

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного
університету



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Випуск 24, том 1

Наукове фахове видання
Технічні науки



Запоріжжя – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



DMYTRO MOTORNYI TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**
Технічні науки

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**
Technical sciences

*Виходить 3 рази на рік
Видається з 1998 р.*

**Випуск 24, том 1
Issue 24, volume 1**

WEB: <https://oj.tsatu.edu.ua>

DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1

Запоріжжя – 2024



УДК [631.3+621.3+004+663/664]

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 1. 236 с.

ISSN 2220-8674

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського

Головний редактор

Кюрчев В. М., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)

Заступники головного редактора

Надикто В. Т., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)
Панченко А. І., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Волошина А. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

Editor in chief

Kyurchev V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Deputy editors in chief

Nadykto V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Panchenko A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Executive secretary

Voloshina A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Technical secretary

Pogoreltseva D. (Ukraine)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

Белоев Христо, д-р техн. наук, проф. (Болгарія)
Даманаускас Відас, д-р техн. наук, проф. (Литва)
Івановс Семенс, д-р техн. наук (Латвія)
Ольт Юрі, PhD, д-р техн. наук, проф. (Естонія)
Паскуцці Сімоне, PhD, доц. (Італія)
Финдура Павол, PhD, проф. (Словачія)
Вершков О. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Дідур В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Журавель Д. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кувачов В. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кюрчев С. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Скляр О. Г., канд. техн. наук, проф. (Україна)
Скляр Р. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Тітова О. А., д-р пед. наук, проф. (Україна)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

Шафранець Анджей, д-р техн. наук, проф. (Польща)
Кавакзех Мохаммед, PhD, проф. (Йорданія)
Бур'ян С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Галько С. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Карпалюк І. Т., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Квітка С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Кузнецов М. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Лисенко О. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мірошник О. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мороз О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Плюгін В. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)

SECTORAL MACHINE BUILDING

Beloev Hristo, Dr. Sci. Tech., Prof. (Bulgaria)
Damanauskas Vidas, Dr. Sci. Tech. (Lithuania)
Ivanovs Semjons, Dr. Sci. Tech. (Latvia)
Olt Jüri, PhD, Dr. Sci. Tech., Prof. (Estonia)
Pascuzzi Simone, PhD, Assoc. Prof. (Italia)
Pavol Findura, PhD, Prof. (Slovakia)
Vershkov O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Didur V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Zhuravel D., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kuvachov V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kiurchev S., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Sclyar O., Cand. Sci. Tech, Prof. (Ukraine)
Sclyar R., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Titova O., Dr. Sci. Ped., Prof. (Ukraine)

**ELECTRICAL POWER ENGINEERING,
ELECTRICAL ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS**

Szafraniec Andrzej, Dr. Sci. Tech., Prof. (Poland)
Qawaqzeh Mohamed, PhD, Prof. (Jordan)
Burian S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Halko S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Karpaliuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kvitka S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kuznietsov M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lysenko O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Miroshnyk O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Moroz O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pluihin V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

Гавриленко Є. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гнатушенко В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гумен О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Дашкевич А. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лубко Д. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лясковська С. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Малкіна В. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мацулевич О. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Холодняк Ю. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Яблонський П. М., канд. техн. наук, доц. (Україна)

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Євлаш В. В., д-р техн. наук проф. (Україна)
Ломейко О. П., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Паламарчук І. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пилипенко Л. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пріс О. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Самойчук К. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Сердюк М. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Ялпачик В. Ф., д-р техн. наук, проф. (Україна)

ПРАЦІ**Таврійського державного
агротехнологічного університету****Випуск 24, том 1****Засновник**

Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного

Заснований у 1998 році

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №24285-14125ПР від 27.12.2019 р.
Виходить 3 рази на рік

Рекомендовано до друку вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету
імені Дмитра Моторного
Протокол № 9 від 30.04.2024 р.

«Праці ТДАТУ» включено до **Категорії Б**
Переліку наукових фахових видань України
(науки: технічні), в яких можуть
публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів
доктора наук і доктора філософії /
кандидата наук (накази МОН України від
17.03.2020 р. № 409)

Адреса редакції

Юридична: 72312, Запорізька обл.
м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18
Фактична: 69600, Запорізька обл.
м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
<https://oj.tsatu.edu.ua>,
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1

COMPUTER SCIENCES

Havrylenko Ye., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Hnatushenko V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Humen O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Dashkevych A., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Lubko D., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Liaskovska S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Malkina V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Matsulevych O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kholodniak Y., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Yablonskyi P., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)

FOOD TECHNOLOGIES

Deynichenko G., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Evlash V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lomeiko O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Palamarchuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pylypenko L., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Priss, O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Samoichuk K., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Serdyuk M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Yalpachik V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY****Issue 24, volume 1****Founder**

Dmytro Motornyi Tavria State
Agrotechnological University

Founded in 1998

Certificate of governmental registration
KB No. 24285-14125ПР dated December 27, 2019
Published 3 times a year

Recommended for publication by the Academic
Board of Dmytro Motornyi Tavria State
Agrotechnological University
Record No. 9 dated April 30, 2024

Proceedings of TSATU is included in the List of
scientific professional editions of Ukraine
(technical sciences), category B, in which the
results of theses for obtaining scientific degrees
of Doctor of Sciences and Doctor of Philosophy /
Candidate of Sciences can be published (order of
the Ministry of Education and Science of Ukraine
dated March 17, 2020, No. 409)

Address of the Editorial office

Legal address: 72312, Zaporizhzhia region
Melitopol, 18, B. Khmel'nitskyi Ave.
Actual address: 69600, Zaporizhzhia region
Zaporizhzhia, 66, Zhukovskiy Str.
<https://oj.tsatu.edu.ua>,
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1



ЗМІСТ / CONTENTS

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

- Панченко А. І., Волошина А. А., Романишин О. Ю., Волошин А. А.** Вплив форми вікон на пропускну спроможність розподільної системи планетарного гідромотора 7
- Panchenko A., Voloshina A., Romanyshyn A., Voloshin A.** The influence of the shape of the window on the throughput of the distribution system of the planetary hydraulic motor 7
- Mikulionok I.** Classification and analysis of designs of screw presses for oil raw materials 23
- Мікульонюк І.** Класифікація та аналіз конструкцій шнекових пресів для олійної сировини 23
- Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П.** Визначення параметрів струминного та пульсаційного гомогенізаторів молока при їх промисловому застосуванні 53
- Kiurchev S., Samoichuk K., Lomeiko O.** Determination of the parameters of flow and pulsation milk homogenizers in their industrial application 53
- Дідур В. В., Лещенко І. А., В'юник О. В.** Проблеми очищення рослинних олій 63
- Didur V., Leshchenko I., Viunyk O.** Problems of purification of vegetable oils 63
- Мельник В. А., Попадюк І. С., Волик Д. А., Степаненко С. П.** Дослідження розвитку технологій та технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів 75
- Melnyk V., Popadyuk I., Volyk D., Stepanenko S.** Research on the development of technologies and technical means for pneumatic centrifugal separation of grain materials 75
- Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В.** Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу 89
- Skliar O., Skliar R., Boltianskyi B.** Aspects of improving biogas production technology 89
- Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Фучаджи Н. О., Червоткіна О. О.** Дослідження технології заморожування ягід 101
- Verkholantseva V., Palianychka N., Fuchadgu N., Chervotkina O.** Research of berry freezing technology 101

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

- Галько С. В., Дудніков С. М., Мірошник О. О., Мороз О. М., Трунова І. М.** Розробка алгоритму роботи комбінованої системи електропостачання з відновлюваними джерелами енергії 109
- Halko S., Dudnikov S., Miroshnik O., Moroz O., Trunova I.** Development of algorithm for the operation of a combined power supply system with renewable sources
- Попов С. В., Левченко Ю. В., Петраш О. В., Попов К. С.** Експериментальне дослідження режимів інтелектуального імпульсного зарядного пристрою 122
- Popov S., Levchenko Yu., Petrash O., Popov K.** The experimental research of pulse charger modes
- Вовк О. Ю., Квітка С. О., Попова І. О., Діордієв В. Т.** Збереження роботоздатності трифазного статичного навантаження за неповнофазного живлення 136
- Vovk O., Kvitka S., Popova I., Diordiev V.** Maintaining the performance of a three-phase static load with a partial-phase power supply
- Коробка С. В., Стукалець І. Г., Бабич М. І., Сиротюк С. В., Скляр О. Г., Болтянський Б. В., Скляр Р. В.** Підвищення енергетичної безпеки електрозабезпечення споживачів ліній електропередач 0,38 кВ із застосуванням системи моніторингу віртуально вимірювальних приладів 151
- Korobka S., Stukalets I., Babych M., Syrotyuk S., Skliar O., Boltianskyi B., Skliar R.** Enhancement of energy security of electrical supply of consumers of electrical transmission lines of 0.38 kV using the monitoring system of virtual measuring devices
- Дудніков С. М., Markowska K., Щур Т. Г., Савченко О. А., Трунова І. М., Серєда А. І., Галько С. В., Пазій В. Г., Попадченко С. А.** Аналіз перспектив функціонування біоенергетичного потенціалу в системах енергопостачання України на основі аналізу енергетичного балансу 170
- Dudnikov S., Markowska K., Shchur T., Savchenko O., Trunova I., Sereda A., Halko S., Pазii V., Popadchenko S.** Analysis of prospects for the functionality of bioenergy potential in energy supply systems of Ukraine based on energy balance analysis

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Мацулевич О. Є.** Застосування спеціалізованої PLM-системи Technologi CS при розробці автоматизованої системи ведення конструкторсько-технологічних баз даних підприємства сільськогосподарського машинобудування 184
- Matsulevych O.** Application of the specialized PLM-system Technologi CS in the development of an automated system for managing design and technological databases of an agricultural machinery engineering enterprise



Ванін В. В., Залевський С. В., Голова О. О., Грубич М. В., Лазарчук-Воробйова Ю. В. Про один спосіб побудови моделі чебишевської сітки на поверхні 195

Vanin V. V., Zalevsky S. V., Golova O. A., Grubich M. V., Lazarchuk-Vorobyova Yu. V. Pro is one way to build a model of a chebyshev mesh on a surface

Lubko D. V. Ways to solve the complex problem of introducing STEM-education and artificial intelligence into the educational process at universities 202

Лубко Д. В. Шляхи вирішення комплексної проблеми впровадження STEM-освіти та штучного інтелекту в навчальний процес в університетах

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Погорілий С. П., Присяжний В. Г. Раціональні схеми садіння картоплі в умовах зміни клімату 211

Pogorilyu S. P., Prisyazhnyi V. G. Rational schemes of potato planting under the conditions of climate change

Василишина О. В., Чернега А. О., Гайдай І. В. Розроблення технології десертів функціонального призначення з використанням полісахаридів 218

Vasylyshyna O. V., Chernega A. O., Haidai I. V. Development of technology of functional desserts using polysaccharides

Фіалковська Л. В. Розробка рецептури та технології виробництва майонезу 228

Fialkovska L. V. Development of the recipe and mayonnaise production technology



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-3

УДК 637.134

С. В. Кюрчев¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0001-6512-8118

К. О. Самойчук¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-3423-3510

О. П. Ломейко¹, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-7407-545X

¹ Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: +380978805485

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СТРУМИННОГО ТА ПУЛЬСАЦІЙНОГО ГОМОГЕНІЗАТОРІВ МОЛОКА ПРИ ЇХ ПРОМИСЛОВОМУ ЗАСТОСУВАННІ

Анотація. Для впровадження розроблених енергоефективних струминного та пульсаційного гомогенізаторів необхідна розробка технології їх використання на виробництві. А для цього – основною перешкодою є відсутність даних з співставлення режимів клапанної (існуючої) гомогенізації з знов розробленими гомогенізаторами. Для розробки технології переробки молока при використанні цих двох гомогенізаторів, необхідно встановити залежність між режимами клапанної гомогенізації з основними параметрами нових гомогенізаторів. Отримані в результаті досліджень дані дають змогу визначити необхідні основні технологічні параметри, які визначають якість гомогенізації, для розроблених гомогенізаторів (пульсаційного та струминного) в залежності від даних, вказаних для клапанної гомогенізації. Таким чином будь-яка класична технологічна схема виробництва молочних продуктів може бути легко застосована для використання розроблених гомогенізаторів зі зниженими енерговитратами.

Ключові слова: гомогенізація, диспергування молока, струминний гомогенізатор, пульсаційний гомогенізатора, технологія.

Постановка проблеми. Одна з основних проблем харчової і переробної промисловості України полягає в недостатній техніко-технологічній ефективності виробництва продукції, яка представляє собою дрібнодисперсні емульсії (питне молоко, вершки, кисломолочні продукти та консерви, тощо) [1, 2]. Причина проблеми обумовлена низькою енергоефективністю технологічних процесів отримання стійких мікроемульсій [3]. Розробка теоретичних основ і пристроїв для реалізації процесів диспергування і гомогенізації емульсій дозволить знизити собівартість виробництва широкого спектра продукції, що призведе до підвищення конкурентноспроможності продукції, що виробляється в нашій країні та підвищення обсягів її виробництва, а отже і збільшення валового національного продукту України в цілому [4, 5].



Результати роботи необхідні для зниження споживання енергії на гомогенізацію дрібнодисперсних емульсій на 20–40%, зниження собівартості готової продукції (на 5–15%) та підвищення конкурентоспроможності вітчизняної промисловості та підвищення продовольчої безпеки України [6, 7].

Для нашої країни зниження собівартості готової продукції набуває особливої значущості при підписаних міжнародних договорах про відкриття азійських ринків для збуту продукції України. Отримані переваги підвищують ступінь відповідності продукції нашої країни міжнародним стандартам на 25–30% [8, 9].

Попередні зразки розробленої гомогенізуючої головки впроваджено на ТОВ МЖК «Південний» (м. Мелітополь), що підтверджено відповідним актом. При виробничих випробуваннях вдосконалена гомогенізуюча головка показала високу ефективність у порівнянні з гомогенізатором Alfa-Laval (Швеція).

Для впровадження розроблених ефективних струминного та пульсаційного гомогенізаторів необхідна розробка технології їх використання на виробництві. А для цього – основною перешкодою є відсутність даних з співставлення режимів клапанної (існуючої) гомогенізації з знов розробленими гомогенізаторами [10, 11].

Аналіз останніх досліджень. Авторами [8-10] розроблена альтернативна теорія диспергування, яка, на відміну від існуючих, базується на визначенні прискорення потоку емульсії, яка може бути універсальною для усіх типів гомогенізаторів, які використовують принцип гідродинамічного диспергування. З точки зору потенціалу збільшення прискорення потоку виділено 2 групи перспективних гомогенізаторів: пульсаційний поршньовий і струминний гомогенізатор [12, 13].

Аналіз механізмів диспергування й гомогенізації емульсій (на прикладі молока – як природної дрібнодисперсної емульсії), дало підставу стверджувати, що визначальна роль в цьому процесі належить різниці швидкості між жировою кулькою та плазмою – швидкості ковзання жирової кульки [14]. Цей параметр пропорційний прискоренню потоку молочної емульсії, яке досить легко розрахувати для будь-якого типу гомогенізуючого пристрою, завдяки чому прискорення потоку може стати узагальнюючим ключовим фактором диспергування жирової фази молока [15]. Основна ідея проекту – розробка теорії диспергування дрібнодисперсної емульсії на прикладі молочного жиру на базі фактору прискорення потоку і підвищення ефективності гомогенізації за рахунок розробки пристроїв з високим показником прискорення потоку емульсії.

З точки зору потенціалу збільшення прискорення потоку виділено 2 групи перспективних диспергаторів [16].

Основною частиною установки для дослідження процесу диспергування молочної емульсії в струминному гомогенізаторі (рис. 1) є камера 4, в якій направляючими 5 формується швидкісний потік знежиреного молока, куди по каналу 11 подаються вершки [17, 18].

В установці для проведення експериментальних досліджень гомогенізації в пульсаційному гомогенізаторі (рис. 2) необроблене молоко накопичується в ємності 1, звідки насосом 2 подається у робочу камеру 4. Проходячи крізь отвори поршня 5, який здійснює синусоїдальні коливання за рахунок кривошипного механізму 9, молочна емульсія гомогенізується.

Додаткова інтенсифікація процесу гомогенізації в таких пристроях здійснюється за рахунок [19]:

– концентрація енергії, що підводиться, на жировій фазі емульсії - використання роздільної гомогенізації: попереднє розділення молока на вершки та знежирене молоко і обробка лише жирової фази та подачі жирової фази у швидкісний потік знежиреного молока, чим досягається зменшення об'єму емульсії, яка оброблюється, що призводить до пропорційного скорочення енерговитрат;

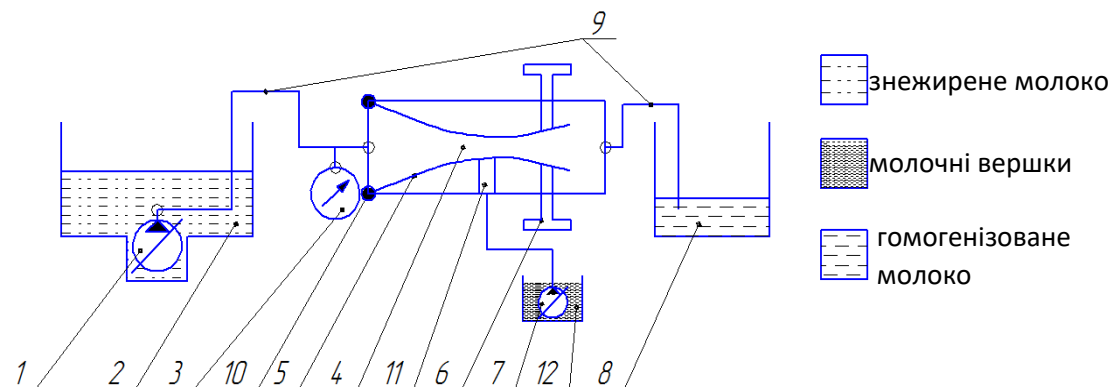


Рис. 1. Схема установки для дослідження процесу струминної гомогенізації: 1 – насос роторного типу; 2 – ємність для знежиреного молока; 3 – манометр; 4 – камера гомогенізації; 5 – направляючі; 6 – регульовальні тяги; 7 – насос подачі жирової фази; 8 – ємність для приймання готового продукту; 9 – трубопроводи; 10 – шарніри; 11 – канал подачі вершків; 12 – ємність для вершків.

Таким чином, для струминного гомогенізатора основним параметром, який визначає ступінь диспергування та енерговитрати процесу є швидкість потоку знежиреного молока. А для пульсаційного – частота і амплітуда коливання поршня.

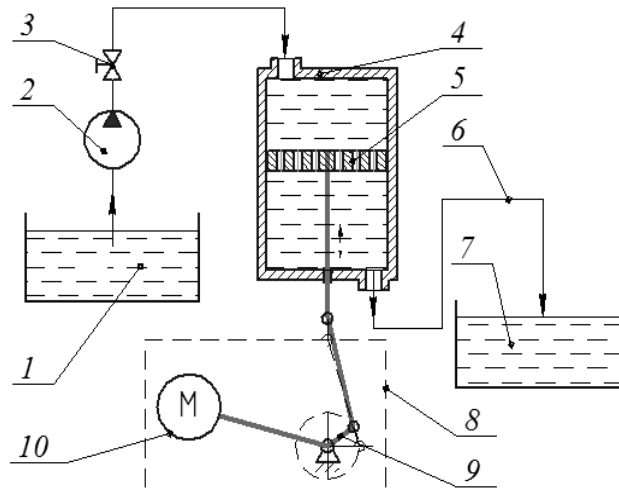


Рис. 2. Схема установки для дослідження процесу ППГ:

1, 7 – технологічні ємності відповідно для подачі та збирання молока; 2 – насос; 3 – вентиль; 4 – робоча камера гомогенізатора; 5 – поршень; 6 – трубопроводи; 8 – привід руху робочого органу; 9 – кривошипний механізм з регулятором амплітуди; 10 – електродвигун з електричним регулятором частоти обертання валу.

Для розробки технології переробки молока при використанні цих двох гомогенізаторів, необхідно встановити залежність між режимами клапанної гомогенізації (які прописані в існуючих технологічних схемах виробництва молочних продуктів) з основними параметрами нових гомогенізаторів.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Мета даної статті – визначити параметри струминного та пульсаційного гомогенізаторів молока при їх промисловому застосуванні замість клапанних гомогенізаторів.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- визначити відповідність між тиском клапанної гомогенізації та швидкістю подачі знежиреного молока в струминному гомогенізаторі;
- визначити відповідність між тиском клапанної гомогенізації та частотою та амплітудою коливання поршня в пульсаційному гомогенізаторі;
- визначити відповідність між питомими енерговитратами клапанної гомогенізації та струминної та пульсаційної гомогенізації;

Основна частина. Найбільш популярними та найбільш дослідженими гомогенізаторами є клапанні. Для цього типу гомогенізаторів отримані теоретичні та емпіричні залежності, які пов'язують їх якісні та конструктивно-технологічні параметри [20, 21].

Барановським запропонована формула для визначення середнього діаметра жирових кульок після гомогенізації d , м, в



залежності від надлишкового тиску гомогенізації Δp , Па при температурі 60°C та перепаду тиску в межах $3 \dots 20$ МПа [22]

$$d = \frac{3,8 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{\Delta p}}. \quad (1)$$

При двоступінчастій клапанній гомогенізації розмір жирових кульок зменшується додатково на 20%. Але при цьому необхідно враховувати тиск на другій ступені гомогенізації.

Таким чином для клапанних гомогенізаторів визначальним параметром якості диспергування є тиск, який регулюється для встановлення необхідною для заданої технологічної схеми виробництва певного виду продукту. Тому в типових технологічних схемах виробництва молочної продукції вказується температура та тиск гомогенізації, розрахований для клапанних машин.

Для визначення потужності, що споживається клапанним гомогенізатором скористаємося даними [23].

Розраховані залежності для тиску клапанної гомогенізації та середнього діаметру жирових кульок і потужності, що споживається подані в таблиці 1.

Для струминного гомогенізатора основним параметром, який визначає ступінь диспергування молочного жиру (середній діаметр жирових кульок) є швидкість потоку знежиреного молока.

Таблиця 1

Залежність між тиском клапанної гомогенізації та якістю гомогенізації і його питомими енерговитратами

Тиск гомогенізації, МПа	8	9	10	12	14	16	18	20	22
Середній діаметр жирових кульок, мкм	1,35	1,3	1,2	1,1	1	0,95	0,9	0,85	0,8
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	3,2	3,5	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,2

Для струминного гомогенізатора основні залежності, які пов'язують його параметри (питомі енерговитрати, середній діаметр жирових кульок та швидкість потоку знежиреного молока) подані в публікаціях [24]:

За результатами розрахунку визначені дані відповідності між тиском клапанної гомогенізації та питомими енерговитратами струминного гомогенізатора молока (таблиця 2).



Таблиця 2

Відповідність між тиском клапанної гомогенізації та якістю гомогенізації і швидкістю потоку струминного гомогенізатора та його питомими енерговитратами

Тиск гомогенізації, МПа	8	9	10	12	14	16	18	20	22
Середній діаметр жирових кульок, мкм	1,35	1,3	1,2	1,1	1	0,95	0,9	0,85	0,8
Швидкість потоку струминного гомогенізатора, м/с	29,6	31,1	33,3	36,4	40	42,1	44,4	47,1	50,0
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	0,44	0,46	0,49	0,54	0,60	0,62	0,65	0,70	0,74

Для пульсаційного гомогенізатора основним параметром, який визначає ступінь диспергування молочного жиру (середній діаметр жирових кульок) є амплітуда коливання поршня.

Для пульсаційного гомогенізатора основні залежності, які пов'язують його параметри (питомі енерговитрати, середній діаметр жирових кульок та амплітуду коливання поршня) надані в публікаціях [25]:

За результатами розрахунку визначені відповідності між тиском клапанної гомогенізації та питомими енерговитратами пульсаційного гомогенізатора молока (таблиця 3).

Таблиця 3

Відповідність між тиском клапанної гомогенізації та якістю гомогенізації і амплітудою коливання поршня пульсаційного гомогенізатора та його питомими енерговитратами*

Тиск гомогенізації, МПа	8	9	10	12	14	16	18	20	22
Середній діаметр жирових кульок, мкм	1,35	1,3	1,2	1,1	1	0,95	0,9	0,85	0,8
Амплітуда коливання поршня пульсаційного гомогенізатора, с ⁻¹	5,9	6,5	7,4	8,8	10,7	11,8	13,2	14,8	16,7
Питомі енерговитрати, кВт·год/т	0,34		0,43	0,52	0,63	0,7	0,77	0,87	0,98

* – при продуктивності технологічної лінії 2,5 т/год.



Отримані дані (таблиці 4.1-4.3) дають змогу визначити необхідні основні технологічні параметри, які визначають якість гомогенізації, для розроблених гомогенізаторів (пульсаційного та струминного) в залежності від даних, вказаних для клапанної гомогенізації. Таким чином будь-яка класична технологічна схема виробництва молочних продуктів може бути легко застосована для використання розроблених гомогенізаторів зі зниженими енерговитратами.

Висновки. Проведені розрахунки для визначення дисперсності молочної емульсії для пульсаційного та струминного гомогенізаторів.

Розроблені таблиці для перерахунку режимів роботи пульсаційного та струминного гомогенізаторів для приведення їх значень до класичної-клапанної гомогенізації, які дають змогу визначити необхідні режими роботи розроблених гомогенізаторів для будь якого виду молочної продукції.

Встановлено ступінь зниження питомих енерговитрат для розроблених гомогенізаторів в залежності від необхідної якості гомогенізації (середнього розміру жирових кульок молочної емульсії).

Список використаних джерел

1. Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф. Розробка експериментального зразка пульсаційного гомогенізатора молока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 15–25.

2. Ковальов О. О., Самойчук К. О., Фучаджи Н. О. Методологія дослідження параметрів струминних гомогенізаторів молока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023. Вип. 13, т. 1. С. 1–15. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-15>.

3. Rayner M., Dejmek P. Engineering Aspects of Emulsification and Homogenization in the Food Industry. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. 322 p. <https://doi.org/10.1201/b18436>.

4. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Івженко А. О., Левченко Л. В. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молочної промисловості. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2016. Вип.16, т.1. С. 9–15.

5. Протитечійно-струминна гомогенізація молока: монографія / Г. В. Дейниченко, К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2017. 188 с.

6. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монографія. Одесса: Печатный дом, 2007. 264 с.

7. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Тарасенко В. Г., Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О., Ковальов О. О., Задосна Н. О. Основи розрахунку та конструювання обладнання



переробних і харчових виробництв: підручник / К. О. Самойчук, В. С. Бойко, В. О. Олексієнко [та ін.]. Київ: ПрофКнига, 2020. 428 с.

8. Самойчук К. О., Ковальов О. О. Експериментальні дослідження струминного гомогенізатора з роздільним подаванням жирової фази. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2012. Вип. 28. С. 42–46.

9. Самойчук К. О., Ковальов О. О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2011. Вип. 11, т. 6. С. 77–83.

10. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Султанова В. О. Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2015. Вип. 15, т. 1. С. 240–248.

11. Монтаж експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств. Навчальний посібник: практикум / В. Ф. Ялпачик, О. П. Ломейко, В. Г. Циб [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. 235 с.

12. Розрахунки обладнання харчових виробництв: навч. посібник / В. Ф. Ялпачик, С. Ф. Буденко, Ф. Ю. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. 264 с.

13. Wang X., Wang Y., Li F., Li L., Ge X., Zhang S., Qiu T. Scale-up of microreactor: Effects of hydrodynamic diameter on liquid–liquid flow and mass transfer. *Chem. Eng. Sci.* 2020. Vol. 226. e115838. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115838>.

14. Morales J., Watts A., McConville J. Mechanical particle-size reduction techniques. *AAPS Adv. Pharm. Sci.* 2016. Vol. 22. P. 165–213. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42609-9_4.

15. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: лабораторний практикум / В. Ф. Ялпачик, Н. П. Загорко, Н. О. Паляничка [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 274.

16. Dhankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR J. Eng.* 2014. Vol. 4. P. 1–8. <https://doi.org/10.9790/3021-04540108>

17. Huppertz T. Homogenization of Milk Other Types of Homogenizer (High-Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd ed. Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2011. P. 761–764. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00226-0>

18. Acharyaa S., Mishrab V., Patelc J. Enhancing the mixing process of two miscible fluids: A review. *AIP Conference Proceedings*. 2021. Vol. 2341. e030025. <https://doi.org/10.1063/5.0051818>.



19. Ciron C., Gee V., Kelly A., Auty M. Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts. *Int. Dairy J.* 2010. Vol. 20. P. 314–320. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.018>.

20. Håkansson A., Fuchs L., Innings F., Revstedt J., Trägårdh C., Bergenståhl B. Velocity measurements of turbulent two-phase flow in a high-pressure homogenizer model. *Chem. Eng. Commun.* 2013. Vol. 200. P. 93–114. <https://doi.org/10.1080/00986445.2012.691921>.

21. Yong A., Islam M., Hasan N. The Effect of pH and High-Pressure Homogenization on Droplet Size. *Sigma J. Eng. Nat. Sci.* 2017. Vol. 35. P. 1–22. <https://doi.org/10.26776/IJEMM.02.04.2017.05>.

22. Wang X., Wang Y., Li F., Li L., Ge X., Zhang S., Qiu T. Scale-up of microreactor: Effects of hydrodynamic diameter on liquid–liquid flow and mass transfer. *Chem. Eng. Sci.* 2020. Vol. 226. e115838. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115838>.

23. Liao Y., Lucas D. A. Literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions. *Chem. Eng. Sci.* 2009. Vol. 64. P. 3389–3406. <https://doi.org/10.1016/J.CES.2009.04.026>.

24. Postelmans A., Aernouts B., Jordens J., Van Gerven T., Saeys W. Milk homogenization monitoring: Fat globule size estimation from scattering spectra of milk. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2020. Vol. 60. e102311. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102311>.

25. Valencia Flores D., Hernández Herrero M., Guamis B., Ferragut V. Comparing the Effects of Ultra High Pressure Homogenization and Conventional Thermal Treatments on the Microbiological, Phys, and Chem Quality of Almond Beverages. *J. Food Sci.* 2013. Vol. 78. P. 199–205. https://doi.org/10.1111/1750_3841.12029.

Дослідження виконано в рамках науково-технічної роботи "Розроблення технології переробки молочних продуктів з використанням нових типів гомогенізаторів", яка фінансувалась МОН за договором № ДЗ/132 - 2022.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2024 р.



S. Kiurchev¹, K. Samoichuk¹, O. Lomeiko¹

¹Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF FLOW AND PULSATION MILK HOMOGENIZERS IN THEIR INDUSTRIAL APPLICATION

Summary

One of the main problems of the food and processing industry of Ukraine is the insufficient technical and technological efficiency of the production of products, which are finely dispersed emulsions. For the implementation of the developed effective jet and pulsation homogenizers, it is necessary to develop the technology of their use in production. And for this, the main obstacle is the lack of data on the comparison of valve (existing) homogenization modes with newly developed homogenizers. For a jet homogenizer, the main parameter that determines the degree of dispersion and energy consumption of the process is the flow rate of skimmed milk. And for pulsating - the frequency and amplitude of piston oscillation. To develop a milk processing technology when using these two homogenizers, it is necessary to establish the relationship between valve homogenization modes (which are prescribed in the existing technological schemes for the production of dairy products) with the main parameters of the new homogenizers. The purpose of this article is to determine the parameters of jet and pulsating milk homogenizers when they are used industrially instead of valve homogenizers. To achieve the set goal: the correspondence between the pressure of the valve homogenization and the speed of supply of skimmed milk in the jet homogenizer is determined; the correspondence between valve homogenization pressure and the frequency and amplitude of piston oscillation in the pulsating homogenizer is determined; the correspondence between the specific energy consumption of valve homogenization and jet and pulsation homogenization is determined. The data obtained as a result of research make it possible to determine the necessary basic technological parameters that determine the quality of homogenization for the developed homogenizers (pulsation and jet), depending on the data specified for valve homogenization. Thus, any classic technological scheme of dairy production can be easily applied to use the developed homogenizers with reduced energy consumption.

Keywords: homogenization, milk dispersion, jet homogenizer, pulsating homogenizer, technology.

ПРАЦІ
Таврійського державного агротехнологічного університету

Наукове фахове видання

Випуск 24, том 1

Заснований у 1998 р
Виходить три рази на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію
Друкованого засобу масової інформації
Міністерство юстиції
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Панченко А.І.

Підписано до друку 01.05.2024 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 27,43. Наклад 100.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.