . Результати експериментальних досліджень свідчать про підвищення ефективності гомогенізації при такому варіанті синхронізації фаз обертання та коливаний ротора – розміри жирових кульок молока зменшуються на 15 – 20%. Для резонансного режиму роботи визначене рівняння швидкості, яке є ключовим для знаходження залежності між розмірами жирових кульок молока та параметрами роботи ПГ в ВР.

#### Список використаних джерел

1. Нужин Е.В. Гомогенизация и гомогенизаторы / Е.В. Нужин, А.К. Гладушняк. Монография – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264 с.
2. Фиалкова Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд: Монография–справочник / Е.А. Фиалкова – Спб.: ГИОРД, 2006. – 392с.

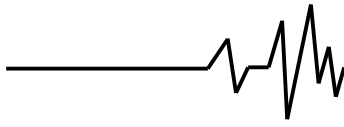
3. Самойчук К.О. Определение скорости в модуляторе пульсационного гомогенизатора с вибрирующим ротором / К.О. Самойчук, А.О. Івженко // Вестник Могилёвского государственного университета продовольствия: Могилёв – 2014. – № 1 (16). – С. 87–99.

4. Биглер В.И. Исследование течений в аппарате типа динамической сирены и его применение для процесса растворения: Автореф. дис... канд. техн. наук. М. – 1979. – 15 с.

5. Использование волновых эффектов для интенсификации химических и фазовых превращений в многофазных системах / С. А. Любфтович, О.Б. Третьжов, Р.Ф. Ганиев и др. // Теор. основы хим. технол. – 1988. – Т. 22, № 4. – С. 560–564.

#### Список джерел в транслітерації

1. Nuzhin E.V. Gomogenizatsiya i gomogenizatoryi / E.V. Nuzhin, A.K. Gladushnyak. Monografiya – Odessa: Pechatniy dom, 2007. – 264 s.
2. Fialkova E.A. Gomogenizatsiya. Noviy vzglyad: Monografiya–spravochnik / E.A. Fialkova – Spb.: GIORD, 2006. – 392 s.
3. Samoychuk K.O. Opredelenie skorosti v modulyatore pulsatsionnogo gomogenizatora s vibriuyuschim rotorom / K.O. Samoychuk, A.O. Ivzhenko // Vestnik MogilYovskogo gosudarstvennogo universiteta prodovolstviya: MogilYov – 2014. – № 1 (16). – S. 87–99.



4. Bigler V.I. Issledovanie techeniy v apparate tipa dinamicheskoy sireny i ego primeneniye dlya protsessa rastvoreniya: Avtoref. dis... kand. tehn. nauk. M. – 1979. – 15 s.

5. Ispolzovanie volnovyih effektov dlya intensivatsii himicheskikh i fazovih prevrascheniy v mnogofaznyih sistemah / S. A Lyubgftovich, O.B. Tretzhov, R.F. Ganiev i dr. // Teor. osnovyi him. tehnol. – 1988. – T. 22, № 4. – S. 560–564.

#### СИНХРОНИЗАЦИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ И ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ РОТОРА В ПУЛЬСАЦИОННОМ ГОМОГЕНИЗАТОРЕ С ВИБРИРУЮЩИМ РОТОРОМ

**Аннотация.** Для пульсационного гомогенизатора с вибрирующим ротором проанализированы характерные варианты синхронизации фаз вращения и колебания ротора, которые включают соотношение между частотами вращения ротора и кривошипа и сдвиг между углами вращения ротора и кривошипа. Для повышения эффективности процесса диспергирования молочной эмульсии, определен оптимальный вариант синхронизации, при котором частота пульсаций, вызванная вращательным и колебательным движениями ротора одинаковая, а характер изменения скоростей - подобен. Это приводит к возникновению резонанса пульсаций, который повышает амплитуду колебаний, скорость скольжения, а следовательно и степень диспергирования. Получено уравнение скорости для такого режима работы гомогенизатора. При экспериментальных

исследованиях размеры жировых шариков уменьшались на 15-20% при оптимальной частоте синхронизации фаз, что подтверждает аналитические исследования.

**Ключевые слова:** гомогенизация, роторно-пульсационный аппарат, вибрирующий ротор, скорость, синхронизация.

#### SYNCHRONIZATION OF FLUCTUATING AND ROTATORY MOTIONS OF ROTOR IN PULSATION HOMOGENIZER WITH A VIBRATING ROTOR

**Annotation.** Characteristic variants of synchronization of phases of rotation and vibrations of rotor are analyzed for the pulsation homogenizer with a vibrating rotor, which include correlation between frequencies of rotation of rotor and crank and rotation angle shift of rotor and crank. In order to increase the efficiency of dispersing process of milk emulsion, the optimal variant of synchronization has been determined, at which frequency of pulsations caused by rotatory and oscillatory motions of rotor are identical, and character of speed change is similar. It results in pulsations resonance which increases vibrations amplitude, sliding velocity, and consequently the degree of dispersing. Velocity equation has been derived for such mode of operation of homogenizer. In experimental investigation the sizes of fat globules decreased by 15-20% at optimal frequency of synchronization of phases,, that is confirmed by analytical investigation.

**Key words:** homogenization, rotor-pulsation device, vibrating rotor, velocity, synchronization.