

**Міністерство освіти і науки України**



**ПРАЦІ**  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

**Випуск 17. Том 1**

**Наукове фахове видання**  
**Технічні науки**

**Мелітополь – 2017 р.**

УДК 621.311:631

**ПЗ.8**

Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет –  
Вип. 17. Т 1 – Мелітополь: ТДАТУ, 2017.– 222 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 10 від 28.03.2017 року

У збірнику наукових праць публікуються матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства, харчових виробництв, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, енергетики та автоматизації процесів агропромислового та харчового виробництв.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. - д.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор);  
Надикто В.Т. - чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник  
головного редактора); Діордієв В.Т. - д.т.н., проф. (відповідальний  
секретар); Гнатушенко В.В. - д.т.н., проф.; Дідур В.А. - д.т.н., проф.;  
Єремєєв В.С. - д.т.н., проф.; Кушнар'єв А.С. - чл.-кор. НААН  
України, Леженкін О.М. - д.т.н. доц.; Малкіна В.М. – д.т.н., проф.;  
Назаренко І.П. - д.т.н., проф.; Михайлов Є.В. - д.т.н., доц.; Панченко  
А.І. - д.т.н., проф.; Скляр О.Г. - к.т.н., проф.; Тарасенко В.В. - д.т.н.,  
проф.; Шацький В.В. - д.т.н., с.н.с.; Федюшко Ю.М. – д.т.н., проф.;  
Фурман І.О.- д.т.н., проф.; Ялпачик Ф.Ю. - к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – к.т.н., проф. Ялпачик Ф.Ю.  
Редактор – к.т.н., доц. Самойчук К.О.  
*Кафедра обладнання переробних і харчових виробництв*

Адреса редакції: ТДАТУ,  
Просп. Б. Хмельницького, 18,  
м. Мелітополь,  
Запорізька обл.,  
72312, Україна

**ISSN 2078-0877**

© Таврійський державний агротехнологічний університет, 2017.

**МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ  
РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ СУШКИ БЫЧКОВ**

**УДК 631.563.2.003.13:[631.53.01:635.623]**

Стручаев Н.И., к.т.н.,

Ялпачик В.Ф., д.т.н.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел (0619)42-13-06

**Аннотация** – рассмотрен процесс сушки бычков в рециркуляционной сушилке с использованием элементов холодильной машины.

**Ключевые слова** – процесс сушки бычков, рециркуляционная сушилка, использование элементов холодильной машины, испаритель парокompрессионной холодильной машины, конденсатор парокompрессионной холодильной машины, влажность воздуха.

*Постановка проблемы.* Использование для рециркуляционной сушки бычков, элементов холодильной машины позволит сократить расход электроэнергии, учитывая, что, например, холодильный коэффициент составляет 2,5...5, а у лучших установок до 8. [1]. Это значит, что можно сэкономить 40...80 процентов тепловой энергии, затрачиваемой на сушку.

*Анализ последних достижений.* Работа посвящена рассмотрению вопроса подготовки сушильного агента путем уменьшения его влагосодержания. Поскольку дополнительный охладитель-осушитель выполняет технологический прием уменьшения влагосодержания сушильного агента, что влияет на последующие операции и их результат, то его роль связана с основным технологическим процессом сушки.

Существуют различные конструкции сушильных аппаратов для рыбной продукции [1,4], но они не охватывают всего диапазона изменения параметров сушильного агента.

К настоящему времени, достаточно полно охвачены обычные сушильные установки, а сушильные установки щадящей сушки представлены незначительно.

*Формулировка целей статьи.* Основная цель статьи – представить последовательность расчета процесса сушки бычков.

Задача работы состоит в том, чтобы предложить методику определения количества влаги, которое удаляется из сушильного агента, в данном случае воздуха, который используется для сушки бычков и расчета количества энергии, необходимой для её удаления путем использования рециркуляционной сушильной установки. Дать основные параметры рециркуляционной сушильной установки, что позволит выполнить расчет процесса сушки бычков.

*Основная часть.* Предлагаем рециркуляционную сушилку для бычков, которая состоит из вентилятора, холодильной машины, дополнительного охладителя-осушителя (испарителя холодильной машины), патрубка для отвода конденсата, вентиляционного короба (воздухопровода для подсоединения дополнительного охладителя-осушителя к воздухоподогревателю), воздухоподогревателя (конденсатора холодильной машины), дополнительного конденсатора (вынесенного за пределы системы вентиляции помещения сушильных камер) и корпуса помещения сушильных камер (рис.1).

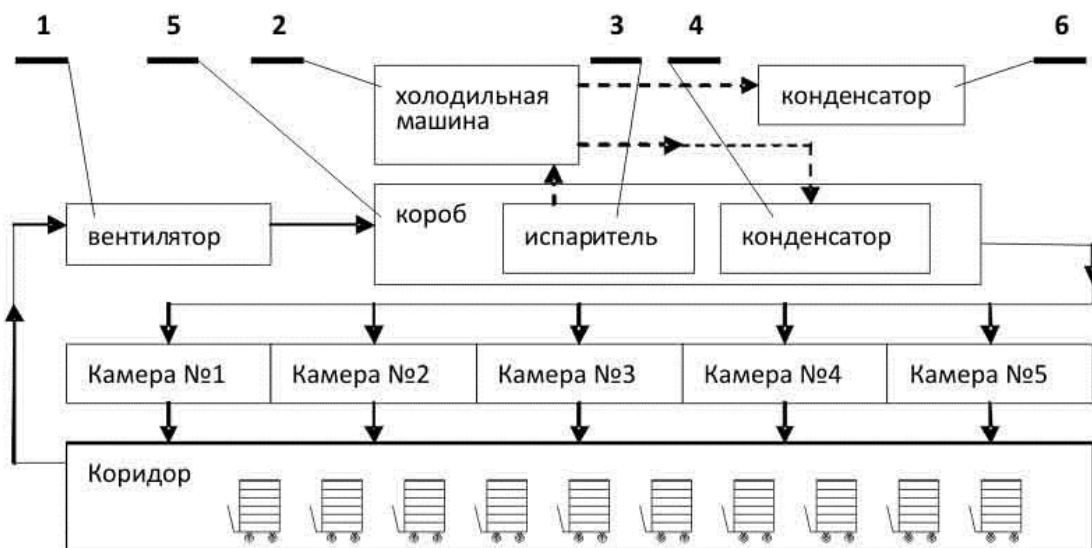


Рис. 1. Схема расстановки оборудования подготовки воздуха при замкнутом цикле: 1 - вентилятор высокого давления, 2 - холодильная машина, 3 - дополнительный охладитель-осушитель (испаритель холодильной машины), 4 - конденсатор (воздухоподогреватель), 5 - вентиляционный короб, 6 - дополнительный конденсатор (вынесен за пределы системы вентиляции помещения сушильных камер).

Рециркуляционная сушилка для бычков работает таким образом. Воздух, под действием вентилятора, через дополнительный охладитель-осушитель движется в воздухоподогреватель. Дополнительный охладитель-осушитель, выполнен в виде испарителя холодильной машины. При снижении температуры ниже точки росы, после дополнительного охладителя-осушителя, избыточная влага

выпадает в виде конденсата водяных паров и отводится при помощи патрубка для отвода конденсата, который расположен в нижней точке воздухопровода, служащего для подсоединения дополнительного охладителя-осушителя к воздухоподогревателю. Воздух, из которого удалена часть влаги, попадает в воздухоподогреватель, выполненный в виде конденсатора холодильной машины. Подогретый в воздухоподогревателе воздух с низкой относительной влажностью, поступает по патрубку через диффузор под сетчатую основу стеллажей с бычками в корпусе помещений сушильной камеры, где, благодаря низкой относительной влажности воздуха, из бычков удаляется часть влаги и отводится потоком воздуха.

Рециркуляционная сушилка предназначена для непрерывной сушки бычков или другой рыбы. Эксплуатация сушилки производится в закрытых помещениях с установкой вентиляционного воздухоотсасывающего оборудования.

Агентом сушки является горячий воздух. Нагрев сушильного агента производится в теплогенераторе, в качестве которого используется конденсатор холодильной машины. При использовании холодильной машины, работающей в режиме теплового насоса для подогрева сушильного агента, появляется возможность использовать тепловую энергию, выделяющуюся при конденсации паров воды, содержащихся в исходном воздухе, которая суммируется с энергией паров холодильного агента в компрессоре холодильной машины.

Для определения количества воды, которое удаляется из воздуха, используемого для сушки бычков или другой рыбы в дополнительном охладителе-осушителе и расчета уменьшения количества энергии, необходимой для сушки, по сравнению с обычной сушилкой, необходимо задаться следующими условиями: для сушки используем атмосферный воздух при начальной температуре  $t_1 = 20$  °С и влажности  $\varphi_1 = 60$  %. Дальнейший расчет выполняем по *Hd*-диаграмме влажного воздуха.

1. По *Hd*-диаграмме находим точку «1» на пересечении линий  $t_1=20$  °С и  $\varphi_1=60\%$  и для неё определяем влагосодержание (содержание воды в кубометре воздуха) равное  $d_1 = 10$  граммов на кг воздуха и энтальпию  $H_1= 42$  кДж/кг.

Из точки «1» проводим линию  $d_1 = \text{const}$  до пересечения с линией  $\varphi = 100\%$ . Это будет точка росы 1'. От точки 1' по линии  $\varphi = 100\%$  опускаемся до пересечения с изотерой  $t_2= 3$  °С получим точку «2». Точка пересечения «2» характеризует состояние воздуха на выходе из дополнительного охладителя-осушителя. В дополнительном охладителе-осушителе, выполненном в виде испарителя холодильной машины, воздух охлаждается ниже точки росы до температуры

$t_2 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ , влажность его повышается до  $\varphi_2 = 100\%$ . При этом его влагосодержание будет равно  $d_2=4,7$  г/кг, а энтальпия  $H_2 = 18$  кДж/кг.

Уменьшение влагосодержания составит

$$\Delta d = d_1 - d_2 = 10 - 4,7 = 5,3 \text{ г/кг.}$$

2. То есть, при прохождении одного килограмма воздуха через дополнительный охладитель-осушитель, выполненный в виде испарителя холодильной машины, из него удаляется 5,3 грамма воды в виде конденсата.

3. Из точки «2» проводим линию  $d_1 = 4,7$  г/кг = const до пересечения с изотермой  $t_3 = 25^\circ\text{C}$ , получим точку «3». Точка пересечения «3» характеризует состояние воздуха на выходе из теплогенератора, в качестве которого используется конденсатор холодильной машины. Для неё определяем влагосодержание равное  $d_3 = 4,7$  граммов на кг воздуха и энтальпию  $H_3 = 58$  кДж/кг, влажность воздуха понижается до  $\varphi_3 = 7,5\%$ .

4. Из точки «3» проводим линию  $H_3 = 58$  кДж/кг = const до пересечения с линией постоянной относительной влажности  $\varphi_4 = 95\%$ , получим точку «4». Точка «4» характеризует состояние воздуха на выходе из сушильной камеры. При этом его влагосодержание будет равно  $d_4=15$  г/кг, а энтальпия  $H_4 = 58$  кДж/кг.

Определяем изменение влагосодержания влажного воздуха, относительно 1 кг сухого воздуха в процессе сушки.

$$\Delta d = d_4 - d_3 = 15 - 4,7 = 12,3 \text{ грамм/кг.}$$

То есть, 1 килограмм воздуха может забрать из бычков 12,3 грамма воды и удалить её в виде водяного пара (очень важно, чтобы пар не сконденсировался в сушилке или на её выходе и не увлажнил бычки, поэтому его относительная влажность должна быть не выше  $\varphi_4 = 95\%$ ).

Аналогично выполняем расчеты для процесса сушки в сушилках без предварительного осушения воздуха. Результаты расчетов процесса сушки в сушилках без предварительного осушения воздуха и в предлагаемой сушилке с предварительным осушением воздуха представим в виде таблицы 1.

Таблиця 1 – Результати расчета процесса сушки бычков

Величины	Температура, $t$ °С	Относительная влажность, $\phi$ %	Влаго содержание, $d$ , г/кг	Изменение влаго содержания, $\Delta d$ , г/кг	Энтальпия, $H$ , кДж/кг	Изменение Энтальпии, $\Delta H$ , кДж/кг
Номер точки						
1 с осушением	20	60	10	нет	42	нет
2 с осушением	3	100	4,7	5,3	18	-24
3 с осушением	45	7,5	4,7	нет	58	+ 40
4 с осушением	22	95	15	12,3	58	нет
1 без осушения	20	60	10	нет	42	нет
2 без осушения	нет	нет	нет	нет	нет	нет
3 без осушения	45	15	10	нет	63	+21
4 без осушения	24	95	18	8	63	нет

5. Определяем увеличение производительности по отобранной из бычков влаги в сушилке с предварительным осушением воздуха в сравнении с обычной сушилкой

$$k = \frac{d_{\text{новый}} - d_{\text{обычный}}}{d_{\text{новый}}} \cdot 100 = \frac{12,3 - 8}{12,3} \cdot 100 = 35\%.$$

6. Определяем расход теплоты на нагрев 1 кг воздуха в сушилке без предварительного осушения

$$q_{\text{обычн}} = \Delta H_{\text{обычн}} = H_{3\text{обычн}} - H_{1\text{обычн}} = 63 - 42 = 21 \text{ кДж / кг.}$$

7. Определяем расход теплоты на нагрев 1 кг воздуха в сушилке с предварительным осушением

$$q_{\text{новый}} = \Delta H_{\text{новый}} = H_{3\text{новый}} - H_{2\text{новый}} = 58 - 18 = 40 \text{ кДж / кг.}$$

8. Определяем количество тепловой энергии отобранной у исходного воздуха в дополнительном охладителе-осушителе, выполненном в виде испарителя холодильной машины

$$q_{\text{новый отобр}} = \Delta H_{\text{доп охлад}} = H_{1\text{новый}} - H_{2\text{новый}} = 42 - 18 = 24 \text{ кДж / кг.}$$

9. Определяем количество энергии, затрачиваемой в компрессоре холодильной машины

$$q_{\text{компр}} = h_2 - h_1 = 570 - 540 = 30 \text{ кДж / кг.}$$

10. Определяем количество энергии, отдаваемой нагреваемому воздуху в конденсаторе холодильной машины

$$q_{\text{конд}} = h'_2 - h_1 = 560 - 430 = 130 \text{ кДж / кг.}$$

11. Определяем количество тепловой энергии идущей на сушку бычков

$$q_{\text{сушки}} = q_{\text{компр}} + q_{\text{конд}} = 30 + 130 = 160 \text{ кДж / кг.}$$

12. Определяем долю энергии, затрачиваемой в компрессоре холодильной машины

$$r = I_{\text{компр}} / q_{\text{сушки}} = 30 / 160 = 0,19.$$

13. Определяем расход энергии, затрачиваемой в компрессоре холодильной машины, для нагрева 1 кг воздуха в сушилке с предварительным осушением

$$q_{\text{новый}} = \Delta H_{\text{новый}} = \Delta H_{\text{новый}} \cdot r = 40 \cdot 0,19 = 7,6 \text{ кДж / кг.}$$

14. Определим экономию энергии, затрачиваемой на сушку бычков в сушилке с предварительным осушением воздуха в сравнении с обычной сушилкой

$$q_{\text{эк. новый}} = (q_{\text{обычн}} - q_{\text{новый}}) / q_{\text{обычн}} \cdot 100\% = (12,8 - 7,6) / 12,8 \cdot 100 = 40,6\%.$$

*Выводы.* Таким образом после исследования предложенной методики можно сделать следующие выводы.

1. Методика может быть использована для практического применения при расчете сушки бычков или другой рыбы.

2. Увеличение производительности по отобранной из бычков влаги в сушилке с предварительным осушением воздуха в сравнении с обычной сушилкой составляет около 35 %.

3. Экономия энергии, затрачиваемой на сушку бычков или другой рыбы в сушилке с предварительным осушением воздуха по сравнению с обычной сушилкой более 40 %.

4. Кроме того с целью сохранения ценных питательных веществ рыбы, температура сушки должна быть от 21 до 30 градусов.

5. Оптимальная относительная влажность воздуха, для процесса сушки рыбы, лежит в пределах 50-70%. Причём, в начале сушки необходима более высокая влажность, а в конце - более низкая.

6. Чтобы разность парциальных давлений оставалась на нужном уровне, необходимо непрерывное удаление водяных паров из сушильного агента (воздуха). Делают это с помощью искусственной циркуляции воздуха со скоростью 0,5 м/с через испаритель холодильной машины. Если увеличить скорость, то процесс сушки будет идти слишком интенсивно, если уменьшить – слишком медленно.



7. Чтобы дать влаге равномерно распределиться по всему объёму рыбы, процесс сушки периодически останавливают. Остановки можно делать вручную или автоматически через заданные промежутки времени. За время таких остановок, происходит перераспределение влаги между слоями продукта с разным влагосодержанием. (Нагрев до  $+25^{\circ}\text{C}$ , охлаждение до  $+3...10^{\circ}\text{C}$ ).

8. Отвод влаги из сушильной камеры при охлаждении происходит на поверхности испарителя холодильной машины.

9. Загрузка только что оттаявшей рыбы очень сильно удлиняет процесс. Для ускорения процесса, рыбу необходимо предварительно нагреть до температуры в камере.

10. Если в камере нет потерь (то есть, если она герметична и теплоизолирована) необходимо делать проветривание свежим воздухом для понижения температуры и предотвращения появления затхлого запаха.

Литература:

1. *Дацишин О.В.* Машины та обладнання переробних виробництв / О.В. Дацишин та ін. – К.: Вища освіта, 2005. – 155 с.

2. *Николаев Б.А.* Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов / Б.А. Николаев. – М.: Экономика, 1964. – 224с.

3. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

4. *Гинзбург А.С.* Сушка пищевых продуктов. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 376 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОГО СУШІННЯ БИЧКІВ**

Стручаев М.І., Ялпачик В.Ф.

**Анотація** - розглянуто процес сушіння бичків в рециркуляційній сушарці з використанням елементів холодильної машини.

## **USING REFRIGERATE MASHIN FOR RECILKULATE DRYING OF FISH**

M. Struchayev, V. Yalpachyk

### *Summary*

**In this work the drying of fish with the use of refrigerate mashin for recilkulate drying is considered.**

УДК 631.361.43

## МОЛОТКИ ДРОБАРОК КОРМІВ, ЇХ КОЛИВАННЯ І МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ

Ялпачик Ф.Ю., к.т.н.,

Буденко С.Ф., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – робота присвячена аналізу явища коливань молотків подрібнювачів рослинних кормів. Наведена методика розрахунку пластинчастих молотків зернових дробарок.

**Ключові слова** – дробарки молоткові, робочі елементи, коливання, методи розрахунку.

*Постановка проблеми.* Із усього різноманіття існуючих способів переробки кормів, найбільше застосування одержала механічна технологія приготування кормів, в якій найважливішим процесом є подрібнення.

Для реалізації цього одного з найбільш енергоємних процесів при переробці фуражного зерна на корм, застосовують, в основному, різні за конструктивним виконанням молоткові дробарки. При тонкому подрібнюванні ці дробарки дають до 30 % пилоподібної (переподрібненої), а при грубому до 20 % недоподрібненої фракції, що призводить до збільшення витрат енергії і до втрат кормів.

Таким чином, вивчення, розробка і подальше впровадження досконалих зразків подрібнювальної техніки, є головною проблемою сучасного кормоприготування.

*Аналіз останніх досліджень.* Процес подрібнювання різних видів кормів вивчали багато вітчизняних і закордонних учених. Серед них В.П. Горячкин, П.А. Ребіндер, С.В. Мельников, П. Ріттингер, В.І. Сироватка і багато інших. Процеси подрібнювання фуражного зерна досліджували також: В.К. Бряков, Г.Ф. Бахарев, А.М. Левин і, у деякій мірі, і автор цієї статті.

Але, слід відзначити, що подрібнювачі ще мають досить високу енерго- та металоємність, низьку технологічність, а якість матеріалу не завжди повністю відповідає зоотехнічним вимогам.

Таким чином, ще немає повного обґрунтування і конструктивних параметрів ефективних режимів роботи подрібнювачів зерна.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є вивчення процесу коливання молотків зернової дробарки за умови попередження

неприпустимих резонансних коливань молотків та молоткового барабана і викладення методики, що пропонується для їх розрахунку.

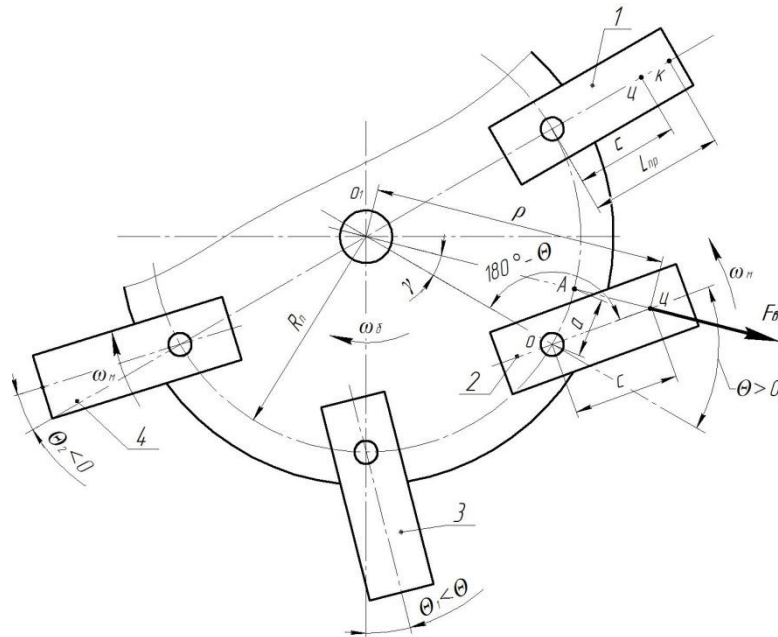
*Основна частина.* Молотки подрібнюючих пристроїв встановлені на барабані що обертається, періодично зустрічають опір окремих порцій маси, яка подрібнюється, і щоразу дещо відхиляються від свого радіально-рівноважного стану в сторону протилежну обертанню та вертаються в первісне положення під дією відцентрової сили.

Таким чином, молотки на своїх пальцях роблять коливальний рух відносно своїх осей підвісу на барабані.

Кути відхилення молотків, як показали попередні дослідження [7], є настільки малими, що при цьому не порушуються умови нормальної роботи апарата. Однак, при резонансному режимі коливань, кути відхилення молотків можуть досягти таких значень, при яких будуть порушені первісні умови.

Система барабан-молотки – система з двома ступенями свободи, із взаємозалежними коливаннями молотків відносно барабана та барабана відносно осі його обертання. Аналіз коливань такої системи є досить складним [2]. Тому, в якості першого наближення, розглядаються окремо власні коливання молотків відносно барабана за умови постійної кутової швидкості його обертання, умови попередження резонансу цих коливань, а потім умови гасіння молотками крутильних коливань молоткового барабана.

Власні коливання шарнірно підвішеного молотка (рисунок 1) відносно центру перерізу осі в точці  $O$ , можна розглядати як коливання фізичного маятника в полі відцентрової сили  $F_c$ .



1 - молоток у радіально-рівноважному і 2, 3, 4 - в відхиленому положеннях

Рис. 1. Схема коливання молотка дробарки.

Ця сила відновлює радіально-рівноважне положення молотка. Для визначення власних коливань маятника, можна використати диференціальне рівняння обертання тіла навколо осі  $z$  (осі перпендикулярній площини рисунка, що проходить через точку  $O_I$ )

$$I_z \ddot{\theta} = \sum_{k=1}^n m_z(F_k),$$

де  $I_z$  - момент інерції молотка відносно осі  $z$ ;

$\ddot{\theta}$  - кутове прискорення молотка відносно осі  $z$ ;

$\sum_{k=1}^n m_z(F_k)$  - сума моментів відносно осі  $z$  усіх зовнішніх сил;

Кутове прискорення молотка обумовлене як друга похідна за часом  $t$ ; від кута  $\theta$  повороту молотка від рівноважного положення.

Відцентрову силу  $F_g = m \cdot \omega_0^2 \cdot \rho$  можна вважати прикладеною до центру маси молотка (точка  $u$ , див. рисунок).

Якщо орієнтовно прийняти радіус обертання центру маси молотків  $\rho = 0,15 \dots 0,2$  м, та кутову швидкість барабана в межах

$\omega = 180 \dots 320$  рад/с, то сила ваги молотка  $F_g = m \cdot g$  складе від відцентрової сили  $F_g$  всього  $0,002 \dots 0,0005$  частину.

Також незначним є момент сили  $F_g$  у порівнянні з моментом сили  $F_g$  і ним можна знехтувати. Сила реакції осі підвісу відносно осі  $z$  моменту не утворює і тому сума моментів усіх зовнішніх сил буде дорівнювати моменту відцентрової сили

$$\sum_{k=1}^n m_z(F_k) = -F_g \cdot a = -m \cdot \omega_0^2 \cdot \rho \cdot a.$$

Знак мінус тут свідчить про те, що напрямок моменту сили  $F_z$  є протилежним напрямку позитивного відліку кута повороту  $\theta$ .

Із трикутника  $O_1AO$  (див. рисунок) плече  $a$  відцентрової сили відносно осі  $z$  складе  $a = R_n \sin \gamma$ .

Із трикутника  $O_1CO$  за теоремою синусів:

$$c / \sin \gamma = \rho / \sin \theta \text{ і } \sin \gamma = c \cdot \sin \theta / \rho \text{ звідки } a = c \cdot R_n \cdot \sin \theta / \rho$$

Момент зовнішніх сил

$$\sum_{k=1}^n m_z(F_k) = -m \cdot \omega_0^2 \cdot R_n \cdot c \cdot \sin \theta.$$

Підставивши знайдене значення моменту у співвідношення між радіусом  $R_n$  окружності центрів осей молотків та їх приведеною

довжиною  $l_{np}$ , тобто  $R_n = 2,25l_{np}$ , що забезпечує стійкий рух, молотків, одержимо:

$$I_z \ddot{\Theta} + m \cdot \omega_0^2 \cdot R_n \cdot c \cdot \sin \Theta,$$

$$\text{або} \quad \ddot{\Theta} + K^2 \sin \Theta = 0, \quad (1)$$

$$\text{де} \quad K = \omega_0 \sqrt{m \cdot c \cdot R_n / I_z}.$$

При малих кутах  $\Theta$  можна прийняти  $\sin \Theta = \Theta$  і тоді одержимо лінійне однорідне диференціальне рівняння другого порядку з постійним коефіцієнтом  $\ddot{\Theta} + K^2 \cdot \Theta = 0$ , розв'язанням якого, як і рівняння коливання звичайного маятника з малою кутовою амплітудою [2], є

$$\ddot{\Theta} = \alpha \sin kt, \quad (2)$$

де  $\alpha \cdot \Theta / K$  - кутова амплітуда;

$K$  - кругова частота власних коливань молотка;

$$K = \omega_0 \sqrt{m \cdot c \cdot R_n / I_z} = \sqrt{R_n / l_{np}},$$

де  $l_{np} = I / m \cdot c$  приведена довжина фізичного маятника (рівна довжині математичного маятника з таким же періодом коливання, як і у даного маятника).

Період коливань такого маятника (молотка) складає

$$T = 2\pi / K = \frac{2\pi}{\omega_0} \sqrt{I_z / (m \cdot c \cdot R_n)}.$$

Рівняння (2) є рівнянням власних гармонійних коливань молотка; частота і період таких коливань не залежать від початкових умов. Ця властивість називається ізохронністю малих коливань.

З уточненого розв'язання диференціального рівняння (1), за аналогією з розв'язанням [3] для фізичного маятника, що коливається в гравітаційному полі (для випадку, коли величина кута  $\Theta$  значна), отримаємо, що період коливань складе

$$T_y = \frac{2\pi}{\omega_0} \sqrt{\frac{I_z}{m_c \cdot R_n}} \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \dots \right).$$

При кутовій амплітуді коливань  $\alpha = 60^\circ$  уточнене значення періоду коливань  $T_y$  відрізняється від наближеного на 3,5 %, а при  $\alpha = 20^\circ$  – усього на 0,8%.

Якщо врахувати, що в процесі подрібнення зернової маси кормів кут відхилення молотка не перевищує  $8^\circ$  [7], то допущення  $\sin \Theta \approx \Theta$  і використання отриманих з його урахуванням залежностей не може привести до істотних погрешностей.

У монографії [6] наведена наступна формула для розрахунків періоду коливання ножа (молотка):

$$T = \frac{4}{\omega_0} \sqrt{\frac{I_{np}}{R_n}} \cdot S \frac{\pi}{2} \sin^2 \beta = \frac{2\pi}{\omega_0} \sqrt{\frac{I_z}{m_c \cdot R_n}} \cdot S \cdot \sin \beta,$$

де  $S$  - площа розмаху;  $\beta$  - кут максимального відхилення ножа.

Тут відповідно до рисунка трохи змінені позначення величин у порівнянні з наведеними в [6].

Слід зазначити, що в цій формулі розмірності лівої ( $s^{-1}$ ) і правої ( $s^{-1} \cdot m^2$ ) частин неоднакові; це не дозволяє використовувати її для аналізу явища коливань молотків і практичних розрахунків.

Для попередження резонансу коливань молотків частота збуджуючої сили повинна бути не рівною і не кратною частоті власних коливань. Періодично діючою збуджуючою силою коливання молотка є сила опору подрібнюванню чергової порції маси при зустрічі молотка з першим і наступними протирізами. Проміжні зустрічі молотка із частками маси, що подрібнюється, відбуваються випадково не періодично і частота періодично збуджуючої коливання сили рівна або кратна числу обертів барабана в секунду, тобто:

$$K_z = \omega_0 / (2\pi \cdot z),$$

де  $z = 1, 2, 3, \dots$  - число рядів протирізів, встановлених по дузі на деку подрібнювача.

Для попередження резонансу коливань молотків частота їх власних коливань не повинна збігатися із частотою збуджуючої сили

$$\omega_0 \sqrt{R_n / I_{np}} \neq \omega_0 / (2\pi \cdot z),$$

звідки умова попередження коливання молотків

$$R_n / I_{np} \neq 1 / (4\pi^2 \cdot z^2). \quad (3)$$

У випадках порушення цієї умови можливий резонанс коливання молотків. Сили опору повітря, зважених у повітрі часток маси, які переміщуються по деці, тертя молотка об вісь (палець) демпфірують коливання молотків і тут можливий лише, так званий „тупий“ резонанс.

За певних умов молотки барабана можуть виконувати функцію маятникового демпфера (гасителя) крутильних коливань вала барабана. Як маятникові гасителі коливання, молотки міняють власну частоту пропорційно кутовій швидкості вала барабана.

Для повного гасіння крутильних коливань основної маси (маси барабана) власна частота коливань гасителя (молотка) повинна бути рівною або кратною коловій частоті барабана [2].

Таким чином повинна бути збережена умова

$$K = \omega_0 \sqrt{R_n / l_{np}} = \omega_0 \cdot N,$$

звідки  $R_n = N^2$ , де  $N$  - кратність коливань  $0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3...$  (або гармоніка збурювання);

$$R_n / l_{np} = 0,25; 1; 2,25; 4; 6,25; 9. \quad (4)$$

Тому що  $N \neq 1/(2\pi \cdot z)$ , то виконання умови гасіння крутильних коливань вала забезпечує умова (3) попередження резонансних коливань молотків і величину відношення достатньо вибрати з умови (4).

При  $R_n / l_{np} = 0,25$  довжина молотків виходить дуже великою, а при  $R_n / l_{np} = 6,5$  – неприпустимо малою, тому кращими вважаються відношення  $2,25$  і  $4,0$ .

Разом з тим зношування молотків супроводжується зміненнями положення центру качання (точки  $\kappa$ ) відповідно приведеній довжині  $l_{np}$  молотків і відношенню  $R_n / l_{np}$ . Тому вивчення ступеня порушення умов (4) у процесі експлуатації може бути об'єктом цікавих досліджень динаміки молоткових дробарок.

З вищесказаного можна зробити висновки, що при відношеннях радіуса  $R_n / l_{np} = 2,25$  і  $R_n / l_{np} = 4,0$  зберігаються як умови повного гасіння крутильних коливань вала молоткового барабана, так і умови попередження резонансних коливань молотків.

Сила реакції, що сприймається кожним молотком дробарки при ударах по матеріалу, який подрібнюється, досягає 200 Н [1]. Значна частина її передається на зчленування молотків з їх осями і на опори вала молоткового барабана. Таке навантаження, враховуючи велику частоту (до 50 Гц), викликає інтенсивне зношування цих деталей. Отже, необхідно спроектувати та розрахувати такі молотки, ударні імпульси яких якнайменше навантажували б опори і зчленування.

Відомо [2, 3], що ударний імпульс  $S_n$ , який передається на вісь підвісу молотка (рис. 2, а), діє за правилом фізичного маятника:

$$S_n = \left( \frac{I}{c \cdot l_y} - m \right) \cdot (v_2 - v_1), \quad (5)$$

де  $I$  - відповідно момент інерції молотка відносно осі підвісу;

$m$  – маса молотка;

$c$  і  $l_y$  - відстань від осі підвісу до центра  $m$  маси молотка і центра удару  $y$  (точніше, точки прикладання рівнодіючої реакції імпульсу удару);  $v_1$  і  $v_2$  - колові швидкості переміщення центра маси  $m$  молотка (відносно осі підвісу) до і після удару.

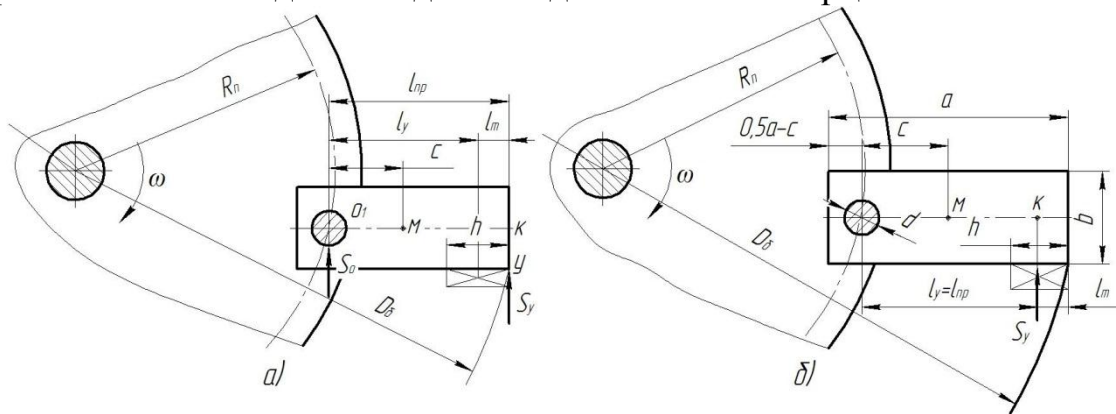
Вилучивши за дужки з правої частини рівняння (5) величину  $m$  та маючи на увазі, що [4]  $I/(m \cdot c) = l_\kappa$ , то одержимо:

$$S_n = m \cdot \left( \frac{l_{np}}{l_y} - 1 \right) \cdot (v_2 - v_1), \quad (5 \text{ а})$$

де  $l_{np}$  - приведена довжина молотка, який розглядається у даному випадку як фізичний маятник.

З рівняння (5 а) видно, що  $S_n$  дорівнюватиме нулю при  $l_{np} = l_y$ , тобто ударні імпульси від молотків не передаються на осі підвісу у випадку, коли центр удару збігається з центром качання. При цьому удар стає ефективнішим і тому раціональніше використовується кінетична енергія молотка на подрібнення.

Згідно із загально визнаною методикою розрахунку [1, 4, 6] вважається, що центр удару розташований у центрі зовнішньої торцевої грані молотка – у точці  $k$  (рис. 2, а). Проте, через наявність деякої висоти шару  $h$  порції матеріалу, яку захоплює молоток, центр удару  $u$  розташований на деякій відстані від зовнішнього торця молотка.



- а) центр качання  $k$  розташований у зовнішнього торця;  
 б) центр качання  $k$  розташований на відстані від торця молотка.  
 Рис. 2. Схема розташування дійсного центра удару.

Там же повинен розміщуватися центр качання  $k$  (рис. 2, б). Припущення, що  $l_m = 0$  може призвести до серйозних похибок, аналіз яких слід розглянути поглиблено.

Як видно з рис. 1, в, приведена довжина молотка дорівнює:

$$l_{np} = c + 0,5a - l_m. \quad (6)$$

Ця ж довжина  $l_{np} = I / (m \cdot c)$ , для пластинчастого прямокутного молотка товщиною  $\delta$ , виготовленого з матеріалу щільністю  $\rho_m$ , з двома отворами діаметром  $d$ , дорівнює



$$l_{np} = \frac{\frac{a^3 \cdot b + a \cdot b^3}{12} + a \cdot b \cdot c^2 - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \left( \frac{d^2}{4} + 4c \right)}{\left( a \cdot b - \frac{\pi \cdot d^2}{2} \right) \cdot c}, \quad (7)$$

де  $a$  і  $b$  - відповідно довжина та ширина молотка.

Із спільного розв'язання рівнянь (6) та (7) знайдемо, що відстань  $c$  від осі підвісу  $O_I$  до центра маси  $m$  молотка

$$c = -0,5A + \sqrt{0,25A^2 + B}, \quad (8)$$

$$\text{де } A = (0,5a - l_{mk}) \left( \frac{2a \cdot b}{\pi \cdot d^2} - 1 \right); \quad B = \frac{a \cdot b(a^2 + b^2)}{6\pi \cdot d^2} - \frac{d^2}{8}.$$

При  $l_m = 0$  залежності (8) і (9) перетворюються на рекомендовані методикою розрахунку молотків [1, 4, 6], тому одержані нами формули можна вважати уточненими та більш загальними.

Спільно розв'язуючи рівняння (6) та (7) одержимо для молотка з двома отворами

$$l_{np}/a = (0,5 - k_1)(1,5 - 0,318 \cdot k_2/k_3) + \sqrt{0,25[(0,5 - k_1)(0,637 \frac{k_2}{k_3} - 1)]^2 + 0,053k_2 \frac{1+k_2^2}{2} - 0,125k_3^2}. \quad (10)$$

$$\text{де } k_1 = l_m/a; \quad k_2 = b/a; \quad k_3 = d/a.$$

Висоту  $h$  порції шару матеріалу, яку захоплює молоток, можна обчислити з заданої продуктивності дробарки. В існуючих конструкціях розмір  $h$  досягає 40...60 мм.

Якщо врахувати, що центр удару розташований посередині висоти шару, то  $l_m = 0,5$ , а відношення  $k_1 = l_m/a = 0,2...0,5$ .

Відношення  $k_2 = b/a$  приймають [6] в межах 0,4...0,5, а діаметр  $d$  отворів молотків 18...20 мм [6]. Значення  $k_3 = d/a$  вибирається в залежності від діаметра  $D$  та прийнятого значення  $R_n/l_{np}$ , так при

$$D = 300...1000 \text{ мм і } R_n/l_{np} = 2,25 \text{ значення } k_3 = 0,3...0,09.$$

При прийнятому з технологічних міркувань діаметрі барабана  $D$  розрахункова приведена довжина молотка

$$l_{np} = \frac{D}{2(1 + R_n/l_k + l_m/l_k)}. \quad (11)$$

Прийнявши значення  $k_1, k_2, k_3, D$ , можна розрахувати значення відношень  $l_{np}/a, l/a$ , а потім визначити розміри молотка  $l_{np}, a, b, d, c$ .

*Висновки.* Дослідження підтвердили, що значення відношень радіуса підвісу молотків до їх приведеної довжини **2,25** і **4,0** повністю гарантують умови гасіння крутильних коливань вала молоткового барабана і умови попередження резонансних коливань молотків, але змінення приведеної довжини внаслідок зносу порушує ці умови і вивчення цього явища потребує подальших досліджень.

Одержані авторами і наведені у статті загальні уточнені залежності дають змогу визначати розміри „врівноважених на удар“ молотків для дробарок з достатньо великими значеннями висоти шару матеріалу, що подрібнюється, який захоплюють молотки.

Література:

1. *Алешкин В.Р.* Механизация животноводства / В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. - М.: Агропромиздат, 1985. - 336 с.
2. *Бабицкий В.Н.* Динамическое гашение колебаний / В.Н. Бабицкий // Вибрации в технике. - Т.6. - М.: Машиностроение, 1981. - С. 326-362.
3. *Бать М.И.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. II. / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон - М.: Наука 1966. - 663 с.
4. *Гернет М.М.* Курс теоретической механики. / М.М. Гернет - М.: Высшая школа, 1970. - 440 с.
5. *Мельников С.В.* Механизация и автоматизация животноводческих ферм. / С.В. Мельников. - Л.: Колос. 1978. 560 с.
6. *Резник Н.Е.* Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. - М.: Машиностроение, 1975. - 312 с.
7. *Ялпачик Ф.Е.* Кормодробилки: Конструкция, расчет / Ф.Е. Ялпачик, Г.С. Ялпачик, Н.Л. Крыжачковский, В.Н. Кюрчев. Под ред. к.т.н. Г.С. Ялпачика. - Запорожье: Коммунар, 1992, - 290 с.

## **МОЛОТКИ ДРОБИЛОК КОРМОВ, ИХ КОЛЕБАНИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА**

Ялпачик Ф.Ю., Буденко С.Ф.

**Аннотация** – работа посвящена анализу явления колебаний молотков измельчителей растительных кормов. Приведенная методика расчетов пластинчатых молотков зерновых дробилок.

## **HAMMERS OF CRUSHERS FEED THEIR FLUCTUATION AND METHOD OF CALCULATION**

F. Yalpachik, S. Budenko

### *Summary*

**The work is devoted to the analysis of the phenomenon of oscillation of the hammers, grinders of plant feed. The technique of calculations of plate hammers grain crushers.**

УДК 664.8:658.562.5

## ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ЦУКАТІВ З ДИКОРОСЛОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г.В., д.т.н.,

Афукова Н.О., к.т.н.,

Шабельська І.І., студентка \*

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 336-89-79

**Анотація** – наведено результати досліджень масообмінних процесів під час виробництва цукатів з дикорослої сировини. Встановлено, що раціональні режими проведення цих процесів дозволяють підвищити якість готових виробів, збільшити їх вихід, а також інтенсифікувати процес виробництва цукатів.

**Ключові слова** – масообмінний процес, інтенсифікація, екстракція, варення, цукати, дикорослі плоди, маринад.

*Постановка проблеми.* На сьогодні якість продукції стає значущим чинником успіху підприємства, гарантує високий рівень продажу та розширення сфери впливу на ринку. В Україні на даний час підвищився попит на продукти з плодово-ягідної сировини, які містять значну кількість біологічно активних речовин (БАР). У той же час потреба у вітчизняних консервованих продуктах на плодово-ягідній основі задовольняється не більше ніж на 20% [1].

Для України дикорослі плоди та ягоди є перспективною сировиною у зв'язку з тим, що вони збагачені біологічно активними речовинами, мають відносно високе пристосування до місцевих умов, імунітет до багатьох захворювань, тому дають найбільш стабільні врожаї у порівнянні з культурними рослинами. Однак, незважаючи на всі позитивні характеристики дикорослих плодів ті ягід, їх переробка не є масовим виробництвом [2].

Тому важливою задачею є використання дикорослих плодів і ягід, які є важливим природним ресурсом для розширення асортименту харчових виробів із плодів і ягід.

Слід відзначити, що використання дикорослої сировини особливо сприятливе для виробництва цукатів. Асортимент цукатів на ринку України обмежений і наданий, в основному, плодово-ягідними цукатами закордонних виробників. Ці цукати мають невисоку харчову цінність, недоступні широкому колу споживачів внаслідок високої вартості.

---

© Дейниченко Г.В., д.т.н., Афукова Н.О., к.т.н., Шабельська І.І., студентка

\* Науковий керівник – Дейниченко Г.В., д.т.н.

*Аналіз останніх досліджень.* Традиційна технологія приготування цукатів є складною та довготривалою. Вона складається з процесу бланшування попередньо підготованих плодів гострою парою, гарячою водою, або 0,1%-ним розчином лимонної чи винної кислоти. Варіння плодів і ягід в концентрованому цукровому сиропі проводиться одноразово або багаторазово в вакуум-апараті при чергуванні кипіння при атмосферному тиску та охолодження створенням розрядження 35...40 кПа, після чого плоди та ягоди підсушуються до вмісту сухих речовин 81...83%, обсипаються цукром-піском або глазуруються. Існують різні модифікації цієї загальної технологічної схеми.

Підготовчі процеси, теплова обробка при традиційній технології виробництва цукатів призводять до небажаних змін в структурі БАР, які пов'язані із харчовою цінністю та органолептичними показниками готової продукції. Так, бланшування проводиться за температури 80...100° С, уварювання може складати від 60 до 300 хвилин; при цьому втрати вітаміну С досягають 70% [3,4]. Отже, традиційний процес приготування цукатів є довготривалим, трудомістким та енергоємним, що запобігає широкомасштабному промислому впровадженню. У зв'язку з цим, виникає задача суттєвої інтенсифікації цього процесу.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є дослідження масообмінних процесів під час виробництва цукатів з дикорослих плодів для його інтенсифікації.

*Основна частина.* Нами було розроблено новий спосіб виробництва цукатів з диких яблук і груш. Для підвищення харчової і біологічної цінності цукатів з дикорослих плодів, зменшення втрат маси, а також розм'якшення сировини плоди перед уварюванням у цукровому сиропі витримували в пряному маринаді, отриманому на основі водного екстракту ароматичних трав з додаванням 0,3% до маси екстракту оцтової кислоти за температури 70...75°С.

Метою досліджень є встановлення раціональних режимів обробки сировини. Для цього було досліджено масообмінні процеси під час екстрагування з ароматичних трав, витримування диких плодів у пряному маринаді, уварювання в цукровому сиропі.

Для приготування пряного маринаду отримали водний екстракт ароматичних трав. Кінетику екстрагування ароматичних речовин досліджували залежно від температури екстракту і розміру частинок трав.

В експерименті визначався вміст сухих речовин в екстракті за наступних параметрів вхідних величин: температура екстрагента  $t = 50, 70, 90^{\circ} \text{C}$ ; розмір частинок трав  $l = 1, 3, 5 \text{ мм}$ ; тривалість процесу  $\tau = 100 \text{ хв}$ ; швидкість обертання мішалки –  $10 \text{ хв}^{-1}$ .

Для обробки результатів експериментів кінетики екстракції використовували рівняння

$$C = C_p \left(1 - e^{-K_c \cdot \tau}\right), \quad (1)$$

де  $C$  – концентрація сухих речовин в настій, %;  $C_p$  – рівноважна концентрація, %;  $K_c$  – константа швидкості процесу;  $\tau$  – тривалість процесу, с.

У результаті регресійного аналізу була визначена наступна залежність:

$$C = (0,42 + 0,05t) \cdot \left(1 - e^{-(0,104 + 0,00094t)\tau}\right), \quad (2)$$

де рівноважна концентрація  $C_p(t) = 0,42 + 0,05t$ ; константа швидкості  $K_c = 0,104 + 0,00094t$ ;  $t$  – температура процесу, °С.

На рис. 1 наведено ізолінії концентрації сухих речовин у настій залежно від температури і тривалості екстракції з розміром дисперсної фази  $l = 3$  мм.

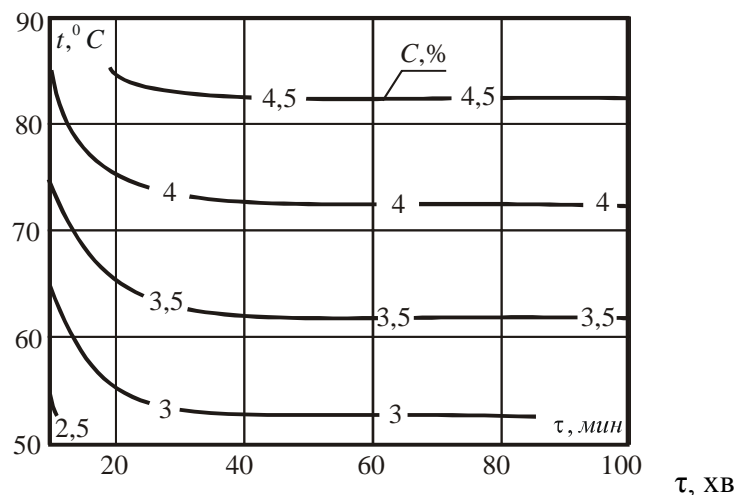


Рис. 1. Карта рівня ізоліній кінетики концентрації сухих речовин (C, %) у настій залежно від температури.

Як видно з рис. 1, за 90° С, при розмірі часток 3 мм та тривалості екстрагування 60 хв практично досягається максимальна рівноважна концентрація екстрактивних речовин  $C_p \approx 4,5\%$ . Після II ступеня екстрагування з трав вилучається ще приблизно 1%, після III ступеня – ще 0,5% екстрактивних речовин. Подальше збільшення кількості ступенів екстрагування практично недоцільне.

Таким чином, встановлений раціональний режим процесу екстрагування з суміші ароматичних трав: температура екстрагента – 90° С, тривалість процесу – 60 хв, розмір частинок трав – 3 мм; для зменшення кількості відходів необхідно застосовувати три ступені екстракції. Традиційно попередню теплову обробку плодів для отримання цукатів здійснюють бланшуванням водою протягом 5...15

хв за температури 80...100° С або парою. Одним із завдань бланшування є розм'якшення сировини, що призводить до інтенсивного вбирання цукру.

Згідно з розробленим способом, плоди витримували у пряному маринаді. Ступінь розм'якшення плодів при цьому визначали за допомогою компресійних характеристик диких яблук за умов осьового стискання. В експериментах використовували дикі яблука з одного дерева з діаметром 20 мм і масою 15 г. Плоди піддавали тепловій обробці у воді за температури  $t = 95^\circ \text{C}$  (зразок 1) і в пряному маринаді за  $t = 75^\circ \text{C}$  (зразок 2). Результати експериментів наведено на рис. 2.

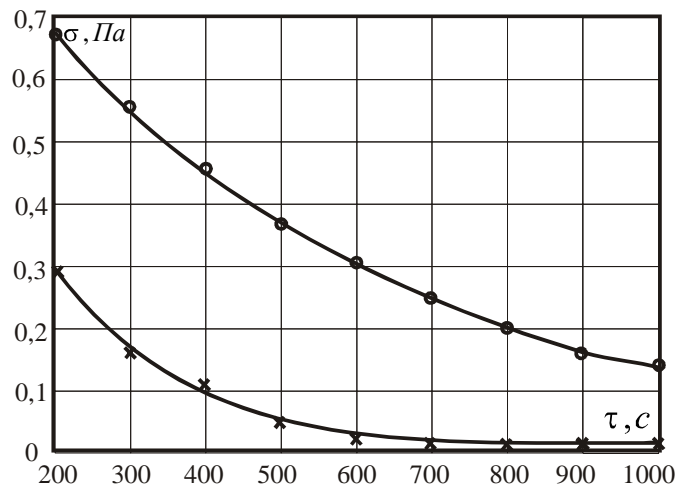


Рис. 2. Кінетика компресійних характеристик диких яблук під час теплової обробки: х – у воді за  $t = 95^\circ \text{C}$ ; о – в маринаді за  $t = 75^\circ \text{C}$ .

Отримані дані описуються рівнянням вигляду

$$\sigma_{\theta} = a \cdot 10^{-b\tau}, \quad (3)$$

де  $\sigma_{\theta}$  – тимчасовий опір руйнуванню, Па;  $\tau$  – тривалість теплової обробки, с; а, в – емпіричні коефіцієнти, значення яких наведені у табл.1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів рівняння (3)

Зразок	Теплоносій	Температура $t, ^\circ \text{C}$	Коефіцієнти	
			$a \cdot 10, \text{ Па}$	$b, \text{ с}^{-1}$
1	Вода	95	1,9	0,0095
2	Маринад	75	0,0095	0,0028

Отримані дані (рис. 2) свідчать, що для досягнення необхідного розм'якшення плодів під час витримування в маринаді тривалість теплової обробки повинна складати 900 с, при цьому тимчасовий опір руйнуванню знижується порівняно з початковим в 4 рази.

Варення плодів у цукровому сиропі проводилося у вакуум-випарному апараті. Плоди, які пройшли попередню теплову обробку в пряному маринаді, витримували перед варенням в цукровому сиропі

за  $t = 75^\circ \text{C}$  протягом 60 хв. Сироп концентрацією 65% готували на основі пряного маринаду. Варення плодів за умов залишкового тиску 70...74 кПа протягом 13 хв чергували з періодами охолодження протягом 10 хв, за яких початковий тиск в апараті складав 40 кПа, а потім його поступово знижували.

Результати експериментального дослідження кінетики концентрації сухих речовин в диких яблуках під час їх уварювання у цукровому сиропі наведені на рис. 3.

З рисунка видно, що внаслідок випаровування вологи з сиропу його концентрація зростає з часом від 65 до 82%, причому в періоди охолодження дещо знижується внаслідок дифузії розчинених сухих речовин із сиропу в плоди.

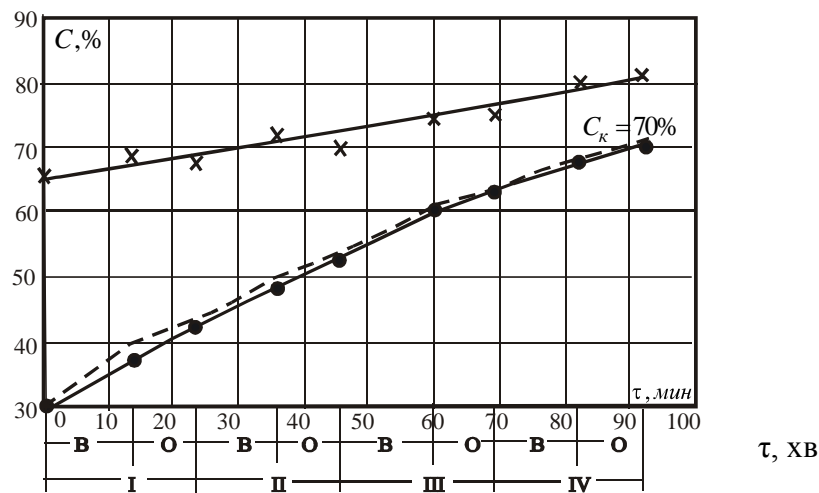


Рис. 3. Кінетика концентрації сухих речовин в процесі уварювання дикорослих плодів: —●— в плодах; —×— в сиропі; — — — розрахункові кінетичні залежності вказаних концентрацій; відмічені періоди варення „В” і охолодження „О”; I-IV – цикли обробки.

Концентрація сухих речовин у диких яблуках під час варення у цукровому сиропі підвищується від 30% до 70%. Тривалість кожного варення була скорочена з 15 хв (для культивованих яблук) до 13 хв, що стало можливим завдяки більш високому початковому вмісту сухих речовин у плодах після витримування в сиропі на основі пряного маринаду і достатньому їх розм'якшенню. Необхідна концентрація сухих речовин в плодах (70%) була досягнута після чотирьох циклів обробки (варення і охолодження), загальна тривалість процесу склала 92 хв. Інтенсифікація процесу була досягнута також за рахунок зменшення залишкового тиску в апараті під час охолодження плодів від 40 до 30 кПа [5,6].

*Висновки.* Отже, завдяки раціональним режимам підготовки й уварювання диких плодів скорочуються втрати сировини на 5%, підвищується якість цукатів, інтенсифікується процес на 15...20%, зберігаються цілісність, форма та привабливий зовнішній вигляд готових цукатів.

## Література:

1. *Луканин, А.С.* Комплексная переработка плодово-ягодного сырья [Текст] / А.С Луканин, В.Н. Ежов // Пищевая промышленность. – 1992. – №1. – С. 31.
2. *Машковский, М.Д.* Лекарственные средства [Текст] / М.Д. Машковский. – М.: ООО «Изд-во Новая Волна», 2008: в 2-х т. – 1206 с.
3. *Никифоров, А.В.* Организация переработки дикорастущего пищевого сырья – Электронный ресурс: <http://rae.ru/forum2010/pdf/article530.pdf>
4. *Рогачев, В.И.* Справочник технолога плодоовощного консервного производства [Текст] / Под ред. В.И. Рогачева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.– 408 с.
5. *Киптелая, Л.В.* Рациональные режимы вспомогательной обработки диких плодов при производстве цукатов [Текст] / Л.В. Киптелая, Н.А. Афукова // Проблеми якості у громадському харчуванні, готельному господарстві і туризмі: матер. міжнар. наук.-практ. конф. – К.: КДТЕУ. – 1998. – С. 98-99.
6. *Киптелая, Л.В.* Исследование динамики массопереноса при варке диких яблок и груш в сахарном сиропе [Текст] / Л.В. Киптелая, Н.А. Афукова // Удосконалення процесів та апаратів хімічних, харчових та нафтохімічних виробництв: тези доп. 9 Міжнар. конф. – Одеса: ОДАХТ. – 1996. – С. 86.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦУКАТОВ ИЗ ДИКОРАСТУЩЕГО СЫРЬЯ

Дейниченко Г.В., Афукова Н.А., Шабельская И.И.

**Аннотация** – приведены результаты исследования массообменных процессов при производстве цукатов из дикорастущего сырья. Установлено, что рациональные режимы проведения этих процессов позволяют повысить качество готовых изделий, увеличить их выход, а также интенсифицировать процесс производства цукатов.

## INVESTIGATING MASS-EXCHANGING PROCESSES DURING THE MANUFACTURE OF SUCCADES FROM WILD-GROWING FRUITS

G. Deynichenko, N. Afukova, I. Shabelska

### *Summary*

**The results of the investigations of mass-exchanging processes during the manufacture of succades from wild-growing fruits are described in the article. It is determined that rational regimes of mass-exchanging processes allow raising quality of ready products, increase their output, and intensify manufacturing process of succades.**



УДК 631.3.002.5

## МЕХАНІЗАЦІЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕННЯХ

Мінько С.А., аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. +380978779999

**Анотація** - у статті наведено результати попередніх випробувань фрези для обробітку ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень з обертанням робочих органів навколо вертикальної осі. Визначено значення показників якості обробітку ґрунту фрезою і обґрунтована доцільність удосконалення параметрів форми і положення її робочих органів.

**Ключові слова** – фреза, робочий орган, ґрунт, пристовбурна смуга, плодкові насадження, структура ґрунту.

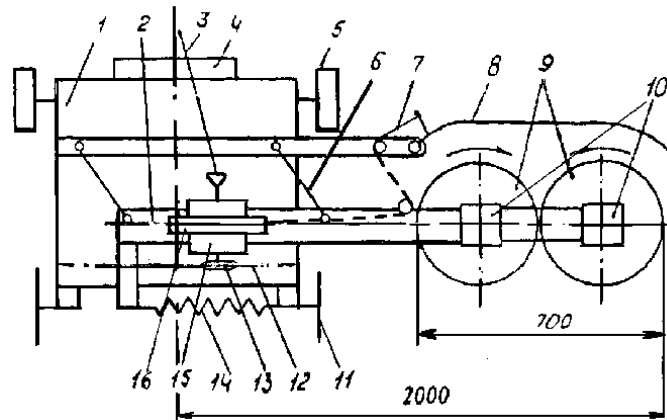
*Постановка проблеми.* У Постанові Бюро Президії НААНУ від 19 травня 2010р. акцентовано увагу на те, що рівень механізації в галузі садівництва є дуже низьким і не перевищує 14%, забезпеченість садівничих господарств технікою становить 20 – 25%, а промисловість України спеціалізовану садову техніку практично не виробляє, що негативно впливає на подальший розвиток галузі. Також профільним науковим установам рекомендовано зосередити увагу на дослідженнях з розробки машин для садів інтенсивного типу.

*Аналіз останніх досліджень.* В дослідженнях [1] наводиться, що витрати на паливо та техніку є найбільшими при обробітку ґрунту комплексом машин, який був розроблений у 70-і роки для утримання ґрунту під чорним паром в садах екстенсивного типу. В основу комплексу було покладено такі поняття як «пристовбурна смуга», «підкоронова зона», «вільна частина міжряддя». До його складу увійшли: фреза ФА-0,76, дискові борони БДС-3,5 та БДСТ-2,5, культиватор КСГ-5 з шириною захвата 3м, 4м, 5м, який обробляє вільну частину міжряддя і пристовбурну смугу. Такий комплекс машин не є ресурсоощадним для обробки ґрунту в садах інтенсивного типу.

Найбільш перспективним способом утримання ґрунту в садах інтенсивного типу є комбінований спосіб, при якому вільна частина міжряддя утримується під задернінням, а пристовбурна смуга – під чорним паром [2]. Також доведено, що більш якісний обробіток ґрунту в пристовбурних смугах досягається за рахунок застосування робочих органів з вертикальною віссю обертання [2,3,4] (далі – фреза).

*Мета дослідження.* Визначити ефективність застосування фрези з вертикальною віссю обертання для обробки ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень інтенсивного типу та довести доцільність проведення досліджень з визначення оптимальних параметрів її робочих органів.

*Основна частина.* Експериментальний зразок фрези з вертикальною віссю обертання робочих органів був розроблений в НПО “Плодмашпроект” (рисунок 1).



1 - рама; 2- висувна секція; 3- карданна передача; 4- автозчеплення; 5- опорно-регулюючі колеса; 6 - паралелограмний механізм; 7- трос; 8- щуп; 9- фрезерні барабани; 10- конічні редуктори; 11- дисковий ніж; 12- ланцюг; 13- зірочка; 14 - зворотна пружина; 15 - редуктор; 16- фрикційна муфта.

Рис. 1. Конструктивна схема фрези [3].

Фрезерні барабани 9, впливають на ґрунт робочими органами, які мають циліндричну форму діаметром 20 і довжиною 200 мм з нахилом від вертикалі в напрямку обертання на кут  $30^\circ$ , що забезпечує їхнє самоочищення від рослинних залишків. Кожний барабан фрези має по три робочих органи, які розташовані в шаховому порядку. Між робочими органами фрези і редуктором 10 встановлені фрикційні муфти для запобігання аварійних поломок при влученні в зону розпушування великих каменів, дроту та інших перешкод. Фрезерні барабани обертаються з частотою  $3,5 \text{ c}^{-1}$ , але в різних напрямках, і розташовані від осі МТА на відстані 2000 мм, що дає можливість застосування фрези в молодих і низькорослих насадженнях. Агрегатується фреза із тракторами класів 9,14 і 30 кн, а швидкість руху знаходиться в межах від 0,41 м/с до 1 м/с. Конструкція фрез передбачає можливість регулювання глибини обробки ґрунту. Дана фреза пройшла попередні випробування в Інституті зрошуваного садівництва в насадженнях яблуні (схема садіння саду 4 x 2,5м) і персика (схема садіння саду 6 x 4м). Відповідно до програми випробувань визначалась якість обробки ґрунту в пристовбурних

смугах саду робочими органами фрези. За результатами випробувань встановлено, що фреза при обробітку чорнозему південного легкосуглинкового вологістю від 15% до 20% утворюється такий агрегатний склад:

- 1 менше 0,25 мм – 23,3% ;
- 2 від 0,25 до 1 – 16% ;
- 3 від 1 до 3 – 13,7% ;
- 4 від 3 до 7 – 15,4 ;
- 5 від 7 до 10 – 7,9% ;
- 6 більше 10 – 23,7% .

Згідно з [5] оптимальне кришення ґрунту вважається таким, який містить 50% частки ґрунту діаметром від 1мм до 10мм і 50% діаметром від 10мм до 50мм, а частки ґрунту діаметром менше 0,25мм вважаються розпиленими (коефіцієнт розпилення). Враховуючи те, що при обробітку ґрунту фрезою частка з грудками діаметром від 1мм до 0,25мм і менше склала 39,3%, то коефіцієнт розпилення можна вважати надмірним. Значення коефіцієнтів рихлення (сума значень 2,3,4 і 5 фракцій складає 37%) та глибістості – 23,7% є низькими.

З наведених даних можна отримати коефіцієнт збереження структури ґрунту, який визначається як відношення кількості агрегатів ґрунту розміром від 0,25мм до 7мм (у нашому випадку 45,1%) та суми агрегатів менше 0,25мм і більше 7мм (54,9%). Враховуючи наведене, значення коефіцієнту збереження структури ґрунту буде дорівнювати 0,82.

#### *Висновки.*

1 Пристовбурні смуги в плодкових насадженнях інтенсивного типу доцільно утримувати під чорним паром за допомогою механізованого способу обробітку ґрунту активними робочими органами з вертикальною віссю обертання.

2 Існуючий експериментальний зразок фрези з вертикальною віссю обертання робочих органів забезпечує обробіток ґрунту з коефіцієнтом збереження його структури 0,82, що не сприяє створенню оптимальних умов для проходження біологічних процесів у ґрунті, і, як наслідок, для росту і розвитку плодкових дерев.

3 Для підвищення коефіцієнта збереження структури ґрунту в пристовбурних смугах саду необхідно визначити граничні значення показників його фракційного складу та їх оптимальне співвідношення для різних типів ґрунтів з урахуванням застосування зрошення.

4 Досягти оптимальної структури ґрунту в пристовбурних смугах плодкових насаджень можна за рахунок застосування робочих органів фрези, параметри форми і положення яких сприятимуть підвищенню кількості агрегатів в обробленому ґрунті з розміром від 0,25мм до 7мм .

Література.

1 *Караев А. И.* Метод системного анализа механизированных технологий в орошаемом садоводстве/ *А. И. Караев* // Техника АПК - 2000 р. - №2. – С.6-8.

2 *Саньков С.М.* Фреза с вертикальной осью вращения для обработки присвольных полос в саду / *С.М.Саньков, В.И.Цимбал* //Садоводство и виноградарство. – Москва: 2003. –№4.– С.9 -10.

3 *Караев А.И.* Обработка почвы в приствольных полосах многолетних насаждений фрезерной машиной /*А.И. Караев, С.М.Саньков, А.Ф.Сафонов* //Садоводство и виноградарство. – Москва: 1998. –№1.– С.12 -13.

4 *Завражнов А.И./* Механизация обработки межствольных полос в слаборослых садах/ *А.И. Завражнов, К.А. Манаенко* //Садоводство и виноградарство. – Москва: 1997. –№1.– С.10 -11.

5 *Акапян Р.А.* / Система показателей качества почвообрабатывающих машин // *Р.А. Акапян.* – Москва: 1997. – С. 286.

## **МЕХАНИЗАЦИЯ ОБРОБОТКИ ПОЧВЫ В ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ**

Минько С.А.

**Аннотация** - в статье приведены результаты предварительных испытаний фрезы для обработки почвы в приствольных полосах плодовых насаждений с вращением рабочих органов вокруг вертикальной оси. Определены значения показателей качества обработки почвы фрезой и обоснована целесообразность усовершенствования параметров формы и положения ее рабочих органов.

## **MECHANIZATION FOR FRUIT TREES PLANTATION TILLING**

S. Min'ko

### **Summary**

The results of preliminary testing of the cutter for fruit trees zones tilling by means of rotating the working parts round the vertical axis have been given in the article. Tillage quality indices values by means of cutter have been defined as well as the expediency for working parts shape and position parameters improvement have been substantiated.

УДК 631.362.33

## ВИЗНАЧЕННЯ КІНЦЕВИХ МОМЕНТІВ ПЕРІОДИЧНОГО РУХУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ ПО ПОВЕРХНІ РЕШЕТА

Малюта С.І., к.т.н.,

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

Малюта І.В., викладач вищої категорії, викладач - методист

*ВСП Мелітопольський коледж ТДАТУ*

Тел. (0619) 42-20-00

**Анотація** – визначена функціональна залежність моментів часу кінця періодичного руху шару зернового матеріалу по поверхні горизонтального решета від моменту часу початку вказаного руху.

**Ключові слова** – зерно, решето, прискорення, швидкість, модель, усталений рух, час.

*Постановка проблеми.* Ефективність процесу очищення зернових матеріалів та насіння від дрібних та крупних домішок, а також їх сортування значною мірою залежить від характеру усталеного руху даних матеріалів по поверхні коливних решіт. При цьому, зважаючи на періодичність та те, що просіювання часток можливе тільки під час руху, важливим є визначення моментів часу його початку, кінця, а також протяжність часу зупинок шару при зміні напрямку руху.

*Аналіз останніх досліджень.* Механіко-математичні моделі усталеного руху зернового матеріалу по поверхнях плоских, вібраційно-відцентрових та пневмовібровідцентрових решіт розглянуті в роботах Летошнева М.Н. [1], Гончарова Є.С. [2,3], Гончарова Є.С. та Малюти С.І. [3]. У згаданих роботах рух шару зерна або насіння моделюється рухом окремо взятої матеріальної частки масою  $m$ . Коефіцієнт тертя ковзання  $f$  приймається сталим, не залежним від швидкості  $V$  руху частки. Решето має кінематичний зв'язок зі збудником коливань і приводиться в коливний рух за допомогою кривошипно-шатунного механізму. Рух матеріальної частки  $m$  описується за допомогою систем нелінійних неоднорідних диференціальних рівнянь другого порядку як "вниз", так і "вгору" по решету (1), (2), (3). Дані моделі визначають умови переміщення частки по решетах, умови її утримання, умови початку та кінця руху частки "вниз" і "вгору".

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\delta} \frac{d^2 \xi_{BB}}{dt^2} &= \omega^2 r \cdot \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\varepsilon + \alpha + \varphi)} \\ \frac{1}{\delta} \frac{d^2 \xi_{BH}}{dt^2} &= \omega^2 r \cdot \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\varepsilon + \alpha - \varphi)}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \xi_B}{dt^2} &= \omega_2^2 r \cdot \cos \omega_2 t - g - \omega_1^2 R f \\ \frac{d^2 \xi_H}{dt^2} &= \omega_2^2 r \cdot \cos \omega_2 t - g + \omega_1^2 R f. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 \xi_{BB}}{dt^2} &= \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t - g \left[ k_{\text{ц}} t g(\varphi - \beta) + 1 - \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi - \beta)} k_B \right] \\ \frac{d^2 \xi_{BH}}{dt^2} &= \omega_1^2 r \cdot \cos \omega_1 t + g \left[ k_{\text{ц}} t g(\varphi + \beta) - 1 - \frac{\sin \varphi}{\cos(\varphi + \beta)} k_B \right]. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При цьому, кути повороту кривошипа, що відповідають, відповідно, моментам початку та кінця руху матеріальної частки визначаються з виразів (4) та (5) в роботі Летошнева М.Н. [1], та (6) і (7) в роботах Гончарова Є.С. [2], Гончарова Є.С. та Малюти С.І. [3].

$$\theta_1 = \arccos \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{k \cos(\varepsilon + \alpha - \varphi)}, \quad (4)$$

$$\sin \theta_2 - \theta_2 \cos \theta_1 = \sin \theta_1 - \theta_1 \cos \theta_1, \quad (5)$$

$$\alpha_1 = \pi - \arccos \left[ \frac{g(kf - 1)}{\omega_2^2 r} \right], \quad (6)$$

$$\alpha_2 = \pi + \arccos \left[ \frac{g(kf - 1)}{\omega_2^2 r} \right], \quad (7)$$

Зважаючи на те, що кути початку руху частки по сепаруючій поверхні  $\theta_1$ , і  $\alpha_1$  визначені однозначно і вірно, то кут кінця  $\theta_2$  вказаного руху за виразом (5) можна визначити тільки чисельними методами з використанням ЕОМ, а кут  $\alpha_2$  за виразом (7) взагалі визначається не вірно, оскільки вказана точка відповідає моменту максимальної відносної швидкості частки  $V$ . Таким чином, вирази як (5), так і (7) не дозволяють виконувати швидкий та оперативний аналіз умов відносного руху матеріальної частки  $m$  по поверхні решета.

*Формування мети статті (постановка задачі).* Метою статті є обґрунтування залежності кута кінця відносного руху частки по поверхні решета  $\alpha_{\text{кін}}$  як функції кута початку вказаного руху  $\alpha_{\text{поч}}$

$$\alpha_{\text{кін}} = f(\alpha_{\text{поч}}). \quad (8)$$

*Основна частина.* Численні теоретичні та експериментальні дослідження, розрахунки, а також графічна інтерпретація їх результатів свідчать про наступне. Кут кінця відносного руху частки по поверхні решета  $\alpha_{\text{кін}}$  є функцією кута початку вказаного руху  $\alpha_{\text{поч}}$ . При цьому, діапазон можливого руху частки по поверхні решета приблизно дорівнює потроєній різниці  $\frac{\pi}{2} - \alpha_{\text{поч}}$  (рисунок 1).

$$\text{Або} \quad \alpha_{\text{кін}} - \alpha_{\text{поч}} = 3\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_{\text{поч}}\right). \quad (9)$$

$$\text{Звідки} \quad \alpha_{\text{кін}} = \left(\frac{3\pi}{2} - 2\alpha_{\text{поч}}\right). \quad (10)$$

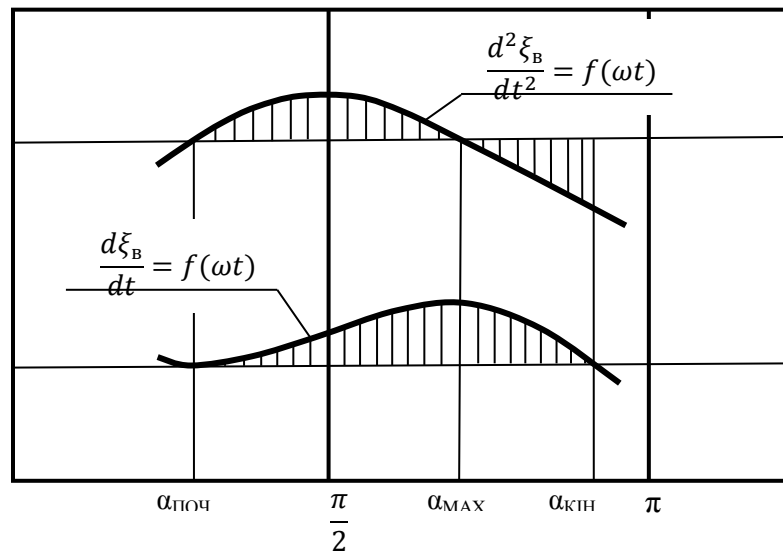


Рис. 1. Графіки залежностей зміни відносного прискорення та відносної швидкості частки від кута повороту кривошипа.

З метою встановлення точності вказаного припущення в діапазонах можливого руху частки були виконані розрахунки  $\alpha_{\text{кін}} = f(\alpha_{\text{поч}})$  чисельним методом Рунге-Кутта, результати яких були прийняті за "точні", та при тих же значеннях  $\alpha_{\text{поч}}$  за допомогою виразу (10). Відносна похибка розрахунків в діапазоні зміни  $\alpha_{\text{поч}}$  від 0,6 до 1,2 радіана, наведена на рисунку 2, свідчить, що у вказаному діапазоні вона не перевищує 3,0 %, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків.

Отже, точки значень кутів, що характеризують відносний рух матеріальної частки масою  $m$  по поверхнях плоских, вібраційно – відцентрових та пневмовібровідцентрових решіт в загальному вигляді можна представити як

$$\alpha_{\text{ПОЧ}} = \alpha_{\text{ПОЧ}} + 2\pi n, \quad n \in \mathbb{Z} \quad (11)$$

$$\alpha_{\text{МАХ}} = (\pi - \alpha_{\text{ПОЧ}}) + 2\pi n, \quad n \in \mathbb{Z} \quad (12)$$

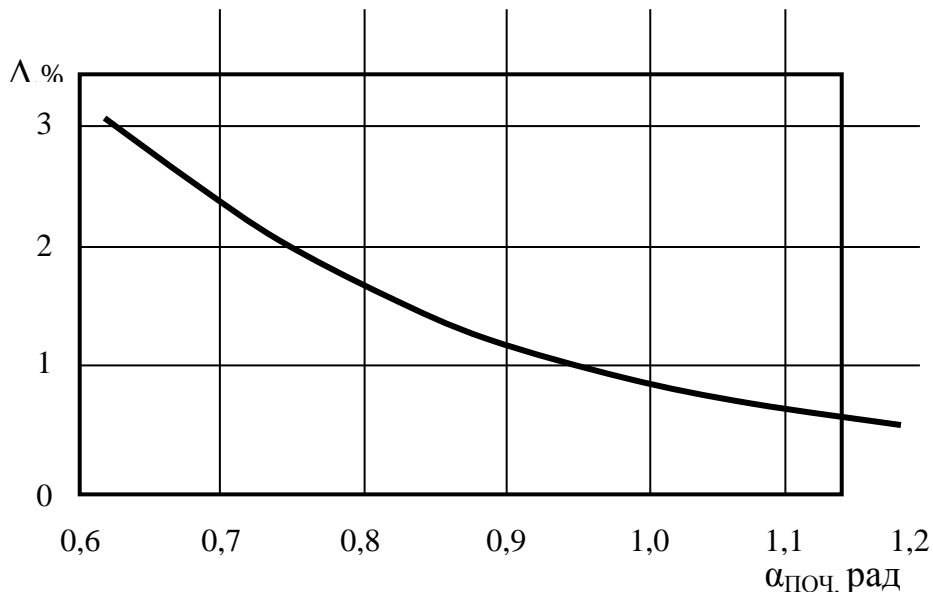


Рис. 2. Графік залежності відносної похибки розрахунку  $\alpha_{\text{кін}}$  від кута повороту кривошипа.

$$\alpha_{\text{кін}} = \left( \frac{3\pi}{2} - 2\alpha_{\text{поч}} \right) + 2\pi n, \quad n \in Z \quad (13)$$

*Висновки.* Таким чином, виходячи з вищенаведеного, можна зробити наступні висновки.

1. Кути кінця відносного руху частки по поверхні решета  $\alpha_{\text{кін}}$  є функцією кута початку вказаного руху  $\alpha_{\text{поч}}$ .

2. Значення кутів, що характеризують відносний рух матеріальної частки масою  $m$  по поверхнях плоских, вібраційно-відцентрових та пневмовібровідцентрових решіт можна розраховувати за виразами  $\alpha_{\text{поч}} = \alpha_{\text{поч}} + 2\pi n$ ;

$$\alpha_{\text{МАХ}} = (\pi - \alpha_{\text{поч}}) + 2\pi n; \quad \alpha_{\text{кін}} = \left( \frac{3\pi}{2} - 2\alpha_{\text{поч}} \right) + 2\pi n; \quad n \in Z.$$

3. Відносна похибка розрахунків в діапазоні зміни  $\alpha_{\text{поч}}$  не перевищує 3,0 %, що цілком прийнятно для інженерних розрахунків.

Література:

1. *Летошнев М.Н.* Сельскохозяйственные машины / М.Н.Летошнев // – М. - Л.: Сельхозгиз, 1949. - с. 488 – 504.

2. *Гончаров Е.С.* Вопросы теории центробежно – вибрационного метода сепарации зерновых материалов / Е.С.Гончаров // – В кн.: Труды молодых ученых, Вып. 7. – К: УСХА, 1962. – с. 188 – 194.

3. *Гончаров Е.С.* Механико – математическая модель движения частиц семенной смеси по поверхности ротора пневмовиброцентробежного сепаратора / Е.С.Гончаров, С.И.Малюта // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – Вып. 64. – с. 24 – 29.



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ МОМЕНТОВ  
ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА  
ПО ПОВЕРХНОСТИ РЕШЕТА**

Малюта С.И., Малюта И.В.

*Аннотация* – в статье раскрыто определение функциональной зависимости моментов времени конца движения слоя зернового материала от моментов времени начала указанного движения.

**DEFINING MOMENTS THE END PERIODIC MOTIONS  
GRAIN MATERIAL ON THE SURFACE A SIEVE**

S. Maliyta, I. Maliyta

*Summary*

**Determine the functional dependence of the end of the movement of grain from the sieve material for the start of movement.**

УДК 641.539:664

## ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДНО-ЖИРОВИХ ЕМУЛЬСІЙ

Дейниченко Г.В., д.т.н.,

Постнов Г.М., к.т.н.,

Червоний В.М., к.т.н.,

Старков В.О., студент \*

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

**Анотація** – робота присвячена проблемі теоретичного та експериментального визначення раціональної тривалості ультразвукової обробки для отримання високоякісних водно-жирових емульсій.

**Ключові слова** – ультразвук, частота, раціональна тривалість, емульсія, інтенсивність, температура.

*Постановка проблеми.* Емульсії знаходять широке застосування в багатьох галузях харчової промисловості. Однією із головних їх складових частин є жир.

Для отримання якісних емульсій використовують апарати різних типів. Серед них найпоширеніші змішувальні, циркуляційні, відцентрові, колоїдні млини й емульсори. Кожний з них має свої переваги та недоліки, обумовлені закладеними в конструкцію механізмами отримання емульсії.

На сьогоднішній час, перспективним є використання ультразвукової енергії для отримання емульсій.

Під час виробництва емульсій за допомогою ультразвуку стає можливим додатково вводити в них з жировою або водною фазами вітаміни та інші фізіологічно активні речовини, необхідні для нормального існування й розвитку організму; одержувати емульсії з наперед відомим складом і встановленим співвідношенням компонентів. Доцільно використовувати цю можливість під час готування соусів типу "майонез".

Жирові емульсії, отримані за допомогою ультразвуку, можна використовувати в хлібопекарському та кондитерському виробництвах як компонент продуктів, що виготовляються, так і для змащення пекарських форм. В останньому випадку можна зменшити

---

© Дейниченко Г.В., д.т.н., проф., Постнов Г.М., к.т.н., проф., Червоний В.М., к.т.н., доц., Старков В.О., студ.

\* Науковий керівник – Дейниченко Г.В., д.т.н., проф.

витрати харчових жирів за умови заміни їх на емульсії. Можливе використання жирових емульсій у готуванні ковбасних і м'ясних січених виробів з метою поліпшення якості продукції.

Теоретичною проблемою, яка обумовила дане дослідження, є складність визначення раціональної тривалості ультразвукової обробки водно-жирової емульсії.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблемами емульгування в полі ультразвуку в різний час займалися багато вчених, серед яких можна виділити Г. Чампбела, С. Лонга, В.М. Фрідмана, Л.М. Бреховських, О.О. Соколова, Ю.Ф. Заяса тощо.

Дані про вплив тривалості ультразвукової обробки на його здатність емульгувати суперечливі.

Було виявлено [1] два протилежних ефекти при застосуванні ультразвуку для емульгування:

1) ультразвук може збільшити швидкість руху часток у рідині, що викликає зростання числа й енергії зіткнень часток;

2) ультразвук викликає розрив рідини на маленькі частки, що сприяє емульгуванню.

Чампбелл і Лонг [2] встановили, що зменшення ступеня емульгування зі збільшенням тривалості обробки є наслідком надмірного нагрівання рідини. Під час емульгування рослинних жирів [1] на частоті 22 кГц середній діаметр жирових кульок дорівнює 1,2...1,6 мкм, причому цей діаметр трохи зменшується зі збільшенням тривалості емульгування від 2,5 до 30 хв.

Під час обробки ультразвуком поряд з диспергуванням може відбуватися й коалесценція. При постійній частоті й інтенсивності ефект процесу залежить від тривалості обробки. Тим часом наявні літературні дані або суперечливі, або не вказують оптимальної тривалості обробки.

*Формулювання цілей статті.* Мета та завдання статті полягає в необхідності визначення раціональної тривалості обробки водно-жирової суміші з допомогою ультразвуку. У процесі роботи необхідно визначити – від яких чинників залежить тривалість ультразвукової обробки. Таким чином, визначення тривалості обробки дозволить зменшити витрати енергії на проведення процесу емульгування.

*Основна частина.* Визначення тривалості обробки водно-жирових сумішей з використанням акустичного випромінювання ультразвукових технологічних установок є невід'ємним і важливим етапом у процесі отримання високоякісних водно-жирових емульсій.

На підставі проведених досліджень [3] можна зробити висновок, що під впливом ультразвуку в рідині та колоїдних розчинах спостерігається помітне підвищення температури зі швидкістю до декількох градусів за хвилину залежно від властивостей і об'єму середовища, що озвучують. Нагрівання відбувається внаслідок того, що періодичні стискання середовища призводять до адіабатичного

підвищення її температури в основному за рахунок перетворення невеликої частини акустичної енергії в теплову під час поглинання ультразвуку. Ступінь поглинання обумовлена властивостями середовища та структурою речовини. Найбільше енергії звукових хвиль поглинається в газах, менше – у рідинах і ще менше – у твердих тілах. При цьому поглинання зростає зі збільшенням частоти коливань.

Під час озвучування особливо інтенсивно нагріваються поверхні розподілу двох середовищ, що опромінюються. На межі двох середовищ із різними хвильовими опорами утворюється прикордонний шар. Якщо звукова хвиля падає на границю під кутом, то прикордонні шари роблять додатково тангенціальний зсув відносно один одного. Із цим прикордонним тертям пов'язане сильне локальне нагрівання, що розглядається як вторинний тепловий ефект. Ступінь нагрівання об'єкта, що озвучується, обумовлена інтенсивністю звуку. Поглинання звуку викликане насамперед теплопровідністю середовища і її «внутрішнім» тертям, тобто тертям між частками. Крім «внутрішнього», є також «зовнішнє» тертя, що виникає внаслідок того, що зсув має скінченну величину. У зв'язку із цим виникає рух часток біля граничної поверхні.

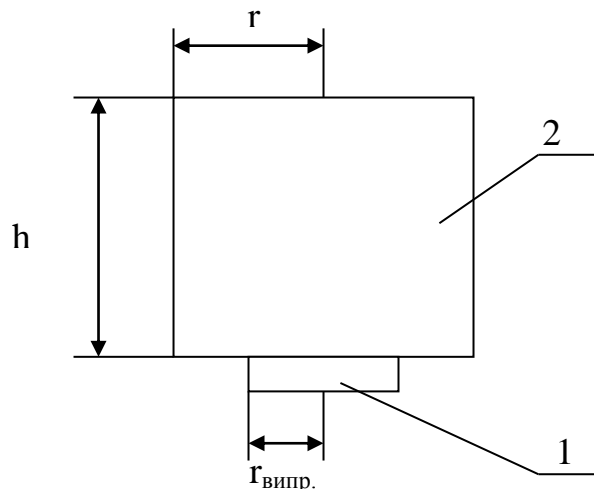


Рис. 1. Схема проведення ультразвукової обробки:  
1 – випромінювач, 2 – ємність з сумішшю, що обробляється.

Таким чином, для виявлення раціональної тривалості ультразвукової обробки необхідно провести розрахунки. Для цього вводимо певні умови. У циліндричній ємності радіусом  $r$  і висотою  $h$  обробляється за допомогою ультразвуку емульсія (рис. 1). Коефіцієнт заповнення ємності дорівнює 1, тобто висота ємності дорівнює висоті стовпа емульсії (товщиною стінок ємності можна знехтувати).

Під час опромінення всього об'єму середовища у вигляді шару товщиною  $h$  потужність  $P$ , витрачена на нагрівання середовища, буде становити різницю добутків інтенсивностей при вході в шар і на

виході на відповідні значення поперечного перерізу ультразвукового поля

$$P = I_1 F_1 - I_2 F_2, \quad (1)$$

де  $I_1$  – інтенсивність ультразвуку при вході в шар, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_1$  – площа випромінюючої поверхні ультразвукового апарата, м<sup>2</sup>;  $I_2$  – інтенсивність ультразвуку на виході із шару, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_2$  – площа поперечного перерізу ультразвукового поля, м<sup>2</sup>.

Припустимо, що випромінююча поверхня ультразвукового устаткування має форму кола з радіусом  $r_{\text{випр.}}$ , а площа поперечного перерізу ультразвукового поля дорівнює площі поперечного перерізу ємності. Отже, їхні площі відповідно дорівнюють

$$F_1 = \pi r_{\text{випр.}}^2, \quad (2)$$

$$F_2 = \pi r^2. \quad (3)$$

Величину інтенсивності ультразвуку на виході із шару можна визначити в такий спосіб.

$$I_2 = I_1 \cdot e^{-2\alpha h}, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання, м<sup>-1</sup>;  $h$  – товщина шару, що обробляється, м.

Грунтуючись на тому, що інтенсивність ультразвуку – це потік акустичної енергії, віднесений до одиниці поверхні, перпендикулярної напрямку поширення ультразвуку, або, іншими словами, акустична потужність, що припадає на одиницю поверхні, можемо визначити інтенсивність випромінювання при вході шару через амплітуду коливань  $A$  торця ультразвукового випромінювача

$$I_1 = \frac{1}{2} \rho \cdot \omega^2 A^2 c_{\text{зв.}}, \quad (5)$$

де  $\rho$  – щільність суміші що обробляється, кг/м<sup>3</sup>;  $\omega$  – кутова частота, рад/с;  $A$  – амплітуда ультразвукових коливань, м;  $c_{\text{зв.}}$  – швидкість звуку, м/с.

Кутову частоту визначають за формулою

$$\omega = 2\pi f, \quad (6)$$

де  $f$  – частота ультразвукових коливань, Гц.

Сумарний коефіцієнт поглинання  $\alpha$  є сумою коефіцієнтів поглинання, які залежать від в'язкості середовища  $\alpha_1$  й теплопровідності  $\alpha_2$ .

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2. \quad (7)$$

Поглинання  $\alpha_1$ , обумовлене в'язкістю середовища, розраховують за рівнянням Стокса [4], а поглинання за рахунок теплопровідності  $\alpha_2$  – за рівнянням Кірхгофа [4]:

$$\alpha_1 = \frac{8\pi^2 \cdot f^2 \eta}{3c_{36}^3 \cdot \rho}, \quad (8)$$

$$\alpha_2 = \frac{2\pi^2 \cdot f^2}{c_{36}^3 \cdot \rho} \cdot \frac{\gamma - 1}{c_p} \cdot \lambda_m, \quad (9)$$

де  $\eta$  – динамічна в'язкість середовища, Па·с;  $\nu$  – відношення питомих теплоємностей;  $c_p$  – теплоємність за постійного тиску, Дж/(кг·К);  $\lambda_m$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К).

Тоді, ґрунтуючись на формулах (8) і (9) отримаємо

$$2\alpha = \frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot \eta}{c^3 \cdot \rho_0} \cdot \left( \frac{4}{3} \eta + \frac{\nu - 1}{c_p} \cdot \lambda_m \right). \quad (10)$$

Припустимо, що вся акустична енергія яка поглинається буде витрачатися на нагрівання емульсії. Виходячи із цього, матимемо

$$P \cdot \tau = \Delta t \cdot G \cdot c, \quad (11)$$

де  $\tau$  – тривалість ультразвукової обробки, с;  $\Delta t$  – підвищення температури в наслідок обробки суміші, К;  $G$  – маса продукту що обробляється, кг;  $c$  – питома теплоємність продукту, Дж/(кг·К).

Маса оброблюваного продукту визначається за відомою формулою

$$G = V \cdot \rho, \quad (12)$$

де  $V$  – об'єм оброблюваного продукту, м<sup>3</sup>.

Тоді, використовуючи формулу (12), можна визначити тривалість ультразвукової обробки без обліку теплопровідності в такий спосіб

$$\tau = \frac{\Delta t \cdot V \cdot \rho \cdot c}{P}. \quad (13)$$

Ґрунтуючись на формулах (1)...(13), отримуємо

$$\tau = \frac{\Delta t \cdot r^2 \cdot h \cdot c}{2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot c_{36} \cdot \left( r_{узн.}^2 - r^2 \cdot e^{-\frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot \eta}{c^3 \cdot \rho_0} \left( \frac{4}{3} \eta + \frac{\nu - 1}{c_p} \lambda_m \right) h} \right)}. \quad (14)$$

Варто відзначити, що значення  $\Delta t$  залежить від виду жирової сировини. Початкова температура суміші повинна бути на  $5...10^\circ\text{C}$  вище температури плавлення жиру, що входить до її складу. Проте в процесі отримання емульсії значне підвищення температури (до  $65^\circ\text{C}$ ) приводить до дестабілізації жирів, що погіршує якість емульсії. До того ж, при проведенні емульгування важливим критерієм є ступінь дисперсності й стабільності емульсії, за якими судять про ефективність процесу емульгування. Ці показники не знайшли відображення в розрахунках, тому що визначити вплив чинників на них можна лише експериментальним шляхом.

У процесі проведення експерименту було, зроблено наступне. Жирова сировина, що мала температуру  $25^\circ\text{C}$ , була змішана з водою, температура якої складала близько  $80^\circ\text{C}$ . Концентрація жиру в суміші була обрана 30%, що зумовлено даними, які свідчать, що ультразвукове емульгування з цим вмістом жиру може проходити без присутності емульгаторів. Температура отриманої водно-жирової суміші колоїдно-емульсійного типу склала близько  $40^\circ\text{C}$ . Озвучування водно-жирової суміші без додавання емульгаторів і стабілізаторів проводилося при 22 кГц на установці ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т. Діаметр випромінювача дорівнював 15 мм, ємність мала внутрішній діаметр 65 мм, висота стовпчика суміші дорівнює 100 мм.

Графік залежності зміни температури від тривалості обробки ультразвуком представлений на рис. 2. Виміри температури проводили за допомогою термодатчика, який підключили до ЕОМ через USB-з'єднання і програми віртуального термометра VT-48.

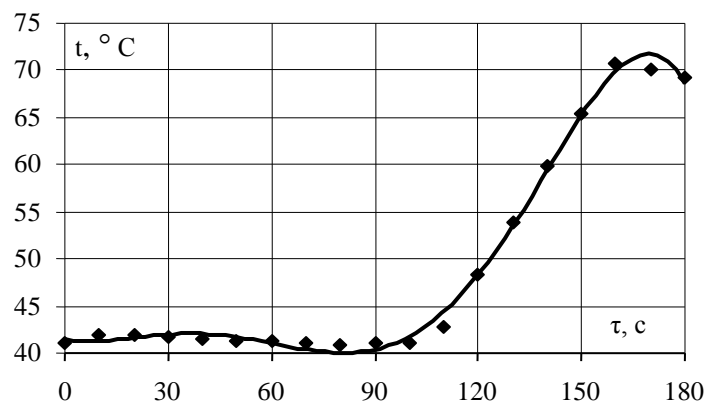


Рис. 2. Графік залежності температури водно-жирової суміші від тривалості ультразвукової обробки.

За результатами теоретичних розрахунків та використовуючи формулу (14), було визначено, що теоретична тривалість ультразвукової обробки складатиме 137 с. За результатами експерименту було виявлено, що отримана емульсія після ультразвукової обробки протягом 90 с має стабільність 68%, протягом 120 с – 82%, протягом 150 с – 93%. Подальше збільшення тривалості

ультразвукової обробки призводило до нагрівання емульсії більше ніж 65...70° С.

*Висновки.* Таким чином, за допомогою запропонованої авторами формули, можна розрахувати раціональну тривалість ультразвукової обробки. До того ж, представлена формула показує залежність тривалості ультразвукової обробки від наступних чинників: параметрів ультразвукової коливальної системи, геометричних розмірів ємності, характеристики сировини і його кількості.

Література:

1. Хмелёв В.Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве : научная монография / В.Н. Хмелёв, О.В. Попова. – Барнаул : АлтГТУ, 1997. – 160 с.

2. Заяс Ю.Ф. Ультразвук и его применение в технологических процессах мясной промышленности / Ю.Ф. Заяс. – М. : Пищевая промышленность, 1970. – 292 с.

3. Дейниченко Г.В. Отримання водно-жирових емульсій за допомогою ультразвуку / Г.В. Дейниченко, Г.М. Постнов,

4. М.А. Чеканов, В.М. Червоний та ін. – Х.: Факт, 2013. – 192 с.

5. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология / Б. А. Агранат, В.И. Башкиров, Ю.И. Китайгородский, Н.Н. Хавский. – М. : Металлургия, 1974. – 460 с.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДНО- ЖИРОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

Дейниченко Г.В., Постнов Г.М., Червоний В.Н., Старков В.А.

**Аннотация - работа посвящена проблеме теоретического и экспериментального определения рациональной продолжительности ультразвуковой обработки для получения высококачественных водно-жировых эмульсий.**

## **THEORETICAL AND EXPERIMENTAL DETERMINATION RATIONAL DURATION OF ULTRASOUND TREATMENT FOR WATER-FAT EMULSION**

G. Deynichenko, G. Postnov, V. Chervonyi, V. Starkov

### *Summary*

**Research is devoted to theoretical and experimental determination of a rational duration of ultrasonic processing to produce high quality water and fat emulsions.**



УДК 663.933.061- 027.332:537-962

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ ЦУКРОВИХ РОЗЧИНІВ В МІКРОХВИЛЬОВОМУ ВАКУУМ- ВИПАРНОМУ АПАРАТІ

Бурдо О.Г., д.т.н.,  
Різниченко Т.А., аспірант,\*  
Ружицька Н.В., к.т.н.

*Одеська національна академія харчових технологій*

**Анотація** – у статті для інтенсифікації процесу вакуум-випарювання запропоновано забезпечити рівномірність енергопідведення і виключити проміжний теплоносій за рахунок використання мікрохвильових технологій. Наведено результати експериментальних досліджень концентрування екстрактів стевії, кави, розчинів цукру та NaCl. Показано вплив питомого підведення енергії, тиску в апараті, площі поверхні випаровування на інтенсивність процесу концентрування харчових продуктів на прикладі розчину цукру. Отримано критеріальне рівняння періодичного процесу вакуум-випарювання в умовах дії мікрохвильового поля.

**Ключові слова** – мікрохвильове поле, вакуум-випарні апарати, цукрові розчини, стевія.

**Постановка проблеми.** Концентровані і сухі екстракти смакових, ароматичних і біологічно активних речовин з дорогої рослинної сировини, мають тривалі терміни зберігання, зручні для транспортування та використання як у харчових і фармацевтичних виробництвах, так і в побуті.

**Аналіз досліджень за темою статті.** В процесі концентрування екстрактів випарюванням, їхня теплопровідність зі збільшенням вмісту сухих речовин зменшується. За рахунок цього, у більшості існуючих випарних апаратів не забезпечується рівномірне підведення енергії до продукту, що веде до його «пригоряння», тобто термічному пошкодженню, а також знижує енергетичну ефективність процесу [1]. В той же час, низькі температури обробки не дозволяють інактивувати всю патогенну мікрофлору в продукті, що знижує безпечність та терміни його зберігання і викликають необхідність використання консервантів. Ряд робіт підтверджує ефективність низькотемпературної пастеризації і стерилізації харчових продуктів у мікрохвильовому полі [2].

© Бурдо О.Г., д.т.н., Різниченко Т.А., аспірант, Ружицька Н.В., к.т.н.

\* Науковий керівник – Бурдо О.Г., д.т.н.

При мікрохвильовому підведенні енергія надходить безпосередньо до молекул води в продукті, оскільки сухі речовини як правило радіопрозорі. Осередки пароутворення виникають у всьому об'ємі і виконують функцію гріючої поверхні. Таким чином, площа поверхні теплообміну повинна збільшуватись на порядки. Реалізується схема підведення енергії, яка показала високу ефективність у технологіях сушіння [3, 4].

*Постановка завдання.* Метою проведених досліджень було визначення впливу параметрів процесу (кількість підведеної енергії, тиск, поверхня випаровування) на швидкість видалення вологи з продукту і використання одержаних залежностей для побудови математичної моделі процесу і розробки інженерної методики розрахунку відповідного обладнання.

*Основна частина.* При експериментальному моделюванні мікрохвильової вакуум-випарки було проведено досліди для концентрування екстрактів стевії *Stevia Rebaudiana* – природного сахарозамінника, кавового екстракту, розчинів цукру і NaCl (рис. 1). Експерименти проводились під тиском 0,009...0,011 МПа, температура процесу не перевищувала 50 °С.

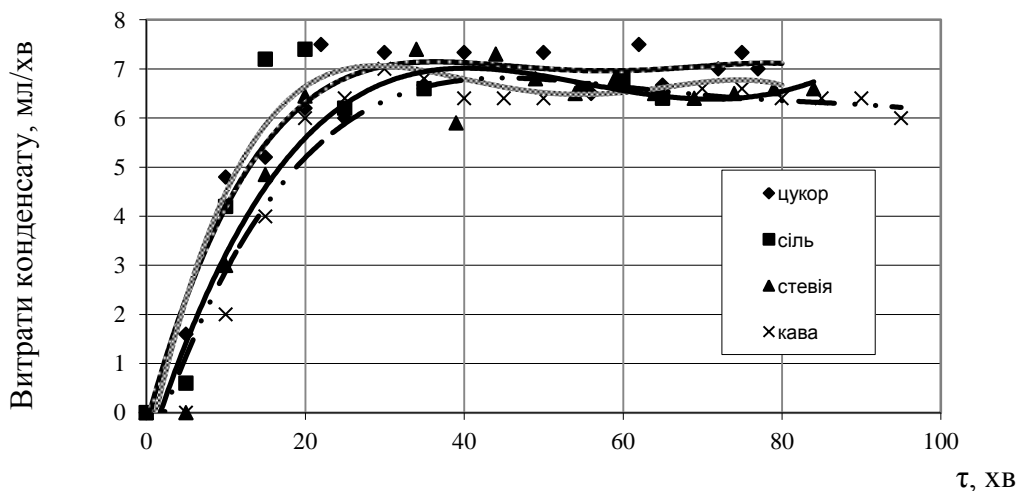


Рис. 1. Залежність витрат конденсату від складу розчину.

Як видно з графіків, різниця витрат конденсату для розглянутих розчинів незначна. Таким чином, модельним розчином для вивчення впливу на кінетику концентрування параметрів процесу в апараті, було обрано цукровий розчин початковою концентрацією 5 %.

Збільшення кількості підведеної до продукту енергії збільшує швидкість процесу, оскільки зростає кількість осередків пароутворення (Рис. 2). Експерименти проводились під тиском 0,009...0,011 МПа.

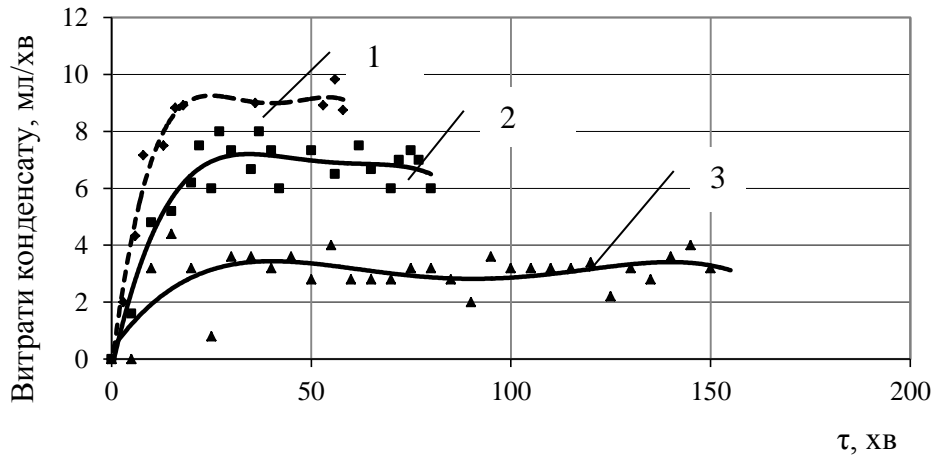


Рис. 2. Вплив питомого енергопідведення на витрати конденсату: 1 – 570 Вт/кг; 2 – 495 Вт/кг; 3 – 296 Вт/кг.

Проте під час аналізу термограм процесу (рис. 3) встановлено, що при потужності 570 Вт/кг температура продукту постійно зростає. Це вказує на те, що не вся підведена енергія витрачається на випаровування води, відповідно такий режим не є енергетично ефективним.

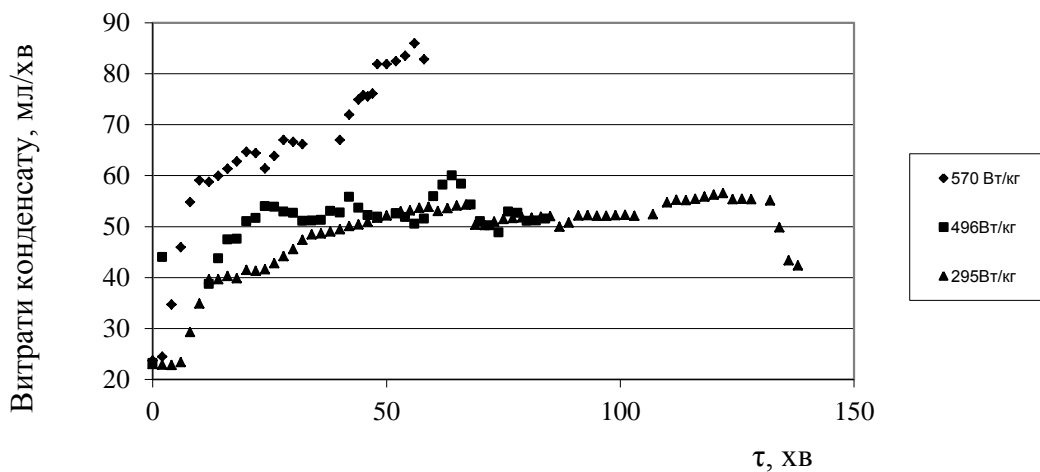


Рис. 3. Термограми процесу концентрування в залежності від питомого енергопідведення.

Відмічено, що у всіх дослідах витрати конденсату протягом 10...20 хвилин сягали постійних значень, тобто апарат виходить на стаціонарний режим. Таким чином, наглядно оцінити вплив параметрів процесу на інтенсивність концентрування, можна ввівши поняття середніх витрат конденсату (рис. 4).

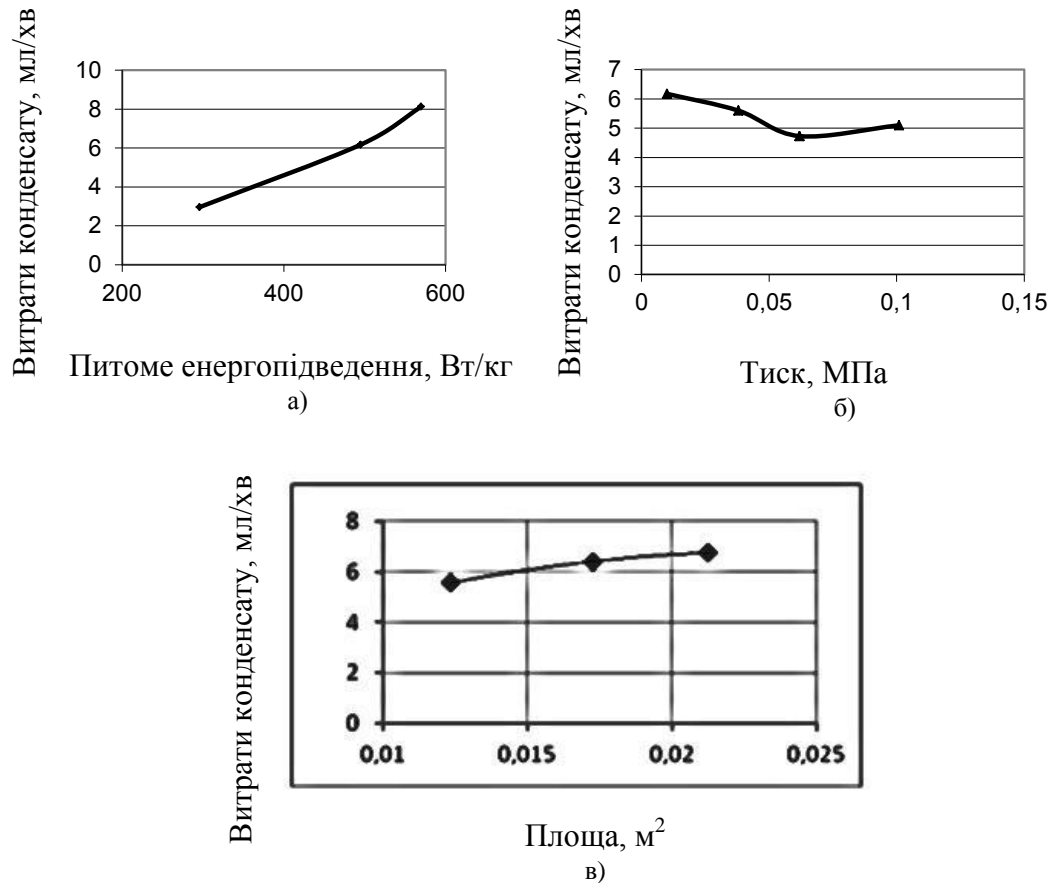


Рис. 4. Вплив параметрів процесу на витрати конденсату: а) питоме енергопідведення; б) тиск; в) площа поверхні випарювання.

Вивчення впливу тиску в апараті і площі поверхні випарювання проводилось за питомого енергопідведення 495 Вт/кг. Встановлено, що збільшення поверхні випарювання при постійному об'ємі продукту веде до збільшення витрат конденсату.

Одержана база експериментальних даних була використана для побудови математичної моделі процесу.

Швидкість протікання процесів випарювання в умовах мікрохвильового підведення енергії, визначається складними взаємодіями багатьох факторів, врахувати які в одній універсальній для всіх випадків моделі неможливо.

Отримати структуру критеріального рівняння для розрахунку мікрохвильових вакуум-випарних апаратів періодичної дії, можна методом аналізу розмірностей [5].

В загальному вигляді на продуктивність апарату за конденсатом  $\nu$  впливають кількість підведеної мікрохвильової енергії  $N$ , питома теплота пароутворення розчинника, який видається  $r$ , густина розчинника  $\rho$ , площа дзеркала продукту в апараті  $S$ , рівень продукту в апараті  $h$ , об'єм продукту  $V_{np}$ , тиск в апараті та навколишньому середовищі  $P$  та  $P_0$ . Тоді отримуємо наступну залежність у загальному вигляді

$$v = f(N, r, \rho, S, h, V_{np}, P, P_0). \quad (1)$$

Перелік параметрів наведено у табл. 1. Всі параметри складаються з трьох основних розмірностей: довжини (м), маси (кг) та часу (с). Скориставшись аналізом розмірностей, можна функцію (1) замінити залежністю між критеріями подібності. За  $\pi$ -теоремою визначаємо кількість безрозмірних комплексів, які описують процес. Оскільки число змінних  $n = 9$ , число одиниць виміру  $m = 3$ , кількість безрозмірних комплексів, що описують процес дорівнює  $(n - m) = 6$ .

Таблиця 1 – Список параметрів

Параметр	Символ	Розмірність
Продуктивність установки за конденсатом	$v$	$\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$
Густина розчинника	$\rho$	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$
Площа поверхні продукту	$S$	$\text{м}^2$
Рівень продукту в апараті	$h$	$\text{м}$
Тиск в апараті	$P$	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Базовий тиск	$P_0$	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Потужність мікрохвильового поля	$N$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$
Об'єм продукту	$V_{np}$	$\text{м}^3$
Питома теплота пароутворення розчинника	$r$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

Наведемо функцію у степеневому вигляді

$$v = A N^a r^b \rho^c S^d h^e V_{np}^f P^g P_0^n. \quad (2)$$

Складаємо рівняння розмірностей

$$\frac{\text{м}^3}{\text{с}} = \left( \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3} \right)^a \cdot \left( \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right)^b \cdot \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)^c \cdot (\text{м}^2)^d \cdot (\text{м})^e \cdot (\text{м}^3)^f \cdot \left( \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \right)^g \cdot \left( \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \right)^n. \quad (3)$$

Складаємо матрицю розмірностей для рівняння (2)

Таблиця 2 – Матриця розмірностей

	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$	$n$	$v$
м	2	2	-3	2	1	3	-1	-1	3
кг	1		1				1	-1	0
с	-3	-2					-2	-2	-1

Складаємо систему рівнянь для основних одиниць

$$\begin{array}{l|l} \text{кг} & 3 = 2a + 2b - 3c + 2d + e + 3f - g - n \\ \text{с} & -1 = -3a - 2b - 2g - 2n \\ \text{м} & 0 = a + c + g - n \end{array}$$

В цій системі є 8 невідомих. Будь які три з них можна виразити через четверту. Так у другому рівнянні виражаємо через інші множники

$$n = a + c + g.$$

З третього рівняння знайдемо  $e$ , і підставивши  $d$  отримаємо

$$b = -2,5a - 2g - c + 0,5.$$

З першого рівняння

$$e = 2 + 2a + 2g + 4c - 2d - 3f.$$

Перепишемо рівняння (2) в наступному вигляді

$$v = A \cdot N^a, r^{-2,5a-2g-c+0,5}, \rho^c, S^d, h^{2+2a+2g+4c-2d-3f}, V^f, P^g, P_a^{a+c+g}. \quad (4)$$

Об'єднуємо параметри за однаковими показниками ступіня

$$v \cdot r^{0,5} h^2 = A \cdot \left( \frac{N \cdot h^2 \cdot P_a}{r^{2,5}} \right)^a \cdot \left( \frac{\rho \cdot h^4 \cdot P_a}{r} \right)^c \cdot \left( \frac{S}{h^2} \right)^d \cdot \left( \frac{V}{h^3} \right)^f \cdot \left( \frac{P \cdot P_a \cdot h^2}{r^2} \right)^g. \quad (5)$$

Комплекси, отримані у рівнянні (5), використовуємо для пошуку комбінацій, які дадуть структуру критеріального рівняння

$$\frac{h^2 \cdot r^{0,5}}{v} \cdot \frac{N \cdot h^2 \cdot P_a}{r^{2,5}} \cdot \frac{r}{\rho \cdot h^4 \cdot P_a} = \frac{N}{v \cdot r \cdot \rho} = \text{Bu}, \quad (6)$$

$$\left( \frac{S}{h^2} \right) \cdot \left( \frac{h^3}{V} \right) = \frac{S \cdot h}{V} = F. \quad (7)$$

Комплекс  $F$  – враховує вплив площі поверхні пароутворення.

Вплив тиску враховується комбінацією

$$\left( \frac{P \cdot P_a \cdot h^2}{r^2} \right) \cdot \left( \frac{P_a^2}{r^2} \right) = \frac{P}{P_a}. \quad (8)$$

Таким чином, із застосуванням чисел подібності, отримуємо наступне рівняння

$$\text{Bu} = A \cdot (F)^n \cdot \left( \frac{P}{P_a} \right)^m. \quad (9)$$

Константи  $A$ ,  $n$ ,  $m$  визначаються експериментально.

Обробка масиву експериментальних даних дозволяє рекомендувати для розрахунку процесу випарювання у мікрохвильовому вакуум-випарному апараті наступне рівняння

$$\text{Bu} = 4,3258 \cdot F^{-1,9338} \cdot \frac{P^{0,1226}}{P_a}. \quad (10)$$

*Висновки.* Встановлено, що на інтенсивність випарювання, окрім енергопідведення і тиску, також впливає площа поверхні випаровування. Температура продукту, який концентрують, залежить

не тільки від тиску в апараті, але й від кількості підведеної енергії і може значно перевищувати температуру кипіння.

Структуру критеріального рівняння визначено методом «аналізу розмірностей». Число енергетичної дії, яке встановлює співвідношення потужності мікрохвильового поля та енергії, яка необхідна для переведення розчину в пару, визначається безрозмірним критерієм площі та безрозмірним тиском в апараті. У результаті обробки експериментальних даних, визначено коефіцієнти критеріального рівняння. Визначальний вплив на інтенсивність випарювання чинять потужність електромагнітного поля та площа поверхні випаровування.

Література:

1. *Бурдо О.Г.* Исследование вакуум-выпарных аппаратов нового типа / Бурдо О.Г., Ружицкая Н.В., Макаренко Т.А., Малашевич С.А. // Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 45, Т.2. – Одеса, 2014. – С.212–214

2. PHCOG REV.: Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research [Text] / Vivecananda Mandal, Yogesh Mohan, S. Hemalatha // Pharmacognosy Reviews, Vol.1, Issue 1, Jan-May, 2007, P. 7 – 18.

3. *Бурдо О.Г.* Эволюция сушильных установок. – Одесса: «Полиграф», 2010. – 368 с.

4. *Бурдо О.Г.* Исследование модуля ленточной сушилки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В.// Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов СЭТТ-2011)». – Т.1, Москва, 2011. – С. 422 – 426.

5. *Бурдо О.Г., Калинин Л.Г.* Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: Учебник. – Одесса: Друк, 2008. – 348с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ САХАРНЫХ РАСТВОРОВ В МИКРОВОЛНОВОМ ВАКУУМ- ВЫПАРНОМ АППАРАТЕ**

О.Г. Бурдо, Т.А. Резниченко, Н.В. Ружицкая

**Аннотация – в статье для интенсификации процесса вакуум-выпарки предложено обеспечить равномерность энергоподвода и исключить промежуточный теплоноситель за счет использования микроволновых технологий. Приведены результаты экспериментальных исследований концентрирования экстрактов**

стевиин, кофе, растворов сахара и NaCl. Показано влияние удельного энергоподвода, давления в аппарате, площади поверхности испарения на интенсивность процесса концентрирования пищевых продуктов на примере раствора сахара. Получено критериальное уравнение периодического процесса вакуум-выпарки в условиях действия микроволнового поля.

## MODELING OF PROCESS OF SUGAR SOLUTIONS CONCENTRATION IN MICROWAVE VACUUM EVAPORATOR

O. Burdo, T. Reznichenko, N. Ruzhitska

### *Summary*

In current paper for vacuum-vaporization process intensification it is offered to provide energy supply uniformity and exclude intermediate heat medium by using of microwave technologies. The results of experimental researches of concentration of stevia, coffee extracts, sugar and NaCl solutions are given. The influence of specific energy supply, pressure in the apparatus, evaporation surface area on food products concentration process is shown on the example of sugar solution. The criterion equation of periodical vacuum-vaporization process under microwave field action conditions is obtained.



УДК 631.363:633.8

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ОЛІЄВІДТИСКНИХ ПРЕСІВ

Горбенко О.А., к.т.н.,

Стрельцов В.В., асистент,

Доценко Н.А., к.т.н.,

Кім Н.І., асистент

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел.(0512) 34-01-91

**Анотація** – дану роботу присвячено дослідженню шнекових пресуючих механізмів і конструкцій робочих органів олієвідтискних пресів.

**Ключові слова** – шнек, прес, тиск, відтискання, рослинна олія, ефективність, економічність, продуктивність.

*Постановка проблеми.* Ефективно працюючий прес повинен забезпечувати необхідну продуктивність і глибоке відтискання при оптимальних техніко-економічних показниках.

Спосіб холодного пресування олійної рослинної сировини дозволяє отримувати основний і допоміжний продукти без попереднього подрібнення, термічної обробки і з меншими енерговитратами. Багатошнекові машини широкого поширення набули в області екструзії термопластів. В переробних галузях і кормоприготуванні найбільшого поширення набули машини з робочим органом у вигляді одного шнека.

Поряд з усіма перевагами, складні багатошнекові машини з різного роду робочими органами, не знайшли широкого застосування в переробних галузях через складну технологію виготовлення та велику трудомісткість. Навпаки, одношнекові машини при всіх своїх недоліках не поступаються в продуктивності, якості продукції та економічності двохшнековим пресам.

Забезпечення рослинною олією в Україні здійснюється за рахунок виробництва олійної сировини в сільському господарстві і подальшої її переробкою на підприємствах олійно-жирової промисловості. Розвиток виробничої бази відбувається в даний час як за рахунок реконструкції діючих великих олійноекстракційних виробництв, так і створення малих переробних підприємств, наближених до виробників сільськогосподарської сировини.

Ефективність переробки в обох випадках залежить від використання досконалої техніки і технології на виробництві, що при переході до ринкових відносин дуже важливо. Висока ефективність виробництва дає змогу мати високу конкурентоспроможність при

боротьбі за ринок, як з вітчизняними, так і з закордонними постачальниками продуктів харчування. Забезпечення конкурентоспроможності малих підприємств досягається зниженням витрат на створення і експлуатацію технологічного обладнання, а також за рахунок підвищення виходу і якості продукції.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Підвищення ефективності виробництва, створення сучасних технологій і машин нового покоління, є одними з факторів, що забезпечують стабільну роботу підприємств переробних галузей [1].

Застосовувані в даний час стандартні способи отримання якісних рослинних масел відрізняються тривалістю підготовчих операцій, підвищеними енерговитратами і наявністю канцерогенних речовин, одержуваних в процесі виробництва, які негативно впливають на якість кінцевих продуктів. Одним із способів зменшення розглянутих вище явищ, є спосіб холодного пресування олійної рослинної сировини. Даний спосіб дозволяє отримувати основний і допоміжний продукти без попереднього подрібнення, термічної обробки і з меншими енерговитратами.

Механічний спосіб отримання олії шляхом пресування олійного матеріалу, який пройшов попередню підготовку, поширений не тільки на пресових, але і на олійноекстракційних заводах, де основною залишається технологічна схема - «форпресування - екстракція» [1-4].

За останні кілька років, у зв'язку зі змінами в народногосподарському комплексі країни, виникла необхідність в обладнанні для підприємств малої потужності, які працюють в області переробки сільськогосподарської сировини. Зокрема, стали з'являтися зразки обладнання і для малих олійних заводів. В основному це преса з малою продуктивністю, без додаткового обладнання.

Ефективно працюючий прес повинен забезпечувати необхідну продуктивність і глибоке віджимання при оптимальних техніко-економічних показниках.

Теорією роботи гідравлічних, а в подальшому шнекових пресів займалися цілий ряд вчених. Але і в даний час, ще не з'ясовані всі питання, пов'язані з механізмом процесів, які протікають в пресах. І на сьогоднішній день дослідження процесу відтискання, а також побудова математичних моделей відповідного процесу з метою створення інженерних методів розрахунку продуктивності олієвідтискних пресів є актуальним і доцільним.

Над даною проблемою працювали вчені: А.І. Скипін, А.М. Голдовський [1], В.А. Масліков [2-5], В.В. Белобородов, Г.В. Зарембо-Рацевіч, В.Т. Алимов, В.П. Кичигин, Ю.А. Толчинський, Ю.П. Кудрін, В.С. Морозов, Г.Є. Мірошник та ін., а також ряд закордонних авторів: R.T. Anderson, H.G. Schwartzberg, M.T. Shirato, V.S. Vadke, F.W. Sosulski, C.A. Shook, G.C. Mrema, P.B. McNulty та ін.

До теперішнього часу не існує повної теорії роботи шнекових пресів, і їх створення в основному спирається на експериментальні

дослідження і емпіричні залежності, отримані на основі експериментів. Це пояснюється тим, що в гвинтовому каналі шнекового преса змінюються властивості олійного матеріалу: щільність, розміри і гранулометричний склад частин, кількість олії всередині частин і в порах, міцність. Зазначені зміни ускладнюють аналіз процесів пресування і віджимання, і не дозволяють перевести проектування пресів нових конструкцій на чітку методичну основу.

*Мета досліджень.* Метою роботи є аналітичне дослідження існуючих шнекових пресуючих механізмів і конструкцій робочих органів олієвідтискних пресів.

*Виклад основного матеріалу.* Різноманітність конструкцій шнекових пресуючих механізмів пояснюється різною сферою застосування даних машин та індивідуальними особливостями окремих виробництв.

Всі шнекові пресуючі механізми можна розділити (рис. 1) за характерними конструкціями робочого органу (шнека), корпусу і матриці на три групи [5 - 7].

Розвиток конструкцій багатошнекових пресів для переробки штучних матеріалів виходив з того положення, що багато термопластів щодо техніки і технології переробки, являють собою особливу проблему, яка не виникала при екструдюванні різних інших мас [8].

Так проблема завантаження полімерів і пересування маси, виключення локального перегріву викликало необхідність створення багатошнекових пресів. Спочатку розроблялися конструкції зі шнеками зустрічного обертання однакової довжини, постійного кроку і профілю нарізки, в ході подальшого розвитку з'явилися численні варіанти, а також конструкції з більш ніж двома шнеками і різною геометрією робочих органів. Окремим випадком двохшнекового преса є шестеренчастий насос. Його зчеплення шестерні можна розглядати як шнеки з дуже великим кутом підйому нарізки [8].

Багатошнекові машини широкого поширення набули в області екструзії термопластів, в переробних галузях і кормоприготуванні. Найбільшого поширення набули машини з робочим органом у вигляді одного шнека [9].

Недоліками одношнекових пресів є погане змішування матеріалу що обробляється, відсутність самоочищення і, як наслідок, - небезпека спікання продукту на шнеку при його низькій вологості, відсутність примусового транспортування, що призведе до незадовільного переміщення продукту з високим вмістом жиру і води [10].

У двохшнекових пресах що самоочищуються не відбувається накопичення продукту, на відміну від одношнекових, де продукт може залишатися в витках, створюючи розрив потоку. В результаті цього, в двохшнекових пресах спостерігається рівномірний вихід продукту (рис. 1) [5].

Однак, в одношнековому пресі знос шнека концентрується по торцю і зовнішній кромці витків шнека, що полегшує його відновлення. В двошнековому ж пресі знос відбувається більш інтенсивно і йому піддається не тільки гвинтова поверхня, але і основа шнека. У зв'язку з цим, в двошнековому пресі властивості продукту і ефективність процесу віджиму олії в більшій мірі залежить від зносу шнека [8].



Рис. 1. Класифікація шнекових пресів.

Оснащення шнека насадками типу «торпедо» з рифленою поверхнею, виточеннями, жолобками також застосовується і в пресах для пресування рослинних матеріалів. Існуючі варіанти рифлених головок повинні забезпечувати перемішуючий і гомогенізуючий ефект.

При виробництві плодово-ягідних соків і напоїв знайшли застосування імпульсні шнекові преси фірми «Materiel Pera» (Франція) з періодичним обертанням шнека і його наступним поздовжнім переміщенням, що дозволяє пресувати з мінімальним стиранням мезги [11].

У деяких випадках застосовуються машини, шнеки яких мають в центрі наскрізні поздовжні канали значно більшого розміру, ніж ті, що призначені для нагрівання чи охолодження шнеків, слід зазначити преси, головний шнек яких має поздовжній осьовий отвір великого діаметру; в ньому концентрично змонтований другий шнек, іноді разом з циліндром [8]. У цих машинах можуть порізно регулюватися різні процеси, такі як подача, розплавлення, пластифікація, вихід матеріалу, використовуються головним чином у виробництві ізоляції для електричних дротів.

Існують конструкції пресів, які мають два симетрично розташовані завантажувальні отвори. У цьому випадку пластична маса рухається по каналах шнека до центру, і формуючому пристрою.

Перевага конструкції полягає в зниженні осьових навантажень на підшипники кочення, виявлення можливості створення двостороннього приводу. Проте конструкція має один недолік – відсутність можливості точного регулювання і синхронізації половин шнека [8]. На практиці такі преси не набули поширення.

Діаметри шнеків в пресах змінюються в широкому діапазоні від 19 мм в пресі LABModell 9/20 («Brabender DHG») до 760 мм в пресі CP-30 («Teledyne Reaso»).

Матриця із змінним діаметром вихідного отвору (діафрагма) - конструкція, що дозволяє змінювати величину вихідного отвору - кріпиться до корпусу олієвідтискної камери болтовим з'єднанням, хомутами або накидною гайкою. Відомі конструкції, наприклад, по а.с. № 328670 і а.с. № 450723 [13] і патент РФ № 2087311 [14], де матриця закріплена на стрижні шнека і обертається разом з ним. Це дозволяє використовувати нерухомі ножі для відрізання пресованого продукту, але нерухомі матриці, закріплені на шнековому циліндрі, більш технологічні і надійні, тому використовуються частіше.

Простір перед матрицею преса має бути таким, щоб у ньому не утворювалися зони прилипання і застою матеріалу. Це вимагає використання обтічних поверхонь робочих органів і спеціальних насадок в такому просторі.

Філь'єри матриці складаються, як правило, з циліндричних формуючих каналів і вхідних лопатей змінного перерізу, які призначені для полегшення виходу в формуючий канал матеріалу, що пресується. Через філь'єри матриці здійснюється формування і вихід продукції під високим тиском у вигляді безперервного «джгута». Конфігурація філь'єр визначає ширину виробу і дуже різноманітна: кульки, палички, зірочки, колечка та ін.

Існує різне компонування приводу для (одно- і двохшнекових) пресуючих машин. В одних використовується осьовий принцип, тобто привід і олієвідтискна камера зі шнеками, розташовуються в лінію на загальній площині опорної рами, в інших - двигун з редуктором або без нього розташовуються в нижній частині станіни. У цьому випадку навантаження від двигуна передається на вали за допомогою пасової або ланцюгової передачі. Таке розташування приводу забезпечує більш стійку конструкцію, але воно не завжди можливо.

Продуктивність пресів, що випускаються, сама різна від 5 кг/год - прес марки Lab Modell 9/20 фірми «Brabender DHG» до 4500 кг/год - прес марки Contivar - 400 виробник фірма «Almex».

Потужність приводу, яка використовується для обертання шнека преса, змінюється в дуже широкому діапазоні від 3 кВт, що випускається фірмою «Teledyne Readco» до 2060 кВт в пресі BC160 фірми «Slecxtral».

Відомо безліч різних конструкцій пресів: тільки фірма Wenger (США) виготовляє більше 10 моделей пресів 20 модифікацій - від лабораторних (продуктивністю 30 кг/год) до промислових

(продуктивністю 10 т/год). Провідними фірмами в цій галузі є Angerson, Sprout - Bauer, Valley, Insta - Pro (США), Werner & Pflider, Weber, Wolter, Berstoff (Німеччина), Croix, Jnotec, Speichim (Франція), Crondona Nimet, Bausana, Berge, Sernagiotto (Італія), Bahler, Buss, LalesseMayer (Швейцарія) та ін. [11].

В Російській Федерації для виробництва олії пресуванням використовують шнекові преси МП-68, МП-10, МП-21, МП-150, ПШМ-170, ПШМ-250, ЕП, РЗ-МОА-10, МПЕ-1, ЛЦ, ФП, ХСП-26, ЕТП-20.1 та ін. [2], призначені для попереднього і кінцевого віджиму олії з мезги олійного насіння. Для відтискання олії з мезги олійного насіння з одночасним отриманням каліброваних гранул макухи заданої форми використовують шнековий прес-гранулятор Г-24 [2].

Серед вітчизняних виробників сільськогосподарського обладнання відоме науково-промислове підприємство «Екструдер», яке є лідером на ринку СНД і складає гідну конкуренцію закордонним аналогам. НПП «Екструдер» (м. Харків) виготовляє шнекові екструдери ЕК-75/1200 (175 кг/год), ЕК-105/1500 (450 кг/год), ЕК-130/2000 (до 1000 кг/год) для виробництва рослинної олії із насіння соняшника, сої, ріпаку та ін. оліймісних культур за один прохід сировини без попередньої її теплової обробки.

*Висновки.* Поряд з усіма перевагами, складні багатошнекові машини з різного роду робочими органами, не знайшли широкого застосування в переробних галузях через складну технологію виготовлення і велику трудомісткість. Навпаки, одношнекові машини при всіх своїх недоліках не поступаються в продуктивності, якості продукції та економічності двохшнековим пресам.

Література:

1. Горбатов, А.И. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А.И. Горбатов. – Москва, Пищевая промышленность, 1982. – 233 с.
2. Масликов, В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел / В.А. Масликов. – М. : Пищевая промышленность, 1974. – 439 с.
3. Кошевой, Е.П. Оборудование для производства растительных масел / Е.П. Кошевой. – М. : Агропромиздат, 1991. – 208 с.
4. Скипин, А.И. Непрерывно действующие шнекпрессы / А.И. Скипин. – Л. : ВНИИЖ, 1952.
5. Миллауэр, Х. Экструдеры и экструзионные установки. Семинар по технологии производства комбикормов / Х. Миллауэр. – М. : Минхлебпром, 1989. – 23 с.
6. Богатырев А.Н. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / А.Н. Богатырев, В.П. Юрьев. – М. : “Ступень”, 1994. – 200 с.
7. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс: Пер. с нем. / Под ред. А.Я. Шапиро. – Л. : ГНТИХП, 1962. – 467 с.
8. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М. :

Машиностроение, 1972. – 182 с.

9. Соколов А.Я. 1973. Прессы пищевых и кормовых производств: Под ред. А. Я. Соколова. – М. : Машиностроение, 1973. – 287 с.

10. Иваненко А.В. 1989. Оборудование для переработки сочного растительного сырья / А.В. Иваненко. – Киев, УМКВО, 1989. – 108 с.

11. А. с. 328670 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 29 F3/01. Червячный пресс / В.А. Ковальчук (СССР). – № 1066223/23-05; заявл. 04.04.66; опубл. 07.01.83, Бюл. № 1.

12. А. с. 450723 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 29 В1/02. Гранулятор / В.А. Ковальчук (СССР). – № 1710774/23-5; заявл. 01.11.71; опубл. 25.11.74, Бюл. № 43.

13. Горбенко О.А. Дослідження вітчизняних та зарубіжних технологій і обладнання для вилучення олії / Горбенко О.А., Стрельцов В.В. - MOTPOL, MOTORYZACIA I ENERGETIKA ROLNICTWA/MOTORIZATION AND POWER INDUSTRI IN AGRICULTURE, TOM 12A, LUBLIN, 2010. – С. 49-57.

14. Горбенко О.А. Инновационная технология производства растительного масла / Горбенко О.А., Стрельцов В.В., Горбенко Н.А. - MOTPOL, MOTORIZATION AND ENERGETICS IN AGRICULTURE, Volume 14, No 2, Lublin, 2012. – С. 103 – 106.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАСЛООТДЕЛЯЮЩИХ ПРЕССОВ

Горбенко О.А., Стрельцов В.В., Доценко Н.А., Ким Н.А.

**Аннотация** – данная работа посвящена исследованию шнековых прессующих механизмов и конструкций рабочих органов маслоотделяющих прессов.

## RESEARCH CONSTRUCTIONS WORKERS A SCREW PRESS

E. Gorbenko, V. Strel'tsov, N. Dotsenko, N. Kim

### *Summary*

**This article devoted to the screw press mechanisms and working bodies constructions research**

УДК 542.816

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРУ КОНЦЕНТРАЦІЇ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г.В., д.т.н.,

Гузенко В.В., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

Удовенко О.О., к.т.н.,

Омельченко О.В., к.т.н.,

Перекрест В.В., асистент

*Донецький національний університет економіки і торгівлі ім.*

*М.Туган-Барановського, м. Кривий Ріг*

**Анотація** – у роботі висвітлено питання щодо визначення якісних показників процесу концентрування білково-вуглеводної сировини. Представлені дослідження впливу тривалості процесу ультрафільтраційного концентрування білково-вуглеводної молочної сировини на зміну показника фактора концентрації та хімічного складу одержаних білково-вуглеводних концентратів.

**Ключові слова** – пектин, концентрат, процес, виробництво, лінія, обладнання.

*Постановка проблеми.* Білково-вуглеводна молочна сировина (БВМС) є досить добре дослідженим об'єктом баромембранного розподілу. Продукти ультрафільтраційної (УФ) переробки знежиреного молока, скотин, молочної сироватки мають чіткий певний набір функціональних властивостей і мають широкий спектр промислового застосування. Це робить актуальним дослідження властивостей нових типів ультрафільтраційних мембран для промислових ультрафільтраційних установок малої та середньої потужності. Це дозволить розширити впровадження ультрафільтрації у харчовій галузі промисловості України та скоротити відставання нашої країни в цій області від провідних промислово розвинених країн світу [1; 2].

Як відомо, за ультрафільтраційної (УФ) обробки білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС) отримують дві фракції – концентрат, який представляє собою збагачений високомолекулярними сполуками вихідний продукт, і фільтрат, у водному середовищі якого знаходяться високомолекулярні сполуки молока. Дослідження якісних характеристик продуктів УФ-



концентрування дає можливість оцінити ефективність ультрафільтраційної обробки білково-вуглеводної молочної сировини [3].

*Аналіз останніх досліджень.* Значення мембранної технології в Україні та за кордоном за останні роки зросла, перш за все, як технології, яка має можливість навести мости через прірву, яка розділяє промисловість та екологію. Мембранна технологія отримала статус критичної технології національного рівня так, само як каталіз, молекулярний дизайн, нові матеріали, генна інженерія та інші світові пріоритети [4].

Застосування методів мембранного концентрування (зокрема, ультрафільтрації) при переробці БВМС (сколотин, знежиреного молока, сироватки з-під кислого сиру) відкриває для молокопереробного підприємства значні можливості з боку як створення нових технологій і збільшення рентабельності виробництва, так і забезпечення екологічної безпеки [5].

З усіх мембранних процесів для обробки БВМС більшою мірою підходить ультрафільтрація (УФ). Процесу УФ притаманні такі переваги, як висока економічність, низька енергоємність, відсутність фазових перетворень білка. Разом з тим на сьогодні широкої реалізації ультрафільтрація в харчовій промисловості України не отримала. Насамперед це пов'язано з відсутністю об'єктивної інформації стосовно характеристик, властивостей та режимів експлуатації сучасних ультрафільтраційних мембран [6].

*Постановка завдання.* Метою роботи є дослідження якісних показників білково-вуглеводної молочної сировини, зокрема фактора концентрації та хімічний склад концентратів одержаних ультрафільтраційним концентруванням.

*Основна частина.* Однією з основних характеристик процесу УФ-концентрування рідких високомолекулярних полідисперсних систем (РВПС) є фактор концентрації (ФК) який показує, у скільки разів збільшується вміст цільового компонента системи (за ультрафільтрації БВМС молочного білка) [7].

Дослідження фактора концентрації в концентраті БВМС за різних режимів його УФ-обробки представлена на рис. 1.

З даних рис. 1 випливає, що динаміка збільшення фактора концентрації за тупикового режиму є повільнішою, ніж у режимі барботування, причому ця закономірність є основною для обох мембран типу ПАН. Так, за ультрафільтрації сколотин (рис. 1 а) тільки через 2,5 години УФ-обробки за допомогою мембрани ПАН-50, фактор концентрації досягає значення 1,5. При використанні мембрани ПАН-100 ФК досягає зазначеного значення через 1,6 год. Значно підвищуються значення ФК у разі використанні режиму барботування. Так, фактор концентрації 1,5 досягається в режимі

барботування через 0,8 години за використання мембрани ПАН-50 і через 0,6 години за використання мембрани ПАН-100. Тобто, час, за який досягається встановлене значення ФК знижується на 68% і на 62,5% відповідно. Аналогічні залежності мають місце за УФ-обробки знежиреного молока (рис. 1 б) та сироватки з-під кислого сиру (рис. 1 в)

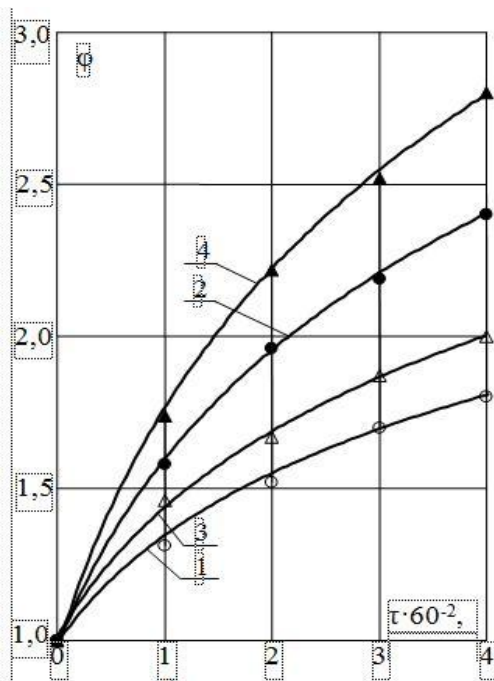
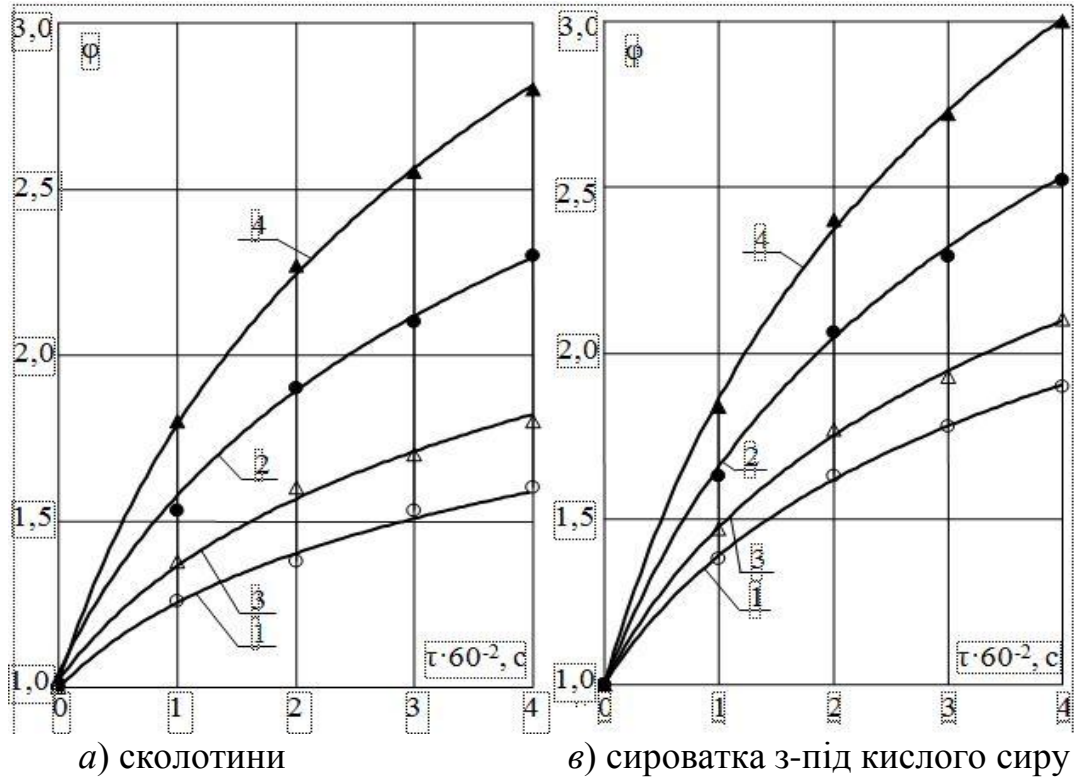


Рис. 1. Залежність фактора концентрації ( $\phi$ ) від тривалості ( $\tau$ ) мембранного розділення білково-вуглеводної молочної сировини з використанням УФ-мембран ПАН-50 (1,2) та ПАН-100 (3,4) в тупиковому режимі (1,3) і в режимі барботування (2, 4).

Аналізуючи графічні залежності на рис. 1, можна зробити загальний висновок, що застосування режиму барботування РВПС, що розділяються дозволяє інтенсифікувати процес УФ-розділення білково-вуглеводної молочної сировини в порівнянні з УФ в тупиковому режимі в 1,5 ... 1,6 рази за УФ-обробки сколотин, в 1,3..1,4 рази за УФ-обробки знежиреного молока, в 1,4 ... 1,5 разів за УФ-обробки сироватки з-під кислого сиру.

Таблиця 1 – Хімічний склад продуктів ультрафільтраційного розділення білково-вуглеводної молочної сировини

Показник	Вихідна БВМС	Значення фактора концентрування					
		1,5		2,0		3,0	
		концен- трат	пермеат	концен- трат	пермеат	концен- трат	пермеат
Вміст, %	с к о л о т и н и						
сухих речовин	9,01	10,11	5,10	12,0	5,30	15,82	5,70
білка	3,10	4,65	0,19	6,20	0,21	9,30	0,26
жиру	0,60	0,91	сл.	1,20	сл.	1,80	сл.
лактози	4,50	4,15	4,27	4,05	4,31	3,92	4,37
золи	0,70	0,47	0,51	0,45	0,53	0,42	0,57
Вміст, %	з н е ж и р е н е м о л о к о						
сухих речовин	8,50	9,90	5,30	11,40	5,40	14,90	5,60
білка	3,20	4,80	0,18	6,40	0,20	9,60	0,31
жиру	0,07	0,11	сл.	0,14	сл.	0,20	сл.
лактози	4,50	4,33	4,31	4,26	4,38	4,22	4,46
золи	0,70	0,51	0,62	0,50	0,65	0,49	0,71
Вміст, %	с и р о в а т к а з - п і д к и с л о г о с и р у						
сухих речовин	5,40	6,52	5,20	7,68	5,30	8,85	5,50
білка	1,10	1,65	0,16	2,20	0,18	3,30	0,19
жиру	0,20	0,31	сл.	0,40	сл.	0,60	сл.
лактози	3,50	4,01	4,12	4,09	4,24	4,15	4,43
золи	0,50	0,48	0,41	0,47	0,48	0,47	0,54

Комплексна характеристика якості продуктів УФ-розділення БВМС неможлива без дослідження загального хімічного складу кінцевих продуктів ультрафільтрації – концентрату і пермеату. У табл. 1 представлений хімічний склад продуктів УФ-розділення дослідних видів БВМС. З даних таблиці випливає, що УФ-концентрати сколотин, знежиреного молока і сирної сироватки містять всі харчові нутрієнти, які притаманні дослідним видам сировини. При цьому слід зазначити, що вміст білка і жиру в концентратах БВМС збільшується пропорційно зростанню фактора

концентрації. Важливо констатувати, що за різних значень фактора концентрації співвідношення білок : жир в концентратах усіх видів БВМС зберігається на рівні вихідної сировини.

Вміст лактози в УФ-концентратах сколотин і знежиреного молока в міру збільшення ФК незначно знижується внаслідок її переходу в фільтрат, а концентратах сироватки з-під кислого сиру незначно підвищується, що пояснюється підвищенням питомої ваги лактози в складі сухих речовин сироватки з-під кислого сиру. Зміст золи в концентратах всіх видів БВМС з підвищенням ФК залишається практично незмінним з незначною тенденцією до зниження.

Вміст сухих речовин в пермеаті всіх видів БВМС з підвищенням ФК збільшується, що є наслідком переходу за УФ в пермеат, перш за все лактози і зольних елементів. Вміст молочного білка в пермеаті незначний і має значення на рівні 0,16...0,26%. Молочний жир в зазначених продуктах УФ-розділення присутній у невеликій кількості. В цілому, отримані результати хімічного складу продуктів УФ-розділення дослідних видів БВМС узгоджуються з аналогічними дослідженнями інших авторів [8, 9].

*Висновки.* Досліджено якісні характеристики продуктів УФ-розділення білково-вуглеводної молочної сировини за допомогою напівпроникних мембран типу ПАН. Визначено залежності фактора концентрації від тривалості мембранного розділення в тупиковому режимі і в режимі барботування. Отримано дані щодо хімічного складу концентрату і пермеату дослідних видів білково-вуглеводної молочної сировини за різних значень фактора концентрації.

Література:

1. Энциклопедия питания [Текст]. Том 3. Характеристика продуктов питания / А.А. Дубинина, Л.З. Шильман, Г.В. Дейниченко и др. ; под общ. ред. Л.З. Шильмана. – Х.: Мир Книг, 2014. – 744 с.

2. Крूसь Г.Н. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Г.Н. Крूसь, А.Г. Храмов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. – М.: Колосс, 2003. – 315 с.

3. Кравченко Э.Ф. Об эффективной переработке вторичного молочного сырья [Текст] / Э.Ф. Кравченко // Молочная промышленность. – 2010. – № 12. – С. 66.

4. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию [Текст] / А.А. Свитцов. – М. : Дели принт, 2007. – 208 с.

5. Дейниченко Г.В. Аналітична характеристика мембранної обробки рідких високомолекулярних систем / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко [Текст] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С. 120–131.

6. Золотухіна І.В. Технологія напівфабрикатів на основі сколотин для виробництва збитої дисертної продукції [Текст] : дис. кандидата

техн. наук : 05.18.16 / І.В. Золотухіна. – Х., 2006. – 642 с.

7. Дейниченко Г.В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, І.В. Золотухіна. – Х.: Факт, 2008. – 208 с.

8. Агеев Е.П. Мембранные процессы разделения / Е.П. Агеев // Крит. технологии. Мембраны. – 2001. – № 9. – С. 42–56.

9. Мазняк З.О. Досліджування процесу ультрафільтраційного концентрування склотин та його апаратурне оформлення : дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.12 [Текст] / Мазняк Захар Олександрович. – Х., 2003. – 660 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРА КОНЦЕНТРАЦИИ БЕЛКОВО-УГЛЕВОДНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ**

Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Удовенко О.А.,  
Омельченко А.В., Перекрест В.В.

**Аннотация – в работе освещены вопросы относительно определения качественных показателей процесса концентрирования белково-углеводного молочного сырья. Представлены исследования влияния продолжительности процесса ультрафильтрационного концентрирования белково-углеводного молочного сырья на изменение показателя фактора концентрации и химического состава полученных белково-углеводных концентратов.**

## **RESEARCH OF CONCENTRATION FACTOR OF THE PROTEIN-CARBOHYDRATE RAW MILK**

G. Deynichenko, V. Guzenko, O. Udovenko, O. Omelchenko, V. Perekrest

### *Summary*

**This work is devoted to the question about determining quality indicators of the process of concentration of protein-carbohydrate raw milk. Presents research of influence duration of the ultrafiltration concentration process of protein-carbohydrate raw milk on the variation of the concentration factor and chemical composition of the obtained protein-carbohydrate concentrates.**

УДК 631.56:633

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНТАЛЬПІЇ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОХОЛОДЖЕННЯ

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Верхоланцева В.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – в статті розглянуто ентальпію у процесі зберігання зернової маси, а також представлені зміни ентальпії відносно вологовмісткості за допомогою іd-діаграми Рамзіна-Мольєра. Наведені розподіли теоретичного та експериментального значення ентальпії по двом експериментальним зерносховищам, у яких підтримували певну температуру із застосуванням охолодження.

**Ключові слова** – зернова маса, процес, повітря, ентальпія, вологовмісткість, зерносховище, зберігання.

*Постановка проблеми.* Зміни ентальпії, що відбуваються при хімічній реакції або фазовому перетворенні, можуть варіювати в залежності від температури, тиску і фізичного стану речовин, що беруть участь у даному процесі. Крім того, зміни ентальпії залежать від кількості цих речовин. Тому прийнято характеризувати кожен конкретний процес стандартною зміною молярної ентальпії, або коротше-стандартної молярної ентальпії.

Стандартна молярна ентальпія реакції це зміна ентальпії при стандартних умовах в розрахунку на моль реакції, тобто відповідно до того, як вона описується стехіометричним (збалансованим) хімічним рівнянням. В якості стандартних умов зазвичай приймаються температура 298 К і тиск 1 атм. Передбачається, що за цих умов кожен з реагентів і продуктів знаходиться в своєму стандартному (нормальному) фізичному стані.

Частина внутрішньої енергії завжди залишається в речовині і підтримує його молекулярну структуру. Частина кінетичної енергії речовини недоступна, коли його температура наближається до температури навколишнього середовища. Отже, ентальпія - це кількість енергії, яка доступна для перетворення в теплоту при певній температурі і тиску.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблемою зберігання зерна займалися багато вітчизняних і зарубіжних дослідників. Аналіз

розроблених ними способів зберігання, в тому числі застосування рециркуляції зернових сумішей з різним співвідношенням сухого і вологого зерна, показує широку спрямованість виконаних досліджень, але потребує більш детальнішого дослідження, тому проблема залишається актуальною і в даний час. Вирішити це завдання успішно можна тільки із застосуванням відповідних методів підготовки продукту та закладання і збереження їх у необхідних умовах. [4, 5, 6].

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є дослідження ентальпії у процесі зберігання із застосуванням охолодження.

*Основна частина.* Знаходження параметрів вологого повітря і розрахунку процесів тепло- і масообміну значно полегшуються при використанні *id* діаграми, яка вперше була запропонована проф. Л.К. Рамзіним.

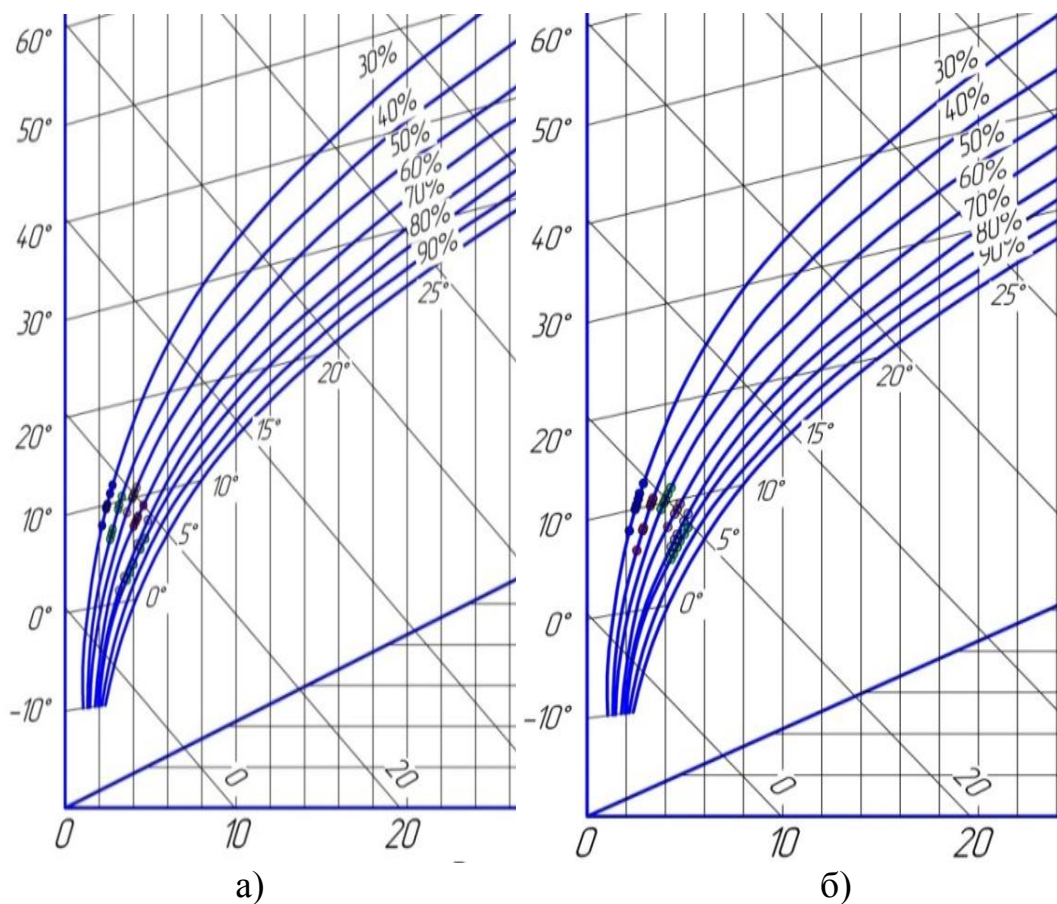


Рис. 1. *id* діаграма Рамзіна - Мольєра для реалізації процесу зберігання зернової продукції у досліджуваних зерносховищах: а) - для першого зерносховища; б) - для другого зерносховища.

При побудові діаграми в основу покладено два параметри: вологомісткість і ентальпія. За *id* діаграмою, знаючи два будь-яких параметри можна визначити всі інші параметри вологого повітря. Будь-яка точка в *id* діаграмі позначає цілком певний фізичний стан повітря, а зміна цього стану зображується лінією процесу [1,2].

У процесі охолодження повітря у повітроохолоджувачі при  $d = \text{const}$  підвищується його відносна вологовмісткість і при певній температурі, яка дорівнює температурі точки роси, повітря стає насиченим. При подальшому охолодженні повітря буде відбуватися конденсація водяної пари з нього і відповідно, осушення повітря.

Повітря може охолоджуватися і за рахунок безпосереднього випаровування з нього води, що має більш низьку температуру. Якщо теплота, необхідна для випаровування води, береться тільки з навколишнього повітря, то вологовмісткість його збільшиться, а температура знизиться [3,4,5,6].

Також *id* діаграма вологого повітря широко застосовується для розрахунків параметрів кондиціонування повітря, під якими розуміють сукупність засобів і способів впливу на температуру і вологість повітря [1,11,12,13].

За допомогою рис. 1 ми можемо бачити одразу температуру, вологість повітря, ентальпію та вологовміст.

Завдяки діаграмі можливо спостерігати та робити висновки стосовно того, як змінюється ентальпія і вологовміст у залежності від температури та вологості повітря.

А вологість повітря змінюється у залежності від пори року, а конкретніше від місяця року, тому нами представлені точки на шести лініях (шість місяців проведення дослідів) у залежності від вологості повітря.

Експериментальні дослідження засвідчили зміни ентальпії рис. 1 і 2, які відбувалися на протязі терміну збереження у різних зерносховищах, де підтримували різні температури в діапазоні від  $0 - 7^{\circ}\text{C}$  та від  $7 - 14^{\circ}\text{C}$ .

Для кожного місяця брали по 6 точок, тобто перевірку проводили через кожні 5 днів. За допомогою графічного зображення можливо спостерігати, як теоретичні дані відхиляються від експериментальних, а сама похибка не перевищує 4 %, що є доказом адекватності моделі.

Ґрунтуючись на результатах теоретичного аналізу розробленого обладнання, було побудовано математичну модель тепло- масообміну зернової маси в процесі її зберігання у розробленому зерносховищі, що дає змогу, враховуючи якісні параметри холодоагенту, отримати апріорні залежності основних показників досліджуваної системи [1,7,8].

Взявши за основу теоретичні залежності, було здійснено експериментальні випробування та, за допомогою розробленого комплексу вимірювального оснащення, отримано розрахункові дані ентальпії оброблюваної сировини в досліджуваних зерносховищах.





Рис. 2. Розподіл теоретичного та експериментального значення ентальпії у першому зерноховищі.



Рис. 3. Розподіл теоретичного та експериментального значення ентальпії у другому зерноховищі.

Для порівняльного аналізу теоретичної моделі процесу охолодження при зберіганні зернової маси, побудовано експериментальні та теоретичні графіки розподілу основних параметрів досліджуваної системи розбіжність між якими становить 5,9...9,13% [1,9].

*Висновки.* Таким чином, можна зробити висновок, що для зерноховища №1 (у якому температура знаходилась у діапазоні від

0-7 °С) та для зерносховища №2 (температура якого знаходилась у діапазоні від 7 – 14 °С) спостерігається зменшення ентальпії у кінці зберігання, та підвищення вологовмісту. А якщо розглядати по двох зерносховищах, то у першому більш помітно змінюється ентальпія і вологовміст [1].

Література:

1. *Верхоланцева В.О.* Обґрунтування режимних параметрів охолодження зернової сировини у процесі зберігання: дис. кандидата техн. наук : 05.18.12 / Верхоланцевої Валентини Олександрівни. – Вінниця, 2016. – 200 с.

2. *Вобликов Е.М.* Технология хранения зерна /Е.М. Вобликов. Учебн.для вузов. Под ред. Е.М. Вобликова. – СПб.: Издательство «Лань»,2003. – 448с.

3. Системи та засоби захисту зернових запасів: навч. посібник / Чурсінов Ю.О, Черних С.А., Кошулько В.С. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. –313 с.

4. *Кутателадзе С.С.* Основы теории теплообмена. / С.С. Кутателадзе – М.: Атомиздат, 1979. – 415с.

5. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности / Лыков А.В. – М.: Высшая школа, 1967. – 595 с.

6. *Ялпачик В.Ф.* Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна / В.Ф. Ялпачик, М.І. Стручаєв, В.О. Верхоланцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т.1. – С. 3 – 8..

7. *Тихонов Н.И.* Хранение зерна [Текст] : учеб. пособие / Н.И. Тихонов, А.М. Беляков; ФГОУ ДПОС «ВИПККА», Каф. инновац. технологий. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2006. – 108 с.

8. *Агрономов Е.А.* Хранение зерна. / Е.А. Агрономов М.: Л Пищепромиздат, 1935. – 222с.

9. Карасюк И.М. Справочник по зерновым культурам. – К.: Урожай, 1991. – 319 с.

10. *Скалецька Л.В.* Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум :Навчальний посібник / Л.В. Скалецька, Т.М. Духовська, А.М. Сеньков. – К.: Вища школа, 1994. – 303с.: ил.

11. *Гинзбург А.С.* Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник / [Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г. И.]– М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

12. *Бондарев В.А.* Теплотехника / В.А. Бондарев, А.Е. Процкий, Р.Н. Гринкевич – изд.2-е, испр. и доп. Минск, “Вышэйш школа”,1976.

13. *Чижигов А.Г.* Теплофизические характеристики семян пшеницы / А.Г. Чижигов, В.Ф. Кабанов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1976. – № 11. – С. 18 – 20.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТАЛЬПИИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Ялпачик В.Ф., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.А.

*Аннотация* - в статье рассмотрена энтальпия в процессе хранения зерновой массы, а также представлены изменения энтальпии относительно влагосодержания с помощью id диаграммы Рамзина-Мольера. Приведены распределения теоретического и экспериментального значения энтальпии по двум экспериментальным зернохранилищам, в которых поддерживали определенную температуру с применением охлаждения.

## RESEARCH ENTHALPY DURING STORAGE OF GRAIN MASS WITH COOLING

V. Yalpachik, S. Kuirchev, V. Verkholantseva

### *Summary*

The article deals enthalpy during storage of grain mass and enthalpy changes are relatively volohovmistkisty using id diagrams Ramzin-Moliere. These distributions theoretical and experimental values of enthalpy on two experimental silos, which maintained a certain temperature using cooling.

УДК.664.653.122.; 664.653.124

## АДАПТАЦИЯ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН К КОРАБЕЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Янаков В.П., к.т.н.

*Таврический государственный агротехнологический университет  
Тел/факс (0619) 421–306.*

**Аннотация** — в статье рассмотрен вопрос определения направления соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё в тестомесильных машинах по реализации процессов перемешивания теста. Найден промежуток варьирования параметров  $R_{\text{опт}}$ , который даёт возможность, опираясь на выбранные критерии  $K_{\text{ТМ}}$ ,  $K_{\text{Т.В.}}$ ,  $K_{\text{И.М.}}$ ,  $K_{\text{Э.}}$ , достичь заданного уровня реализации технологий производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий в корабельных условиях эксплуатации тестомесильных машин.

**Ключевые слова** — корабль, тестомесильная машина, технология замеса теста, варьирование, фактор, условия, ограничения.

*Постановка проблемы.* Целью выбора достаточного и рационального энергетического воздействия тестомесильных машин на перемешиваемое сырьё, является получение теста с заданными технологическими и товароведческими свойствами. [1].

*Анализ последних исследований.* На сегодняшний день нет достаточно аргументированных общепризнанных законов техники в эволюции и развитии тестомесильных машин. Определение и доказательство критериев, условий, закономерностей и законов развития представленной группы пищевого оборудования, является основой теории проектирования тестомесильных машин. Проследим исследования по данному направлению:

Берник М.П. проводил исследования по разработке энергосберегающего вибропривода новой тестомесильной машины для пищевых производств. Результаты экспериментальных исследований показали зависимость энергетических параметров энергосберегающего вибропривода от величины виброскорости ( $A_{\text{WB}}$ ). Определён для тестомесильной машины оптимальный рабочий режим лопастного вала  $n_{\text{Л}}=30$  об/мин и вибропривода  $n_{\text{В}}=940$  об/мин. Однако, в исследованиях не раскрыт вопрос технологической эффективности применения модели динамики движения

маятникового механизма вибропривода в тестомесильной машине [2].

Ратушенко А.Т. проводил исследования технологий замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста с применением пищевых композиций, которые были получены путём сочетания разного количества яблочного порошка в бисквитных и пряничных изделиях. Им получены данные по изменению свойств готовой продукции от технологических показателей сырьевых компонентов. Установлено, что качество кондитерских изделий изменяется с применением яблочного порошка. Пищевая и биологическая ценность данных изделий возрастает. Но в исследованиях не продемонстрировано воздействие температурных показателей, достигаемых в ходе выполнения технологий замеса теста, на структурно–механические свойства кондитерских изделий [3].

Антонюк И.Ю. проводил исследования о влиянии технологических показателей микронизованного зерна (ТУ 13693522.002–96) на процесс реализации технологий замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста и свойства конечной продукции. Полученные им статистические данные были обработаны при помощи компьютерной программы MS Excel 5.0 с целью демонстрации в графической форме. Результаты экспериментов демонстрируют, что применение микронизованного зерна, способствует улучшению качественных показателей булочных изделий на 5,7 % – 9,0 % в сравнении с контрольными показателями. Но в исследованиях не раскрыт вопрос изменения технологии замеса теста по комплексным показателям [4].

Нетяжук М.В. [5] проводил исследования внедрений рыночных механизмов развития хлебопекарной, кондитерской и макаронной промышленности. Решение комплекса проблем данных сегментов экономики Украины лежит в решении следующих задач — качество выпускаемой продукции и ценнообразование. Приведенный им анализ статистических данных в исследованиях продемонстрировал:

1. Уменьшение объёмов выпуска хлебопекарной продукции на территории Украины с 1990 года по 2003 год на 30%;
2. Степень износа применяемых тестомесильных машин достигла 70–80%.

В этих исследованиях не отражён вопрос достаточной аргументации расширения технологии замеса на сырьё из низкосортных помолов муки.

Развитие исследуемой взаимосвязи тестомесильных машин и технологии замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста опирается на анализ алгоритма исследований следующих групп:

КРИТЕРИЙ ↔ УСЛОВИЕ ↔ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ↔ ЗАКОН

*Формулирование цели статьи (постановка задач).* Анализ конструктивной эволюции тестомесильных машин базируется на исследовании истории формирования данного класса пищевого оборудования. Он отображает последовательность изменения структурных составляющих и принципов энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильными машинами, которые на протяжении времени преобразовались в эволюционную цепочку развития технологии замеса теста.

*Основная часть.* При эксплуатации тестомесильных машин на кораблях и судах дальнего плавания среди основных составляющих энергозатрат целесообразно выделить структурные элементы, соответствующие целям производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий. Реализация качественных показателей выпускаемой продукции направлена на адаптацию современных технологий замеса теста к существующим условиям эксплуатации. Она требует применения целостного подхода в технологии замеса теста при помощи одной тестомесильной машины, создании и варьировании комплексных составляющих процесса перемешивания, что, в конечном итоге, приводит к разнообразию выпускаемой продукции.

При этом достигается повышение уровня рентабельности технологий замеса теста за счёт расширения объёма выпуска конечной продукции и полноценного удовлетворения нужд команды и персонала корабля. Для анализа соответствия тестомесильных машин, эксплуатируемых на кораблях и судах неограниченного района плавания, выполнению задач технологий замеса теста необходимо произвести оценку эффективности их работы.

В результате анализа статистических данных применения тестомесильных машин в корабельных условиях эксплуатации, было выявлено, что наиболее применяемая тестомесильная машина А2–МТ2–Э–2–01 ОМ4. Она предназначена для приготовления теста из ржаной и пшеничной муки на кораблях и судах неограниченного района плавания.

Комплекс технических и технологических характеристик, выраженный через критерии анализа, даёт представление о формировании предоставленной группы пищевого оборудования и предназначается для методического обоснования выбора технологий производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий.

Критерий соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё  $K_{TM}$  тестомесильных машин определяет выполнение задач технологий замеса теста, являющегося базой, которая определяет технологически обоснованное направление уровня протекания процессов тестоприготовления.

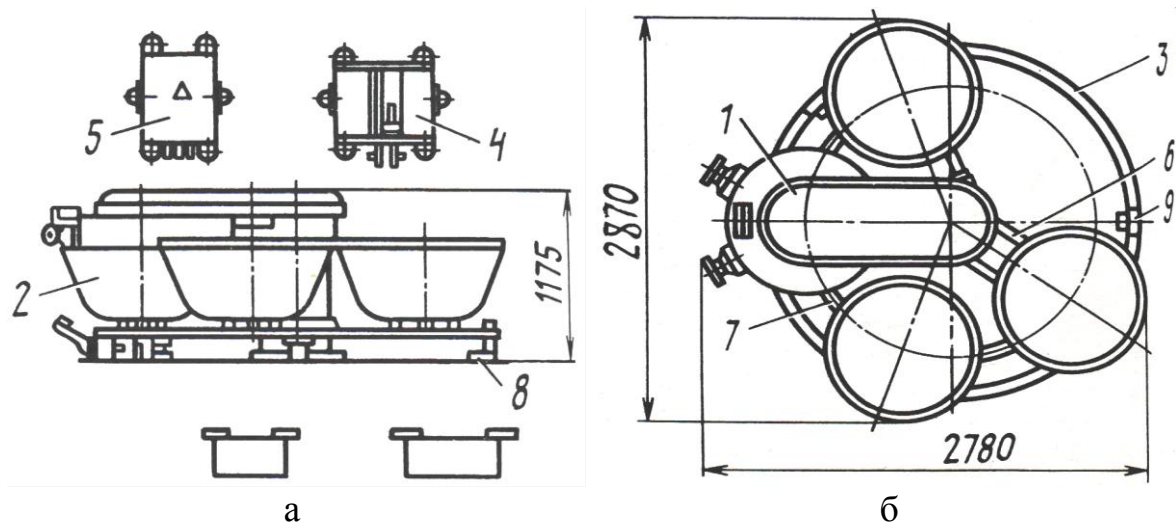


Рис. 1. Общий вид тестомесильной машины А2-МТ2-Э-2-01 ОМ4: 1 – привод и месильный орган; 2 – дежи; 3 – направляющие; 4 – водоприготовительная установка; 5 – электрооборудование; 6 – опоры дежи; 7 – стяжки; 8 – опоры; 9 – направляющие упоров; Тестомесильная машина: а – вид сбоку; б – вид сверху.

Установлено, что на уровне практической реализации критерия соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё  $K_{TM}$  тестомесильных машин выполнению задач технологий замеса теста целесообразно произвести разделение данного критерия на следующие составляющие:

$$K_{TM} = K_{T.B.} + K_{И.М.} + K_{Э.}, \quad (1)$$

где  $K_{T.B.}$  – критерий технологических возможностей тестомесильных машин;

$K_{И.М.}$  – критерий использования израсходованных компонентов перемешиваемого сырья в технологии замеса теста;

$K_{Э.}$  – критерий расхода энергии.

Критерий  $K_{T.B.}$ , определяет соответствие требованиям возможности варьирования теплофизических, количественных и массовых характеристик перемешиваемого сырья, соответствие уровню энергетического воздействия тестомесильных машин [6] в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного теста

$$K_{T.B.} = \varepsilon \frac{k_C A_C + k_Y A_Y + k_{H1} A_{H1} + k_{H2} A_{H2}}{A_C + A_Y + A_{H1} + A_{H2} + A_{H3}}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент значимости энергетического воздействия тестомесильных машин в технологии замеса теста;

$\varepsilon = 0$ , если  $A_{H3} > 0$ ; или  $\varepsilon = 1$ , если  $A_{H3} = 0$ ;

$k_C, k_Y, k_{H1}, k_{H2}$  – весовые коэффициенты перемешиваемого сырья, причём  $k_C = 1, k_C > k_Y > k_{H1} > k_{H2}$ ;

$A_c, A_y, A_{H1}, A_{H2}, A_{H3}$  — відповідно, число найменованих елементів перемішувачого сир'я в технології замеса теста.

Критерій  $K_{и.м.}$ , обумовлює відповідність можливостей виробництва [6] і втрат в процесі тестоприготування

$$K_{и.м.} = G_{\Pi} / P_{\Pi}, \quad (3)$$

де  $G_{\Pi}$  – маса [6] хлібопекарного, макаронного і кондитерського теста, кг.;

$P_{\Pi}$  – маса израсходованих компонентів перемішувачого сир'я [6] в технологіях замеса хлібопекарного, макаронного і кондитерського теста, кг.

$$G_{\Pi} = \sum_{i=0}^m k_i q_i. \quad (4)$$

$$P_{\Pi} = \sum_{i=0}^m k_i p_i, \quad (5)$$

де  $i = 0, 1, \dots, m$  – номери використовуваних израсходованих компонентів перемішувачого сир'я в технологіях замеса теста;

$q_i$  – маса  $i$ -го компонента перемішувачого сир'я, використовувачого в технологіях замеса теста, кг.;

$p_i$  – маса  $i$ -го компонента перемішувачого сир'я, израсходованного при технології теста, кг.

$k_i$  – ваговий коефіцієнт [6]  $i$ -го компонента (концентрація) перемішувачого сир'я

$$k_i = c_i / c_0, \quad (6)$$

де  $c_i$  – ціна одиниці компонента  $i$ -го перемішувачого сир'я в технологіях замеса теста, грн.;

$c_0$  – ціна одиниці компонента перемішувачого сир'я в технологіях замеса теста, грн.:

Критерій  $K_{э}$  [6], устанавлює взаємозв'язок можливостей енергопотреблення тестомесильних машин і досягаемого якісного рівня технології замеса хлібопекарного, макаронного і кондитерського теста

$$K_{э} = \frac{W_{\Pi} + E}{TQ}, \quad (7)$$

де  $W_{\Pi}$  – повна затрата енергії за час експлуатації тестомесильних машин, кВт;



Е - затраты энергии при технологии замеса теста, кВт;  
 Т - время эксплуатации тестомесильных машин, ч;  
 Q - показатель энергозатрат тестомесильных машин, кВт/ч.

В расшифрованном виде критерий соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё  $K_{TM}$  тестомесильных машин определяет выполнение задач технологии замеса теста и представляет собой

$$K_{TM} = \varepsilon \frac{k_C A_C + k_Y A_Y + k_{H1} A_{H1} + k_{H2} A_{H2}}{A_C + A_Y + A_{H1} + A_{H2} + A_{H3}} + G_{II} / P_{II} + \frac{W_{II} + E}{TQ}. \quad (8)$$

Получены данные расчёта изменения параметров критерия  $K_{TM}$  соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин по выполнению задач технологии замеса теста:

- критерия  $K_{Т.В.}$  технологических возможностей машин;
- критерия  $K_{И.М.}$  использования перемешиваемого сырья в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста;
- критерия  $K_{Э}$  расхода энергии.

Отличие современных подходов в адаптации тестомесильных машин к существующим условиям эксплуатации заключается в том, что при существующих теоретических и методических разработках критериев, условий, закономерностей и законов предоставленной группы пищевого оборудования, определяется возможность реализации технологически обоснованного протекания процессов тестоприготовления.

В дальнейшем применение метода графической оценки критерия  $K_{TM}$  соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин даёт возможность судить о характере изменения расчётных составляющих данного критерия в период работы предоставленной группы пищевого оборудования. В результате исследований были получены данные при помощи моделирования компьютерной программой MS Excel–2003.

Структурные элементы критерия  $K_{TM}$  изменяются следующим образом: критерий  $K_{Т.В.}$  и критерий  $K_{Э}$  являются монотонно–возрастающей функцией, а критерий  $K_{И.М.}$  монотонно–убывающей функцией. Промежуток оптимальных значений энергетического воздействия  $P_{опт}$  на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин в технологиях замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста находится в пределах варьирования параметров временного интервала 4–8 точек технологической операции замеса теста.

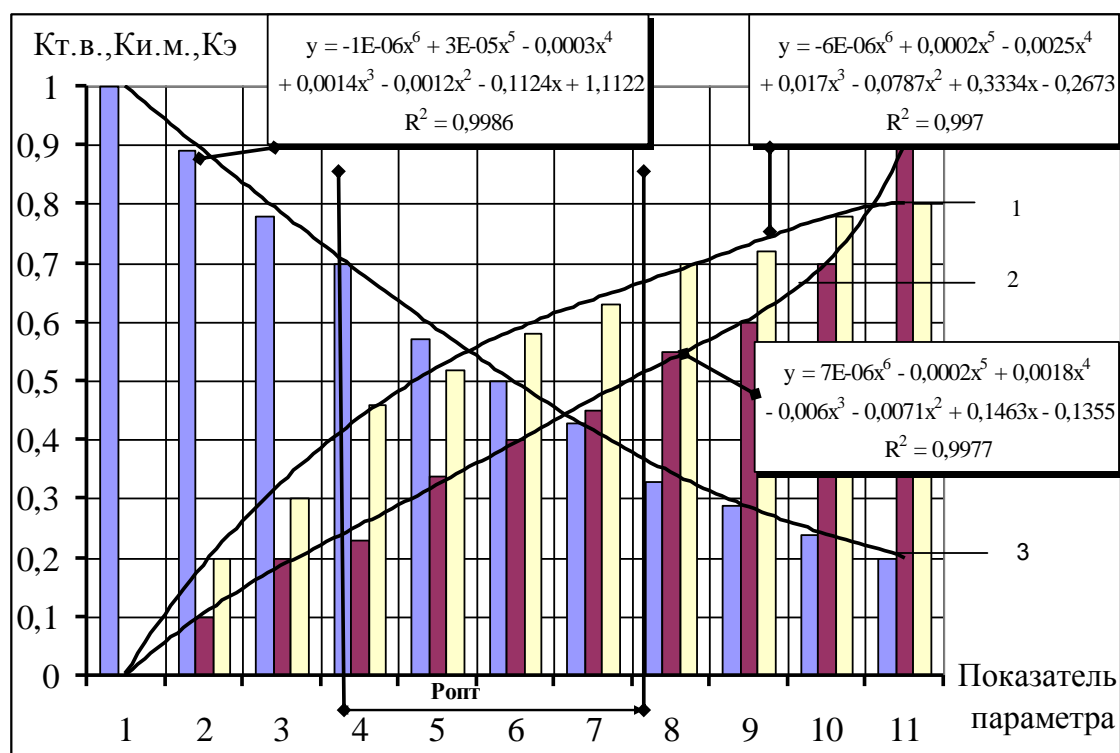


Рис. 2. Изменение параметров критерия КТМ: 1 – критерий  $K_{Т.В.}$ ; 2 – критерий  $K_{Э}$ ; 3 – критерий  $K_{И.М.}$ ;  $P_{опт}$  – промежуток оптимальных значений.

Посторонние структуры тестомесильных машин определяют характер, метод, вид энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё и тесто, дающих максимальную технологическую эффективность в решении задач технологий замеса теста. Полученная структура рационального энергетического воздействия тестомесильных машин на перемешиваемое сырьё и тесто опирается на следующие данные:

- рисунок 2, графический анализ изменения параметров критерия  $K_{ТМ}$ ;
- расчёт изменения параметров критерия  $K_{ТМ}$  соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё.

Анализ данных исследований позволяет прийти к выводу — варьирование значимостью выделенных критериев даёт возможность определить направления соответствия энергетического воздействия на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин по выполнению задач технологии замеса теста. Факторы, которые определяют промежуток варьирования параметров  $P_{опт}$ , дают возможность, опираясь на выбранные критерии  $K_{ТМ}$ ,  $K_{Т.В.}$ ,  $K_{И.М.}$ ,  $K_{Э}$ , достичь заданного уровня реализации технологий производства хлебопекарных, макаронных и кондитерских изделий при корабельных условиях эксплуатации тестомесильных машин.

*Выводы.* Получены результаты для определения тенденций дальнейшего изучения тестомесильных машин и технологий замеса хлебопекарного, макаронного и кондитерского теста.

Проведён анализ современных исследований тестомесильных машин и технологий замеса теста;

Описаны критерии оценки работы тестомесильных машин;

Определён промежуток оптимальных значений энергетического воздействия  $P_{\text{опт}}$  на перемешиваемое сырьё тестомесильных машин в технологии замеса теста.

Литература:

1. *Янаков В.П.* Обоснование параметров и режимов работы тестомесильной машины периодического действия: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.12. – "Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств" / В.П. Янаков. – Донецк.: Мин-во образ. и науки Украины, Донецкий нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, 2011. – 20 с.

2. *Берник М.П.* Энергозберігаючий вібропривод нового смесителя для перероблюваних виробств: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.03. – "Системы приводов" / М.П. Берник. – Винница.: Мин-во образ. и науки Украины, Винницкий гос. техн. ун-т, – 2001. – 20 с.

3. *Ратушенко А.Т.* Технология кондитерских изделий с применением яблочного порошка: автореф. дис. на соискание наук. степени к.т.н.: 05.18.16. – "Технология продуктов питания" / А.Т. Ратушенко. – Киев.: Мин-во образ. и науки Украины, Киевский нац. торгово-экономический ун-т, – 2001. – 20 с.

4. *Антонюк И.Ю.* Технология булочных изделий с применением микронизованного зерна: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: 05.18.16. – "Технология продуктов питания" / И.Ю. Антонюк. – Киев.: Мин-во образ. и науки Украины, Киевский нац. торгово-экономический ун-т, – 2002. – 20 с.

5. *Нетяжук М.В.* Экономический механизм регулирования развития хлебопекарной промышленности: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: 08.07.01. – "Экономика промышленности" / М.В. Нетяжук. – Киев.: Мин-во экономики Украины, Научно исследовательский экономический инст-т, – 2011. – 20 с.

6. *Половинкин А.И.* Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – Москва.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

## АДАПТАЦІЯ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН ДО КОРАБЕЛЬНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Янаков В.П.

*Анотація* – в статті розглянуто питання визначення напрямку відповідності енергетичного впливу на перемішувати сировину в тістомісильних машинах з реалізації процесів перемішування тіста. Знайдений проміжок варіювання параметрів  $P_{\text{опт}}$ , який дає можливість, опираючись на обрані критерії  $K_{\text{ТМ}}$ ,  $K_{\text{Т.В.}}$ ,  $K_{\text{И.М.}}$ ,  $K_{\text{Э}}$ , досягти заданого рівня реалізації технологій виробництва хлібопекарських, макаронних і кондитерських виробів в корабельних умовах експлуатації тістомісильних машин.

## ADAPTATING KNEADING MACHINE TO THE SHIP'S OPERATING CONDITIONS

V. Yanakov

### Summary

The article touches on a question of determining the direction of the respective energy impact on the stirred raw materials in mixing machine for mixing the test implementation processes. We found a gap between parameters  $P_{\text{opt}}$  when different criteria is used  $K_{\text{TM}}$ ,  $K_{\text{T.V.}}$ ,  $K_{\text{I.M.}}$ ,  $K_{\text{Э}}$  which provides an opportunity to achieve a given level of implementation of technologies bakery, pasta and confectionery products in the ship's conditions when kneading machines is utilized.

УДК 658.62.018.012

## ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ СЕРІЇ ISO 9000

Доценко Н.А., к.т.н.

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел.(0512) 34-01-91

**Анотація** – дана стаття присвячена визначенню особливостей системи управління якістю, що відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO серії 9000 на етапах проектування, функціонування, контролю та управління. Визначено основні показники якості системи та запропонована методика їх оцінювання. Запропоновано функції залежності між різнорідними і різнорозмірними показниками якості процесів та безрозмірною шкалою оцінювання. Запропоновано оцінювати якість системи управління якістю через систему показників якості процесів.

**Ключові слова** – система управління якістю, показник якості, критерій оцінювання, непараметричні статистики, графічна модель.

*Постановка проблеми.* Аналіз досвіду успішного розвитку підприємств країн-лідерів показав, що для досягнення поставлених цілей в отриманні високого рівня якості продукції ряд підприємств впроваджують і сертифікують системи управління якістю (СУЯ) відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO серії 9000. В Україні зареєстровано близько 3 тис. сертифікатів по ISO 9001:2008, що займає 42 місце в світі за цим показником. У відповідності з міжнародними стандартами, ефективне управління стає ключовою передумовою успішного функціонування будь-якої організації. Звідси випливає необхідність об'єктивної діагностики діючих систем управління, аналізу стану, виявлення напрямків їх гнучкої і динамічної адаптації до мінливих умов діяльності організацій. Досвід створення і впровадження систем управління якістю у країнах світу показує, що випуск дефектної продукції скорочується в середньому на 50-60 %, на 40 % знижуються витрати на контроль та випробування готової продукції, приблизно в два рази знижуються витрати на якість, рентабельність підприємств збільшується на 15-20 % [1-3]. Більшість українських підприємств, незважаючи на інтенсивну роботу з сертифікації систем управління якістю, не змогли добитися покращення економічних показників з причини відсутності

ефективних методів кількісної оцінки якості самої системи управління. Тому постає актуальне завдання розроблення критеріїв функціонування СУЯ, а також створення методів їх параметричного аналізу і комплексного оцінювання, доведених до практичної реалізації. Для цього необхідно створити комплекс моделей, методів, алгоритмів та методик моніторингу, параметричного аналізу і комплексної оцінки системи якості, що дозволяє підвищити ефективність функціонування підприємств. Такий комплекс моделей має охоплювати всі елементи даної системи та основні процеси, які забезпечують якість управління підприємством.

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз поняття "система управління якістю", як об'єкту кваліметрії, показав, що проблемам оцінки та аналізу СУЯ присвячено ряд робіт вітчизняних і зарубіжних вчених. Але більшість праць пов'язані з методиками оцінювання систем і процесів на етапі їх функціонування, при проведенні аудитів, що призводить до значних запізнь прийняття рішення про проведення коригувальних і запобіжних дій, так як це вимагає значного проміжку часу. Аналіз наукової літератури з кваліметрії [4-7] показав, що не прийнятно для оцінювання СУЯ застосовувати існуючі методики оцінювання з різних причин. Не існує однакових систем на різних підприємствах, так як їх складність залежить від виду продукції, що випускається або послуги, масштабів і структури підприємств, також не існує єдиної методики оцінювання, так як кожне підприємство повинно самостійно визначити цілі у сфері якості та показники якості системи, в залежності від етапу її розвитку і досконалості. Крім цього, велика різноманітність кваліметричних методів оцінювання вимагає глибокого наукового дослідження в частині оптимальності та ефективності їх використання для кожного конкретного випадку. Так як СУЯ постійно удосконалюються, постійно розвиваються інструменти і методи управління, постійно прогресують інформаційні технології, комунікаційні системи, з'являються і швидко поширюються нові управлінські концепції, то з'являється необхідність вирішення науково-практичного завдання – розробки методології оцінювання СУЯ, як об'єкта кваліметрії.

*Постановка завдання.* Метою наукової роботи є розробка моделей, алгоритмів і методик кількісної оцінки СУЯ підприємств.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі дослідження: розробити систему залежностей між одиничними різнорозмірними показниками якості процесів з безрозмірною шкалою оцінювання, застосовуючи функції бажаності, що мають параметр форми; запропонувати критерії та методики оцінювання систем в процесі її функціонування з урахуванням обмеженості інформації про показники якості та відсутності знання закону розподілу їх, як випадкової величини.

*Основна частина.* В якості залежностей, які б виключали вище описані недоліки, пропонується використовувати порядкові статистики. Тобто ці залежності мають враховувати максимально-допустиме значення показника якості процесу та максимально-допустиме значення його показника якості, а також його найкраще (оптимальне) значення. Крім цього пропонується знайти єдиний (універсальний) вид залежності, а параметром форми змінювати її крутизну, що дозволить застосовувати їх для оцінки різних процесів з різними вимогами до якості. Подібні залежності застосовувались для оцінювання продукції [8-9].

Так як процеси СУЯ мають різну природу, ступінь складності і рівень значущості в системі, то їх показники якості різнорідні і вони мають різні шкали оцінювання. Для оцінювання СУЯ необхідно привести оцінки показників якості всіх процесів в одну, бажано безрозмірну, шкалу. У якості функції бажаності для переводу різнорозмірних показників якості процесів системи в безрозмірну величину пропонується функція

$$\Phi_x = \begin{cases} 0 & X_i \leq X_{imin} \\ \left[ \frac{X_i - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}} \right]^{\left( \frac{R}{X_{imax} - X_{imin}} \right)} & X_{imin} < X_i < X_{imax} \\ 1 & X_i \geq X_{imax} \end{cases} \quad (1)$$

де  $X_i$  – дійсне (вимірне) значення показника якості процесу;

$X_{imin}$  – мінімальне значення показника якості процесу;

$X_{imax}$  – максимальне значення показника якості процесу;

$R$  – поле розсіювання показників якості процесу.

$\left( \frac{R}{(X_{imax} - X_{imin})} \right)$  – параметр форми, який є відношенням поля розсіювання до поля допуску показника якості процесу. Поле допуску це різниця між максимальним та мінімальним допустимими значеннями.

Дана функція (1) враховує максимально-допустиме і мінімально-допустиме значення показника якості процесу, а також його найкраще (оптимальне) значення. Крім цього присутній параметр форми і крутизни функції, що дозволить застосовувати їх для оцінки різних по значимості процесів з різними вимогами до якості. Якщо параметр форми змінюється від 0,1 до 1 з кроком 0,1, то функції (серія функцій) матиме вигляд (рис. 1).

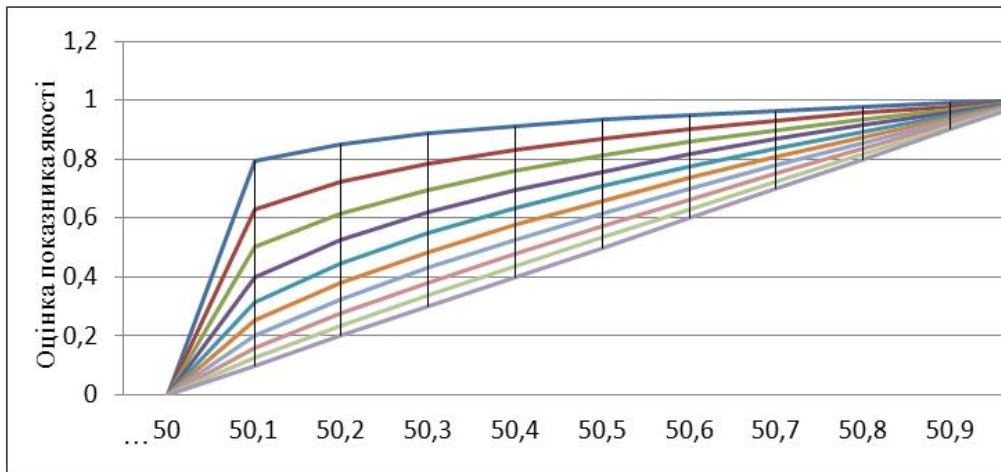


Рис. 1. Вид функції бажаності (1), при параметрі форми від 0,1 до 1.

Якщо параметр форми прийняти  $\left(\frac{X_{max}-X_{min}}{R}\right)$ , який буде змінюватися від одиниці до десяти з кроком 1, то функції бажаності будуть увігнуті в низ, як показано на рисунку 2.

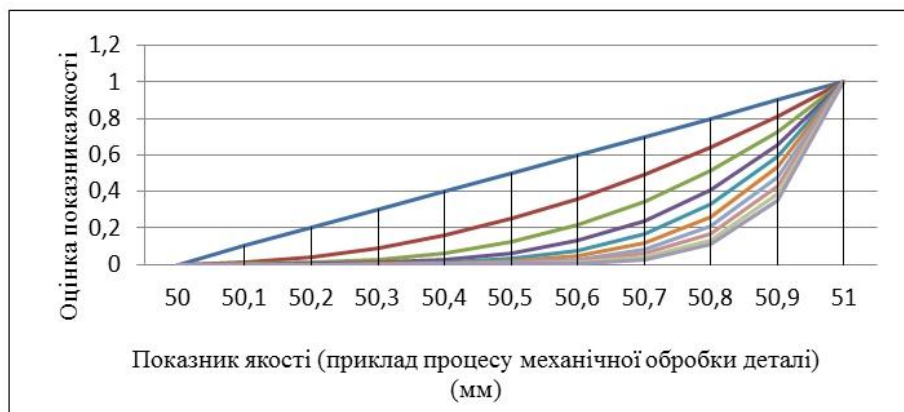


Рис. 2. Вид функції бажаності (1) при параметрі форми 1 – 10.

Якщо оптимальний (найкращий) показник якості – середини поля допуску і при цьому параметр форми змінюється від 0,1 до 1 з кроком 0,1 або від 1 до 10 з кроком 1, то функції бажаності будуть мати вигляд:

$$\Phi_x = \begin{cases} \left[ \frac{X_i - X_{imin}}{t_i - X_{imin}} \right]^{\left( \frac{R}{(X_{max} - X_{min})} \right)} & X_{imin} \leq X_i \leq t_i \\ \left[ \frac{X_i - X_{imax}}{t_i - X_{imax}} \right]^{\left( \frac{X_{max} - X_{min}}{R} \right)} & t_i < X_i \leq X_{imax} \\ 0 & X_{imin} > X_i > X_{imax} \end{cases} \quad (2)$$

де  $t_i$  – середина поля допуску;  $R$  – поле розсіювання показників якості.

В такому випадку система функцій бажаності буде мати вигляд, показаний на рис. 3.



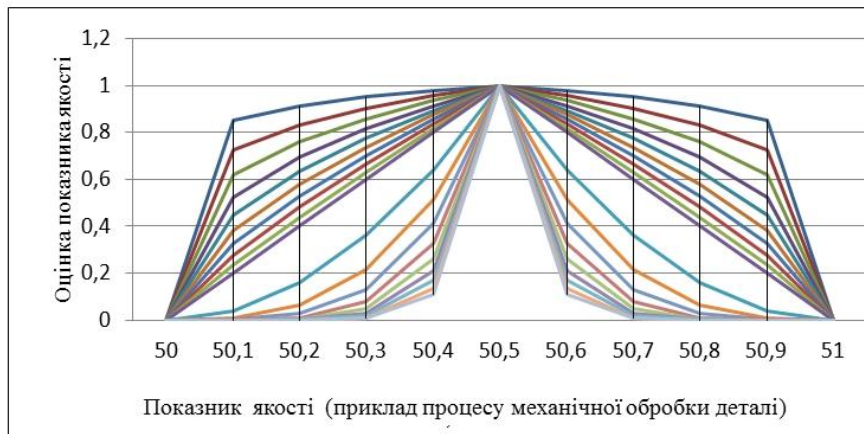


Рис. 3. Функції бажаності моделі (2), при параметрі форми 0,1 – 10.

Застосування такого виду функції бажаності дозволить отримувати показник якості процесів на безрозмірній шкалі, а параметр форми дозволить вибирати необхідну функцію, залежно від точності та значимості процесу.

Пропонується оцінювати СУЯ на етапі функціонування через оцінки комплексу взаємопов'язаних процесів, тобто пропонується об'єднати оцінки різних процесів в один масив даних і оцінити його, як одне ціле. Така процедура дозволить збільшити кількість інформації про оцінку якості системи, як сукупності процесів, що дозволить з більшою об'єктивністю і надійністю оцінити систему цілком. Рішення такого завдання пропонується статистичними методами, застосовуючи непараметричні статистики. Непараметричні статистики не вимагають знання закону розподілу випадкової величини, але вимагають більшого обсягу статистичних даних, що можна забезпечити за рахунок об'єднання оцінок якості процесів.

Запропоновано метод отримання показників якості процесів за безрозмірною шкалою, але так як процеси необхідно періодично оцінювати, то отримаємо часовий ряд (реалізацію) показників якості. Так як процесів багато ( $n$ ) і вони всі мають єдину шкалу оцінювання, то їх можна побудувати в одній системі координат і отримати  $mn$  оцінок якості, які в сукупності, характеризують якість системи (рис. 4).

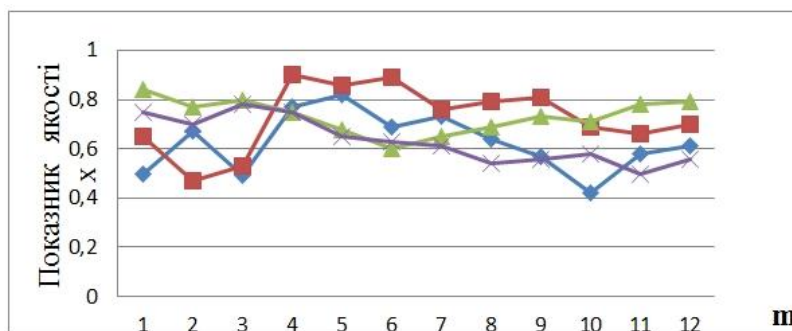


Рис. 4. Масив  $mn$  оцінок якості процесів СУЯ.

Наступним кроком є підготовка масиву оцінок до математичної обробки, для чого пропонується проінспектувати всі значення на наявність грубих помилок, застосовуючи непараметричний критерій Фішера, при якому повинна виконуватися умова

$$|x_n - \bar{x}_{n-1}| \geq S_{n-1} t_\alpha \sqrt{\frac{n+1}{n(n-1)}}, \quad (3)$$

$$\text{де } \bar{x}_{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} x_i}{n-1}, \quad S_{n-1} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}_{n-1})^2}.$$

Якщо виконується нерівність (3), то величину  $x_n$  не можна вважати випадковою і використовувати в даному масиві, в іншому випадку можна, і подальший аналіз масиву проводити з урахуванням цієї величини. Масиву даних, що складається з  $m$  оцінок достатньо, для забезпечення необхідної потужності критерію Фішера для оцінки грубих помилок.

Наступним кроком необхідно оцінити масив на стаціонарність, так як від стаціонарності або нестаціонарності процесу залежить вибір математичного апарату подальших досліджень. Для оцінки стаціонарності процесу застосуємо критерії непараметричних статистик – критерій серій і критерій інверсій. Для цього необхідно отримати часові ряди декількох процесів в одній системі координат,

як показано на рис. 4., знайти середні значення  $\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m X_i$ , знайти

кількість серій  $r$  і порівняти його з граничними, мінімальним і максимальним значенням кількості серій при даному рівні значущості  $\alpha$ . Або іншими словами, необхідно щоб витримувати нерівність

$$g(1-\alpha; N_1, N_2) < r < G(\alpha; N_1, N_2), \quad (4)$$

де  $r$  – кількість серій;  $\alpha$  – рівень значущості;  $g$  и  $G$  – нижня і верхня межа для кількості серій відповідно.

Якщо число серій виходить за межі цього інтервалу, то процес зміни показників якості системи можна вважати стаціонарним при рівні значущості  $\alpha$ , в іншому випадку ні. Аналогічно, за існуючою методикою, можна оцінити будь який процес на стаціонарність за критерієм інверсій.

Для можливості об'єднання реалізації різних процесів в один масив, необхідно переконатися, що ці реалізації однорідні. Якщо вони виявляться однорідними, то можна буде використовувати статистичні дані реалізацій всіх процесів в сукупності, чим збільшити обсяг статистичної інформації. Для оцінки однорідності багатьох реалізацій різних процесів пропонується застосувати непараметричний критерій Ван дер Вардена.

Для цього необхідно з елементів всіх реалізацій утворити упорядкований (зростаючий) варіаційний ряд і визначити суми

$$y_{i=1}^m = \sum_{y_i} \varphi \left( \frac{s_{im}}{n_m + 1} \right), \quad (5)$$

де  $n_m$  – число спостережень реалізації кожного з  $m$  процесів;

$s_{im}$  – порядковий номер  $i$  - го елемента у відповідному  $m$  варіаційному ряду;

$\varphi(z)$  – функція, яка в інтервалі  $0 < z < 1$  приймає лише кінцеві значення і задовольняє умові  $\varphi(1-z) = -\varphi(z)$ .

При цьому обов'язково повинна виконуватися умова:  $n_1 = n_2 = n_m$ . Далі визначають значення меж критичної області для критерію Ван дер Вардена. Якщо визначена сума елементів (5) знаходиться в межах критичної області, то значення всіх реалізацій процесів однорідні і їх можна аналізувати спільно.

Для того, щоб вирішити можливість управління процесами СУЯ і системою – як взаємозв'язком процесів, необхідно визначити, що її статистичні характеристики змінюються випадковим чином або мають систематичну складову. Для перевірки випадковості показників якості процесів пропонується застосувати непараметричний критерій Аббе-Лінника.

В якості статистичної характеристики для перевірки випадковості процесу при даному критерії використовується відношення

$$r = \frac{g^2}{s^2}, \quad (6)$$

$$\text{де: } g^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^2; \quad s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}).$$

Якщо процес має систематичну складову, то величина  $s^2$  буде набагато більшою, ніж  $g^2$ . Якщо буде виконуватись нерівність  $\{r \leq r_\alpha\}$ , то процес має систематичну складову, в іншому випадку вона відсутня. Таким чином, застосовуючи критерії непараметричних статистик та запропонований метод можна отримати оцінку якості СУЯ за час її функціонування.

*Висновки.* Проведено аналіз існуючих моделей одержання оцінок показників якості процесів СУЯ на безрозмірній шкалі, визначено їх переваги та недоліки. Визначено особливості процесів СУЯ, як об'єкта кваліметрії, що дозволило запропонувати моделі отримання оцінок показників якості процесів, які мають параметр форми і можуть точніше застосовуватися для вирішення практичних завдань оцінювання. Запропоновано функції залежності між різнорідними і різнорозмірними показниками якості процесів та безрозмірною шкалою оцінювання. Функції враховують найменше, найбільше та оптимально допустимі значення показників якості процесу та міняють

параметр форми в залежності від точності процесу. Пропонується оцінювати якість системи через систему показників якості процесів. Пропонується алгоритм оцінювання системи через непараметричні критерії, які дозволяють отримати оцінки не знаючи закону розподілу, як випадкової величини.

Література:

1. *ДСТУ ISO 9000:2007*. Системи управління якістю. Основні положення та словник [Текст]. – К.: Держстандарт України, 2007. – 72 с.
2. *ДСТУ ISO 9000:2009*. Системи управління якістю. Вимоги [Текст]. – К.: Держстандарт України, 2009. – 72 с.
3. *Нечипоренко В.И.* Структурный анализ и методы построения надежных систем [Текст] / В.И. Нечипоренко – Изд-во «Советское радио», 1968. – 256 с.
4. *Трапезников В.А.* Автоматическое управление и экономика [Текст] / В.А. Трапезников // Автоматика и телемеханика. – 1966. – №1.
5. *Поваров Г.Н.* Проблемы передачи информации [Текст] / Г.Н. Поваров. – Изд. АН СССР, 1959. – Вып.1.
6. *Конти Т.* Самооценка в организациях [Текст] / Т. Конти. – М.: СМЦ «Приоритет», 1999. – 337 с.
7. *Трищ Р.М.* Точечная и интервальная оценки качества изделий [Текст] / Трищ Р.М., Слитюк Е.А. – Вісник НТУ „ХПІ”. Збірник наукових праць. НТУ „ХПІ”. – Харків. – 2006. – № 27 – С. 96-102.
8. *Трищ Г.М.* Система залежностей для оцінювання процесів систем управління якістю підприємств [Текст] / Трищ Г.М. – Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харків. – 2013. – №3 (64) – С. 60-64.
9. *Маслов Д.В.* Самооценка организаций на базе функциональной модели [Текст] / Д.В. Маслов, Э.А. Белокоровин, П. Ватсон, Н. Чилиши. – Методы менеджмента качества. – 2005. – №4. – С.21–26.
10. *Краснобаев В.А.* Методология системного анализа технических систем: підручник для студентів ВНЗ [Текст] / В.А. Краснобаев, І.О. Фурман, В.П. Поляков та ін.; за заг. ред. Д.І. Мазоренка. – Х.: Факт, 2009. – 297 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНИВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ СЕРИИ ISO 9000**

Доценко Н. А.

*Аннотация* - данная статья посвящена определению особенностей системы менеджмента качества, соответствующей требованиям международных стандартов ISO серии 9000 на этапах проектирования, функционирования, контроля и управления. Определены основные показатели качества системы и предложена методика их оценки. Предложены функции зависимости между разнородными и разноразмерными показателями качества процессов и безразмерной шкалой оценивания. Предложено оценивать качество системы управления качеством через систему показателей качества процессов.

## **THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS ESTIMATION ALGORITHMS STUDYING WITH CONSIDERING THE INTERNATIONAL STANDARDS ISO 9000 SERIES REQUIREMENTS**

N. Dotsenko

### *Summary*

This work is devoted to quality management system's features definition that complies to the international standards ISO 9000 requirements on the design, operation, monitoring and control stages. It is determined the main quality system indexes and proposed the methodic of its evaluation. It is presented the functions of the relation between diverse and different dimensions quality processes indicators and dimensionless evaluation scale. It is proposed to assess the quality of the quality management system through the system of the quality indicators processes.

УДК [532 .5 + 62- 23]/663

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄМНОГО ДРУКУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Бойко В.С., к.т.н.,

Муравйов А.Н., магістр \*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

**Анотація** - робота присвячена методиці експериментального визначення напруги зсуву, швидкості зсуву, в'язкості та об'ємної витрати в'язко-пластичної рідини при її русі в каналах об'ємного формувача, і розробці принципової схеми експериментальної установки для їх дослідження.

**Ключові слова** - установка, експеримент, канал, в'язкість, пластичність, тиск, друк, формувач, продукт, напруга, зрушення, швидкість.

*Постановка проблеми.* Різні харчові продукти, які можна віднести до в'язко-пластичних рідин, за своїми фізико-механічними властивостями значно відрізняються один від одного. При розрахунку і виборі конструкцій об'ємних формувачів під один продукт або групу потрібно чітко знати характеристику властивостей використовуваного продукту. Потрібна методика визначення необхідних параметрів за якими буде розраховуватися або налаштовуватися апарат. В'язко-пластичні рідини за своїми властивостями не співпадають з ньютонівськими рідинами, тому для виробництва потрібні спеціальні прилади для визначення можливості переробки в'язко-пластичного матеріалу на виробничому обладнанні.

*Основна частина.* У різних галузях харчової промисловості обробці піддається значна кількість рідин, для яких залежність між дотичною напругою  $\tau$  і градієнтом швидкості  $dV/dt$  виявляється нелінійною, а виражається складнішою залежністю.

$$f\left(\frac{dV}{dy}\right). \quad (1)$$

Рідини, які не підкорюються закону в'язкісного тертя Ньютона, називаються неньютоновськими. Це псевдо пластичні рідини, бінгамоновські пластичні, далатантні, тиксотропні, вязко-пружні, та інші.

*До числа в'язко-пластичних рідин відносяться:* хлібопекарське і макаронне тісто, кондитерські маси, фарші, пасти, пюре, різні креми

---

© Бойко В.С., к.т.н., доц., Муравйов А.Н. магістр

\* Науковий керівник – Бойко В.С. к.т.н., доц.

та інші продукти, їх сировина і напівфабрикати. Рух неньюновських рідин має місце при їх нагнітанні шнеками, валками, плунжерами, шестерними насосами, транспортуванні по каналах різного профілю, довжині і діаметру.

Апарат для об'ємного друку, як правило, працює на принципі екструзії. Він складається з блоку управління з керуючою програмою. Керуючи роботом, за алгоритмом програми, блок подає команди до електроприводу столу і формувача в трьох ступенях свободи, екструдера з формувальною голівкою і компресора, що створює тиск в екструдері (рис. 1).

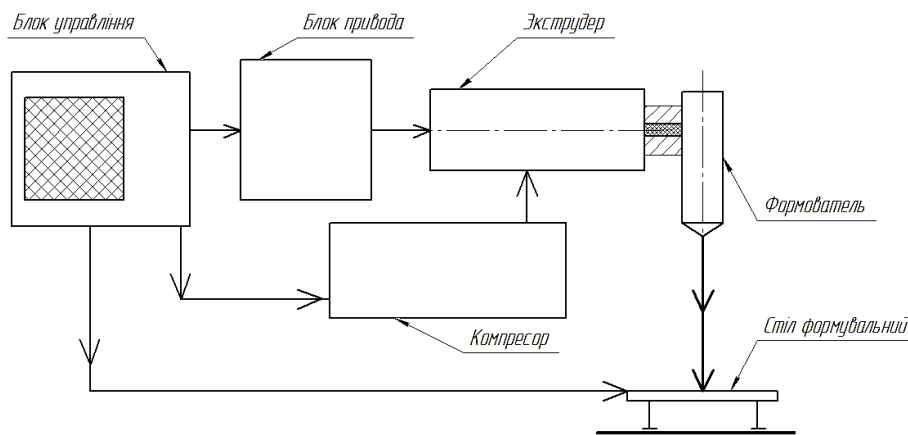


Рис. 1. Схема апарату для об'ємного друку харчових виробів.

Одним з основних приладів апарату є формувальна голівка, від якої залежить товщина укладання валка, швидкість руху столу, продуктивність апарату.

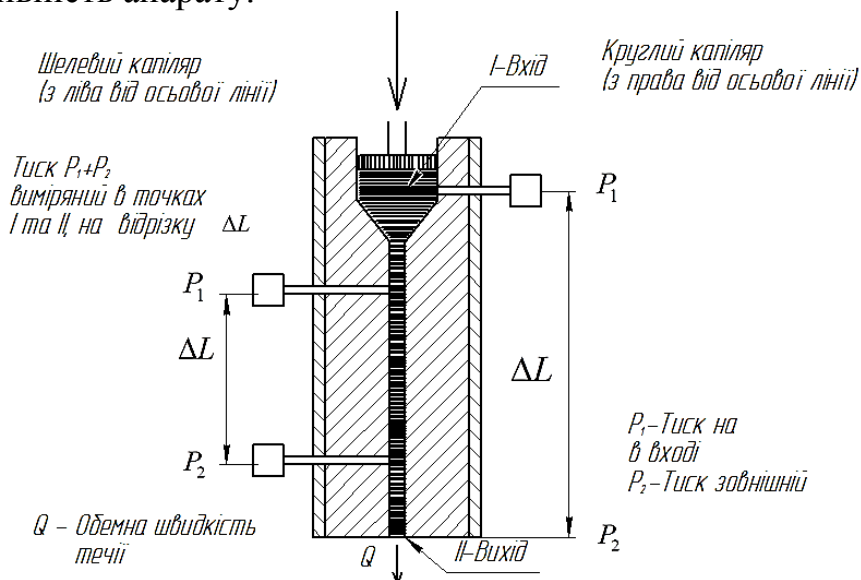


Рис. 2. Схема капілярної голівки реометра.

Щоб правильно сконструювати формувальну голівку треба експериментально визначити деякі параметри в'язко-пластичної

рідини, яка буде використана в якості сировини. Ці параметри визначаються Реометром з плоскими або круглими каналами. Схема капілярної головки з щілинним і круглим капіляром представлена на рисунку 2.

Рідина продавлюється через щілинний капіляр плунжером, екструдером або іншими джерелами тиску з постійною або програмованою (змінною) швидкістю течії. Датчики тиску розташовані по довжині капіляра на відстані  $\Delta L$  і, як правило, знаходяться досить далеко як від входу в капіляр так і від виходу. Два датчика тиску вимірюють перепад тисків, Па

$$\Delta P = P_1 - P_2, \quad (2)$$

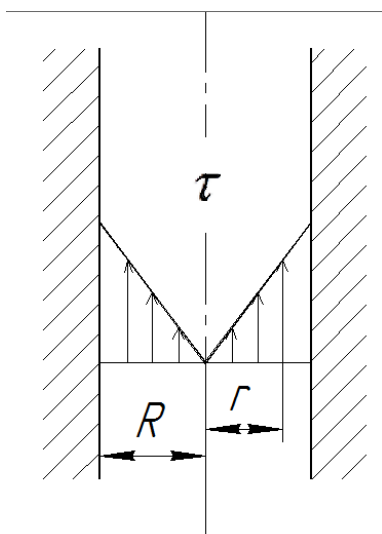
де  $P_1$  і  $P_2$  – тиск, виміряний в точках I і II, розділених відстанню  $\Delta L$ , Па.

Швидкість течії рідини  $Q$  (см<sup>3</sup>/хв) задається швидкістю поступального руху плунжера або частотою обертання приводу дозуючого насоса. Величину  $Q$  можна розрахувати наступним чином: зважити екструдент, що витік з капіляра за певний проміжок часу, а потім за відомою масою і щільністю знайти швидкість течії.

$$Q = \frac{M}{\rho \cdot \tau}, \quad (3)$$

де  $M$  - маса екструдента що витік, кг;  
 $\rho$  - щільність екструдента, кг / см<sup>3</sup>;  
 $\tau$  - час процесу, с.

Конструкція формувальної головки ідентична пристрою реометра з круглим капіляром діаметром від 1 до 4 мм. Однак виникають труднощі виміру різниці тисків  $\Delta P$ . Не існує настільки малих датчиків



тиску, щоб їх можна було б вмонтувати в невеликі круглі капіляри. У цьому випадку оцінюють різницю між тиском в резервуарі при вході в капіляр і навколишнім тиском на виході (рис. 2).

Розрахувавши теоретично об'ємну витрату рідини  $Q$  або визначивши її експериментально, можна розрахувати основні показники руху в'язко-пластичної рідини в каналах круглого і щілинного перетину - швидкість зсуву, напругу зсуву, а також в'язкість матеріалу що використовується.

Рис. 3. Епюра напруги зсуву  $\tau$ .



$$\tau_R = \left( \frac{R}{2\Delta L} \right) \cdot \Delta P, \quad (4)$$

$$\tau_r = \left( \frac{r}{2\Delta L} \right) \cdot \Delta P, \quad (5)$$

де:  $\tau_R$  - напруга зсуву на радіусі  $R$ , Па;

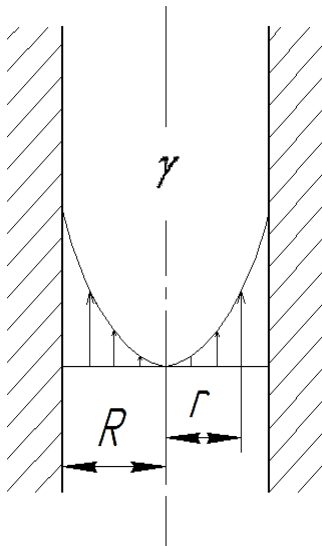
$\tau_r$  - напруга зсуву в точці радіальної координати,  $r$  Па;

$R$  - внутрішній радіус капілярів ормователя, м;

$r$  - кординат в радіальному напрямку, м;

$\Delta L$  - довжина каналу формувача, м;

$\Delta P$  - перепад тисків між початком і кінцем каналу, м;



$$\gamma_R = \frac{4}{\pi R^3} \cdot Q, \quad (6)$$

$$\gamma_r = \frac{4}{\pi r^3} \cdot Q, \quad (7)$$

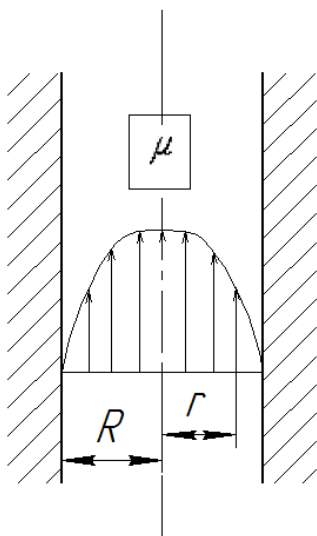
де:  $\gamma_R$  - швидкість зсуву на радіусі  $R$ ,  $c^{-1}$ ;

$\gamma_r$  - швидкість зсуву в точці радіальної координати  $r$ ,  $c^{-1}$ ;

$Q$  - швидкість течії, м/с.

Рис. 4. Епюра швидкості зсуву  $\gamma$ .

$$\mu = \frac{\tau_R}{\gamma_R} = \frac{\pi R^4}{8\Delta L \cdot Q}. \quad (8)$$



Необхідно встановити, що параметри в'язко-пластичних рідин, на відміну від ньютонівських рідин (де вони носять лінійний характер), виражаються складними залежностями (7), (10), (13). Тому для в'язко-пластичних рідин використовується поняття уявної в'язкості. Під уявною в'язкістю розуміють в'язкість такої ньютонівської рідини, швидкість деформації якої під дією заданої напруги зсуву дорівнює швидкості деформації даної в'язко-пластичної рідини.

Рис. 5. Епюра динамічної в'язкості  $\mu$ .

*Висновок.* Визначення фізико-механічних властивостей в'язко-пластичних продуктів потрібно проводити на приладах, що мають капілярну головку з циліндричним каналом діаметром від 1 до 4 мм, так як він відповідає конструкції формувальної головки апарату об'ємного друку і не даватиме великої похибки в результатах вимірювання.

Запропоновані рівняння (14), (15), (16), (17), (18) можуть бути використані з відповідними поправками (поправки Беглі і Вайсенберга-Рабіновича) для розрахунку в'язко-пластичної сировини, а також з метою порівняння аналогічних параметрів формуючих головок і контролю якості сировини перед об'ємним формуванням.

Література:

1. Шарм Г. Основы практической реологии / Г. Шарм. / М.: Колос. 2003. 340 с.
2. Кузнечов О.А. Реология пищевых масс / О.А Кузнечов, Е.В. Волошин, Р.Ф. Сагитов/. Оренбург 2005. 290 с.
3. Рейнер М. Реология./ М. Рейнер / М.: Колос. 1965 410 с.
4. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов. / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин / - М.: Легкая и пищевая промышленность 1987. – 465 с.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНОЙ ПЕЧАТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Бойко В.С., Муравйов А.Н.

**Аннотация - работа посвящена методике экспериментального определения напряжения смещения, скорости сдвига, вязкости и объемного расхода вязко-пластической жидкости при ее движении в каналах объемного формователя и разработке принципиальной схемы экспериментальной установки для их исследования.**

## METHOD OF DETERMINING THE BASIC PARAMETERS OF VOLUME PRINTING FOOD

V. Boyko, A. Muravjov

### Summary

**Is devoted to the methods of experimental determination of shear stress, shear rate, viscosity and volumetric flow visco-plastic fluid in its motion shaper surround channels, and the development of the concept of the experimental setup for their research.**

УДК 631.362.33

## ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВІДСТАНІ МІЖ ПОПЕРЕЧНИМИ РЯДАМИ РОБОЧИХ ОРґАНІВ КУЛЬТИВАТОРА

Малюта С.І., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – наведено розрахунок відстані між поперечними рядами робочих органів культиватора з урахуванням не тільки зсуву ґрунту перед стійкою, а й з урахуванням його деформації після стійки в залежності від швидкості руху агрегату.

**Ключові слова** – культиватор, ґрунт, лапа, стійка, зсув, деформація, агрегат, швидкість руху.

*Постановка проблеми.* Якість обробки ґрунту культиваторами суттєво залежить від розстановки його робочих органів, оскільки при невірному виборі відстані між поперечними рядами лап має місце забивання вказаного простору рослинними рештками та наявність значної кількості наволоків.

*Аналіз останніх досліджень.* В роботах Летошнєва М.Н. [1], Саакяна С.С. [2] згадана вище задача розглянута, наведені вирази для розрахунку відстані  $L$  між поперечними рядами робочих органів культиватора у вигляді

$$L \geq l_0 + h(\operatorname{tg}\alpha + \varphi), \quad (1)$$

де  $l_0$  - виліт лапи;

$h$  – глибина обробки ґрунту;

$\alpha$  – кут підйому лапи;

$\varphi$  – кут тертя ґрунту по лапі.

Даний вираз враховує зсув ґрунту в результаті його підйому на лапу тільки перед стійкою при незначній швидкості руху. В сучасних умовах, коли робочі швидкості культиваторних агрегатів зросли в 2 – 3 рази, зона деформації ґрунту розповсюджується не тільки перед, а й позаду робочого органа. В зв'язку з цим спостерігається суттєве зниження якості культивації, бо відстань між поперечними рядами робочих органів, розрахована за виразом (1), виявляється недостатньою.

*Формування мети статті (постановка задачі).* Метою статті є обґрунтування залежності відстані між поперечними рядами робочих органів культиватора з урахуванням не тільки зсуву ґрунту перед стійкою, а й з урахуванням його деформації після стійки в залежності від швидкості руху агрегату.

*Основна частина.* В умовах поставленої задачі, використовуючи метод інверсії, вважаємо лапу нерухомою, а ґрунт таким, що рухається відносно неї з швидкістю (рисунки 1)

$$V_0 = V_{\text{АГР}}. \quad (2)$$

Крім того, зважаючи на те, що після сходу з лапи шар ґрунту знаходиться у "вільному польоті", приймаємо наступні припущення. Нехтуємо силами опору та не враховуємо його щільність, вологість, пружність та інші реологічні властивості. Визначаємо величину зони деформації ґрунту за лапою культиватора  $L_1$  як функцію від швидкості агрегату

$$x = f(V_{\text{АГР}}). \quad (3)$$

Розглядаємо елементарний об'єм ґрунту на лапі культиватора з центром мас в точці  $M$ . Даний елементарний об'єм є тіло, кинуте під кутом  $\alpha$  до горизонту зі швидкістю  $V$

$$V = \frac{V_x}{\cos\alpha} = \frac{V_0}{\cos\alpha}. \quad (4)$$

Початок координат суміщаємо з точкою сходу шару ґрунту з лапи в його середині.

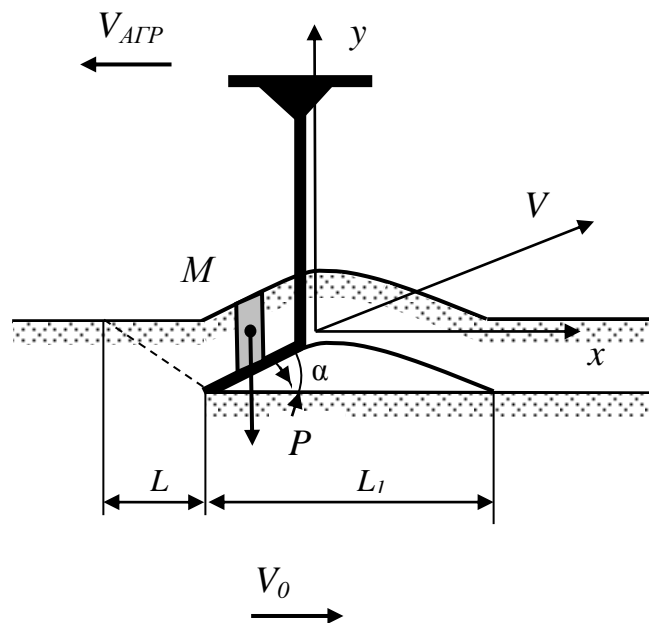


Рис. 1. Розрахункова схема лапи культиватора.

Початковими умовами задачі при  $t = 0$  будуть:  $x = 0$ ;  $y = 0$ ;  $\dot{x} = V_0$ ;  $\dot{y} = V_0 \operatorname{tg} \alpha$ .

Так як за умовою задачі на елементарний об'єм діє тільки одна сила – вага  $P = mg$ , то диференціальні рівняння його руху в проекціях на осі  $x$  та  $y$ , будуть мати вигляд

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= 0 \\ m\ddot{y} &= -mg, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

або

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= 0, \\ \ddot{y} &= -g. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Двічі інтегруючи та визначаючи постійні інтегрування, отримаємо

$$\left. \begin{aligned} x &= V_{\text{АГР}} t, \\ y &= V_{\text{АГР}} \operatorname{tg} \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Та прирівнюючи друге рівняння до 0 отримаємо час "вільного польоту" елементарного об'єму ґрунту у вигляді квадратного рівняння

$$-\frac{gt^2}{2} + V_{\text{АГР}} \operatorname{tg} \alpha \cdot t = 0. \quad (8)$$

Приймаючи кут підйому лапи культиватора  $\alpha$  близьким до  $\alpha = 15^\circ$ , отримаємо час "польоту" шару ґрунту від моменту сходу з лапи до опускання на підшву (таблиця 1).

Таблиця 1 – Час "польоту" шару ґрунту від моменту сходу з лапи до опускання на підшву.

$V_{\text{АГР}}$ , м/с	1	2	3	4	5	6
$t$ , с	0,06	0,109	0,164	0,218	0,273	0,328

Звідси, величина зони деформації ґрунту за лапою культиватора за першим рівнянням виразу (7) буде дорівнювати (таблиця 2).

Таблиця 2 – Величина зони деформації ґрунту за лапою культиватора в залежності від швидкості агрегату

$V_{\text{АГР}}$ , м/с	1	2	3	4	5	6
$x$ , м	0,06	0,219	0,492	0,872	1,365	1,968

Апроксимація отриманих значень лінійною функцією дає вираз

$$x = 0,437V_{\text{АГР}} - 0,776 \quad , \quad (9)$$

при коефіцієнті детермінації  $R^2 = 0,978$ , а апроксимація квадратичною

$$x = 0,055V_{\text{АГР}}^2 - 0,003V + 0,004 \quad , \quad (10)$$

при коефіцієнті детермінації  $R^2 = 1,0$ , що свідчить про повну відповідність вибраної моделі отриманим значенням. При цьому, для визначення зони деформації доцільно використовувати тільки перший член рівняння (10), так як у вибраному діапазоні швидкостей другий та третій члени складають менше 1%. Або

$$x = 0,055V_{\text{АГР}}^2 \quad . \quad (11)$$

Таким чином, приймаючи до уваги вирази (1) та (11) можна написати

$$L \geq l_0 + h(\text{tg}\alpha + \varphi) + 0,055V_{\text{АГР}}^2 \quad . \quad (12)$$

*Висновки.* Виходячи з наведених вище міркувань можна зробити наступні висновки.

1. Деформація ґрунту за стійкою культиваторної лапи суттєво залежить від швидкості руху агрегату і вже на швидкостях, близьких до 2 – 3 км/год, може перевищувати деформацію зсуву ґрунту перед стійкою.

2. Відстань між поперечними рядами робочих органів культиватора, враховуючи швидкість агрегату, може бути розрахована за виразом  $L \geq l_0 + h(\text{tg}\alpha + \varphi) + 0,055V_{\text{АГР}}^2$ .

Література:

1. *Летошнев М.Н.* Сельскохозяйственные машины / М.Н. Летошнев // . – М. - Л.: Сельхозгиз, 1949. - с. 488 – 504.

2. *Саакян С.С.* Сельскохозяйственные машины / С.С. Саакян // . – М.: Сельхозиздат, 1962. – 328 с.

**К ОБОСНОВАНИЮ РАССТОЯНИЯ  
МЕЖДУ ПОПЕРЕЧНЫМИ РЯДАМИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ  
КУЛЬТИВАТОРА**

**Малюта С.И.**

**В статье приведен расчет расстояния между поперечными рядами рабочих органов культиватора с учетом не только сдвига почвы перед стойкой, но и с учетом её деформации после стойки в зависимости от скорости движения агрегата.**

**TO JUSTIFICATION DISTANCES BETWEEN  
TRANSVERSE ROWS WORKING BODIES CULTIVATOR**

**S. Maliyta**

*Summary*

**The calculation of the distance between the transverse rows of working bodies taking into account not only the soil shift in front of the bar but its deformation behind it as well considering unit movement speed has been given in the article.**

УДК 544.725.7:637.247

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ СКОЛОТИН

Дейниченко Г.В., д.т.н.,

Гузенко В.В., к.т.н.,

Мазняк З.О., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

Мельник О.Е., к.т.н.,

Скриль А.В., магістр\*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі ім.*

*М.Туган-Барановського, м. Кривий Ріг*

**Анотація** – у роботі висвітлено питання щодо використання методів інтенсифікації мембранних процесів під час обробки сколотин. Наведено результати експериментальних досліджень щодо впливу способів інтенсифікації мембранної обробки сколотин на продуктивність ультрафільтраційних мембран.

**Ключові слова** – сколотини, процес, мембрана, ультрафільтрація, концентрування.

*Постановка проблеми.* Сколотини – цінна харчова та дієтична сировина, що обумовлює необхідність її повного збору та використання виключно для виробництва продуктів харчування. Сколотини відрізняються від знежиреного молока за вмістом жиру (в сколотинах його приблизно в 10 разів більше) і змістом БАР (наприклад, в сколотинах фосфатидів в 11 разів більше, ніж у знежиреному молоці) [1, 2].

У той же час її специфічні властивості відображаються на технології. Ці властивості обумовлені хімічним складом сколотин, її структурно-механічними характеристиками, агрегатним станом компонентів в системі і міжфазною взаємодією, що необхідно враховувати під час організації промислової переробки. У практичному плані становлять інтерес процеси виділення жиру сепаруванням, коагуляції білків, згущення, сушки і поділ компонентів молекулярно-ситовою фільтрацією (ультрафільтрацією) [3, 4].

*Аналіз останніх досліджень.* Молочна промисловість, як галузь, що характеризується високим рівнем відходоутворення, є об'єктом широкого застосування ультрафільтраційних (УФ) процесів.

---

© Дейниченко Г.В., д.т.н., Гузенко В.В., к.т.н., Мазняк З.О., к.т.н., Мельник О.Е., к.т.н., Скриль А.В., магістр

\*Науковий керівник - Мельник О.Е., к.т.н.



Традиційно УФ використовується для виділення білків з білково-вуглеводної молочної сировини – знежиреного молока, сколотин, молочної сироватки, а також концентрування молока з метою підвищення виходу сирних згустків і скорочення виробничих витрат [5, 6].

Поряд з цим, розвиток нанотехнологій дозволив створити цілий ряд мембран нового покоління, які мають широку сферу застосування. Це в свою чергу сприяло створенню нових технологій, в тому числі і в умовах переробки сколотин [7, 8].

Проте, явну стримуючу роль в подальшому розвитку ультрафільтраційних методів переробки молочної сировини відіграє недостатня кількість наукових досліджень процесів його УФ-переробки, невисока питома продуктивність мембран, зумовлена специфічними властивостями високомолекулярних речовин молочної сировини, практична відсутність вітчизняних ультрафільтраційних установок малої продуктивності, що пояснюється недостатньою кількістю експериментальних даних, необхідних для розрахунку процесу і устаткування УФ-переробки.

*Постановка завдання.* Метою статті є дослідження продуктивності напівпроникних ультрафільтраційних мембран в процесі УФ-концентрування сколотин з використанням методів інтенсифікації.

*Основна частина.* З метою удосконалення процесу мембранної обробки сколотин нами обиралися методи усунення поляризаційного шару, де використовуються різні фізичні явища і механічні процеси [9, 10].

В якості першого методу інтенсифікації було запропоновано використання в процесі концентрування пульсуючої подачі вихідної сировини. З цією метою був розроблений мембранний модуль для обробки біологічних рідин в режимі пульсації [11].

Другим методом інтенсифікації процесу ультрафільтрації молочної сировини було запропоновано спосіб барботування систем, що обробляються бульбашками повітря або інертного газу в безпосередній близькості від поверхні напівпроникних мембран [12].

На початку досліджень визначався важливий фактор, що істотно впливає на процес УФ-концентрування сколотин в режимі з пульсуючою подачею вихідної сировини – частота пульсуючої подачі сировини. З цього приводу нами було досліджено вплив частоти пульсуючої подачі вихідної сировини на продуктивність УФ-мембран типу ГР. Результати досліджень наведені на рис. 1.

Аналіз даних рисунка свідчить, що збільшення частоти пульсуючої подачі вихідної сировини призводить до підвищення продуктивності УФ-мембран. Інтенсивне підвищення продуктивності обох мембран відбувається зі збільшенням частоти пульсуючої подачі

до значень  $90\text{...}100 \text{ хв}^{-1}$ , після чого показники продуктивності стабілізуються.

Збільшення продуктивності УФ-мембран у випадку використання пульсуючої подачі вихідної сировини можна пояснити періодичним розрядженням тиску в робочій камері і гідравлічним ударом рідини об поверхню мембрани, що призводить до часткового усунення поляризаційного шару з поверхні мембрани і, як наслідок, до підвищення її продуктивності.

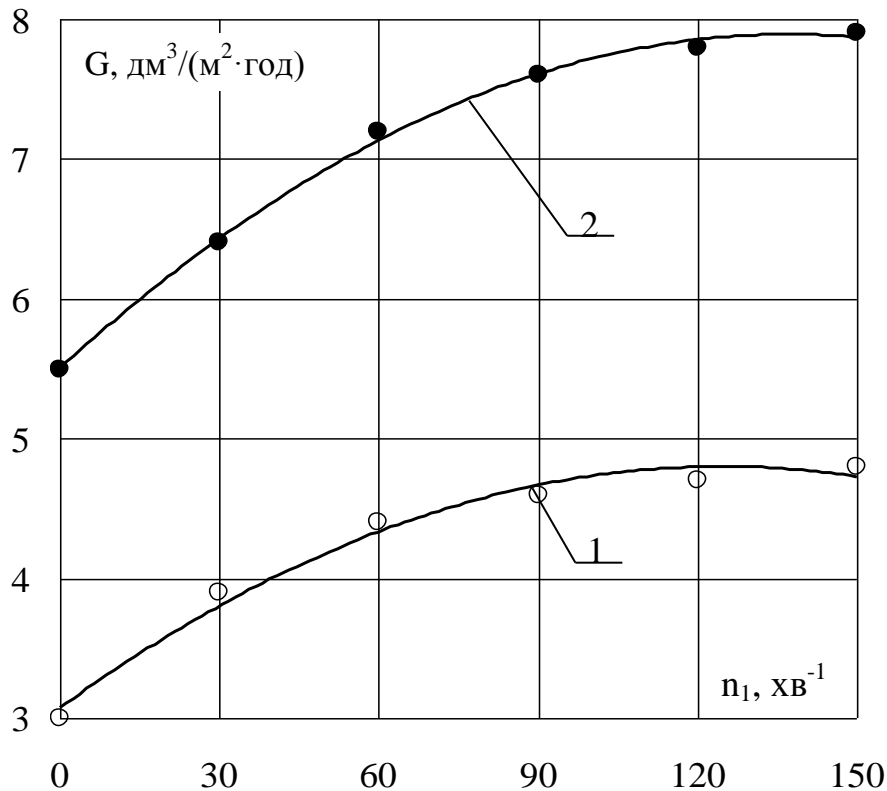


Рис. 1. Залежність продуктивності мембран від частоти пульсуючої подачі вихідної сировини при ультрафільтраційному розділенні склотин за температури  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  і тиску  $0,5 \text{ МПа}$ : 1 – мембрана ГР81ПП; 2 – мембрана ГР61ПП.

Далі проводили дослідження залежності продуктивності досліджуваних УФ-мембран від частоти барботування склотин, що розділяються за температури  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  і тиску фільтрації  $0,4 \text{ МПа}$ , що представлено на рис. 2.

З рисунка видно, що інтенсивне підвищення продуктивності обох мембран відбувається під час збільшення частоти барботування до значень  $0,10\text{...}0,15 \text{ хв}^{-1}$ , після чого показники продуктивності за УФ-розділення склотин стабілізуються.

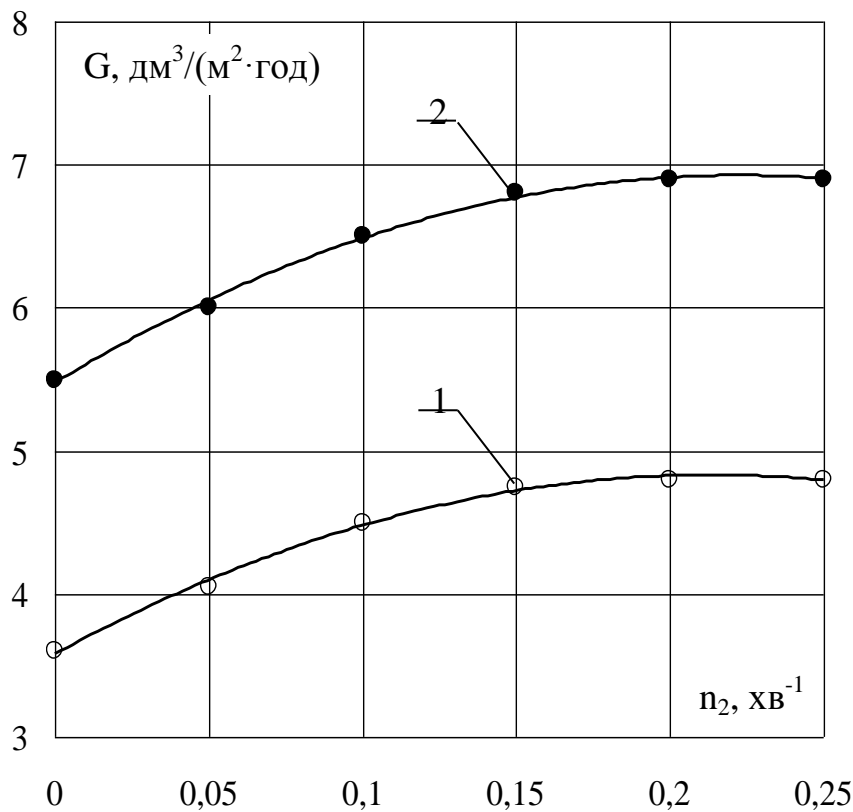


Рис. 2. Залежність продуктивності ( $G$ ) УФ-мембран від частоти барботування ( $n_2$ ) сировини що оброблюється при мембранному поділі скотин (температура  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , тиск фільтрації  $0,4\text{ МПа}$  і тиск барботування  $0,46\text{ МПа}$ ):

1 – мембрана ПАН-50; 2 – мембрана ПАН-100.

Окрім частоти барботування молочної сировини, що розділяється вплив на створення гідродинамічних умов біля поверхні напівпроникних УФ-мембран надає також тиск барботування. Тому наступним етапом було дослідження впливу тиску барботування на продуктивність мембран типу ПАН. Результати досліджень наведені на рис. 3.

Раціональним інтервалом тиску барботування слід вважати значення  $0,56\text{...}0,58\text{ МПа}$ , тому що вони більшою мірою сприяють підвищенню продуктивності УФ-мембран типу ПАН, при цьому критичного значення тиску в УФ-модулі не досягається.

За допомогою створеної нами математичної моделі були визначені умови проведення процесу УФ-концентрування з використанням напівпроникних мембран типу ГР і ПАН для забезпечення раціональних показників продуктивності, а також можливого максимального значення зазначеної характеристики оптимальних параметрів [13, 14].

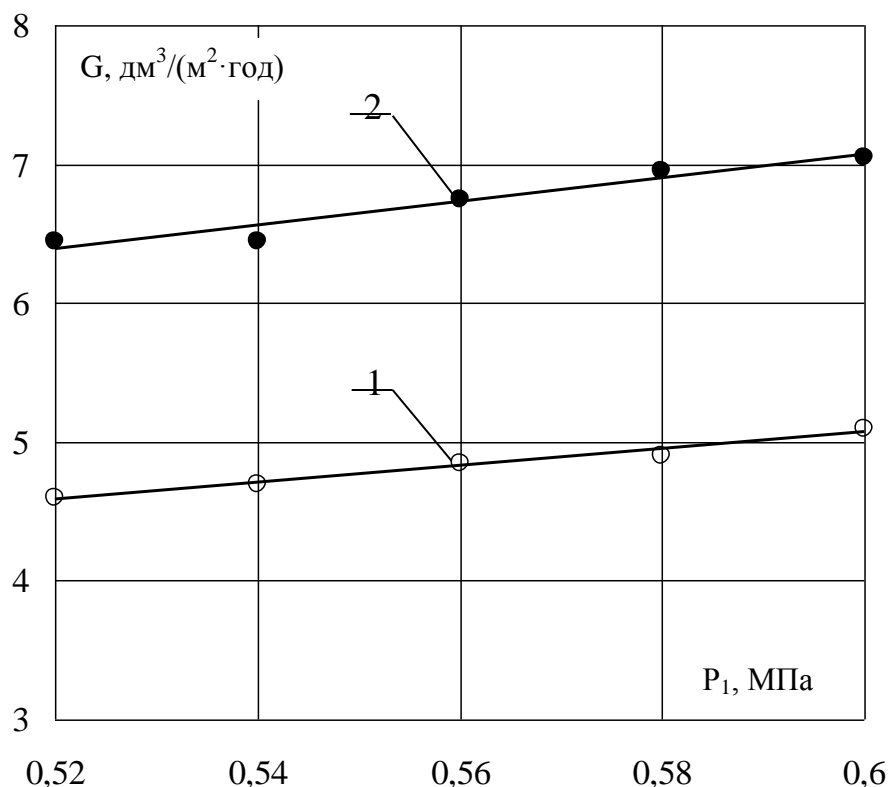


Рис. 3. Залежність продуктивності ( $G$ ) УФ-мембран від тиску барботування ( $P_1$ ) під час мембранного розділення склотин за температури  $20^\circ\text{C}$ , тиску фільтрації  $0,4$  МПа і частоти барботування  $0,15 \text{ хв}^{-1}$ : 1 – мембрана ПАН-50; 2 – мембрана ПАН-100.

Оптимізація технологічних режимів процесу УФ дослідної молочної сировини в тупиковому режимі і з використанням методів інтенсифікації дозволила отримати об'ємні графічні залежності, що характеризують зазначені процеси (рис. 4-5). Найбільш раціональні режими проведення процесів УФ-концентрування позначені на графічних залежностях відповідним штрихуванням.

Експериментальні дослідження технологічних режимів із застосуванням математичної моделі дозволили визначити раціональні технологічні параметри проведення УФ-концентрування склотин в тупиковому режимі і в режимах інтенсифікації з використанням УФ-мембран типу ГР і ПАН. Максимальна ефективність процесу УФ склотин в тупиковому режимі, а також із застосуванням пульсації і барботування вихідної сировини досягається при значеннях тиску фільтрації –  $0,4 \dots 0,5$  МПа, температури мембранної обробки молочної сировини –  $40 \dots 50^\circ\text{C}$ .

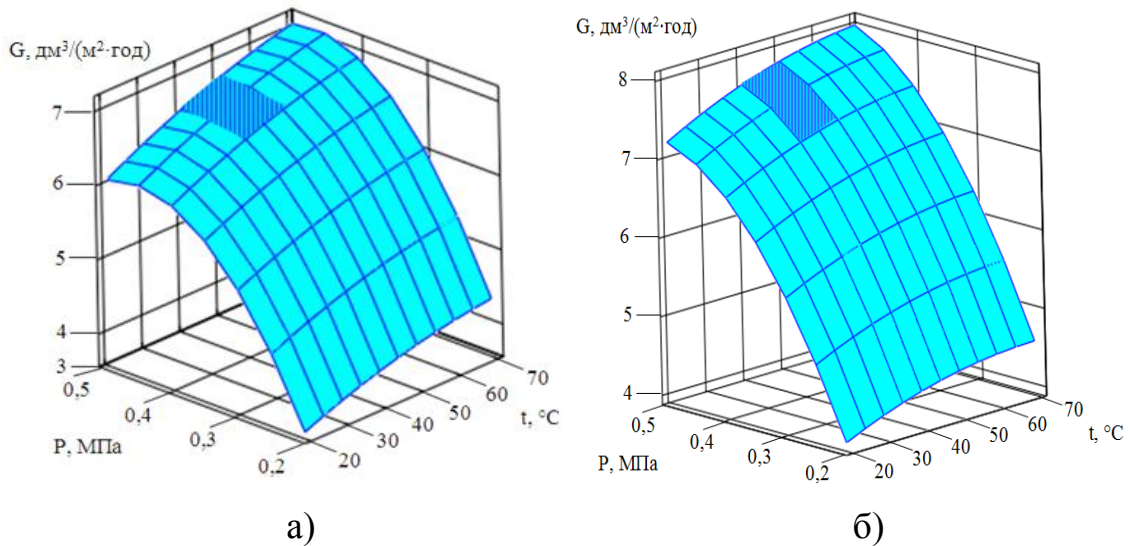


Рис. 4. Оптимізація технологічних параметрів напівпроникних мембран типу ГР при УФ-концентруванні пахтою в тупиковому режимі (а) і в режимі з пульсуючим подачею вихідної сировини при частоті пульсуючої подачі  $n_1 = 90 \text{ хв}^{-1}$  (б).

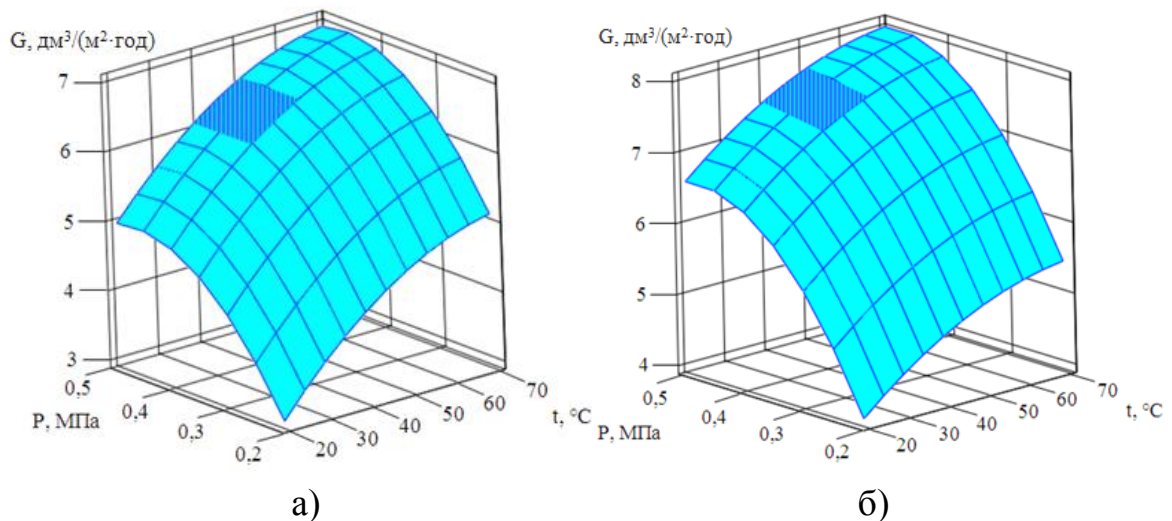


Рис. 5. Оптимізація технологічних параметрів напівпроникних мембран типу ПАН за УФ-концентрування сколотин в тупиковому режимі (а) і в режимі барботування за частоти барботування  $n_2 = 0,15 \text{ хв}^{-1}$ ; тиску барботування  $P_1 = 0,58 \text{ МПа}$  (б).

Дослідження продуктивності УФ-мембран типу ГР показали, що застосування пульсуючої подачі та барботування вихідної сировини призводить до підвищення продуктивності напівпроникних мембран і дозволяє підвищити тривалість процесу УФ-концентрування сколотин.

Аналіз одержаних даних математичного моделювання свідчить про те, що з підвищенням температури до 40...50 °С відбувається збільшення швидкості руху пермеата за УФ-концентрування сколотин за рахунок зменшення їх в'язкості. За подальшого підвищення

температури швидкість УФ майже не змінюється, що можна пояснити прихованою коагуляцією білка, внаслідок чого він осідає на поверхню напівпроникних мембран, ущільнюючи поляризаційний шар.

У випадку збільшення тиску УФ можна спостерігати, що продуктивність УФ-мембран ГР інтенсивно збільшується до значень тиску 0,3...0,4 МПа для тупикового режиму і до 0,4...0,5 МПа для режиму з пульсуючою подачею вихідної сировини, після чого швидкість її зростання уповільнюється. На наш погляд, це пояснюється зростанням гідравлічного опору осаду, який утворився на поверхні УФ-мембрани. Аналогічні результати отримані для УФ-мембран типу ПАН в режимі барботування.

*Висновки.* Таким чином, в статті були визначені перспективи використання процесів мембранної обробки при переробці білково-вуглеводної молочної сировини, що зумовило необхідність проведення досліджень процесу УФ-концентрування сколотин із застосуванням методів їх інтенсифікації.

На підставі комплексу проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що пульсуюча подача вихідної сировини і барботування системи, що обробляється істотно інтенсифікують процес ультрафільтрації сколотин. Найбільш раціональними режимами процесу УФ-концентрування сколотин з використанням напівпроникних мембран типу ГР і ПАН та застосуванням методів інтенсифікації є тиск – 0,4...0,5 МПа, температура сколотин – 40...50 °С, частота пульсуючої подачі – 90...100 хв<sup>-1</sup>, частота барботування сколотин – 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup>, тиск барботування має дорівнювати 0,56...0,58 МПа. Отримані результати можуть бути використані при дослідженні інших параметрів процесу ультрафільтрації сколотин, що дозволить ввести отримані результати на об'єктах переробки молочної сировини.

Література:

1. *Золотухіна І.В.* Технологія напівфабрикатів на основі сколотин для виробництва збитої дисертної продукції [Текст] : дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.16 / І.В. Золотухіна. – Х., 2006. – 642 с.

2. *Sodini I.* Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk [Text] / I. Sodini, P. Morin, A. Olabi, R. Jimenez-Flores // Journal of Dairy Science. 2006. – Vol. 89. – № 2. — P. 525–536.

3. *Юдіна Т.І.* Дослідження якості молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин [Текст] / Т.І. Юдіна, І.А. Назаренко, Р.П. Никифоров // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – № 10 (75). – Т. 3. – 2015. – С. 10–14.

4. *Энциклопедия питания [Текст].* Том 3. Характеристика продуктов питания / А.А. Дубинина, Л.З. Шильман, Г.В. Дейниченко и др. ; под общ. ред. Л.З. Шильмана. – Х.: Мир Книг, 2014. – 744 с.

5. *Konrad G.* Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate [Text] // G. Konrad, T. Kleinschmidt, C. Lorenz // *International Dairy Journal*. 2013. Vol. 30. – Iss. 1. – P. 39–44.

6. *Дейниченко Г.В.* Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, І.В. Золотухіна. – Х. : Факт, 2008. – 208 с.

7. *Мирончук В.Г.* Мембранні процеси в технології комплексної переробки сироватки [Текст] / В.Г. Мирончук, Ю.Г. Змієвський. – К. : НУХТ, 2013. – 153 с.

8. *Енциклопедія мембран: в 2 т.* [Текст] / [упоряд. М.Т. Брик]. К.: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2005. – Т.1. – 658 с.

9. *Свитцов А.А.* Введение в мембранную технологию [Текст] / А.А. Свитцов. – М. : Дели принт, 2007. – 208 с.

10. *Иванец В.Н.* Методы интенсификации гидромеханических процессов [Текст] / В.Н. Иванец, Б.А. Лобасенко. – Кемерово : КТИПП, 2003. – 84 с.

11. *Дейниченко Г.В.* Разработка оборудования для мембранного концентрирования жидких высокомолекулярных полидисперсных систем [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко // *Первый независимый сборник*. – 2015. – № 1. – Ч. 1. – С. 32–36.

12. *Дейниченко Г.В.* Розробка пристрою для інтенсифікації процесу ультрафільтраційного концентрування рідких високомолекулярних полідисперсних систем [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко, О.О. Удовенко, О.В. Омельченко // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. – 2016. – Вип. 16. – Т.1. – С. 70–75.

13. *Дьяконов В.П.* Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO [Текст] / В.П. Дьяконов. – М. : СК Пресс, 1997. – 336 с.

14. *Дейниченко Г.В.* Раціональні параметри мембранної обробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, О.В. Гафуров, О.О. Підкорчевний // *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць*. – Х. : ХДУХТ, 2013. – Вип. 1 (17). – С. 141–147.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПАХТЫ**

Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Мазняк З.А.,  
Мельник О.Е., Скриль А.В.

**Аннотация – в работе освещены вопросы относительно использования методов интенсификации мембранных процессов**

**при обработке пахты. Приведены результаты экспериментальных исследований относительно влияния способов интенсификации мембранной обработки пахты на производительность ультрафильтрационных мембран.**

## **INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF ULTRAFILTRATION CONCENTRATION BUTTERMILK**

G. Deynichenko, V. Guzenko, Z. Maznyak, O. Melnik, A. Skryl

### *Summary*

**This work is devoted to the question about use of methods of an intensification of the membrane processes in the processing of buttermilk. The results of experimental researches of the influence of ways intensification of the membrane processing of buttermilk on the performance ultrafiltration membranes are presents.**



УДК 637.134.001.57

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ІМПУЛЬСНОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Паляничка Н.О., к.т.н.,

Петриченко С.В., к.т.н.,

Антонова Г.В., ст. викл.,

Левченко Л.В., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – робота присвячена визначенню основних факторів та залежностей, що впливають на ефективність гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі.

**Ключові слова** – амплітуда коливання, подача молока, ступінь гомогенізації, частота коливання, імпульсний гомогенізатор, фактори, градієнт швидкості.

*Постановка проблеми.* Гомогенізація є одною із найважливіх технологічних процесів в молочній промисловості [1]. Якість продуктів з використанням гомогенізованого молока набагато вища. Тому гомогенізація стала нормативним процесом у більшості сучасних технологічних схем виробництва питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовлення сиру тощо. У зв'язку з розвитком технологій до гомогенізованих компонентів, що застосовують, висуваються підвищені вимоги до дисперсності кінцевого продукту.

*Аналіз останніх досліджень.* Проведений аналіз наукових робіт щодо механізмів диспергування жирової фази молока показав, що єдиної визначеної теорії гомогенізації на сьогоднішній день не існує [2]. Це пояснюється тим, що жирові кульки мають мікроскопічний розмір, а також досить високу швидкість руху, що ускладнює спостереження цього процесу. Більшість авторів схильні до думки, що руйнування жирових кульок відбувається за рахунок виникнення градієнту швидкості потоку, тому подальше дослідження в цьому напрямку є досить актуальним.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є визначення основних факторів та залежностей, які впливають на ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі.

*Основна частина.* На основі аналізу літературних джерел та проведення теоретичних досліджень було виявлено, що руйнування

жирових кульок в імпульсному гомогенізаторі відбувається за рахунок градієнта швидкості [1,3].

В імпульсному гомогенізаторі швидкість потоку молока головним чином залежить від амплітуди коливання поршня-ударника і частоти коливань. Тільки визначення залежності швидкості від параметрів імпульсного гомогенізатора дасть можливість перейти до визначення ступеня гомогенізації.

Оскільки цей параметр досить важко розрахувати, було вирішено розрахувати швидкість потоку молока під час імпульсної гомогенізації за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench [1,3,4]. Дана програма має модуль CFX, який дозволяє ефективно і надійно проводити розрахунки, зв'язані з динамікою рідин та газів.

В якості вихідних даних для розрахунку в програмі Ansys Workbench були внесені геометричні параметри імпульсного гомогенізатора та фізико-хімічні властивості молока.

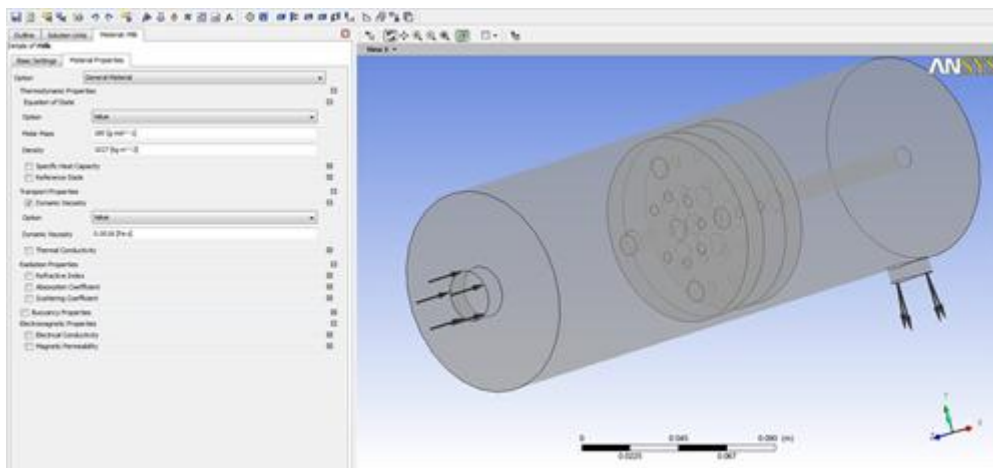


Рис. 1. Вікно вихідних даних в Ansys Workbench.

Діаметр робочої камери було обрано з умови забезпечення продуктивності гомогенізатора 1500...2000 кг/год рівною  $D = 0,3$  м; довжина робочої камери визначалася згідно діаметру камери:

$$L = 4 \frac{Q}{\pi \cdot D^2 \cdot f} = 4 \frac{1,8}{3,14 \cdot 0,3^2 \cdot 59} = 0,5 \text{ м};$$

діаметри отворів в поршні-ударнику були прийняті  $d_{\text{вих}} = 0,008$  м;  $d_{\text{вх}} = 0,002$  м, кількість отворів в поршні-ударнику  $n = 16$ ; товщина поршнів-ударників  $S_{\text{пор}} = 12$  мм; амплітуда коливань  $h = 2 \dots 12$  мм; частота коливань поршня-ударника  $f = 45 \dots 55$  Гц; густина молока  $\rho_m = 1029$  кг/м<sup>3</sup>; густина плазми  $\rho_n = 1035$  кг/м<sup>3</sup>; в'язкість молока  $\mu = 0,00179$  Па·с; поверхневий натяг на границі фаз повітря-плазма  $\sigma_n = 0,054$  Н/м; поверхневий натяг на границі фаз повітря-жир  $\sigma_{\text{ж}} = 0,024$  Н/м.

Молоко в робочій камері імпульсного гомогенізатора проходить крізь отвори в поршні-ударнику, а також крізь зазор між поршнем-ударником і циліндром. Як було визначено в даному розділі отвори в поршні-ударнику мають конічну форму з кутом  $45^\circ$  і чередуються діаметрами вхідних і вихідних отворів по колу. Отже швидкість потоку буде різною в залежності від того, з якого отвору прямого чи зворотно усіченого конусу буде виходити потік молока.

В результаті проведеного розрахунку були отримані лінії токів розподілу тиску та швидкостей по довжині робочої камери в залежності від зміни факторів, що впливають на імпульсну гомогенізацію (рис. 2).

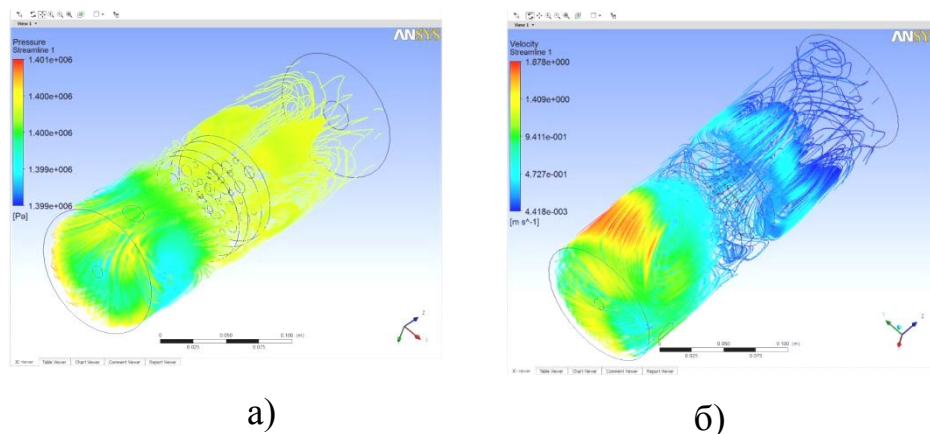


Рис. 2. Тривимірні графіки ліній розподілу виконані в Ansys Workbench: а) тиску; б) швидкостей по об'єму робочої камери.

Для того, щоб визначити, де буде утворюватися максимальний градієнт швидкості потоку молока, а, отже, і ступінь гомогенізації, розраховуємо градієнт швидкості на виході з першого поршня-ударника  $\frac{dv_1}{dx}$ , другого  $\frac{dv_2}{dx}$ , між поршнями  $\frac{dv_3}{dx}$  та за поршнями  $\frac{dv_4}{dx}$ .

Рівняння апроксимації відповідно матимуть вигляд:

$$\frac{dv_1}{dx} = 0,0025x^4 - 0,0648x^3 + 0,5859x^2 - 2,0208x + 2,2607 ; \quad (1)$$

$$\frac{dv_2}{dx} = 0,001x^4 - 0,0236x^3 + 0,245x^2 - 0,981x + 1,4537 ; \quad (2)$$

$$\frac{dv_3}{dx} = 0,003x^4 - 0,07x^3 + 0,5133x^2 - 1,2852x + 0,9575 ; \quad (3)$$

$$\frac{dv_4}{dx} = 0,0482x + 0,0631. \quad (4)$$

Залежності (1), (2), (3) та (4) представлені графічно на рис. 3.

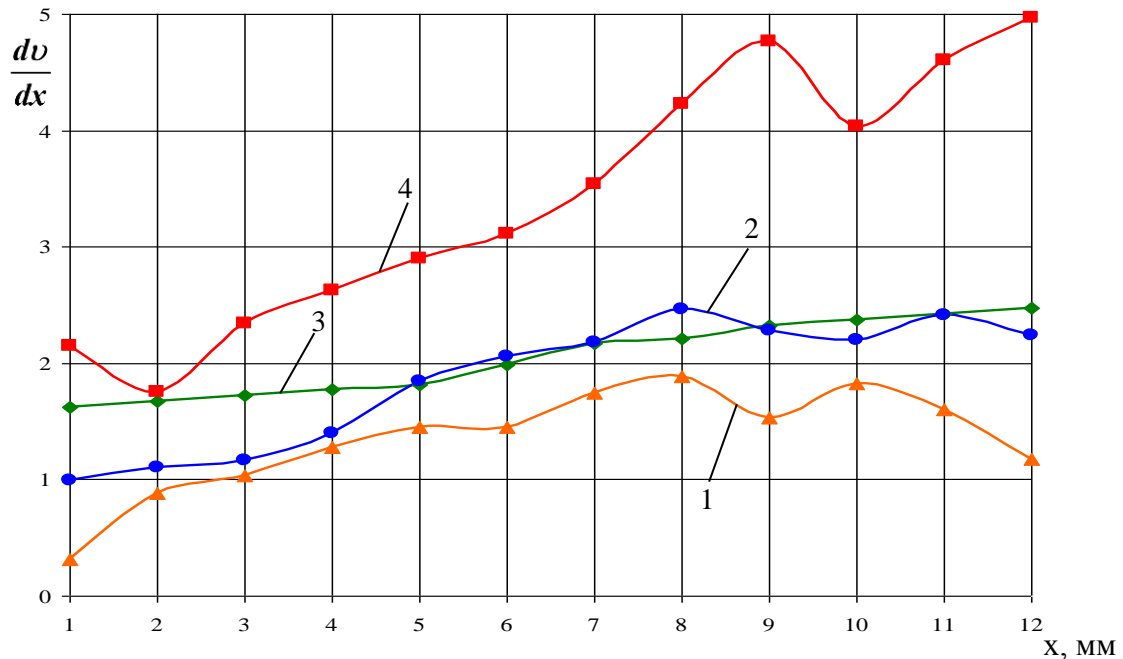


Рис. 3. Графік залежності градієнтів швидкості від довжини робочої камери імпульсного гомогенізатора: 1 – на виході з першого поршня-ударника; 2 – між поршнями; 3 – за поршнями; 4 – на виході з другого поршня-ударника.

Отже, як видно з графіка, найбільший градієнт швидкості (2,2...5 м/с) буде виникати на виході з кінцевих отворів другого поршня-ударника. Логічно припустити, що і ступінь гомогенізації в цьому випадку буде найвищою.

Ступінь гомогенізації визначаємо за формулою [5]

$$Nm = \frac{d_0}{d_k}, \quad (5)$$

де  $d_0$  – середній діаметр жирових кульок до гомогенізації, м;

$d_k$  – критичний діаметр жирових кульок після гомогенізації,

м.

Оскільки було визначено, що критичний критерій Вебера для рідини в потоці складає близько 14, то, так як умови практично однакові, припустимо, що в нашому випадку він також складає близько 14. Тоді критичний діаметр жирових кульок буде визначатися

$$d_k = \frac{We_{кр}^i \cdot \sigma_{жс-п}}{\left(\frac{dv}{dx}\right)^2 \cdot \rho_{пл}}. \quad (6)$$

Ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі в загальному вигляді визначається залежністю

$$Hm = f(h, f, Q), \quad (7)$$

де  $h$  – амплітуда коливань поршня-ударника;

$f$  – частота коливань поршня-ударника;

$Q$  – подача молока в імпульсний гомогенізатор.

З урахуванням формул (5), (6) і за допомогою комп'ютерної програми Ansys Workbench були розраховані наступні залежності.

Залежність ступеня гомогенізації від амплітуди коливання графічно представлено на рис. 4.

Рівняння апроксимації залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника має наступний вигляд

$$Hm = -0,0435h^2 + 1,0653h - 1,63. \quad (8)$$

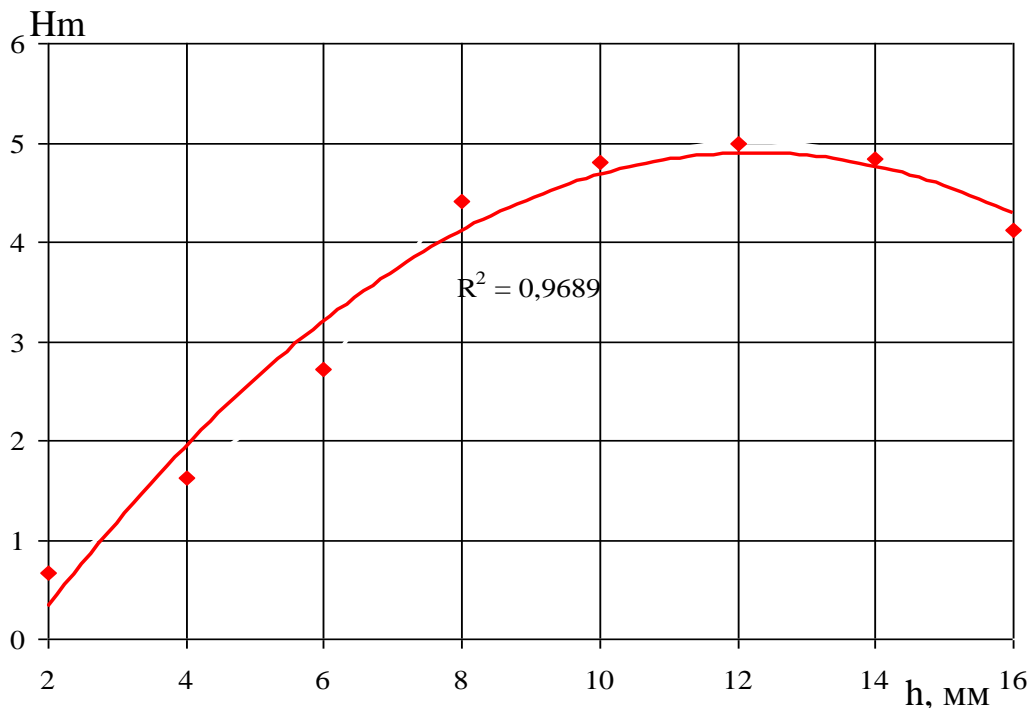


Рис. 4. Графік залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора.

Якість гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі, як було раніше зазначено, головним чином визначається градієнтом швидкості потоку молока на виході з додаткового поршня-ударника. Роблячи висновок з графіку, можна сказати, що максимальний ступінь гомогенізації, а отже і градієнт швидкості потоку молока, досягається при значенні амплітуди коливань 10...14мм. При подальшому підвищенні амплітуди коливань характер руху додаткового поршня-ударника призводить до зниження ступеня гомогенізації.

Залежність ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника в імпульсному гомогенізаторі графічно представлено на рис. 5.

Залежність ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника апроксимується рівнянням

$$Hm = -0,0085 f^2 + 1,0869 f - 29,724. \quad (9)$$

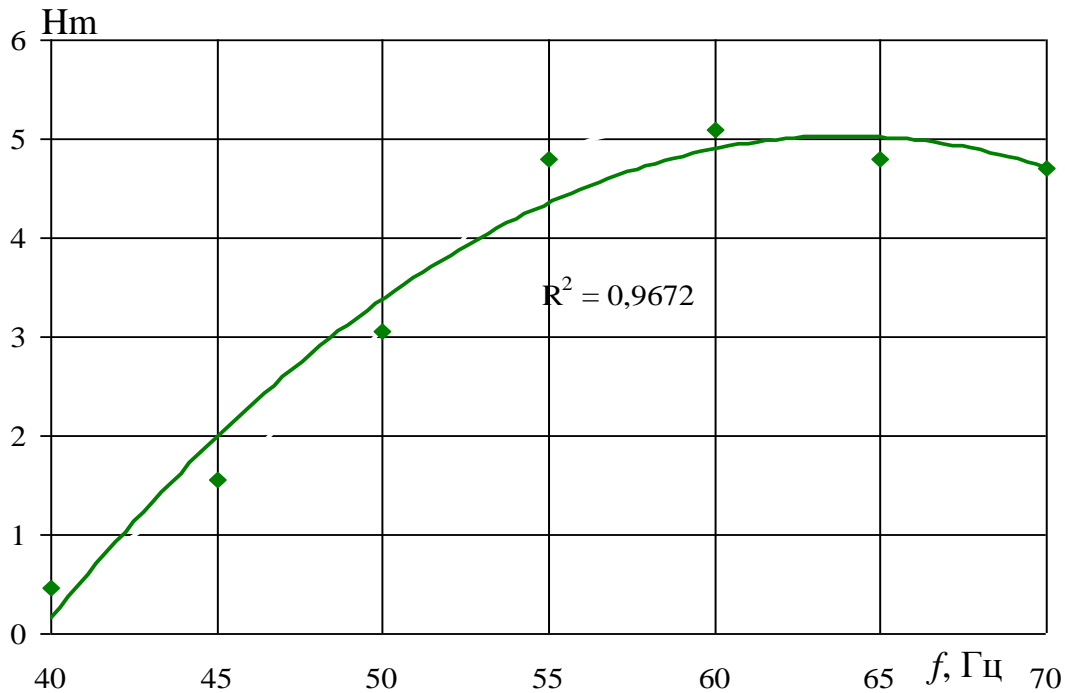


Рис. 5. Графік залежності ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника.

Дана залежність показує, що найвищий ступінь гомогенізації досягається за частоти коливань поршня-ударника 55...65 Гц. Подальше підвищення частоти коливань, як і у випадку з амплітудою, призводить до зниження якості гомогенізації.

На рис. 6 представлена залежність ступеня гомогенізації від подачі молока.

Рівняння залежності має наступний вигляд

$$Hm = -10,012Q^2 + 38,363Q - 31,814. \quad (10)$$

Аналізуючи графік, можна зробити висновок, що найвищий ступінь гомогенізації буде досягатися при подачі молока 1,8...2,0 м<sup>3</sup>/год.

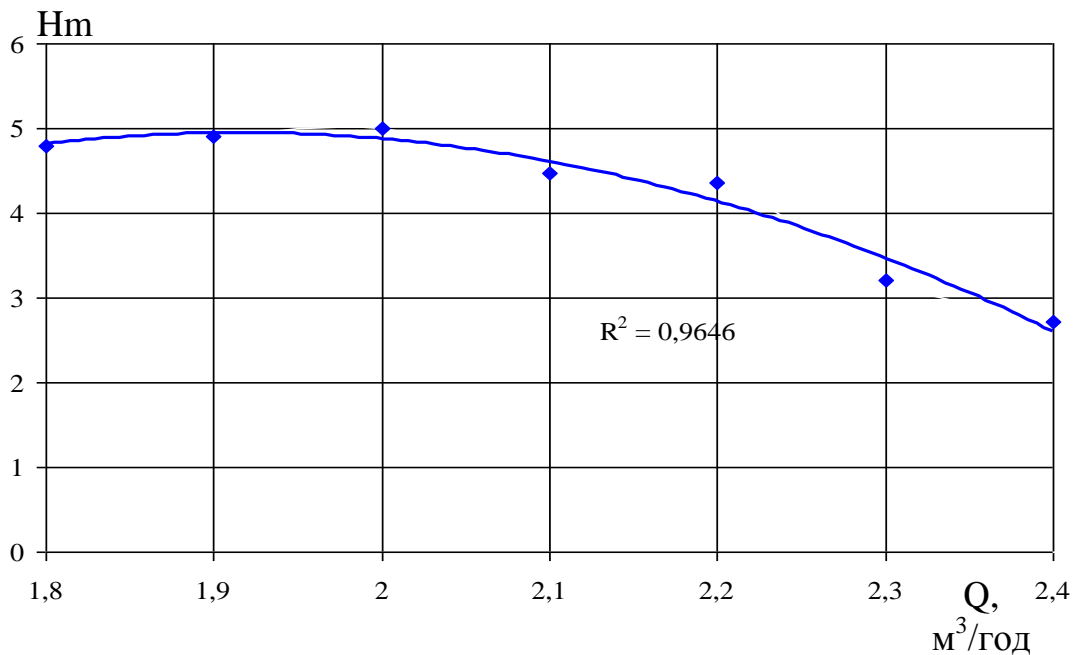


Рис. 6. Графік залежності ступеня гомогенізації від подачі молока в імпульсний гомогенізатор.

*Висновки.* Отже, внаслідок проведеного дослідження було встановлено, що основними факторами які впливають на ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі є амплітуда коливання поршня-ударника, частота коливання та подача молока в імпульсний гомогенізатор. Приведений алгоритм розрахунку в універсальній програмній системі кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench та рівняння залежностей ступеня гомогенізації від основних факторів можуть бути використані при інженерних розрахунках.

Література:

1. Паляничка Н.О. Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Н.О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 194 с.

2. Паляничка Н.О. Аналіз існуючих гіпотез руйнування жирових кульок / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздєв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.10, Т.3. – 2010. – С. 48 – 54.

3. Гвоздєв О.В. Комп'ютерне моделювання імпульсного гомогенізатора молока з використанням програмного забезпечення Ansys Workbench / О.В. Гвоздєв, К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка // Обладнання та технології харчових виробництв: тематичний збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНУЕТ. Вип. 28. – 2012. – С. 294 – 300.

4. Паляничка Н.О. Визначення градієнту швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації / Н.О. Паляничка // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.12, Т.4. – 2012. – С. 56 – 62.

5. Паляничка Н.О. Визначення ступеня гомогенізації при імпульсній гомогенізації молока / Н.О. Паляничка // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.13, Т.7. – 2013. – С. 102 – 107.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА**

Паляничка Н.А., Петриченко С.В., Антонова Г.В.

*Аннотация* – работа посвящена определению основных факторов и зависимостей, которые влияют на эффективность гомогенизации молока в импульсном гомогенизаторе.

## **ETERMINATION OF BASIC DEPENDENCES OF EFFICIENCY OF IMPULSIVE HOMOGENIZATION OF MILK**

N. Palyanichka, S. Petrichenko, G. Antonova

### *Summary*

**Work is sanctified to determination of basic factors and dependences that influence on efficiency of homogenization of milk in impulsive homogenizer.**



УДК [664.8.037.5:536.2.022]:635.621

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Стручаєв М.І., к.т.н.,

Тарасенко В.Г., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – розглянуто прилад та методику для визначення коефіцієнта теплопровідності, наводяться результати досліджень коефіцієнта теплопровідності кабачків і гарбузів, які можуть використовуватися при розробці технології заморожування і зберігання.

**Ключові слова** - температура, заморожування, коефіцієнт теплопровідності, кабачки, гарбуз.

*Постановка проблеми.* Технологія заморожування плодів і овочів, а також розрахунки, пов'язані з цим процесом, вимагають знання коефіцієнта теплопровідності продуктів при негативних температурах. При розробці режимів заморожування і розморожування, а також для розрахунків витрат енергії вирішальне значення має їх точне значення.

*Аналіз останніх досягнень.* Слід відзначити дослідження теплофізичних характеристик овочів і плодів у роботі Гінзбурга А.С., Громова М.А. [1]. Однак, в літературі значень коефіцієнта теплопровідності, при температурах нижче криоскопічних немає, а їхні значення при позитивних температурах, отримані в різних роботах, помітно між собою різняться. Пов'язано це з тим, що плоди та овочі в різних дослідах відрізнялися масовою часткою вологи, температурою, фізичної щільністю, а також пористістю і структурою тканини.

*Формулювання цілей статті.* Визначимо коефіцієнт теплопровідності кабачків і гарбузів при заморожуванні, розглядаючи ці овочі як деяке квазіоднорodne тіло а також розглянемо технічний пристрій для експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції.

*Основна частина.* Плодоовочева продукцію можна розглядати як капілярно-пористу структуру, теплофізичні характеристики якої через складність залежать від вологості, щільності, температури, хіміко-мінерального (грунтового) походження [2].

Для таких овочів, як кабачки, фрагменти яких нарізані циліндрами, можна скористатися теорією поширення теплоти поперек нескінченного циліндричного стрижня постійного перетину, для фрагменту (кубіка) гарбуза – нескінченної однорідної пластини.

Джерелом теплоти можна вважати сам матеріал плода, нагрітий до кімнатної температури (в літній час 29 ... 32 ° С). Умовно джерело теплоти концентрується уздовж осі плода. Перейшовши до абсолютної температури, отримуємо спрощене диференціальне рівняння теплопровідності

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right), \quad (1)$$

де  $T$  - температура, К;

$x$  - відстань від центру плоду, м.

Рішенням цього рівняння є такий вираз

$$T(x, \tau) = T_0 \left[ 1 - \Phi \left( \frac{x \sqrt{\rho c}}{z \sqrt{\lambda \tau}} \right) \right], \quad (2)$$

де  $T(x, \tau)$  - температура у момент часу  $\tau$  на відстані  $x$  від осі;

$T_0$  - початкова температура плоду, К;

$\Phi$  - інтеграл ймовірності Гауса [4].

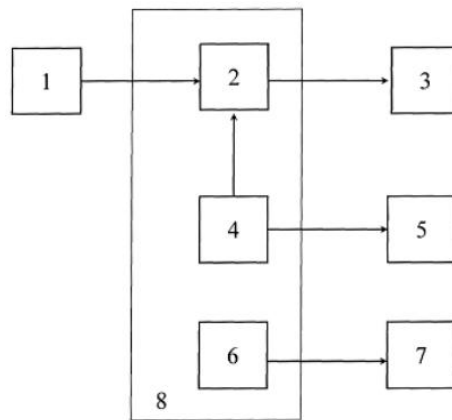


Рис. 1. Пристрій експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції: 1 – генератор; 2 – мост опору; 3 – мілівольтметр; 4 – вимірювальний осередок; 5 – омметр; 6 – датчик температури; 7 – дисплей; 8 – термостат.

На рис. 1 зображена схема пристрою експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції; на рис. 2 зображена схема вимірювального осередку, корпус якого виконує функцію зовнішнього електрода.

Для визначення коефіцієнта теплопровідності кабачків і гарбузів при негативних температурах використаний експрес-метод. Для цього

використовувався пристрій для експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції [3].

Пристрій експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції складається з генератора 1, моста опору 2, мілівольтметра 3, вимірювального осередку 4, омметра 5, датчика температури 6, дисплея 7 та термостата 8. Генератор 1 з'єднано електричними дротами з мостом опору 2, до якого під'єднані електричними дротами електричні контакти вимірювального осередку 4, який розташований разом з мостом 2 та датчиком температури 6 у термостаті 8.

До електричних контактів вимірювального осередку 4 електричними дротами під'єднано також омметр 5. Вихідний сигнал надходить на мілівольтметр 3, під'єднаний електричними дротами до моста опору 2, а датчик температури 6, що знаходиться в термостаті 8, під'єднаний електричними дротами до дисплея 7.

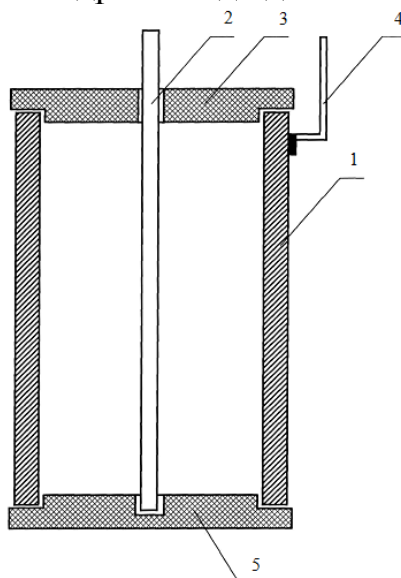


Рис. 2. Вимірювальний осередок пристрою для експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції: 1 – корпус; 2 – центральний електрод з електричним контактом; 3 – верхня кришка з діелектричного матеріалу з центруючим отвором; 4 – електричний контакт від зовнішнього електроду; 5 – нижня кришка з діелектричного матеріалу з центруючою втулкою.

Принцип дії пристрою описується наступним чином: вимірювальний осередок, в корпус якого встановлені зразки кабачків і гарбузів, центральний електрод, який закрито верхньою кришкою з діелектричного матеріалу з центруючим отвором, та нижньою кришкою з діелектричного матеріалу з центруючою втулкою, опускають в термостат, де встановлено датчик температури, виходи якого виведено на дисплей. Включають генератор, і після встановлення постійного значення температури, виконують вимірювання, знімаючи показання мілівольтметра та омметра.

Після заповнення вимірювального осередку зі зразком продукту, через нього проходить електричний імпульс від генератора через електричний контакт від зовнішнього електрода і центральний електрод з електричним контактом, причому електричний імпульс проходить також через міст опору і фіксується мілівольтметром. Температура вимірювального осередку та зразка підтримується постійною за допомогою термостата, а опір вимірювального осередку визначається за допомогою омметра.

Дослідження проводилося шляхом вимірювання температур в продукті в певні моменти часу та перерахунку інтеграла Гауса з використанням таблиць [4].

Згідно зі значеннями температур, визначених при пошарових вимірах, величину коефіцієнта теплопровідності визначали, використовуючи рівняння

$$\lambda = \frac{\chi^2 \cdot \rho \cdot c}{4 \cdot \tau \cdot Y^2}, \quad (3)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

$\chi$  - відстань від центру плода, м;

$\rho$  - густина плоду, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  - теплоємність плоду, Дж/(кг·К);

$\tau$  - час, с;

$Y$  - функція нормального розподілу, згідно зі значеннями інтегралу Гаусса [4].

Узагальнені результати експериментів представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Коефіцієнт теплопровідності кабачків і гарбузів

Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м·К)	Температура, °С					
	0	-5	-10	-15	-20	-25
Кабачки	0,2	1,21	1,36	1,45	1,52	1,57
Гарбуз	0,2	1,18	1,41	1,55	1,63	1,65

При температурі нижче 0 °С відбувається різке зростання коефіцієнта теплопровідності, що обумовлюється фазовим переходом води в лід. Оскільки теплопровідність льоду приблизно в 4 рази більше теплопровідності води [5], то при заморожуванні з пониженням температури  $\lambda$  зростає у відповідності з закономірностями зміни кількості вимороженої води в залежності від температури. Графічно це показано на рис.3.

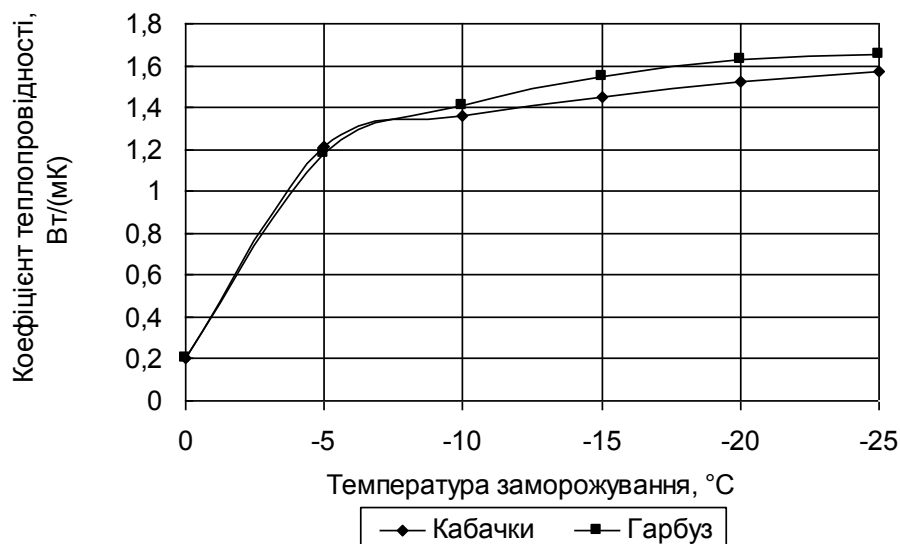


Рис. 3. Залежність коефіцієнта теплопровідності кабачків і гарбузів від температури заморожування.

*Висновки.* Аналіз результатів експериментів по визначенню коефіцієнта теплопровідності кабачків і гарбузів при заморожуванні свідчить про те, що цей показник після проходження криоскопічної температури збільшується, що пов'язано з підвищенням кількості вимороженої води.

1. Встановлено, що коефіцієнт теплопровідності як функція від температури дозволяє виконувати більш точний розрахунок процесів заморожування, зберігання в замороженому вигляді і дефростації овочевої продукції.

2. Запропоновані формули можуть бути використані для обчислення коефіцієнтів теплопровідності різних овочів і визначення температури зберігання.

Література:

1. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов /А.С. Гинзбург, М.А. Громов . – М.: «Агропромиздат». –1987. – 265 с.

2. Иванченко В.И., Модонкаева А.Э., Ялчак В.Ф., Стручаев К.Н., Загорко Н.П. Определение коэффициента теплопроводности плодоовощной продукции при замораживании // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. - № 12. – с. 24-25

3. Пат. 86725 Україна, МПК (2013.01) G01N 27/00 Пристрій експрес-оцінки якості замороженої плодової та овочевої продукції / М.І. Стручаєв: Заявл. 01.07.2013, Опубл. 10.01.2014, Бюл. №1, 5 с.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1969.- 576с.

5. Рогов И.А., Куцакова В.Е. Консервирование пищевых продуктов холодом (теплофизические основы) / Рогов И.А., Куцакова В.Е. и др. – М.: Колос, 1999. – 176 с.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ**

Стручаев Н.И., Ялпачик В.Ф., Тарасенко В.Г.

*Аннотация* – рассмотрено прибор и методику для определения коэффициента теплопроводности, приведены результаты исследований коэффициента теплопроводности кабачков и тыквы, которые могут использоваться при разработке технологии замораживания и хранения.

## **EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL FEATURES OF SQUASH AND PUMPKIN AT FREEZING**

M. Struchayev., V. Yalpachyk, V. Tarasenko

### *Summary*

The results of researches of thermophysical features of squash and pumpkin, which can be used for development of technology of freezing and storage, are resulted in this paper.

УДК [532 .5 + 62- 23]/663

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕЧІЇ В'ЯЗКО-ПЛАСТИЧНОЇ РІДИНИ ПО КАНАЛУ ФОРМУВАЧА ПРИ ОБ'ЄМНОМУ ДРУЦІ (3D)

Бойко В.С., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06.

**Анотація** - стаття присвячена створенню математичної бази для виконання теоретичних розрахунків параметрів течії в'язко-пластичного харчового продукту по циліндричним каналам об'ємного формувача при виготовленні виробів методом послідовного нанесення валків продукту при об'ємному друку 3D.

**Ключові слова** - напруга зсуву, швидкість зсуву, динамічна в'язкість, градієнт швидкості, об'ємний друк, формувач, об'ємна витрата, графік течії.

*Постановка проблеми.* У теперішній час технічний прогрес вимагає перспективних, гнучких, високопродуктивних і економічних технологій виробництва харчових продуктів. Однією з таких технологій є об'ємний друк виробів (3D), який виконується методом послідовного нанесення валками продукту з одночасним їх спіканням при управлінні процесом за допомогою спеціальної комп'ютерної програми.

Дана технологія вимагає високої точності виконання процесу. Тому процес об'ємного друку харчових продуктів повинен мати добре математичне забезпечення для розрахунку та оптимізації технологічних і експлуатаційних параметрів.

*Основна частина.* Технологія об'ємного друку продукту впевнено завойовує собі місце у виробництві продуктових виробів. Цьому сприяють певні переваги даного процесу:

- можливість виробництва великої кількості різної продукції без переналагодження обладнання в порівнянні з пончиковим апаратом, який тільки виробляє пончики;

- простота обслуговування і ремонту в порівнянні з пончиковим апаратом;

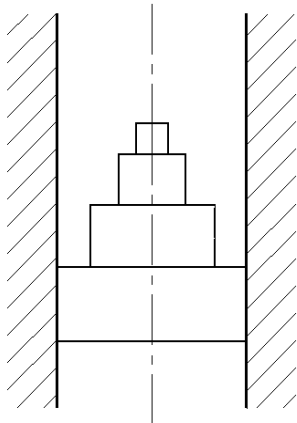
- мінімальний доступ персоналу до готової продукції;

- не використовуються громіздкі форми і обладнання до форм.

Однак на ряду з перевагами даного методу існують і деякі проблеми. Це проблема швидкого запікання валків продукту, завданих об'ємним формувачем на рушійний стіл, швидкість

укладання валків продукту, вплив в'язкості продукту на витікання через сопло і т.д.

Перебіг в'язко-пластичної рідини через круглий капіляр сопла формувача реалізуються внаслідок різниці тисків на вході в капілярний канал і на виході з нього. При цьому має місце параболічний розподіл швидкостей шарів в радіальному напрямку всередині потоку рідини. Це схоже на телескопічне переміщення трубчастих шарів рідини, вкладених один в іншій і які ковзають один по одному, (рис. 1).



Основні параметри, які впливають на процес течії, вперше були об'єднані в основний закон течії ідеальної рідини, який сформулював Ісаак Ньютон

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (1)$$

де  $\tau$  - напруга зсуву;  
 $\eta$  - динамічна в'язкість;  
 $\dot{\gamma}$  - швидкість зсуву.

Рис. 1. Перебіг в'язко-пластичної рідини через круглий капіляр сопла формувача.

Таким чином дане рівняння об'єднало три параметра, які впливають на перебіг рідини. Ідеально тверді тіла деформуються під впливом зсувних напружень

$$\tau = G \frac{dL}{dy} = G \cdot \operatorname{tg} \alpha = G \cdot y, \quad (2)$$

де  $\tau$  - напруга зсуву, [ $\text{Н/м}^2 = \text{Па}$ ], сила  $F$  прикладена до площі  $A$ , що знаходиться на кордоні розділу верхньої порожнини і рідини під нею, яка викликає рух рідини  $\tau = F/A$ ;  $G$  - модуль Юнга, котрий пов'язаний з жорсткості твердого тіла,  $\text{Н/м}^2$ ;  $\alpha = dL/y$  - відносна деформація (безрозмірна величина);  $y$  - висота твердого тіла, м;  $\Delta L$  - абсолютна деформація тіла в результаті впливу зсувного напруження, м.

Напруга зсуву  $\tau$  викликає рух рідини, яка характеризується останнім розподілом швидкостей в шарі рідини.



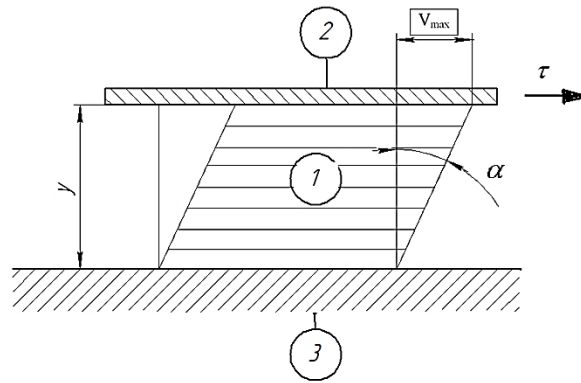


Рис. 2. Перебіг рідини між двома площинами.

Максимальна швидкість течії  $V_{\max}$  спостерігається біля кордону розділу рідини (1) з рухомою площиною (2). У міру віддалення від рухомої площини швидкість течії знижується і на кордоні з нерухомою площиною (3)  $V_{\min} = 0$ .

Гradient швидкості поперек зазору називається "швидкість зсуву", яка виражається у вигляді диференціала

$$\dot{\gamma} = \frac{dV}{dy}. \quad (3)$$

Швидкість зсуву є похідною за часом від деформації, обумовленої напруженою зсуву, яка впливає на тонкий ламінарний шар рідини

$$\dot{\gamma} = \frac{dL/dy}{dt} = \frac{dL/dt}{dy} = \frac{dV}{dy}. \quad (4)$$

Рівняння (1) можна переписати використовуючи рівняння (4)

$$\tau = \eta \cdot \frac{dV}{dy} = \eta \cdot \dot{\gamma}. \quad (5)$$

Рішення даного рівняння щодо динамічної в'язкості  $\eta$  дає формулу

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}, \left[ \frac{\text{Н/м}^2}{\text{с}^{-1}} = \text{Па} \cdot \text{с} \right]. \quad (6)$$

Порівнюючи рівняння (2) і (5) можна помітити відмінність між твердим тілом і в'язко-пластичною рідиною: зсувні напруження в твердому тілі пропорційно деформації, а в рідині - швидкості деформації. У той час, коли тверді тіла деформуються, рідкі течуть.

Стан між напругою зсуву і швидкістю зсуву, характеризує поведінку рідини при перебігу, можна зобразити графічно у вигляді кривої, на якій по осі ординат відкладають значення  $\tau$ , а по осі абсцис -  $\dot{\gamma}$ . Такий графік називають "кривою течії".

У зв'язку з тим, що в'язко-пластичні рідини найчастіше мають значну в'язкість, для них характерний ламінарний рух, навіть при відносно великих перепадах.

Розглянемо ламінарний сталий потік в'язко-пластичної рідини в циліндричному каналі. Для потоку, що рухається в циліндричному каналі градієнт швидкості зсуву пропорційний дотичному напруженню

$$\frac{dv}{dy} = \frac{dv}{dr} = f(t), \quad (7)$$

де  $r$  - поточний радіус каналу, м.

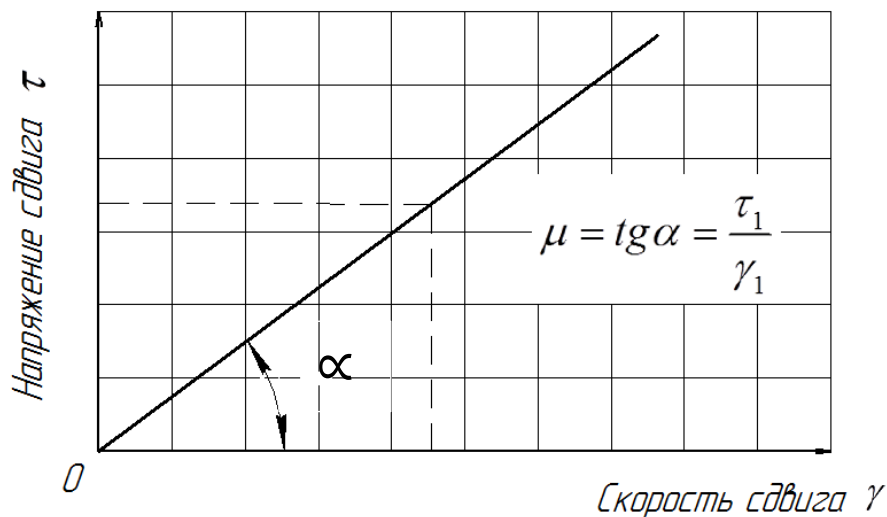


Рис. 3. Крива течії і в'язкості рідини.

Напруга зсуву змінюється лінійно, уздовж радіуса  $r$  від максимуму  $V_{\max}$  у зовнішній стінки каналу, до нуля в зонах загального користування

$$\frac{\tau}{\tau_M} = \frac{r}{R}.$$

Тоді дотичне напруження визначиться з виразу

$$\tau = \tau_M \frac{r}{R}, \quad (8)$$

де  $\tau_M$  - дотичне напруження у стінки каналу;  
 $R$  - радіус каналу.

Підставивши рівняння (8) закону розподілу дотичних напружень в циліндричному каналі при ламінарному режимі руху в рівнянні (7), знаходимо

$$\frac{dV}{dr} = f\left(\tau_M \cdot \frac{r}{R}\right). \quad (9)$$

Знайдемо розподіл швидкості в циліндричному каналі про інтегрувавши вираз (9)

$$\int_V^0 -dV = \int_r^R f\left(\tau_M \frac{r}{R}\right) \cdot dr,$$

або

$$V = \int_r^R f\left(\tau_M \frac{r}{R}\right) \cdot dr. \quad (10)$$

Знаючи швидкість руху рідини, можна визначити елементарну об'ємну витрату рідини з сопла об'ємного формувача

$$dQ = V \cdot 2\pi r \cdot dr. \quad (11)$$

Інтегруємо рівняння (11) по частинах

$$\int_0^Q dQ = \pi \int_0^R V \cdot 2R \cdot dr = \pi \left[ Vr^2 - \int_0^R r^2 \cdot dV \right]. \quad (12)$$

Оскільки «г» з виразу (8) дорівнює

$$\tau = \tau_M \frac{r}{R}.$$

то підставивши його значення в рівняння (12), отримаємо

$$Q = \frac{\pi R^3}{\tau_{max}^3} \cdot \int_0^{\tau_{max}} \tau^2 \cdot f(\tau) \cdot dt. \quad (13)$$

*Висновок.* Використовуючи рівняння (10) і (13) відповідно з реологічними моделями неньютоновських рідин (модуль Освальда - де Віля, відповідно з статечним законом для псевдо пластичних і делатантних рідин, або модуль Шведова - Бінгама, відповідно з реологічним рівнянням для бінгамоновських пластичних рідин), отримаємо закон розподілу швидкостей по перетину циліндричного каналу і витрату в'язко-пластичної рідини при об'ємному формуванні.

## Література:

1. Шарм Г. Основы практической реологии / Г. Шарм. / М.: Колос. 2003. 340 с.
2. Кузнецов О.А. Реология пищевых масс / О.А Кузнецов, Е.В. Волошин Р.Ф. Сагитов/. Оренбург 2005. 290 с.
3. Рейнер. М. Реология./ М. Рейнер / М.: Колос. 1965 410 с.
4. Уилкинсон У.Л. Неньюновские жидкости. / У.Л. Уилкинсон / Мир. М.: 1964. 520 с.
5. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов. / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин / - М.: Легкая и пищевая промышленность 1987. 465 с.
6. Остриков А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств./ А.Н. Остриков и др./ Санкт Петербург ГОРД 2007. 700 с.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ  
ВЯЗКО-ПЛАСТИЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ПО КАНАЛУ  
ФОРМИРОВАТЕЛЯ ПРИ ОБЪЕМНОЙ ПЕЧАТИ (3D)**

Бойко В.С.

**Аннотация - статья посвящена созданию математической базы для выполнения теоретических расчетов параметров течения вязко-пластичного пищевого продукта по цилиндрическим каналам объемного формователя при изготовлении изделий методом последовательного нанесения валков продукта при объемной печати 3D.**

**THE THEORETICAL JUSTIFICATION OF VISCO-  
PLASTIC FLOW OF FLUID THROUGH THE CHANNEL DRIVER  
WHEN PRINTING VOLUME (3D)**

V. Wojko

*Summary*

**Abstract - article is devoted to the creation of a mathematical framework for the implementation of the theoretical calculation of flow parameters visco-plastic food of cylindrical channels surround driver in the manufacture of products using a consistent application of the product rolls at a volume of 3D printing.**

УДК 664.69.016

## СПОСІБ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СУШІННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Петриченко С.В., к.т.н.,

Паляничка Н.О., к.т.н.,

Олексієнко В.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

***Анотація*** – робота присвячена обґрунтуванню способу інтенсифікації процесу сушіння макаронних виробів за рахунок зниження в об'єкті енергії зв'язку вологи зі складовими компонентами тіста шляхом попередньої термообробки.

***Ключові слова*** – макаронні вироби, сушіння, вологоутримуюча здатність, гідротермічна обробка, гіротермічна обробка.

*Постановка проблеми.* Макаронні вироби завдяки низкій вологості можуть тривалий час зберігатися. Висушування їх є енергоємним і тривалим процесом із усіх технологічних стадій виробництва макаронів. Останнім часом велика увага приділяється попередній підготовці об'єкта сушіння до зневоднювання. Метою такої підготовки є зниження енергії зв'язку вологи з матеріалом і зміна його теплофізичних характеристик, що забезпечують можливість застосування "жорстких" режимів сушіння без шкоди для якості продукту, що висушується.

Зниження "вологоутримуючої здатності" вогких макаронів можливо при зміні властивих їм специфічних, фізико-хімічних властивостей. Сутність цих змін полягає в тому, що шляхом попередньої обробки в об'єкті знижується енергія зв'язку вологи зі складовими компонентами тіста. У такий спосіб вироби готуються до процесу зневоднювання.

*Аналіз останніх досліджень.* Останнім часом у літературі висвітлюється питання вишукування методу попередньої обробки об'єкта сушіння, що дозволяє знизити енергію зв'язку вологи з матеріалом. Однак ефективним методом зниження енергії зв'язку вологи із сухою речовиною можна вважати такий, який дозволив би поряд зі скороченням тривалості сушіння одержати готовий продукт, що відповідає всім вимогам стандарту [1]. У зв'язку із цим виникла необхідність пошуку способу попередньої обробки макаронних виробів, що дозволяє одержати продукцію високої якості.

За кордоном рекомендують застосовувати способи сушіння макаронних виробів з попередньою гідро- або гігротермічною обробкою їх перед сушінням.

У Швейцарії гідротермічна обробка доповнюється наступним заморожуванням виробів при температурі мінус 26 °С протягом 15...25 хвилин.

У США пропонується використовувати термообробку сухою парою при температурі 101...180 °С, попередньо «підсушених» виробів при інфрачервоному енергопідводі протягом 5...30 секунд.

У Франції для прискорення сушіння вогкі макаронні вироби після пресування варяться й потім витримуються в етиловому спирті, який поступово витісняє з них вологу; після цього вироби швидко висушуються, а спирт регенерується.

А.С. Гинзбург, В.І. Сироїдов, Н.І. Назаров рекомендують із метою зниження енергії зв'язку вологи з матеріалом і інтенсифікації внутрішнього переносу вологи застосовувати поверхнево-активні речовини (ПАР), наприклад, етиловий спирт, гексан або толуол, що характеризуються малим коефіцієнтом поверхневого натягу.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є визначення основних факторів та залежностей, які впливають на якість готових макаронних виробів та інтенсивність процесу сушіння з використанням попередньої гігротермообробки.

*Основна частина.* На кафедрі Обладнання переробних та харчових виробництв ТДАТУ проведені дослідження з метою перевірки наступних видів термообробки макаронних виробів: гідротермічної із промиванням поверхні виробів холодною ( $t = 15^{\circ}\text{C}$ ) або гарячою водою ( $t = 95^{\circ}\text{C}$ ) і без промивання з наступним заморожуванням і без заморожування, а також гігротермічної обробки, здійснюваної по тим же варіантам.

Дані показують, що всі види попередньої термічної обробки макаронів значно скорочують загальну тривалість сушіння [2]. Так, сушіння макаронів стандартної вологості після гідротермічної обробки із промиванням у холодній воді протягом 5 хвилин і з наступним заморожуванням при температурі мінус 25 °С протягом 25 хвилин, склала 177 хвилин. Параметри сушильного агента були наступні: температура 90 °С, відносна вологість 30 %. Втрати сухих речовин при варінні, збільшення обсягу, колір і структура в зламі відповідали вимогам стандартів. Однак, недоліком цих методів є злипання виробів. Для усунення склеювання застосовували промивання виробів холодною й гарячою водою, їх заморожування та обробку у вібраційному полі. Проте це все виявилось малоефективним. Разом з тим гігротермічна обробка в касетах, у порівнянні з гідротермічною, значно скорочує тривалість сушіння макаронних виробів. Так, тривалість сушіння гігротермічно

оброблених і заморожених макаронних виробів склала 115 хвилин, а без заморожування 90 хвилин. При цьому такі показники якості готових виробів як втрати сухих речовин у варильній воді, збільшення обсягу перебували в межах вимог стандарту. Однак всеж-таки спостерігалось часткове злипання виробів.

Аналіз наведених вище даних дозволив зробити висновок про перевагу гігротермообробки перед гідротермообробкою.

Сушіння макаронних виробів, підданих гігротермообробці в підвісному стані на бастунах, при параметрах сушильного агрегату  $\phi = 80 \%$ ;  $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $V = 1 \text{ м/сек}$ , дозволила повністю уникнути злипання продукції, якість якої відповідала всім вимогам стандартів. Гігротермообробка проводилася при постійній початковій вологості виробів. Параметри пари також не змінювалися. Вивчений вплив тривалості (1...5 хв.) гігротермообробки з інтервалом в 1 хвилину на процес сушіння і якість виробів. Установлено, що гігротермічна обробка виробів впливає на процес сушіння.

На рисунку 1 представлені криві сушіння макаронних виробів з гігротермічною обробкою ( $\tau_{т.о.}$ ) тривалістю 2 і 5 хв і без неї. Процес сушіння здійснювали при "жорстких" постійних параметрах сушильного агента. Застосування "жорсткого" режиму скорочує час зневоднювання виробів не підданих гігротермообробці з 18...24 годин до 13,5 години. Треба відзначити, що в промислових умовах сушіння ведеться при більш «м'яких режимах» [3]. Однак при "жорсткому" режимі сушіння зовнішні шари виробів висихають значно швидше внутрішніх за рахунок появи більших градієнтів вологості й спостерігається розтріскування макаронів як у процесі сушіння, так і при їхньому зберіганні.

Гігротермічна обробка виробів перед сушінням значно скорочує процес зневоднювання, тому що дозволяє застосовувати "жорсткі" режими сушіння без побоювання появи тріщин. При цьому протікає два взаємозалежні процеси: теплова денатурація білків і модифікація крохмалю. Остання в умовах дефіциту вологи не переходить границю клейстеризації першого ряду. Денатурація білків веде до зниження енергії зв'язку вологи з білками тіста й до зміцнення структури останнього. Так, міцність на розрив виробів, не оброблених теплом становить 320 г, а оброблених - 790 г.

Макаронні вироби, попередньо термооброблені, не зазнали розтріскування в процесі зберігання протягом 6 місяців і більш.

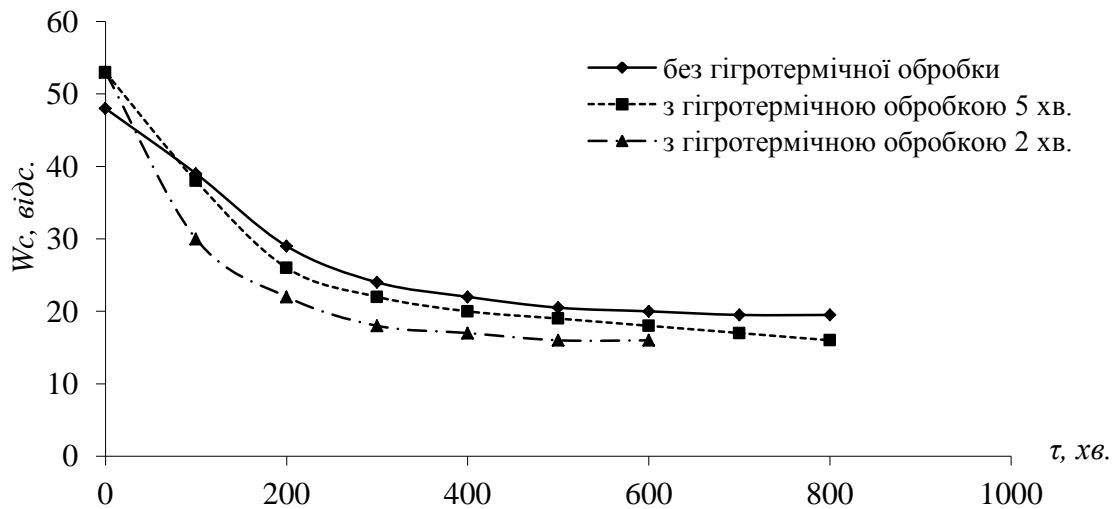


Рис. 1. Криві сушіння макаронних виробів.

Криві сушіння представлені на рис.1 показують, що початкова вологість виробів без обробки й після неї різко різняться. Так, макарони з гіротермообробкою мають  $W^c = 54,6\%$ , а без неї -  $47,5\%$ . Також суттєво відрізняється й перша критична вологість ( $W_{кр}^c$ ): у першому випадку вона дорівнює  $34\%$ , у другому –  $30\%$ .

Однак видалення вологи у перший період сушіння у макаронів після гіротермообробки більше, ніж у виробів без неї. У термооброблених макаронів він становить  $20,6\%$ , а в необроблених -  $17,5\%$ . Слід також відзначити, що тривалість першого періоду сушіння в першому випадку менше ( $55$  хв.), ніж в другому ( $125$  хв.).

Другий період сушіння значно збільшується у випадку сушіння макаронів без термообробки ( $690$  хвилин проти  $480$  хвилин). При даній тривалості гіротермообробки рівноважна вологість макаронів незначно змінюється (з гіротермообробкою  $W_p^c = 13\%$ , без неї -  $14\%$ ); при цьому відносна вологість повітря –  $80\%$ , температура –  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , швидкість -  $1,0$  м/сек.

На рисунку 2 представлені криві швидкості сушіння, тривалість яких у першому й у другому періодах значно більше у макаронних виробів що піддалися гіротермообробці. Швидкість сушіння в першому періоді ( $N^c$ ) більше у макаронів, що пройшли 2-х хвилинну гіротермообробку й становить  $0,31\%$ /хв. у порівнянні з  $0,14\%$ /хв. для виробів без обробки.

Збільшення тривалості гіротермообробки з 2 до 5 хвилин приводить до збільшення тривалості сушіння майже в 2 рази, (див. рис. 1), що пояснюється поглибленням зони клейстеризації крохмалю, у результаті чого відбувається утворення більш міцних зв'язків вологи із цим компонентом тіста. Швидкість сушіння при 2-х хвилинній гіротермообробці як у першому, так і в другому періоді вище, ніж при 5-ти хвилинній гіротермообробці (див. мал. 2). Порівняння



кривих сушіння і її швидкості при гіротермообробці в діапазоні 1...5 хвилин показує, що 2-х хвилинна обробка є оптимальною по показникові загальної тривалості сушіння. Шляхом математичної обробки експериментальних даних отримані рівняння кривих сушіння макаронних виробів в 1 і в 2 періодах і швидкості сушіння.

Для першого періоду: ( від  $W_n^c$  до  $W_{кр1}^c$  )

$$W_i^c = B - A \tau_i ; \quad \frac{dW_i^c}{d\tau_i} = -A = N^c, \quad (1)$$

де  $W_i^c$  - поточна вологість, що відповідає 1 періоду сушіння, відс.;

$W_{кр1}^c$  - перша критична вологість макаронних виробів, відс.;

$W_n^c$  - початкова вологість макаронних виробів, відс.;

$\tau_i$  - тривалість сушіння в 1 періоді, хв.;

$B, A$  - коефіцієнти рівняння ( $B$  – відс.,  $A$  – відс./хв.);

$\frac{dW_i^c}{d\tau_i}$  - швидкість сушіння, відс./хв.;

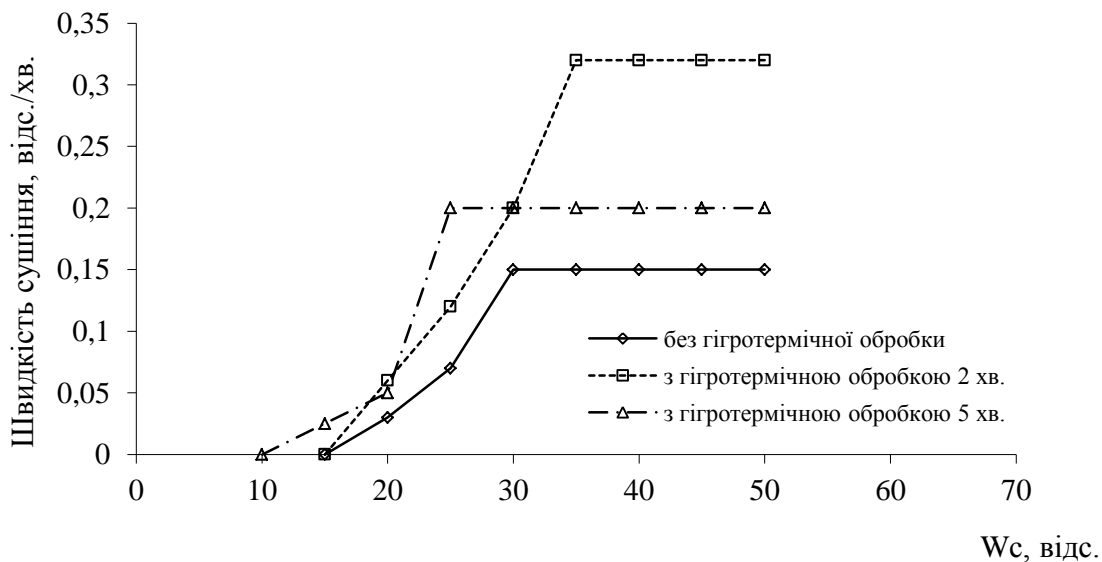


Рис. 2. Криві швидкості сушіння макаронних виробів.

Для другого періоду: ( від  $W_{кр2}^c$  до  $W_p^c$ , причому  $W_{кр2}^c$  прагне до  $W_{кр1}^c$  )

$$W_j^c = W_p^c + C \exp(-m \tau_j); \quad \frac{dW_j^c}{d\tau_j} = -m C \exp(-m \tau_j), \quad (2)$$

де  $W_{кр2}^c$  - друга критична вологість, відс.;

$W_p^c$  - рівноважна вологість, відс.;

$W_j^c$  - поточна вологість відповідна 2 періоду сушіння, відс.;

$\tau_j$  - тривалість сушіння в 2 періоді, хв.;

$C$  - коефіцієнт рівняння, відс.;

$m$  - ступінь експоненти, 1/хв;

$\frac{dW_j^c}{d\tau_j}$  - швидкість сушіння в 2 періоді сушіння, відс./хв.

У табл. 1 наведені чисельні значення коефіцієнтів рівняння (1) і (2) кривих сушіння й швидкості сушіння макаронних виробів залежно від параметрів гіротермообробки й процесу сушіння.

Таблиця 1 - Значення коефіцієнтів рівнянь кривих сушіння й швидкості сушіння макаронних виробів

Параметри гіротермообробки				Коефіцієнти рівнянь				
				1 період сушіння		2 період сушіння		
$\tau_{T.O.}$ , хв.	$\varphi_{C.A.}$ , відс.	$t_{C.A.}$ , °C	$V_{C.A.}$ , м/сек	A, відс. /хв	B, відс.	$W_p^c$ , відс.	C, відс.	m, 1/хв.
0	80	60	1	0,140	47,48	14	24,7	0,00440
1	80	60	1	0,230	50,37	12	28,14	0,00372
2	80	60	1	0,310	53,35	13	33,8	0,00856
3	80	60	1	0,220	52,67	13	33,05	0,00668
5	80	60	1	0,196	53,04	10	28,1	0,00370
2	50	60	1	0,532	48,03	10,5	33,45	0,01085
2	60	60	1	0,420	49,05	11,2	33,75	0,00960
2	70	60	1	0,406	52,25	12,1	33,4	0,00900
2	80	60	1	0,310	53,35	13	33,8	0,00856
2	80	50	1	0,176	52,73	17,7	29,22	0,00672
2	80	60	1	0,316	53,35	13	33,8	0,00856
2	80	70	1	0,355	51,78	13	34,5	0,00990
2	80	80	1	0,534	52,53	12,9	33,2	0,01205
2	80	60	0,5	0,204	54,23	15,4	31,05	0,00530
2	80	60	1	0,310	53,35	13	33,8	0,00856
2	80	60	1,5	0,431	52,65	12,6	34,5	0,01050
2	80	60	2	0,605	50,61	12,1	33,15	0,01132

*Висновки.* Отже, внаслідок проведеного дослідження було встановлено, що гіротермічна обробка виробів перед сушінням значно скорочує процес зневоднювання, тому що дозволяє застосовувати "жорсткі" режими сушіння без погіршення якості готових макаронних виробів. Аналіз отриманих даних сушіння і його швидкості при гіротермообробці в діапазоні 1...5 хвилин показав, що 2-х хвилинна обробка є оптимальною по показникові загальної тривалості сушіння.

## Література:

1. *Гинзбург А.С.* Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность. 1973. - 178 с.
2. *Петриченко С.В.* Вплив температури і вологості на структурно-механічні та електричні властивості харчових продуктів / С.В. Петриченко, І.П. Назаренко, О.М. Берека// Праці Таврійської державної агротехнічної академії: наукове фахове видання. Випуск 25, 2005. - стор. 161-168.
3. *Медведев Г.М.* Технология макаронного производства. - М.: Колос. 1999. - 272 с.

### СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СУШКИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Петриченко С.В., Паляничка Н.А., Алексеенко В.А.

***Аннотация*** – работа посвящена обоснованию способа интенсификации процесса сушки макаронных изделий за счет снижения в объекте энергии связи влаги с составными компонентами теста путем предварительной термообработки.

### METHOD FOR IMPROVED DRYING PASTA

S. Petrychenko, N. Palyanichka, W. Oleksienko

#### *Summary*

**Work is sanctified to the justification of the method of intensification of process of drying pasta by reducing the moisture in the object due to the energy integral components of the test by pre-heat treat.**

УДК 631.362.33

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОЧИЩЕННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Петриченко С.В., к.т.н.,

Вершков О.О., к.т.н.,

Олексієнко В.В., студент 21 СМБ групи\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – робота присвячена аналізу машин для підготовки зерна до зберігання і підготовки до переробки. Розглянуто типові конструкції машин для очищення від домішок і сепарації зернової суміші на етапі підготовки до переробки.

**Ключові слова** – зерно, домішки, очищення, сепарація, якість очищення, ознаки розділення.

*Постановка проблеми.* Аграрна галузь протягом останніх декількох років є головним локомотивом вітчизняної економіки. Без валютних надходжень від аграрних експортерів в 2015 році було б складно сподіватися на відносно стабільний курс гривні і збільшення золотовалютних резервів Нацбанку. В цілому, агропромисловий комплекс забезпечує 14% обсягу ВВП України. За даними Мінагрополітики, у поточному році в усіх категоріях господарств станом на 01 грудня зернові та зернобобові культури при прогнозі 14,6 млн га зібрані на площі 14,5 млн га (99 відсотків від прогнозу), намолочено 60 млн тонн зерна при врожайності 41,5 ц/га (у 2014 році – 43,4 ц/га). В процесі ефективного зберігання зерна і виробництва якісних продуктів харчування важливу роль відіграє очищення зернового вороху.

*Аналіз останніх досліджень.* Свіже зібране зерно (зерновий ворох) надходить на приймальні та переробні підприємства із домішками - зерном не основної культури, частинками соломи і колосків, половию, насінням бур'янів, піском, грудочками ґрунту тощо. Домішки погіршують якість продовольчого та насінневого матеріалу, утруднюють його зберігання. Несвоєчасне і неякісне очищення насінневого матеріалу призводить до підвищення його вологості, самозігрівання, пліснявіння, погіршення посівних і товарних якостей та ін.

---

© Олексієнко В.О., к.т.н., Петриченко С.В., к.т.н., Вершков О.О., к.т.н., Олексієнко В.В., студент 21 СМБ групи

\* *Науковий керівник* – Олексієнко В.О., к.т.н.

При виборі способу очищення зерна від домішок і необхідного технологічного обладнання використовують відмінності фізико – механічних властивостей зернових культур і домішок. Основні способи розділення зернової суміші, типи машин і характерні випадки застосування вказаних способів приведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Класифікація способів розділення на фракції зернової суміші

Ознаки розділення часток зернової		Спосіб розділення зернової суміші	Тип машин	Характерні випадки застосування
Головні	Супутні			
1	2	3	4	5
1 Довжина	Форма	Трієрування	Трієри	Очищення пшениці від вівсюга і куколя. Виділення ядра після
2 Ширина	Щільність, форма	Коливання сит з круглими і квадратними отворами	Сепаратори	Фракціювання пшениці, очищення від крупних домішок
3 Товщина	Щільність, форма	Коливання сит з прямокутними отворами	Сепаратори	Очищення від дрібних важких домішок
4 Щільність і коефіцієнт тертя	Розміри, форма	Вібраційне переміщення з аерацією	Сортувальні столи, вібропневматичні машини	Очищення від мінеральних домішок, розділення продуктів обрушування
5 Швидкість витання (щільність, розміри)	Стан поверхні	Пневматичне сепарування	Аспіраційні колонки, сепаратори, пневмокани	Очищення від легких домішок, виділення щуплого зерна
6 Швидкість витання	Форма	Ситовіальний процес	Ситові машини	Сепарування продуктів подрібнення
7 Розміри	Щільність, форма	Просіювання на горизонтальних ситах з круговими поступовими коливаннями	Розсиви мучні і круп'яні	Сепарування продуктів, подрібнення зерна
8 Пружність і коефіцієнт тертя	Щільність, форма	Віброударне сепарування	Падді-машини, крупівідокремлювачі	Виділення ядра з продуктів обрушення риса

9 Форма, щільність, коефіцієнт тертя	Розміри	Вібраційне переміщення	Сепараційні столи	Виділення ядра з продуктів обрушення круп'яних культур
10 Щільність	Розміри, форма, стан поверхні	Самосортування на горизонтальних кругових коливальних конічних	Камене-відокремлююча машина	Очистка від мінеральних домішок
11 Розміри, коефіцієнт тертя, щільність	Форма	Просіювання на нерухомих похилих ситах	Сортувальні гірки	Відбирання ядра з обрушеного риса
12 Магнітна чутливість	Розміри, коефіцієнт тертя	Магнітне сепарування	Магнітні сепаратори	Виділення металевих домішок

Післязбиральна обробка зерна передбачає його очищення, сортування і сушіння з доведенням його показників до базисних кондицій. Під час переробки на готову продукцію зерно додатково очищають від домішок і сортують за розмірами (крупністю) на фракції.

Очищення - це виділення із зернової маси домішок, а також щуплого, битого і пошкодженого зерна основної культури. Очищають все зерно, що надходить на зберігання і переробку.

Сортування - це поділ зерна на фракції за розмірами (товщиною, шириною і довжиною), густиною, аеродинамічними та іншими ознаками. На млинах рекомендується сортувати зерно на дві фракції, на крупорушках (гречку та просо) - на чотири-шість фракцій.

Очищення з сортуванням зернопродуктів часто називають сепаруванням. На малих с/г зернопереробних підприємствах застосовують скорочену технологічну схему сепарування зерна з використанням аспіраторів, повітряно-ситових сепараторів, ситових сортувальних машин, пневмосортувальних столів, каменевідбірних машин і магнітних колонок.

*Основна частина.* При виборі способів та обладнання для сепарування зерна використовують властивості компонентів зернової суміші, основними з яких є такі:

- розміри (довжина, ширина, товщина);
- форма зернівок;
- фрикційні властивості;
- аеродинамічні властивості (швидкість витання);
- густина;
- магнітні властивості,
- пружність;
- електричні властивості;

- комбінації перелічених ознак.

Відмінності ознак компонентів зернової маси покладені в основу класифікацій машин та обладнання для сепарування (рисунки 1).

Зерноочисні та сортувальні машини поділяють за призначенням, конструкцією, принципом роботи і способом пересування.

За призначенням розрізняють машини загального призначення і спеціальні.

До машин загального призначення відносять машини для попереднього і повторного очищення зернової маси для одержання продовольчого зерна і насіннєвого матеріалу.

Машини спеціального призначення - це машини для очищення від важковідокремлюваних домішок, насіння карантинних бур'янів та для сортування зерна за сукупністю ознак (пневматичні сортувальні столи, електромагнітні машини, бурякові гірки, змійки тощо).

За конструкцією машини поділяють на прості та складні.

Прості сепаратори поділяють зернову суміш на дві фракції, складні на декілька.

За принципом роботи розрізняють повітроочисні, повітрорешітні, трієрні і повітро-решітно-трієрні та ін.

Повітроочисні це найпростіші машини, які відокремлюють тільки легкі домішки від зернової маси або лузгу у круп'яному та олійному виробництвах, зокрема це пневмоколонки, пневмосепаратори, аспіратори тощо.

Повітрорешітні сепаратори використовують для попереднього очищення і часткового сортування зерна. Вони мають повітроочисні і решітні системи.

Трієрні машини здійснюють очищення і сортування зернової суміші за довжиною часточок після повторного очищення повітряно-решітними сепараторами. Їх найчастіше компонують і вигляді блоків з декількома трієрними циліндрами, що працюють послідовно.

Повітро-решітно-трієрні машини застосовують для повторного очищення насіннєвого матеріалу злакових, зернобобових і технічних культур, а також зерна на продовольчі потреби. У технологічному процесі поєднані всі три види очистки - повітряна, решітна і трієрна. Ці машини називають комбінованими.

Основними показниками, що визначають якість очищення та сортування, є чистота зерна (посівного матеріалу), питома маса, однорідність зерна за розмірами, схожість тощо. Рациональні розміри та добротність зерна встановлюють відповідно до агротехнічних вимог, базисних кондицій, державних стандартів на продовольче зерно і насіннєвий матеріал.



Рис. 1. Класифікація машин для очищення і сортування зерна.

Очищене і відсортоване зерно, призначене для помелу на сортове борошно, повинно відповідати встановленим стандартам: вміст смітєвої домішки не повинен перевищувати 2 %, шкідливої



домішки - не більше 0,2 %, в тому числі вміст головні і спори твердої сажки окремо або разом не повинен перевищувати 0,05 %, а гірчака і в'язелю (окремо або разом) - 0,04 % від загальної норми 0,05 %; наявність триходесми інканум (сивої) не допускається; вміст зернової домішки - не більше 5 % в пшениці і 4 % в житі, в тому числі порослих зерен не більше 3 %; зерно повинно бути не заражене шкідниками; натурна вага зерна пшениці не повинна бути меншою 650 г/л, жита 600 г/л.

Сортова чистота насінневого матеріалу зернових культур I й II класу має становити 98...99 %, схожість - 90...95 % (для твердої пшениці II класу - не менше 8 %); кількість обрешеного насіння - 0,5...1 %.

Зерноочисні машини мають бути пристосованими для доведення зерна і насінневого матеріалу різних сільськогосподарських культур до потрібних кондицій, легко переналагоджувались, бути зручними в експлуатації, відповідати агротехнічним вимогам і санітарним нормам.

Ситові сепаратори на підприємствах зі зберігання і переробки зерна застосовують для очищення зернової суміші від домішок, що відрізняються від основного зерна лінійними розмірами (шириною і товщиною), для сортування зерна на окремі класи і фракції за крупністю при підготовці продовольчого зерна до лушення, а також при доведенні насінневого зерна до заданих кондицій; для сортування продуктів подрібнювання і лушення зерна.

У результаті просіювання через одне сито вихідний продукт розділяється на дві фракції (частини), що містять різні за розмірами часточки. Частина суміші, що проходить крізь отвори сита, називають проходом; іншу частину, що залишається на ситі і сходиться з нього, — сходом.

Щоб сипкий матеріал просіювався, він повинен переміщуватися по поверхні сита. Для цього потрібно привести його в рух.

За розташуванням сит машини для просіювання поділяють на дві групи: із плоскими і циліндричними (або призматичними) ситами. Для надавання руху масі сипкого матеріалу перші роблять зворотно-поступальні, колові поступальні і вібраційні рухи, а другі обертаються навколо осі.

У ситових сепараторах робочими органами являються сита наступних видів:

- ♦ пробивні з тонкої листової сталі з круглими (для сортування зерна за шириною, рисунок 2, а) і прямокутними (для сортування зерна за товщиною, рисунок 2, б) отворами;
- ♦ плетені (дротові) із круглого металевого дроту (рисунок 2, в);
- ♦ тканні із шовкових ниток, капрону, нейлону.

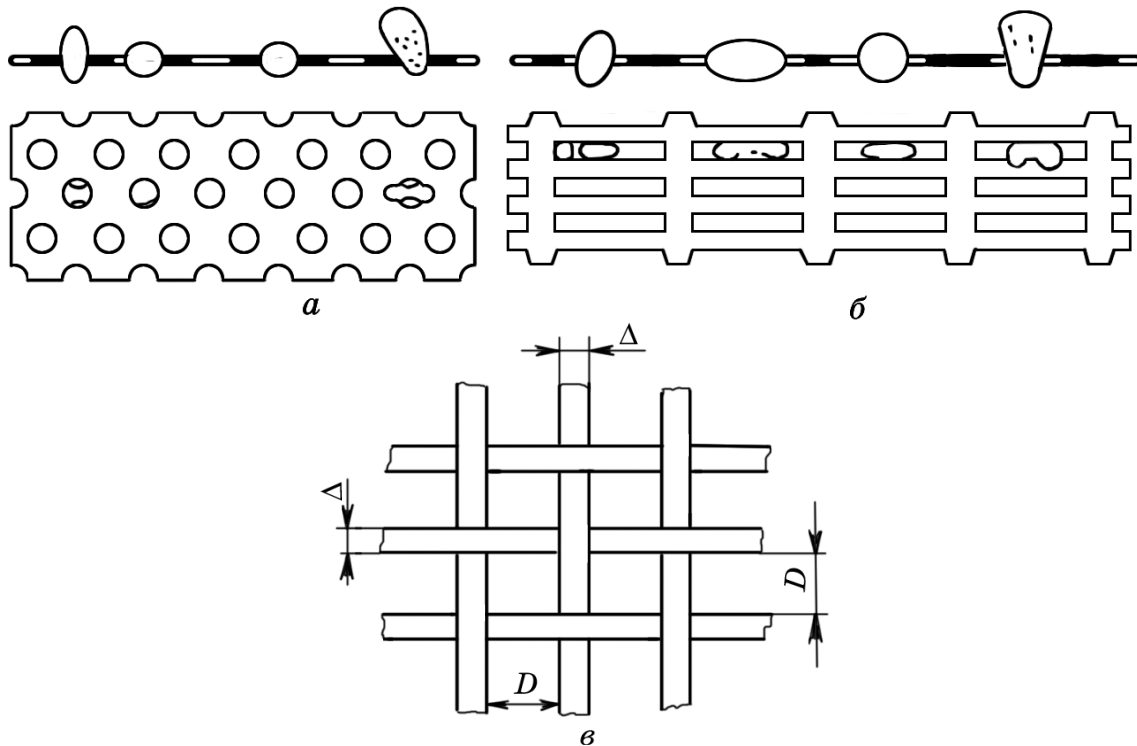


Рис. 2. Конструкції сит: а — пробивне сито з круглими отворами; б — пробивне сито з прямокутними отворами; в — плетене сито.

Аналізуючи існуючі конструкції зернових сепараторів, виявлено ряд конструкційних особливостей і недоліків. Одним з суттєвих недоліків конструкцій зі зворотно-поступальним рухом плоских сит є ударні навантаження на корпусні деталі в момент зміни напрямку вектора швидкості руху ситового набору. Знакозмінні навантаження викликають утворення мікротріщин у деталях підвісу сит, які призводять до руйнування навантажених частин, що значно скорочує експлуатаційний ресурс такого обладнання.

*Висновки.* В результаті проведеного аналізу конструкцій зернових сепараторів визначено, що основними типами машин для очищення зернової суміші від крупних і дрібних домішок є ситові сепаратори. Машини зі зворотно-поступальним рухом ситових кузовів мають конструктивні недоліки, що знижують ресурс роботи за рахунок циклічних ударних навантажень, тому використання конструкцій з обертовими циліндричними ситами є більш доцільним. Для підвищення ефективності очищення зерна від легких і дрібних домішок раціонально оснащувати сепаратори системами аспірації.

Література:

1. Дацишин О.В Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/[Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздєв О.В. та ін.]; за ред. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.
2. <http://business-companion.te.ua>.
3. <http://www.aaa-agro.com/news>.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ И СЕПАРАЦИИ ЗЕРНА**

Алексеенко В.А., Петриченко С.В., Алексеенко В.В.

*Аннотация* – в данной статье рассмотрены различные конструкции машин для очистки от примесей и сортировки зерна. Приведены основные типы машин и характерные варианты их использования. На основе проведенного анализа сформулированы основные недостатки конструкций машин с плоскими ситами. Даны рекомендации по эффективному использованию зерновых сепараторов.

## **ANALYSIS OF METHODS AND FACILITIES FOR CLEANING AND SEPARATION OF GRAIN**

W. Alekseenko, S. Petrychenko, W. Alekseenko

### *Summary*

**In this article the different constructions of machines are considered for cleaning from admixtures and sorting of grain. Basic types over of machines and characteristic variants of their use are brought. On the basis of the conducted analysis the basic lacks of constructions of machines are set forth with flat sieves. Recommendation given on the effective use of grain-growing separators.**

УДК 664.8.038:678.048[635.64]

## ВПЛИВ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ СУБСТРАТУ НА БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ АНТИОКСИДАНТНОГО ТИПУ В ЗЕЛЕНІ БАЗИЛІКУ

Прісс О.П., к.с.- г.н.,

Бурдіна І.О., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (096) 321-52-91

**Анотація** - у статті розглянуто вплив компонентного складу субстрату на накопичення базиликом біологічно активних речовин, що мають антиоксидантні властивості. Встановлено, що введення в субстрат агроперліту стимулює накопичення поліфенольних речовин, вітаміну С, каротиноїдів і ефірної олії.

**Ключові слова** – субстрат, васильки справжні, поліфеноли, аскорбінова кислота, каротиноїди, ефірна олія.

*Постановка проблеми.* Пряно-ароматичні зелені овочі мають високу антиоксидантну активність, що обумовлено наявністю в продуктових органах цих рослин великої кількості біологічно активних речовин, представлених різними класами: вітаміни, фенольні речовини, пігменти [3, 14, 26]. Низькомолекулярні антиоксиданти, які накопичуються в рослинній продукції, в тому числі в пряно-ароматичних травах відіграють важливу роль в профілактиці серцево-судинних, онкологічних, інфекційних і багатьох інших захворювань, беручи участь у реакціях детоксикації кисневих радикалів. В зеленних пряно-ароматичних овочах високою антиоксидантною активністю володіють вторинні метаболіти, найбільш поширеними з яких є поліфенольні сполуки, каротиноїди, аскорбінова кислота [1, 7, 13]. Також, антиоксидантними властивостями володіють ефірні олії, які накопичуються в прямих культурах у великій кількості [12, 29].

Перспективною пряно - ароматичною культурою, яка користується великим попитом у країнах Європи, Азії та Північної Америки є базилик. З недавнього часу спостерігається збільшення споживчого інтересу на цю культуру і в Україні. Використовують свіжі або сухі квіти і листя в кулінарії, в медицині і косметології [15, 21] і навіть в ландшафтному дизайні, як декоративну рослину [19, 20].

---

© Прісс О.П., к.с.- г.н., Бурдіна І.О., аспірант

\* Науковий керівник – Прісс О.П., к.с. - г.н.

Дослідження показують, що базилік накопичує велику кількість цінних фітонутрієнтів [4].

Листя і суцвіття базиліка містять ефірну олію (0,1% - 0,2%) з різним компонентним складом, аскорбінову кислоту, розвинений пігментний комплекс, який включає в себе каротиноїди, а також широкий спектр поліфенольних сполук, що розкривають антиоксидантну активність рослини [17]. Основною складовою загальної антиоксидантної активності базиліка є саме поліфенольні речовини [18, 24, 27, 28, 30].

*Аналіз останніх досліджень.* Ряд джерел показує, що такі фактори як сорт, рівень освітленості [25], вологозабезпеченість [16], мінеральне живлення [22] істотно впливають на накопичення базиліком біологічно активних речовин, що мають антиоксидантні властивості. Однак, результати, що показують вплив різних субстратів в умовах захищеного ґрунту на накопичення антиоксидантів, відсутні, що обумовлює актуальність таких досліджень.

Метою роботи - встановлення оптимального компонентного складу субстрату для вирощування базиліка в умовах захищеного ґрунту, який сприяв би підвищенню антиоксидантної активності рослин.

*Матеріали та методи досліджень.* Дослідження проводились у 2014 - 2015 роках в умовах захищеного ґрунту, відповідно до «Методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві» [2]. Для проведення досліджень були використані сорти васильків справжніх вітчизняної селекції, внесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні: Бадьорій, який має зелене забарвлення, та Філософ, з фіолетовим забарвленням [5,6].

Для приготування торфомінеральних субстратів використовували верховий торф ТМ «Флоріо» та агроперліт з розміром фракції 2 – 5 мм у різних співвідношеннях. За контроль приймали чистий торф. Досліджували вплив наступних субстратів: 1 - верховий торф – 100% (контроль); 2 - верховий торф – 80%, агроперліт-20%; 3 - верховий торф – 60%, агроперліт – 40 %; 4 - верховий торф - 40 %, агроперліт – 60%; 5 - верховий торф - 20 %, агроперліт – 80%.

Насіння висівали у другій декаді березня в ящики рядками з шириною міжрядь 5 см. Температурний режим під час проростання насіння підтримували на рівні 22 – 25 °С. При утворенні першої пари справжніх листків рослини пікірували в горшечки розміром 6×6 см. Розсаду висаджували при утворенні 3 пар справжніх листків. Площа облікової ділянки 2м<sup>2</sup>, повторення п'ятиразове. В кожній обліковій ділянці маркували 5 дослідних рослин, за якими проводили фенологічні спостереження та біометричні вимірювання.

При вирощуванні васильків справжніх, температуру повітря підтримували на рівні 27 °С вдень та 22 °С вночі. Відносна вологість повітря коливалась у межах 92,0 - 96,0 %. Вміст поліфенольних речовин за допомогою реактиву Фоліна-Деніса, за ДСТУ 4373:2005 [11]; вміст аскорбінової кислоти за відновленням реактиву Тільманса [9]; вміст каротиноїдів визначали на початку фази бутонізації шляхом екстрагування пігментів 100 % ацетоном з наступним визначенням їх оптичної густини. Вимірювання оптичної густини здійснювали спектрофотометрично за довжини хвиль 440,5; 644 та 662 нм [8]. Кількість ефірної олії в сировині визначали методом гідро дистиляції за Гінзбергом, розраховували в процентах на абсолютно суху масу [10].

*Основна частина.* Вміст поліфенольних сполук - сортоспецифічна особливість васильків справжніх. В середньому за два роки досліджень, сорт Філософ, який має фіолетове забарвлення листя накопичував на 17,2% більше поліфенольних речовин в порівнянні з сортом Бадьорий, який має зелене забарвлення листя (рис.1).

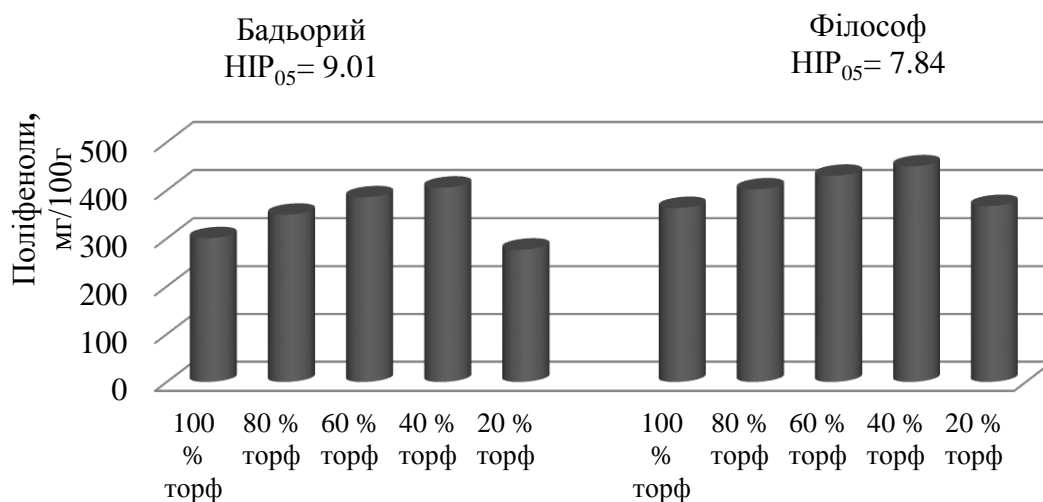


Рис. 1. Вміст поліфенолів в зелені васильків справжніх, мг/100г.

Це пояснюється присутністю антоціанів в пігментному комплексі базиліку фіолетового типу. Антоціани - водорозчинні фенольні сполуки, які зумовлюють червоне і фіолетове забарвлення листя і, як і всі поліфенольні речовини, мають антиоксидантні властивості [18].

При формуванні поліфенольного комплексу васильків справжніх простежується наступна тенденція: зі збільшенням відсотку агроперліту в субстраті до 60% загальний рівень поліфенольних речовин в рослинах базиліку зростає. Подальше насичення субстрату агроперлітом призводило до пригнічення рослин і зниження загального рівня фенольних речовин. Рослини обох сортів

накопичували найбільшу кількість поліфенолів в субстраті, який складався з 40% торфу і 60% агроперліту. У цьому варіанті досліджу загальний рівень поліфенольних сполук сорту Бадьорий збільшувався на 34%, а у сорту Філософ - на 23,8% в порівнянні з контрольним варіантом.

Результати двофакторного аналізу показали, що на накопичення базиліком поліфенольних речовин впливав, як фактор сорту (частка впливу фактора 32,5%), так і фактор субстрату (частка впливу фактора 63,6%) (рис.2).

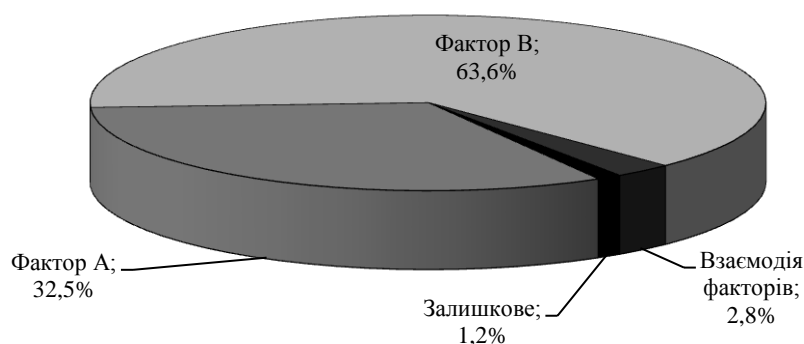


Рис. 2. Частка впливу факторів на накопичення поліфенолів, %.

Вміст аскорбінової кислоти в рослинах васильків справжніх варіював в межах 15,0 – 26,3 мг/100г. Дослідження показують, що незалежно від компонентного складу субстрату фіолетовий сорт Філософ накопичує на 18,4% більше аскорбінової кислоти в порівнянні з сортом Бадьорий. При вирощуванні базиліка в дослідних субстратах тенденція накопичення вітаміну С була практично такою ж, як і при накопиченні поліфенольних речовин (рис. 3).

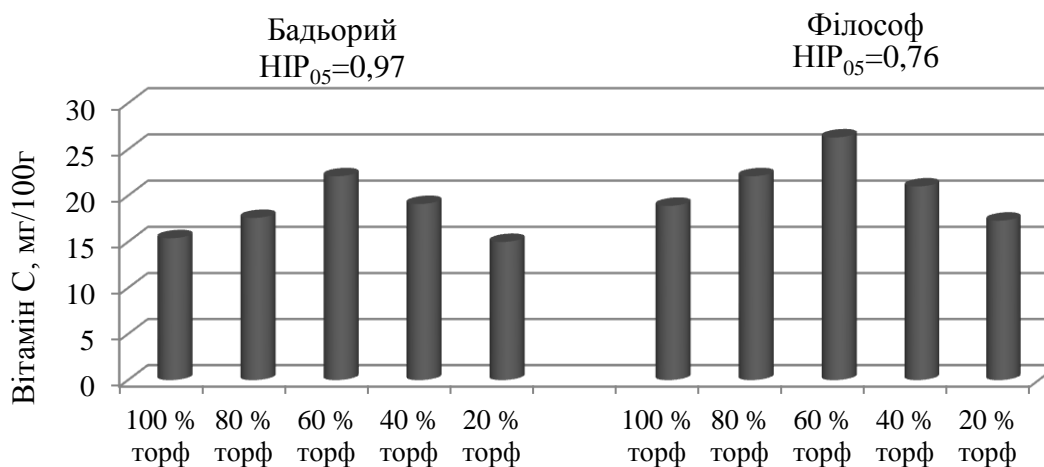


Рис. 3. Вміст вітаміну С в зелені васильків справжніх, мг/100г.

Найбільший вміст аскорбінової кислоти накопичували рослини у варіанті субстрат якого складався з 60% верхового торфу і 40% перліту. У цьому варіанті досліді вітамін С в сорті Бадьорий достовірно збільшувався на 43,4%, а в сорті Філософ - на 39,1% в порівнянні з контрольним варіантом. Подальше насичення субстрату агроперліту було неефективним.

В ході досліджень було встановлено, що саме субстрати мають визначальний вплив на накопичення базиліком вітаміну С. Частка впливу фактора субстрату дорівнює 67,6%, а фактора сорту - 23,2% (рис. 4).

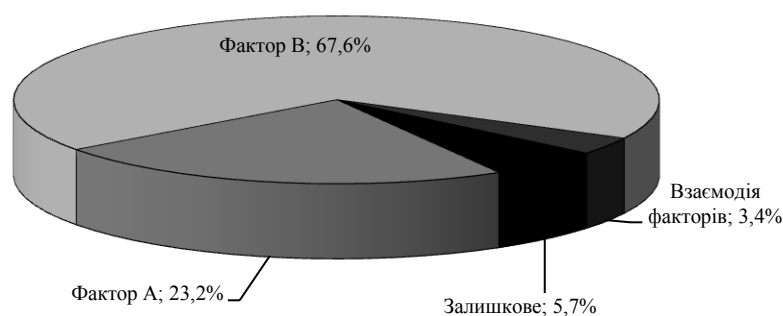


Рис. 4. Частка впливу факторів на накопичення вітаміну С, %

Введення до складу субстрату агроперліту стимулювало накопичення в рослинах базиліка каротиноїдів (рис. 5).

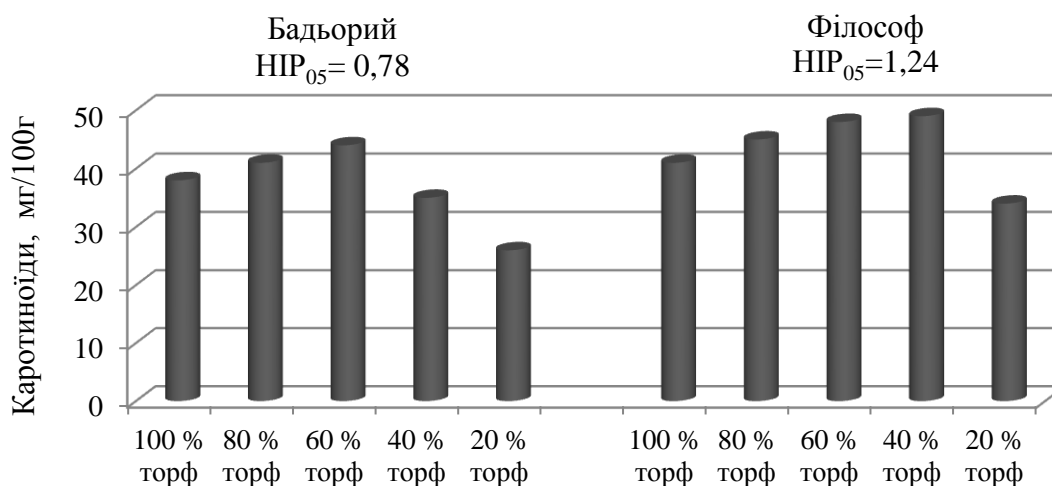


Рис. 5. Вміст каротиноїдів в зелені васильків справжніх, мг/100г.

З рисунка 5 видно, що достовірно збільшення рівня каротиноїдів в рослинах базиліка обох сортів відбувається до третього варіанту досліді. У цьому варіанті сорт Бадьорий накопичує на 15,8% більше в порівнянні з контрольним варіантом, а сорт Філософ - на 17,1%



більше. В субстраті, який містив лише 20% верхового торфу і 80% агроперліта рівень каротиноїдів зменшувався в 1,5 в сорті Бадьорий і в 1,2 рази в сорті Філософ. Частка впливу факторів на накопичення каротиноїдів представлено на рисунку 6.

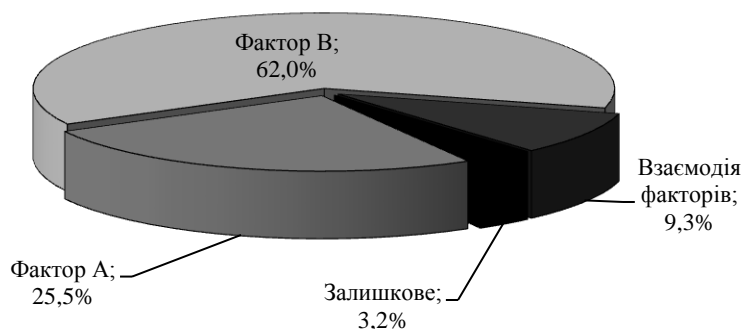


Рис. 6. Частка впливу факторів на накопичення каротиноїдів в зелені базилику, %.

Визначальний вплив на накопичення каротиноїдів в пігментному комплексі базилика мав, як фактор субстрату (частка фактора субстрату - 62%), так і фактор сорту (частка фактора сорту - 25,5%).

Встановлені вище закономірності можна пояснити зміною основних фізико-механічних і водно-фізичних властивостей торфу при внесенні до нього агроперліту. Відомо, що ріст і розвиток рослин багато в чому залежать від таких властивостей субстрату, як питома і об'ємна вага, загальна пористість і вологоємність. Верховий торф характеризується високою пористістю, невисокими значеннями питомої і об'ємної ваги. Однак, внаслідок високої вологоємності, відрегулювати поливний режим практично неможливо. У процесі використання торфу відбувається його ущільнення, зменшення пористості і перенасичення вологою, що тягне за собою погіршення властивостей кореневмісного середовища. У свою чергу, введення до складу субстрату агроперліту сприяло підтримуванию водно-повітряного балансу кореневмісного середовища.

Вміст ефірної олії в листках базилику коливався в межах 0,09 – 0,19 % і в середньому по роках був більшим в зеленому базилику на 21% (Рис 7.).

Достовірне збільшення кількості ефірної олії на 18,3% спостерігалось в рослинах сорту Бадьорий при додаванні в субстрат 20% агроперліту. При подальшому збільшенні вмісту перліту в субстраті достовірного зростання вмісту ефірної олії не було. Вміст ефірної олії рослин, які вирощували в субстраті, що містив 80% агроперліту зменшувався на 23,8% порівняно з контрольним

варіантом. Сорт Філософ накопичував найбільшу кількість ефірної олії в субстраті, який містив 40% торфу та 60% агроперліту.

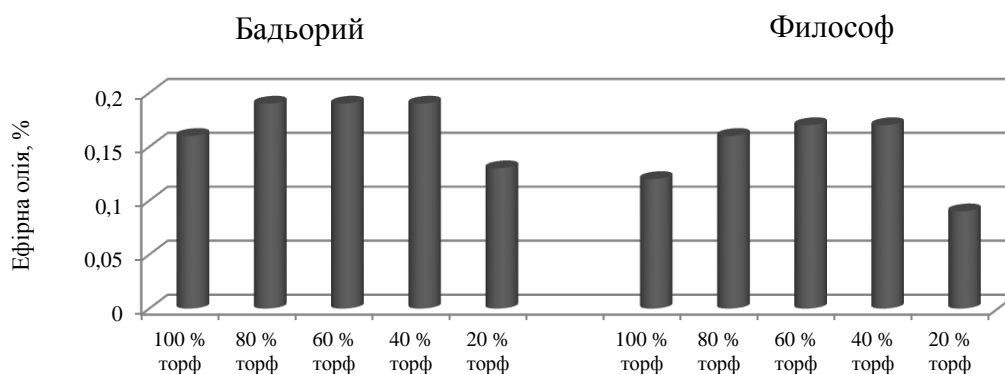


Рис. 7. Вміст ефірної олії в зелені васильків справжніх, %.

У цьому варіанті вміст ефірної олії був більшим на 45,8% у порівнянні з контрольним варіантом. Визначальним фактором, що впливав на накопичення ефірної олії обох сортів був фактор субстрату (рис.8).

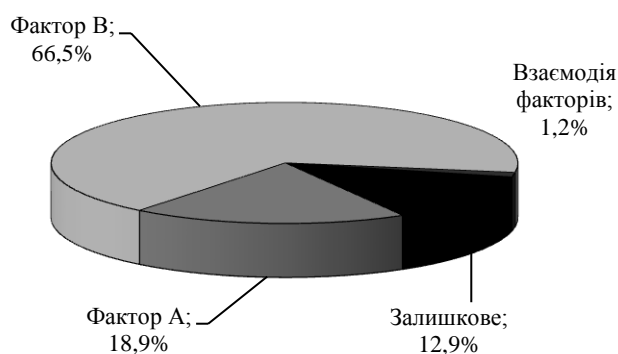


Рис. 8. Частка впливу факторів на накопичення ефірної олії в зелені базилику, %.

З рисунка 8 видно, що частка впливу фактору субстрату дорівнює 66,5%, частка впливу фактору сорту – 18,9%. Взаємодія факторів несуттєва.

*Висновки.* Встановлено, що компонентний склад субстрату впливає на рівень загальних поліфенольних сполук, аскорбінової кислоти, каротиноїдів і ефірної олії в рослинах базилику. Рослини обох сортів накопичували найбільшу кількість фенольних речовин і ефірної олії в субстраті, який складався з 40% торфу і 60% перліту, в той час як рівень вітаміну С і каротиноїдів достовірно збільшувався при насиченні субстрату перлітом до 40%.

## Література:

1. Антиоксидантные свойства ряда экстрактов лекарственных растений / Н.В. Большакова [и др.] // Биофизика. – Т. 42, вып. 2. – С. 480–483
2. *Бондаренко Г.Л.* Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / Г.Л. Бондаренко, К.І. Яковенко. - Х.: Основа. - 2001. - 118 с.
3. *Гинс М.С.* Антиоксидантные характеристики зеленных и пряно-ароматических культур / М.С. Гинс, В.А. Харченко, А.А. Байков, П.Ф. Кононков // Нучно – практический журнал «Овощи России». - 2014. - №2. - С.42 – 45.
4. *Головко Т.К.* Антиоксидантная активность и витаминная ценность зеленных культур защищенного грунта / Т.К. Головко, Г.Н. Табаленкова, А.В. Буткин, Е.Е. Григорай // Аграрный вестник Урала.- 2010.-№9.-С. 60 – 63
5. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2014 році / За ред. Волкодав В.В. – К.: Вища школа, 2003. – с. 520.
6. Державний стандарт України – ДСТУ 7160 – 2010 Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряно-ароматичних культур: сортові та посівні якості. Технічні умови. – 2010. – 16с.
7. Использование экстрактов растений в качестве антиоксидантов / Л.Ф. Митасева [и др.] // Мясная индустрия. – 2002. – № 12. – С. 28–29.
8. *Мусієнко М.М.* Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. – К.: Фітосоціоцентр. – 2001. – 200 с.
9. *Найченко В.М.* Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства / В.М. Найченко. – К.:ФАДА ЛТД, 2001. – 211с.
10. Плоды эфирномасличных культур. Промышленно есырье. Методы определения массовой доли эфирного масла. ГОСТ 17082.5-88.
11. Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Методи визначення вмісту поліфенолів: ДСТУ 4373:2005. – [Чинний від 2005-28-02]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 6 с.
12. *Bozin B. et al.* Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils //Journal of agricultural and food chemistry. – 2007. – Т. 55. – №. 19. – С. 7879-7885.
13. *Bunrathap, S.* Chemical Compositions and Antioxidative Activities of Essential Oils from Four *Ocimum* Species Endemic to Thailand, J. Health Res, (2007) 3: 201-206.

14. *Dapkevicius A. et al.* Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 1998. – Т. 77. – №. 1. – С. 140-146.
15. *Golcz A.*, 2008. *Bazylija pospolita (Ocimum basilicum L.)*. Wyd. UP Poznań.
16. *Heidari M.* Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum L.*) // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2012. – Т. 11. – №. 1. – С. 57-61.
17. *Jayasinghe C. et al.* Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2003. – Т. 51. – №. 15. – p. 4442-4449.
18. *Kwee, E.M.* Variations in phenolic composition and antioxidant properties among fifteen basil (*Ocimum basilicum L.*) cultivars. *Food Chemistry*, 2011. - №128. - p.1044–1050.
19. *Makri O.A.* (2007). *Ocimum sp. (basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology*. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 13, 123–150
20. *Niederwieser J.G.* 2001. *Guide to hydroponic vegetable production*. 2nd ed. Pretoria: Agricultural Research Council, Roodeplaat, Vegetable and Ornamental Plant Institute; p. 140
21. *Nurzyńska-Wierdak R.*, 2010. *Bazylija pospolita (Ocimum basilicum L.)*, w: *Uprawaziól, B. Kołodziej (red.)*, PWRiL, Poznań
22. *Phuong M.* Effects of Nitrogen Fertilization on the Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Basil (*Ocimum basilicum L.*). *Agric. FoodChem.*, 2008, 56 (18), pp 8685–869
23. *Politeo O.* Chemical composition and antioxidant capacity of free volatile aglycones from basil (*Ocimum basilicum L.*) compared with its essential oil, *Food Chemistry* 2007, 101, 379-385, doi: 10.1016/j.foodchem.2006.01.045
24. *Shan B.* (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7749–7759.
25. *Shoji K. et al.* Effect of light quality on the polyphenol content and antioxidant activity of Sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) // VI International Symposium on Light in Horticulture 907. – 2009. – С. 95-99.
26. *Suhaj M.* Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review // *Journal of food composition and analysis*. – 2006. – Т. 19. – №. 6. – С. 531-537.
27. *Surveswaran S.* (2007). Systematic evaluation of natural phenolic antioxidants from 133 Indian medicinal plants. *Food Chemistry*, 102, 938–953.

28. *Tomomi S.* Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L. *Plant Biotechnology* 26, 255–259 (2009)

29. *Vardar-Ünlü G. et al.* Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extracts of *Thymus pectinatus* Fisch. Et Mey. Var. *pectinatus* (Lamiaceae) // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2003. – Т. 51. – №. 1. – С. 63-67.

30. *Zheng W.* (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5165–5170

### **ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА СУБСТРАТА НА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА АНТИОКСИДАНТНОГО ТИПА В ЗЕЛЕНИ БАЗИЛИКА**

Прісс О.П., Бурдіна І.О.

*Аннотация* - в статье рассмотрено влияние компонентного состава субстрата на накопление базиликом биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами. Установлено, что введение в субстрат агроперлита стимулирует накопление полифенольных веществ, витамина С, каротиноидов и эфирного масла.

### **EFFECT OF THE SUBSTRATE COMPOSITION ON BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES IN BASIL**

O. Priss, I. Burdina

#### *Summary*

**Effect of substrate component composition on accumulation of biologically active substances with antioxidant properties in basil was studied. It was determined that inclusion of perlite into substrate stimulates accumulation of polyphenols, ascorbic acid, carotenoids and essential oils in basil.**

УДК 664.8.03:634.1.076

## КІНЕТИКА ІНТЕНСИВНОСТІ ДИХАННЯ ПЛОДІВ ЯБЛУНІ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗА ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ

Сердюк М.Є., к.с.- г.н.,

Гапріндашвілі Н.А., к.с.- г.н.,

Байберова С.С., к.с.- г.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(067) 163-33-71

**Анотація** – дану роботу присвячено вивченню та науковому обґрунтуванню впливу антиоксидантних композицій на кінетику інтенсивності дихання при тривалому зберіганні плодів яблуні. Встановлено, що обробка плодів яблуні антиоксидантними композиціями істотно зменшує кількість виділеного вуглекислого газу та біологічного тепла протягом всього періоду зберігання, незалежно від їх сортових особливостей.

**Ключові слова** – яблука, інтенсивність дихання, тепловиділення, антиоксиданти, бутилгідрокситолуол, диметилсульфоксид, рутин, аскорбінова кислота.

*Постановка проблеми.* Домінуючим фізіолого-біохімічним процесом при зберіганні плодової продукції є дихання, від збалансованості якого, залежить інтенсивність окислення та відновлення органічних речовин, інтенсивність тепловиділення.

Обробка плодів антиоксидантними речовинами в поєднанні зі штучним охолодженням сприяє зниженню інтенсивності дихання та збереженню компонентів хімічного складу під час зберігання [1]. Проте, механізми впливу антиоксидантних композицій на кінетику інтенсивності дихання плодів протягом тривалого зберігання вивчалися обмежено, тому проведення досліджень в цьому напрямку є актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* Після закладання плодів на зберігання особливої пріоритетності набуває підтримання у їх тканинах збалансованого рівня безперервно триваючих фізіолого-біохімічних процесів, оскільки їх спрямованість безпосередньо впливає на збереженість харчової цінності та стійкість до мікробіологічних захворювань та фізіологічних розладів. З фізіологічної точки зору, обмін речовин у плодовій сировині під час зберігання є продовженням тих процесів, які відбувалися під час

виращування. Але після збирання розривається біологічний зв'язок з материнською рослиною, порушуються компенсаторні механізми, і, як наслідок, відбуваються надмірні витрати органічних речовин та вологи [2].

Дихання вважається основним фізіологічним процесом післязбирального періоду, який виконує в рослинному організмі три основні функції. По-перше, вивільнена при окисленні субстратів енергія перетворюється в конвертовані форми клітинної енергії та використовується для підтримання життєвих функцій та подальшого розвитку плодів. Друга – забезпечення клітини метаболітами, які утворюються при окисленні субстратів та використовуються в різноманітних біосинтезах. В результаті збалансованого протікання біохімічних процесів відбуваються процеси дозрівання та плоди набувають найкращих споживчих властивостей. Третя функція пов'язана з термогенезом, тобто розсіюванням енергії у вигляді тепла. В результаті чого, плоди з високою інтенсивністю дихання виділяють у простір камери велику кількість тепла, що вимагає значно більшої холодопродуктивності обладнання [3, 4].

Кількісне значення інтенсивності дихання характеризує зміни фізіологічного стану плодів протягом періоду зберігання [5].

Уповільнення процесу дихання і збереження якості рослинної продукції відбувається при знижених температурах, регулюванні газового складу атмосфери, нанесенні на продукцію покриттів різного складу, використанні антиоксидантів [6].

Вплив антиоксидантів на процеси дозрівання плодів здійснюється включенням їх в окисно-відновні процеси, що відбуваються в клітині як за двохелектронним, так і вільнорадикальним механізмом. Диметилсульфоксид та аскорбінова кислота належать до антиоксидантів, які зв'язують активні форми кисню та впливають на такі важливі процеси як тканинне дихання та окисне фосфорилування. Іонол, за класифікацією антиоксидантів по механізму дії, виступає інгібітором вільних радикалів і гідропероксидів ліпідів та є ефективним засобом захисту продуктів від окисного псування [7]. Таким чином, природно було очікувати, що антиоксидантні композиції, до складу яких включені диметилсульфоксид, іонол, аскорбінова кислота повинні гальмувати окисно-відновні процеси та позитивно впливати на збереженість плодів.

*Формулювання цілей статті.* Метою досліджень, було вивчення та наукове обґрунтування впливу антиоксидантних композицій на кінетику інтенсивності дихання при тривалому зберіганні плодів яблуні.

*Основна частина.* Дослідження виконували на базі лабораторії технології первинної переробки та зберігання продуктів рослинництва

НДІ Агротехнологій та екології, Таврійського державного агротехнологічного університету, м. Мелітополь, Україна.

Для досліджень були обрані плоди яблуні чотирьох сортів Айдаред, Голден Делішес, Ренет Симиренка та Флоріна, які внесені в реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Для зберігання плоди збирали при досягненні знімального ступеня стиглості, типові за формою та забарвленням згідно з вимогами ГСТУ 01.1.-37-160:2004 [8]. Перед закладенням на зберігання була проведена інспекція, сортування й калібрування плодів.

Обробку антиоксидантними композиціями (АОК) виконували у сховищах шляхом занурення їх у заздалегідь приготовлені робочі розчини. Експозиція – 10 секунд. Висушували плоди вентиляванням.

Варіанти обробки: К – контроль, за який приймали плоди, оброблені водою; варіант 1 – АКМ - комплексна композиція до складу якої входять суміш диметилсульфоскиду, бутилгідрокситолуолу (іонолу) та поліетиленгліколів; варіант 2 – АКРЛ – суміш аскорбінової кислоти, рутину та лецитину; варіант 3 –ДЛ – суміш диметилсульфоскиду, іонолу та лецитину.

Зберігання виконували у пластикових ящиках, по 15 кг плодів у кожному. Температура зберігання  $0\pm 1$  °С, відносна вологість повітря 95 %.

Інтенсивність дихання плодів (ІД) визначали за кількістю виділеного вуглекислого газу [9]. При аналізі та обробці експериментальних даних використовували методи варіаційної статистики, використовуючи комп'ютерні програми «MSoffice Excel 2007», пакет «Statistica 6» і персональний комп'ютер.

Під час збирання і закладання на зберігання плоди яблуні виділяли значну кількість вуглекислого газу з варіюванням в межах 21...24 мг  $\text{CO}_2$ /кг·год залежно від сорту та року досліджень (рис.1).

Кореляційним аналізом встановлений прямий сильний позитивний зв'язок між рівнем інтенсивності дихання плодів та сумою активних температур (САТ) останнього місяця формування плодів. Коефіцієнт кореляції  $r=0,75\pm 0,21$  свідчить, що незалежно від сортових особливостей плодів високі активні температури останнього місяця їх формування стимулюють більш активне виділення вуглекислого газу.

Закономірною відповіддю на попереднє охолодження плодової продукції було зниження рівня інтенсивності дихання в середньому в 1,4...3,3 рази (рис.1). При подальшому зберіганні контрольних партій плодів зафіксовано постійне зростання інтенсивності дихання з досягненням максимального значення на 120...150 добу залежно від сорту та року досліджень.

В середньому за три роки клімактерикс для контрольних плодів яблуні сортів Айдаред та Голден Делішес наступав через 130 діб, сортів Ренет Симиренка та Флоріна – через 150 діб (рис. 1).



Константа швидкості зростання  $I_D$  варіювала в межах від 0,0057 діб<sup>-1</sup> у плодів яблуні сортів Айдаред та Флоріна до 0,0082 у яблук сорту Ренет Симиренка (табл. 1).

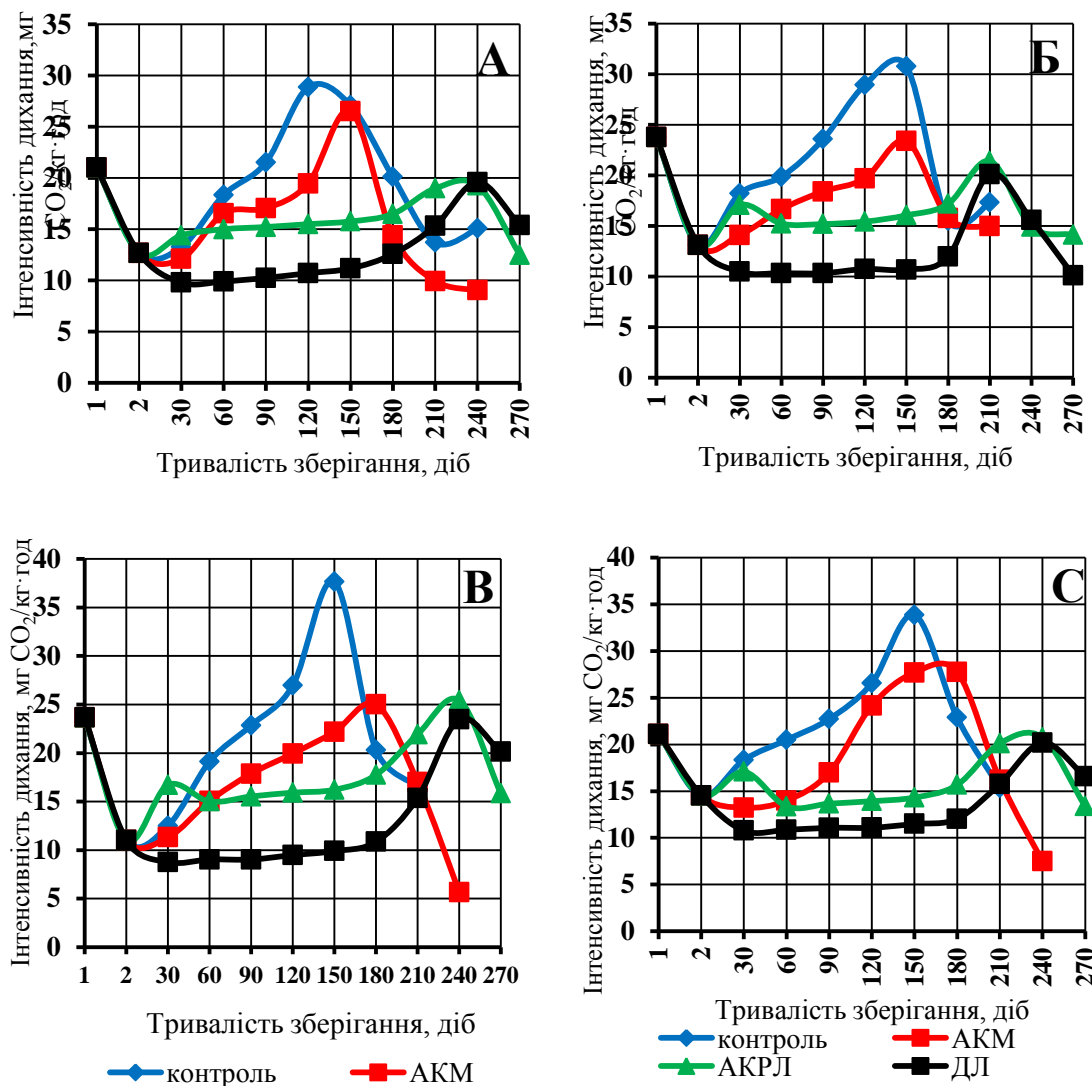


Рис. 1. Кінетика інтенсивності дихання плодів яблуні протягом зберігання з використанням антиоксидантних композицій: А – сорт Айдаред, Б – сорт Голден Делішес, В – сорт Ренет Симиренка, С – сорт Флоріна; точка 1 – закладка плодів на зберігання, точка 2 – після попереднього охолодження.

При подальшому зберіганні контрольних плодів спостерігається різкий спад інтенсивності дихання, який відбувається внаслідок зниження активності окислювальних ферментів та супроводжується швидким накопиченням в рослинній тканині спирту та ацетальдегіду. Результатом цих процесів є швидке перезрівання та старіння плодів.

Динаміка  $I_D$  плодів яблуні, оброблених композицією АКМ мала подібний до контролю характер, але швидкість її зростання була меншою в 1,6 рази (табл. 1).

Клімактерикс у плодів яблуні, оброблених композицією АКМ, настав на 10...30 діб залежно від сорту пізніше порівняно з

контрольними плодами. Кількісне значення  $ID$  в точці клімактериксу було на 8...34% меншим, ніж у плодів без обробки (рис.1).

Таблиця 1 – Константи швидкості зростання інтенсивності дихання плодів яблуні при зберіганні за обробки АОК

Помологічний сорт	Константи швидкості зростання інтенсивності дихання яблук за різних видів обробки, $k_{ID}$ , діб <sup>-1</sup>			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
Айдаред	0,0068	0,0049	0,0017	0,0018
Голден Делішес	0,0057	0,0039	0,0023	0,0020
Ренет Симиренка	0,0082	0,0046	0,0035	0,0032
Флоріна	0,0057	0,0036	0,0015	0,0013
Середнє за сортами	0,0066	0,0042	0,0023	0,0021
V, %	17,9	14,2	40,0	38,8
НІР <sub>05</sub>	0,0008			

При зберіганні плодів зерняткових культур з використанням АОК АКРЛ спостерігалась наступна динаміка: після попереднього охолодження плодів спостерігався різкий спад  $ID$ , на 30 добу зберігання відбувалося невелике посилення  $ID$ , але вже на 60 добу  $ID$  знову спадала та стабілізувалася майже на одному рівні до 150...180 доби залежно від сорту сировини.

Зростання рівня  $ID$  після обробки пояснюється впливом аскорбінової кислоти, яка додатково вноситься з композицією. В роботах багатьох авторів [10,11,12,13] відзначається, що вагомий вплив на інтенсивність дихання має співвідношення АК/ДАК. При цьому, ДАК функціонує як переносник водню в дихальному ланцюзі рослин, відволікає частину водню окисленого субстрату, що і призводить у пригнічення дихання. Крім того, ДАК гальмує активність дегідрогеназ, інтенсивність відновлювальних синтезів, утворення макроергічних зв'язків. Тому підвищення відношення АК/ДАК за рахунок збільшення АК супроводжується зростанням  $ID$  рослинних клітин.

При зберіганні плодів яблуні з використання АОК ДЛ відразу ж після попереднього охолодження  $ID$  ще трохи зменшувалась і починаючи з 30 доби стабілізувалася на одному рівні також до 150..180 доби залежно від сортових особливостей.

Слід зазначити, що в літературних джерелах зазначається, чим довше триває період стабілізації  $ID$  плодів під час зберігання, тим краще зберігаються їх товарні якості і тим більше вони придатні для тривалого зберігання [14].

В подальшому, динаміка  $ID$  при зберіганні яблук з використанням композицій АКРЛ та ДЛ була подібною. Клімактеричний підйом дихання спостерігався у плодів яблуні сорту Голден Делішес на 220, у плодів яблуні інших сортів - на 230 добу

зберігання, що на 80...100 діб залежно від сорту пізніше, порівняно з контролем, та на 60...80 діб залежно від сорту пізніше, порівняно з плодами, обробленими композицією АКМ. Кількісні значення  $I_D$  в точці клімактериксу у плодів з обробкою композиціями АКРЛ та ДЛ статистично не відрізнялися між собою та були на 31...41% меншими ніж у контрольних плодів, і на 10...30% меншими, ніж у плодів, оброблених композицією АКМ.

Не було виявлено і статистично достовірної різниці в дії композицій АКРЛ та ДЛ на величину константи швидкості зростання інтенсивності дихання плодів при зберіганні. Для плодів яблуні кількісне значення  $k_{ID}$  за даних варіантів обробки було в 3 рази меншим за контрольний варіант, та в 2 рази ніж у плодів, оброблених композицією АКМ.

Інтенсивність дихання плодів сильно позитивно корелює з тепловиділенням плодів при зберіганні. Максимальне тепловиділення плодів, а отже і вагоме додаткове теплове навантаження на холодильне обладнання, відзначається при максимальній  $I_D$ , тобто в точці клімактериксу (табл. 2).

Таблиця 2 – Тепловиділення плодів яблуні при зберіганні за обробки АОК

Помологічний сорт	Тепловиділення яблук за різних варіантів обробки, кДЖ/кг °С			
	К	АКМ	АКРЛ	ДЛ
Айдаред	308,578	283,542	205,921	209,449
Голден Делішес	329,167	250,157	228,958	215,093
Ренет Симиренка	402,639	267,314	271,836	251,012
Флоріна	362,059	269,134	221,647	215,809
Середнє за сортами	350,611	267,537	232,091	222,841
V, %	11,7	5,1	12,1	8,5
НІР <sub>05</sub>	33,362			

Максимальним тепловиділенням під час клімактеричного підйому дихання характеризувалися контрольні плоди яблуні сорту Ренет Симиренка, а мінімальним – плоди сорту Айдаред.

Обробка плодів антиоксидантними композиціями зменшує інтенсивність дихання плодів, і, відповідно їх тепловиділення.

Найбільш ефективно додаткове теплове навантаження зменшується при застосуванні антиоксидантних композицій АКРЛ та ДЛ. При цьому, тепловиділення плодів статистично не відрізнялось між собою, та було в 1,5 рази меншим, ніж у контрольних плодів та в 1,2 рази меншим, ніж у плодів з обробкою АКМ. В свою чергу, обробка антиоксидантною композицією АКМ також знижувала тепловиділення плодів у 1,1...1,3 рази порівняно з контрольними плодами.

*Висновки.* Отже, в результаті досліджень встановлено, що обробка плодів яблуні антиоксидантними композиціями істотно зменшує кількість виділеного CO<sub>2</sub> та біологічного тепла протягом всього періоду зберігання, незалежно від їх сортових особливостей. Це сприяє зменшенню енерговитрат на роботу холодильного обладнання та вентилявання з метою видалення продуктів дихання і створення однорідного температурного поля в камерах зберігання. Найбільш ефективними для зниження *ІД* під час тривалого зберігання плодів виявились антиоксидантні композиції ДЛ та АКРЛ.

Література:

1. *Рюбен К.* Антиоксиданты / К. Рюбен; пер. с англ. – М.: КРОН-ПРЕСС, 1998.– 224 с.
2. *Serdyuk M., Stepanenko, D., Baiberova, S., Gaprindashvili, N., & Kulik, A.* (2016). The study of methods of preliminary cooling of fruits. *Eureka: Life Sciences*, (3), 57-62....
3. *Mo, Y., Gong, D., Liang, G., Han, R., Xie, J., & Li, W.* (2008). Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during post-harvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(15), 2693-2699. DOI: 10.1002/jsfa.3395.
4. *Bhat N.R.* Postharvest Storage Systems: Biology, Physical Factors, Storage, and Transport //Handbook of Fruits and Fruit Processing, Second Edition. – 2012. – С. 85-101.
5. *Колодязная В.С.* Влияние обработки клубнеплодов биопрепаратами на интенсивность дыхания и активность оксидаз при их хранении / В.С. Колодязная, О.Р. Глазкова, М.С. Булькран, Т.Б. Нагиев //Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2015. – №. 3.
6. *Прісс О.П.* Вплив теплової обробки антиоксидантами на субстрати дихання огірків під час зберігання //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 3. – №. 10 (75).
7. *Калитка В.В.* Вивчення антиоксидантової активності препарату дистинол за умов *in vitro* / В.В. Калитка, Г.В. Донченко// Укр. биохим. журн. – 1995. – Т. 67.– № 4. – С. 87-92.
8. Яблука свіжі середніх та пізніх термінів досягання ГСТУ 01.1. – 37 – 160:2004. – [чинний від 2004 – 29 – 12 ]. – К.: Укргростандарт – сертифікація, 2004. – 11 с.
9. *Толмачев И.П.* Определение интенсивности дыхания / И.П. Толмачев // Труды института физиологии растений им. К.А. Тимирязева. – М., 1950.– Т. 7.– Вып. 1.
10. *Davey, M.W., Montagu, M. V., Inzé, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., ... & Fletcher, J.* (2000). Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 825-860.
11. *Agar, I.T., Streif, J., & Bangerth, F.* (1997). Effect of high CO<sub>2</sub>

and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biology and Technology*, 11(1), 47-55

12. Arrigoni, O., & De Tullio, M.C. (2000). The role of ascorbic acid in cell metabolism: between gene-directed functions and unpredictable chemical reactions. *Journal of plant physiology*, 157(5), 481-488.

13. Arrigoni, O., & De Tullio, M.C. (2000). The role of ascorbic acid in cell metabolism: between gene-directed functions and unpredictable chemical reactions. *Journal of plant physiology*, 157(5), 481-488

14. Rao C.G. Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. – Academic Press, 2015.

### **КИНЕТИКА ИНТЕНСИВНОСТИ ДЫХАНИЯ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ ПРИ ОБРАБОТКЕ АНТИОКСИДАНТНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ**

Сердюк М.Е., Гаприндашвили Н.А., Байберова С.С.

**Аннотация** - данная работа посвящена изучению и научному обоснованию влияния антиоксидантных композиций на кинетику интенсивности дыхания при длительном хранении плодов яблони. Установлено, что обработка плодов яблони антиоксидантными композициями существенно уменьшает количество выделенного углекислого газа и биологического тепла в течение всего периода хранения, независимо от их сортовых особенностей.

### **THE KINETICS OF THE INTENSITY OF RESPIRATION OF APPLE FRUIT DURING PROCESSING BY ANTIOXIDANT COMPOSITIONS**

M. Serdyuk, N. Gaprindashvili, S. Baiberova

#### **Summary**

**This work is devoted to the study and scientific substantiation of the influence of antioxidant compositions on the kinetics of respiration rate during the long storage of apple fruits. It is found that the processing of apple fruits by antioxidant composition significantly reduces the number of carbon dioxide emissions and the biological warmth during the period of the storage, regardless of their the varietal characteristics.**

УДК 664.002.5

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРАВЛІЧНОГО ТРАКТУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ТОЧНОСТІ ПРОЦЕСУ РОЗЛИВУ ЗА УМОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЄДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

Змєєва І.М., к.т.н.

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

Тел. (03849) 2-55-49

**Анотація** – робота присвячена наведенню методики визначення параметрів гідравлічного тракту для підвищення продуктивності та точності процесу розливу за умов оптимального поєднання технологічних факторів та конструктивних параметрів.

**Ключові слова** - рідкі харчові продукти, продуктивність, точність дозування, гідравлічний тракт, методика.

*Постановка проблеми.* Перехід економіки України на ринкові відносини диктує необхідність розробки та впровадження нового більш продуктивного обладнання для розливу харчових рідин. Вдосконалення фасувального обладнання повинно бути направленим на підвищення технічного рівня та якості, в тому числі на збільшення продуктивності, покращення технологічних характеристик без суттєвого збільшення затрат на виготовлення та експлуатацію.

Оптимізація технологічного процесу розливу харчових рідин з метою підвищення продуктивності роботи фасувального обладнання та покращення точності процесу розливу є ваговою проблемою сьогодення.

Продукція вітчизняних заводів з виробництва обладнання для розливу різних харчових продуктів, за конструктивними особливостями й технічним рівнем, не поступається зарубіжним аналогам, має значно нижчу продуктивність.

Широке розповсюдження обладнання для розливу харчових рідин вимагають розробки більш продуктивних та малоенергоємних розливальних пристроїв для підвищення конкурентоспроможності підприємств на сучасному ринку.

В даний час, як в Україні так і за її межами, одним із перспективних напрямків у вдосконаленні фасувального обладнання для розливу харчових рідин, з метою збільшення продуктивності без

збільшення кількості пристроїв для розливу, вбачається можливість значного підвищення ефективності виробництва.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження існуючих технологічних схем розливу показав, що їх розгалуженість пов'язана насамперед із використанням низькоефективного технологічного обладнання. Такий стан спричиняє необхідність включення до складу технологічної лінії значної кількості спеціалізованого обладнання, застосування додаткових технічних засобів та дублювання технологічних машин за призначенням.

Вагомий внесок в розвиток теорії і техніки фасувального обладнання для розливу харчових рідин зробили закордонні та вітчизняні вчені: К. Кларк, Х. Брандон, Н.Ф. Харитонов, П.Н. Галасов, С.І. Цитовський, К.П. Гетманов, І.А. Степанов, Д.А. Ярмолинський, В.Г. Студилін, Ц.Р. Зайчик, В.А. Костін, С.М. Шамшурко, О.М. Гавва та ін.

Аналіз вітчизняної та зарубіжної науково-технічної літератури показав, що при розробці режимів та параметрів фасувального обладнання, з метою підвищення його продуктивності, найбільш доцільно застосувати вплив технологічних та конструктивних параметрів на гідродинамічну поведінку харчової рідини в каналах даного обладнання [1,2].

Таким чином, підвищення продуктивності фасувального обладнання є актуальним і важливим, та має необхідність ґрунтовного дослідження пристроїв для фасування та дозування харчових рідин, на прикладі освітленого яблучного соку, для вдосконалення обладнання з метою збільшення продуктивності та точності процесу розливу.

*Постановка завдання.* Метою статті є наведення методики визначення параметрів гідравлічного тракту для підвищення продуктивності та точності процесу розливу за умов оптимального поєднання технологічних факторів та конструктивних параметрів.

*Основна частина.* Об'єктом дослідження є технологічна операція розливу освітленого яблучного соку в споживчу тару.

Предметом дослідження є технологічні, конструктивні та кінематичні параметри пристрою для розливу освітленого яблучного соку до зазначеного рівня у взаємозв'язку з показниками продуктивності та точності процесу розливу.

Для створення промислового зразка пристрою для розливу харчової рідини до зазначеного рівня [3], за наведеною методикою, використовували розрахункові залежності отримані за допомогою *FLOTRAN CFD* аналізу програмного комплексу *ANSYS* [4] та експериментальні дані, отримані з дослідження експериментальної установки пристрою для розливу [5].

Пропускна здатність машини для розливу повинна відповідати наступній умові

$$Q_m \geq Q_l, \quad (1)$$

де  $Q_m$  – необхідна механічна пропускна здатність машини, м<sup>3</sup>/год;

$Q_l$  – пропускна здатність лінії, м<sup>3</sup>/год.

Пропускную здатність машини для розливу  $Q_m$ , м<sup>3</sup>/с, визначають за формулою [6]

$$Q_m = \mu \cdot \pi \cdot h \cdot \sin \alpha \left( d_m - \frac{1}{2} h \cdot \sin 2\alpha \right) \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{1 + \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \dots + \zeta_i}},$$

де  $d_m$  – внутрішній діаметр ущільнюючої манжети, м,  $d_m = 0,05$  м;

$h$  – висоти підйому манжети відносно направляючої, м;

$H$  – висота рівня рідини в дозаторі, м;

$\alpha$  – кут нахилу направляючої, град.;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

$\mu$  – коефіцієнт витрат, що характеризує опір зливного тракту ( $\mu = 0,5 \dots 0,65$ ) [2, 6, 7];

$\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots, \zeta_i$  – коефіцієнти місцевих опорів (конфузор, дифузор, раптове звуження, розширення, перепона, тощо) [6].

За результатами експериментальних досліджень [5]  $h$  – висота підйому манжети відносно направляючої повинна знаходитися в межах від 8 до 13 мм;  $H$  – діапазони висоти стовпа рідини в пристрої для розливу не повинні виходити за межі 0,4 м, а кут нахилу направляючої  $\alpha$  – повинен знаходитися в межах від 30 до 45 град.

Визначаємо час  $\tau$ , с, необхідний для наповнення однієї пляшки

$$\tau = \frac{3600 \cdot m}{Q_m}, \quad (2)$$

де  $\tau$  – час наповнення однієї пляшки, с;

$m$  – кількість пристроїв для наповнення, шт.

По відомим законам гідравліки час  $\tau$ , с, наповнення тари до зазначеного рівня визначається за формулою

$$\tau = \frac{Q_m}{\mu \cdot S_n \sqrt{2gH}}, \quad (3)$$

де  $Q_m$  – об'єм рідини в тарі, м<sup>3</sup>.

Площа перерізу зливного каналу  $S_n$ , м<sup>2</sup>, визначається за формулою



$$S_n = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2), \quad (4)$$

де  $D$  – діаметр зливного каналу в даному перерізі, м;  
 $d$  – діаметр повітряної трубки, м.

Згідно умов розливу маємо наступну нерівність

$$S_{n\phi} \geq S_n, \quad (5)$$

де  $S_{n\phi}$  – площа перерізу повітряної трубки, м<sup>2</sup>,

$$S_{n\phi} = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (6)$$

підставивши в формулу (4) формули (5) та (6) отримаємо

$$\frac{\pi d^2}{4} \geq \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2). \quad (7)$$

$$\text{Тоді} \quad d^2 = D^2 - d^2, \quad (8)$$

$$\text{звідки} \quad 2d^2 = D^2. \quad (9)$$

Враховуючи товщину стінки повітряної трубки  $k$ , мм, діаметр  $D$ , м, зливного каналу визначиться

$$D = d\sqrt{2} + 2k, \quad (10)$$

де  $k$  – товщина стінки повітряної трубки, мм ( $k = 1,5 \dots 2$  мм).

Зробимо підстановку в формулу (3) отримаємо

$$\tau = \frac{4Q_m}{\pi \mu d^2 \sqrt{2gH}}, \quad (11)$$

Звідси визначимо діаметр повітряної трубки

$$d = \sqrt{\frac{4Q_m}{\pi \mu \tau \sqrt{2gH}}}. \quad (12)$$

Кутова швидкість каруселі  $\omega$ , рад/с, визначається за формулою

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (13)$$

де  $n$  - частота обертання каруселі, об/ хв.

Тривалість одного оберту  $T$ , с, каруселі визначається згідно формули

$$T = \frac{1}{\omega}, \quad (14)$$

де  $T$  – тривалість одного оберту каруселі, с.

Кількість обертів каруселі  $n_k$ , об/хв., визначається

$$n_k = \frac{60}{T}, \quad (15)$$

Для попередніх розрахунків потужності  $N_m$ , кВт, машини можна користуватися наступною формулою

$$N_m = \frac{G_m \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \omega}{1000}, \quad (16)$$

де  $G_m$  – вага машини, кг;

$d_1$  – діаметр кола по центрам куль упорного підшипника головного вала, м  $d_1 = 0,3$  м;

$\omega$  - кутова швидкість каруселі, рад/с.

Сумарна потужність на головному валу автомата  $N$ , кВт, визначається

$$N = \frac{N_m}{\eta_k} \quad (17)$$

де  $\eta_k$  - ККД підшипників кочення,  $\eta_k = 0,85$ .

Дана методика дозволяє визначити параметри гідравлічного тракту для підвищення продуктивності та точності процесу розливу.

Література:

1. Ялпачик Ф.Ю. Вплив гідравлічної системи на продуктивність дозуючого пристрою. / Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2005. – Вип. 25. – С. 48 – 54.

2. Змеєва І.М. Обґрунтування методу визначення коефіцієнту витрат при розливі харчових рідин. / І.М. Змеєва // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2004. – Вип. 20. – С. 100 – 106.

3. Деклараційний патент на винахід 64321 А Україна, МПК В67С3/16. Пристрій для розливу рідини / Ф.Ю. Ялпачик, О.В. Гвоздєв, І.М. Змеєва; заявник та патентовласник ТДАТА (Україна). – №2003054252; заявл. 12.05.2003; опубл. 16.02.2004, Бюл.№2. – 5 с.

4. Кюрчев С.В. Чисельне моделювання процесу наповнення скляної тари харчовою рідиною / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Праці

ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ. – 2012. – Вип. 41. – Т.1. – С. 182 – 187.

5. Змеєва І.М. Підвищення продуктивності та точності процесу розливу за умов оптимального поєднання технологічних факторів та конструктивних параметрів гідравлічного тракту / І.М. Змеєва // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2016. – Вип. 16. – С. 248 – 253.

6. Змеєва І.М. Вплив коефіцієнтів місцевих опорів розливної системи на продуктивність дозуючого пристрою / І.М. Змеєва С.В. Кюрчев, Ф.Ю. Ялпачик, М.І. Стручаєв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2013. – Вип. 13. – Т.7. – С. 21 – 27.

7. Ялпачик Ф.Ю. Обґрунтування методу визначення коефіцієнту витікання з урахуванням числа Рейнольдса. / Ф.Ю. Ялпачик, І.М. Змеєва // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2010. – Вип. 10. – Т.3. – С. 209 – 214.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРАКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗЛИВА В УСЛОВИЯХ ОПТИМАЛЬНОГО СОЧЕТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

Змеєва І.Н.

*Аннотация* – Работа посвящена методике определения параметров гидравлического тракта для повышения производительности и точности процесса разлива в условиях оптимального сочетания технологических факторов и конструктивных параметров.

## **METHOD FOR DETERMINATION OF HYDRAULIC TRACT PARAMETERS TO IMPROVE THE PERFORMANCE AND ACCURACY OF THE FILLING PROCESS WITH THE OPTIMAL COMBINATION OF TECHNOLOGICAL FACTORS AND STRUCTURAL PARAMETERS**

I. Zmeyeva

### **Summary**

The work is devoted to method of the determination parameters of hydraulic tract to improve performance and accuracy of the process bottling with the optimal combination of technological factors and structural parameters.

УДК 519.87:663.532

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОГО ДООЧИЩЕННЯ ТОПІНАМБУРУ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ КОМБІНОВАНОГО СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

Терешкін О. Г., д.т.н.,

Горелков Д.В., к.т.н.,

Дмитревський Д.В., к.т.н.,

Бондаренко Р.Ю., студент

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

**Анотація** – у роботі висвітлено питання щодо використання комбінованого процесу з метою очищення топінамбура. Наведено результати експериментальних досліджень процесу механічного доочищення топінамбура. Представлені результати впливу параметрів процесу на якість очищення та відсоток втрат сировини.

**Ключові слова** – топінамбур, процес очищення, втрати сировини, якість очищення.

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день одним із відповідальних процесів, які застосовуються на підприємствах ресторанного господарства, є очищення овочевої сировини. Перспективною сировиною для підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства є топінамбур. Незважаючи на те, що сьогодні використовується багато видів обладнання для проведення процесу очищення цієї сировини, існує велика кількість проблемних питань, які потребують вирішення в найближчий час. Під час очищення значна частина сировини втрачається [1]. Це відбувається внаслідок того, що для здійснення цього процесу використовується недосконале обладнання, яке на сьогоднішній день морально застаріло [2]. До недоліків існуючого обладнання також можна віднести його матеріало- та енергоємність, недостатню якість очищення продукту, наявність допоміжного устаткування.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженням процесів очищення бульбоплодів займалися такі вчені, як Г.С. Антипов, Н.С. Фещенко, В.О. Головацький. Їх роботи присвячені удосконаленню традиційних процесів очищення бульбоплодів. Основним напрямком цих робіт було покращення якості очищення за рахунок визначення

раціональних режимів проведення процесу та створення відповідного обладнання для його реалізації [3]. На даний час одним із перспективних напрямків покращення якості очищення бульб топінамбура та зниження їх втрат є створення обладнання, принцип роботи якого засновано на комбінованому впливі термічного та механічного процесів на продукт [4]. Проте відсутність комплексних експериментальних досліджень стосовно використання комбінованої дії цих процесів на продукт, з урахуванням показників продукту, що очищується, суттєво ускладнює розробку нового енергетично ефективного обладнання [5]. Таким чином, удосконалення процесу очищення бульбоплодів за рахунок поєднання термічної та механічної дій на продукт та розробка його апаратного оформлення є перспективним та актуальним науково-технічним завданням.

*Постановка завдання.* Метою статті є дослідження впливу тривалості процесу механічного доочищення бульб топінамбура під час проведення комбінованого способу їх очищення.

*Основна частина.* Механічне доочищення є кінцевою стадією комбінованого процесу очищення бульб топінамбура під час проведення комбінованого процесу її очищення. Першою стадією комбінованого процесу є проведення попередньої термічної обробки сировини для того, щоб зменшити зв'язок шкірки продукту з бульбою. Для того щоб підвищити якість очищення топінамбура та мінімізувати втрати сировини, необхідно визначити всі фактори, які впливають на даний процес.

Безпосередній вплив на процес механічного доочищення буде мати такий параметр, як тривалість його проведення. У разі збільшення тривалості процесу механічного доочищення, одночасно збільшується тривалість дії робочих органів апарата на поверхневий шар продукту, що, у свою чергу, може призвести до підвищення втрат сировини. Але, зменшивши тривалість механічного доочищення, є ризик погіршення якості очищення топінамбура, внаслідок того, що можуть залишитися неочищені ділянки на його поверхні. На тривалість процесу механічного доочищення будуть суттєво впливати термін його зберігання, глибина термічної обробки поверхневого шару та зусилля відділення шкірки топінамбура.

Проведені попередні дослідження процесу механічного доочищення показали, що глибина термічної обробки бульби буде безпосередньо впливати на відсоток втрат сировини, а зусилля відділення шкірки топінамбура впливає на відсоток очищених бульб [6].

Таким чином, виникає потреба у визначенні раціональної тривалості процесу механічного доочищення залежно від зусилля відділення шкірки топінамбура та глибини її термічної обробки [7].

Відповідні експериментальні дані представлено на рис. 1.

Отримана залежність доводить, що відсоток очищених бульб зменшується при використанні топінамбуру з більшим зусиллям відділення шкірки.

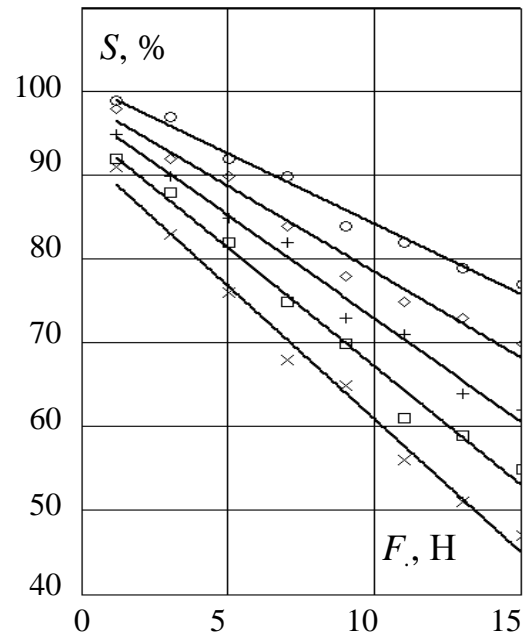


Рис. 1. Залежність відсотка очищених бульб топінамбура, терміном зберігання до 1 вересня від зусилля відділення шкірки топінамбуру та тривалості процесу механічного доочищення, с:  $\times$  – 30;  $\square$  – 50;  $+$  – 70;  $\diamond$  – 90;  $\circ$  – 110.

Під час механічного доочищення топінамбура, зусилля відділення шкірки якої становить 1,142 Н, відсоток повністю очищених бульб дорівнює 91%, за умов тривалості процесу механічного доочищення 30 с. Якщо використовувати бульби топінамбура з більшим значенням зусилля відділення шкірки (7 Н), при цьому не змінюючи тривалість процесу механічного доочищення, відсоток очищених бульб буде суттєво знижуватися і становитиме 68%. У тому випадку, коли зусилля відділення шкірки буде дорівнювати 15 Н, відсоток очищених бульб становитиме 47%. Проведені експериментальні дослідження довели, що при використанні топінамбура, величина зусилля відділення шкірки якого перевищує 15 Н, не відбувається повного очищення поверхні бульби від шкірки. Тому використання топінамбура, зусилля відділення шкірки якого перевищує зазначену величину, не є доцільним, оскільки при цьому не можливо досягнути необхідної якості очищення. За умови збільшення тривалості процесу механічного доочищення відбувається поступове збільшення відсотка очищених бульб топінамбурі. При тривалості процесу 70 с відсоток очищених бульб збільшується на 4...9% порівняно з тривалістю обробки 30 с. У тому випадку, коли тривалість механічного доочищення буде дорівнювати

110 с, відсоток очищених бульб збільшиться на 4...15% порівняно з тривалістю 70 с.

На рис. 2 показані розрахункові залежності порівняння зміни відсотка очищених бульб від періоду зберігання. Проведені дослідження впливу зусилля відділення шкірки на відсоток очищених бульб топінамбура свідчать про те, що збільшення тривалості процесу механічного доочищення призводить до збільшення відсотка очищених бульб. Але зі зростанням тривалості механічного доочищення зростає і відсоток втрат сировини, внаслідок того, що оброблений поверхневий шар топінамбура буде повністю знятий під час механічного доочищення. Тому, необхідно дослідити залежність відсотка втрат сировини від тривалості механічного доочищення та глибини термічної обробки топінамбура. Однією з найважливіших задач, під час розробки комбінованого способу очищення була мінімізація відсотка втрат сировини. Але при цьому повинна була забезпечуватися належна якість очищення поверхні бульб. Оскільки, на відсоток втрат сировини мають безпосередній вплив такі чинники, як тривалість процесу механічного доочищення та глибина термічної обробки поверхневого шару, необхідним стає питання дослідження залежності відсотка втрат сировини від зазначених чинників. При цьому, також необхідно визначити, який вплив на відсоток втрат сировини має термін зберігання топінамбура.

15

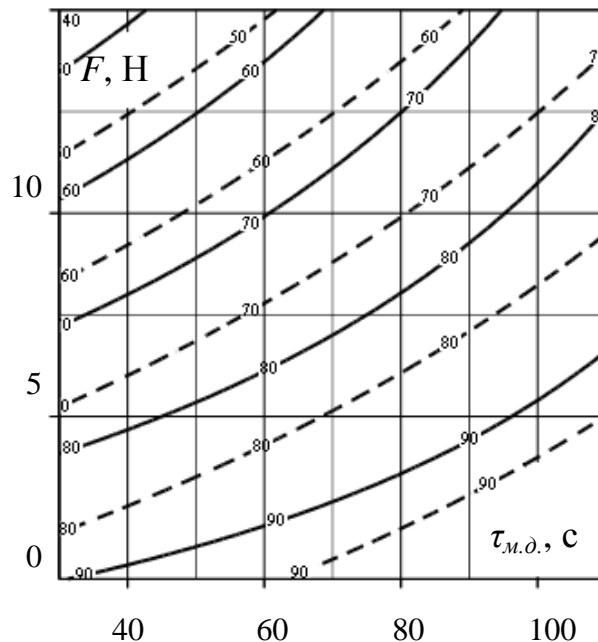


Рис. 2. Залежність зміни відсотка очищених бульб топінамбура з періодом зберігання: — — до 1 вересня; - - - - з 1 вересня до 31 грудня від зусилля відділення шкірки та тривалості процесу механічного доочищення.

На рис. 3 наведено залежність відсотка втрат сировини від глибини термічної обробки та тривалості процесу механічного доочищення топінамбура, термін зберігання якої до 1 вересня. Отримані данні вказують на те, що відбувається суттєве збільшення відсотка втрат сировини залежно від тривалості механічного доочищення та глибини термічної обробки. У тому випадку, коли тривалість процесу механічного доочищення буде дорівнювати 30 с, відсоток втрат сировини буде знаходитися в діапазоні 8...22%, залежно від глибини термічної обробки топінамбура, яка становить  $1...5 \cdot 10^{-3}$  м. Зростання відсотка втрат сировини обумовлено тим, що під час проведення механічного доочищення поверхневий шар топінамбура, який був проварений при попередній термічній обробці поступово зчищається разом зі шкіркою.

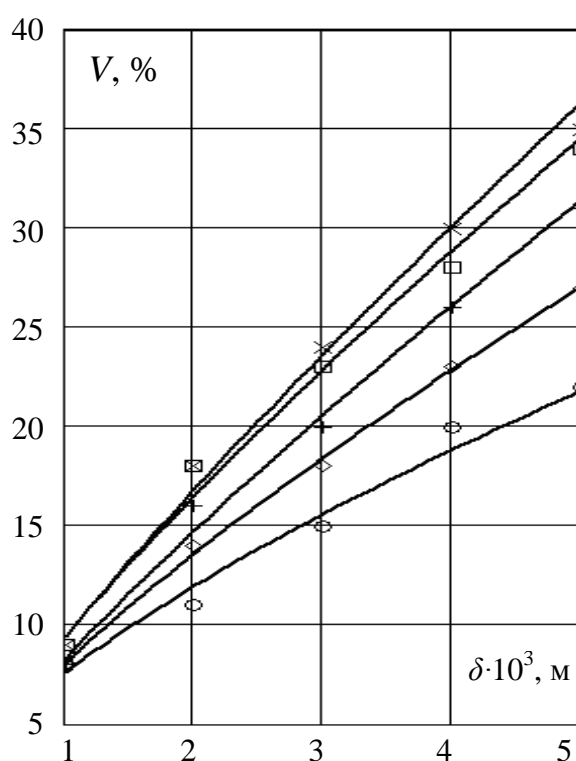


Рис. 3. Залежність відсотка втрат сировини для топінамбура терміном зберігання до 1 вересня від глибини термічної обробки її поверхневого шару та тривалості процесу механічної обробки, с: × – 30; □ – 50; + – 70; ◇ – 90; ○ – 110

Тому, коли значення глибини термічної обробки становить  $1 \cdot 10^{-3}$  м, тривалість процесу механічного доочищення має не суттєвий вплив на відсоток втрат сировини. Так при тривалості процесу механічного доочищення 30 с відсоток втрат сировини становить 8%, а у разі збільшення тривалості процесу до 110 с, відсоток втрат сировини змінюється на 1%. Але, у тому випадку, коли використовується топінамбур, глибина термічної обробки якого становить  $5 \cdot 10^{-3}$  м, діапазон змін відсотка втрат сировини становить



22...35%. Слід зазначити, що при тривалості процесу механічного доочищення 110 с, поверхневий шар топінамбура, який зазнав змін внаслідок термічної обробки, майже повністю зчищається, і з подальшим збільшенням тривалості процесу механічного доочищення відсоток втрат сировини не зростає. Необхідним є визначення впливу терміну зберігання топінамбура на відсоток втрат сировини.

Порівнюючи відсоток втрат топінамбура терміном зберігання до 1 вересня та терміном зберігання з 1 вересня по 31 грудня різниця становитиме від 0 до 3%, залежно від тривалості механічного доочищення та глибини термічної обробки.

Різниця відсотка втрат сировини між топінамбуром терміном зберігання до 1 вересня та терміном зберігання з 1 січня знаходиться в діапазоні 1...9%. На рис. 4 показано порівняння змін відсотка втрат топінамбурі залежно від терміну її зберігання, які побудовані за моделлю (8). Суттєва різниця відсотка втрат топінамбурі залежно від терміну її зберігання, свідчить про необхідність враховувати цей показник під час проведення процесу механічного доочищення топінамбурі.

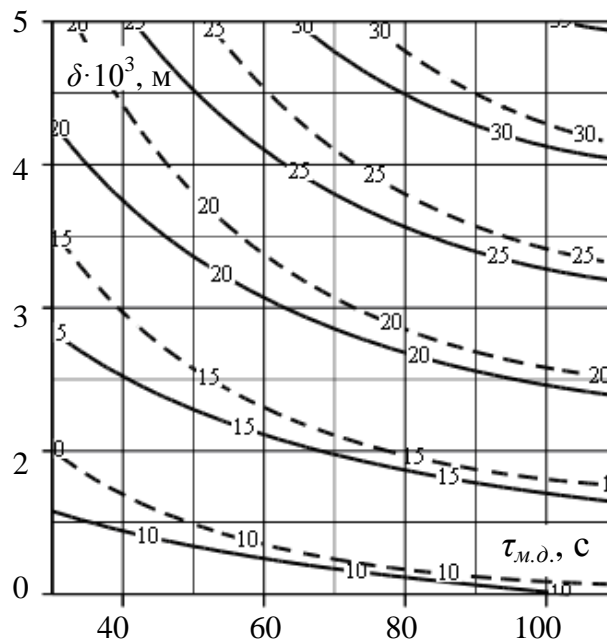


Рис. 4. Залежність зміни відсотка втрат сировини з періодом зберігання: — — до 1 вересня; - - - - з 1 вересня до 31 грудня від глибини термічної обробки поверхневого шару топінамбурі та тривалості обробки.

Виходячи з того, що збільшення тривалості обробки призводить до значного зростання відсотка втрат сировини під час механічного доочищення, виникає потреба в знаходженні раціональних режимів процесу механічного доочищення бульб топінамбурі для мінімізації

втрата сировини та збереження якості очищення поверхні бульб топінамбурі.

*Висновки.* Таким чином, в статті було визначено, що для забезпечення однакового відсотка очищених бульб, топінамбур з більшим значенням зусилля відділення шкірки потребує більш тривалого проведення процесу механічного доочищення. Визначено також, що топінамбур з більшим терміном зберігання потребує більш тривалого механічного доочищення. Встановлено, що на відсоток втрат сировини суттєво впливає глибина термічної обробки поверхневого шару, тривалість процесу механічного доочищення та термін зберігання продукту. Визначено, що за умов збільшення глибини термічної обробки та тривалості процесу механічного доочищення відсоток втрат сировини зростає.

Література:

1. Slavin, J. Health Benefits of Fruits and Vegetables [Text] / J. Slavin, B. Lloyd // Journal: Advances in Nutrition. – 2012. – V. 3. – Iss. 4. – P. 506–516.

2. Rennie, C. Preferences for steaming of vegetables [Text] / C. Rennie, A. Wise // Journal of Human Nutrition and Dietetics. – 2010. – V. 23. – P. 108–110.

3. Siti Mazli, M. Design and Development of an Apparatus for Grating and Peeling Fruits and Vegetables [Text] / M. Siti Mazli, A. Nur Aliaa, H. Nor Hidayati, M. Intan Shaidatul, W. Wan Zuha // American Journal of Food Technology. – 2010. V. 5. – Iss. 6. – P. 385–393.

4. Pereira, R. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing [Text] / R. Pereira, A. Vicente // Food Research International. – 2009. – V. 43. – Iss. 7. – P. 1936–1943.

5. Pieniak, Z. Subjective and objective knowledge as determinants of organic vegetables consumption [Text] / Z. Pieniak, J. Aertsens, W. Verbeke, // Food Quality and Preferenc. – 2010. – V. 21. – Iss. 6. – P. 581–588.

6. Deynichenko, G. Stabilization of quality cleaning onion innovative way [Text] / G. Deynichenko, O. Tereshkin, D. Gorelkov, D. Dmitrevskiy // Recent Journal. – 2013. – Vol. 14, № 4 (40). – P. 246–250.

7. Терешкін, О.Г. Теоретичне моделювання процесу термічної обробки овочів під час їх очищення [Текст] / О. Г. Терешкін, Д. В. Горелков, Д. В. Дмитревський // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2016. – №1/1(27). – С. 57–65.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ДООЧИСТКИ ТОПИНАМБУРА ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ**

Дейниченко Г.В., Терешкин О.Г., Горелков Д.В., Дмитревский Д.В.,  
Бондаренко Р.Ю.

**Аннотация – в работе освещены вопросы использования комбинированного процесса с целью очистки топинамбура. Приведены результаты экспериментальных исследований процесса механической доочистки топинамбура. Представлены результаты влияния параметров процесса на качество очистки и процент потерь сырья.**

**INVESTIGATION OF MECHANICAL PEELING ARTICHOKE  
DURING COMBINED METHOD OF PEELING**

G. Deynichenko, O. Tereshkin, D. Horielkov, D. Dmytrevskiy,  
R. Bondarenko

*Summary*

**This work is devoted to the question of using a combined process of artichoke peeling. This work shows the results of experimental studies of the process of mechanical peeling of artichoke. The results of the influence of process parameters on the quality of peeling and the percentage of loss of raw materials.**

УДК 664.8

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СОКУ ЯБЛУЧНОГО НАТУРАЛЬНОГО ПРЯМОГО ВІДЖИМУ

Григоренко О.В., к.т.н.,  
Мовчан Є.І., магістрант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 44-81-03

**Анотація** – дану роботу присвячено розробці заходів, спрямованих на підвищення якості натурального яблучного соку прямого віджиму та удосконалення технології його виробництва.

**Ключові слова** – сік яблучний натуральний, прямий віджим, якість, упаковка, мікробіологічна безпека, технологічний процес.

*Постановка проблеми.* Український ринок соків і сокових напоїв з яблук в останні роки динамічно розвивається. Об'єм виробництва щорічно зростає на 10-40 %, а експорт збільшується в середньому на 45 %. Серед фруктових сировини, що переробляється консервними заводами, яблука займають 80-90 %, на соки і напої переробляється більше ніж 500 тисяч тон яблук на рік [5-7].

Згідно з діючими стандартами [2, 3], соком може називатися лише стовідсотково натуральний продукт, отриманий із фруктів чи овочів шляхом прямого віджиму або відтворений із концентрату. До того ж, у натуральному соці не допускається присутність жодних консервантів, барвників, штучних ароматизаторів чи ароматизаторів, що ідентичні натуральним. Використовувати як ароматизатори в натуральних соках дозволяється лише натуральні речовини, отримані з фруктів чи ягід.

На вітчизняному ринку найчастіше виробляють такі види сокової продукції (у залежності від способів виробництва й обробки плодів):

1. Сік прямого віджиму — сік, що вироблений безпосередньо зі свіжих або збережених свіжими фруктів і (або) овочів шляхом їх механічної обробки;
2. Свіжовіджатиий сік — сік прямого віджиму, вироблений із свіжих або збережених свіжими фруктів і (або) овочів у присутності споживачів і який не піддавався консервації;
3. Відновлений сік — сік, вироблений з концентрованого соку чи соку прямого віджиму та питної води;

---

© Григоренко О.В., к.т.н., Мовчан Є.І., магістрант

\*Науковий керівник - Григоренко О.В., к.т.н.

4. Концентрований сік — сік, вироблений шляхом фізичного видалення з соку прямого віджиму частини води, що міститься в ньому, з метою збільшення вмісту розчинних сухих речовин не менше, ніж у два рази по відношенню до вихідного соку прямого віджиму. У концентрований сік можуть бути додані концентровані натуральні речовини, які створюють аромат, вироблені з однойменного соку або з однойменних фруктів або овочів;

5. Дифузійний сік — сік, вироблений шляхом вилучення за допомогою питної води екстрактивних речовин зі свіжих фруктів і (або) овочів, або висушених фруктів та (або) овочів одного виду, сік з яких не може бути отриманий шляхом їх механічної обробки. Дифузійний сік може бути підданий концентруванню, а потім відновленню. Вміст розчинних сухих речовин в дифузійному соку має бути не нижче рівня, встановленого для відновлених соків.

Вітчизняні компанії виробляють соки і нектари, залишаючи частково недоторканим сегмент соків прямого віджиму. На вибір соку споживачем в більшій мірі впливає його смак, далі – якість продукції, ціна, торгова марка або бренд, виробник і привабливість упаковки [4-6]. Отже, натуральні соки прямого віджиму треба виготовляти згідно з технологічними інструкціями, затвердженими в установленому порядку відповідно до санітарних правил; за показниками якості ці продукти повинні відповідати вимогам діючих стандартів.

*Аналіз останніх досліджень.* Скляна упаковка залишається важливою тарою для харчових продуктів і напоїв унаслідок гігієнічності, декоративності і зручності споживання продукту. Але, під дією сонячного світла, натуральні соки в такій упаковці швидко втрачають вітаміни, а наявний осад, властивий неосвітленому продукту, часто відштовхує споживачів.

Перспективною для соків «гарячого» розливу є упаковка типу bag-in-box («мішок в коробці»), яку винайшов у 1954 році австралієць по прізвищу Шоллі. На вітчизняному ринку така упаковка з'явилася всього три-чотири роки тому. Великих компаній-виробників всього три: це Gemini Packaging, англійська компанія David Smith, яка колись отримала патент на виробництво такої упаковки від Sholle, і італійська фірма Goglio.

Система bag-in-box передбачає наявність багат шарового полімерного мішка, призначеного для рідких і пастоподібних продуктів, вбудованого краника для порційного дозування цієї продукції і, нарешті, тари — для перевезення і захисту мішка від впливу зовнішнього середовища.

Асептична ніша упаковки bag-in-box починається там, де закінчуються «володіння» упаковки Tetra-Pack. Технології швейцарської корпорації також безпосередньо стикаються з асептикою — в діапазоні від 200 мл до 2 л. Упаковка «мішок в коробці» — це

скоріше «макроасептика» — від 2 до 1200 л. Будь-який продукт у відкритій упаковці від Tetra-Pack зберігає свої властивості обмежений час — три-чотири дні. В мішках bag-in-box продукцію можна використовувати протягом півроку, причому продукт зберігає стерильність і поживні властивості. І все це завдяки простій і унікальній системі мішка і вбудованого в нього краника. Коли краник відкривають, мішок стискається, перегороджуючи всередину доступ кисню. Отже, при порційному дозуванні з вмістом мішка нічого не відбувається — немає доступу світла, кисню і запаху [4-7].

Таким чином, використання цієї упаковки для натуральних соків ще недостатньо вивчено. Вкрай важливим є дотримання необхідного температурного режиму пастеризації, особливо за відсутності дорогого асептичного обладнання, для запобігання мікробіологічного забруднення та передчасного псування продукції.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою роботи було дослідження якісних показників натурального яблучного соку вітчизняного виробництва в різній упаковці та обґрунтування напрямів удосконалення технології його виготовлення.

*Основна частина.* Для дослідження були взяті зразки соку яблучного прямого віджиму неосвітленого, в полімерній типу “bag-in-box” з клапаном місткістю 3 л пастеризованого, та у скляній тарі місткістю 1 л стерилізованого.

Відбір проб та підготовку зразків до фізико-хімічних аналізів проводили відповідно до ГОСТ 26671.

За фізико-хімічними показниками соки фруктові натуральні повинні відповідати вимогам [2]. Згідно цих вимог, масова частка сухих розчинних речовин для соків плодових і ягідних без м'якоті повинна становити не менше ніж 10,0 %. Активна кислотність (рН) – 3,8 – 5,0 одиниць рН. Масова частка осаду у неосвітлених соках має бути не більше ніж 0,5 %. Результати фізико-хімічних аналізів соків наведені у таблиці 1.

*Визначення мікробіологічних показників якості продукції та встановлення можливих причин контамінації*

Підготовку проб до мікробіологічного аналізу проводили відповідно до ГОСТ 26669-85. Визначення наявності і кількості осмонолітерантних дріжджів і цвілевих грибів проводили згідно ГОСТ 28805-90, ГОСТ 10444.15-88.

Визначення наявності і кількості МАФМ проводили згідно з ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

Визначення БГКП – по ГОСТ 30518-97.

Таблиця 1 – Результати фізико-хімічних аналізів натурального яблучного соку прямого віджиму у різній упаковці

Показник	Сік яблучний	
	у полімерній упаковці	у скляній тарі
Вміст сухих речовин, % (за ГОСТ 28561)	14,8	10,5
Вміст сухих розчинних речовин, % (за рефрактометром, ГОСТ 28562)	13,0	9,2
Масова частка цукрів, % (за ГОСТ 8756.18)	10,5	7,5
Титрована кислотність, % у перерахунку на яблучну (за ГОСТ 25555.0)	0,37	0,22
Цукрово-кислотний індекс	28,4	34,1
Активна кислотність рН	6,5	7,0
Об'ємна частка м'якоті, яка відділяється центрифугуванням, % (за ГОСТ Р 51442-99)	18,5	14,0
Масова частка осаду, % (за ГОСТ 8756.9-78)	1,9	1,5

За мікробіологічними показниками соки натуральні повинні відповідати вимогам промислової стерильності [3]. За результатами аналізу визначено (табл. 2)

Таблиця 2 – Результати визначення мікробіологічних показників досліджуваних зразків натурального яблучного соку

№ зразку	Кількість МАФAM КУО/мл	Кількість ОД і цвілей КУО/мл	Характеристика мікроорганізмів
1	3±1	відсутні	Грампозитивні диплококи
2	1984±32	відсутні	Однорідні характерні колонії БГКП

Зразок соку №1 (у скляній тарі 1 л). Загальна кількість МАФAM не перевищує 4 одиниць, але, на наш погляд, необхідно визначити вид диплококів для ідентифікації їхньої належності до санітарно показових мікроорганізмів. Зразок №2 (сік у тарі “bag-in-box” 3 л) – кількість БГКП складає приблизно  $2 \times 10^3$  КУО/мл. Є непридатним для споживання. Можливі причини контамінації: 1) недостатня попередня обробка сировини; 2) порушення температурних режимів

виготовлення; 3) контамінація обладнання для розливу; 4) нестерильне пакування.

#### *Висновки.*

1. За вмістом сухих розчинних речовин дослідний зразок соку яблучного у скляній тарі не відповідає вимогам стандарту.

2. Активна кислотність рН зразків соку знаходиться в межах 6,5-7,0, що не відповідає вимогам. Крім того, таке значення рН (нейтральне, близьке до лужного) унеможлиблює використання сорбінової кислоти, дія якої як консерванту проявляється тільки в кислому середовищі [1, 4].

3. Цукрово-кислотний індекс (показник смаку) зразків соку суттєво перевищує рекомендовані межі (близько 20), що знижує смакові властивості соку, роблячи його приторно-солодким. Для регулювання цього показника рекомендовано додавати винну, лимонну, яблучну кислоти у кількості не більшій ніж 3 г/дм<sup>3</sup> [3].

4. Масова частка осаду в соках у 3-4 рази перевищує норму. Стабільність соків в процесі їх консервування та зберігання залежить від хімічного складу та температури. Осад найчастіше випадає із соків, багатих на цукри, поліфенольні, білкові та пектинові речовини, тому є необхідність контролювати ці показники в сировині та обирати для виробництва соку сорти яблук з найменшим їх значенням. Важливо також не допускати перезрівання плодів: сік з перестиглих яблук має багато продуктів гідролізу, мутний, важко освітлюється. Крім того, вихід соку з перестиглої сировини значно знижується [1].

5. З метою освітлення соків рекомендується застосовувати бентоніти, желатин з таніном, ферментні препарати. Ці речовини добре освітлюють соки, але й збіднюють їх на корисні речовини. Для ефективного видалення осаду рекомендується швидко короткочасне прогрівання (не більше 10-20 с) до 85-90 °С у поєднанні із швидким охолодженням до 25-30 °С [1, 4, 7].

6. Використання упаковки типу “bag-in-box” для натуральних соків можливе лише за умови гарячого розливу за температури не нижче 95 °С або налагодження асептичного консервування. Перевагою асептичного методу консервування є можливість використання значно більш високих температур та короткого часу, адже швидкості небажаних змін якості менше залежать від температури, ніж швидкість відмирання мікроорганізмів [1].

7. Санітарна обробка обладнання повинна здійснюватися перед початком сезону, в процесі експлуатації лінії та по мірі закінчення функціонування окремих елементів: продуктопроводів, резервуарів, теплообмінників тощо та повинна забезпечувати: 1) видалення з обладнання бруду, продуктових осадів, нагарів, накипу; 2) видалення мікроорганізмів з поверхонь, які стикаються з продуктом [1].



## Література:

1. Асептическое консервирование плодоовощных продуктов. Под ред. д.т.н. В.И. Рогачева. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 288 с.
2. ДСТУ 4150:2003 «Соки, напої сокові, нектари плодово-ягідні, овочеві та з баштанних культур»: Національний стандарт України. – К.: ДЕРЖПОЖИВСТАНДАРТ України. – 2004. – 15 с.
3. ДСТУ 4283.1:2007, ДСТУ 4283.2:2007 «Консерви Соки та сокові продукти»: Національний стандарт України. – К.: ДЕРЖПОЖИВСТАНДАРТ України. – 2007. – 30 с.
4. Назаренко В.О. Формування якості товарів. – Режим доступу: <http://westudents.com.ua/glavy/90595-varennya.html>.
5. Соки неосветленные и осветленные. – Режим доступу: <http://www.znaytovar.ru/s/Soki-neosvetlennye-i-osvetlenn.html>.
6. Соки та напої. – Режим доступу: <http://ukrprod-service.com.ua/juicesanddrinks>.
7. Технология производства яблочных соков. – Режим доступу: <http://www.newreferat.com/ref-29891-1.html>.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОКА ЯБЛОЧНОГО НАТУРАЛЬНОГО ПРЯМОГО ОТЖИМА**

Григоренко Е.В., Мовчан Е.И.

**Аннотация** - данная работа посвящена разработке мероприятий, направленных на повышение качества натурального яблочного сока прямого отжима и усовершенствование технологии его производства.

## **THE NATURAL APPLE JUICE OF DIRECT EXTRACTION TECHNOLOGY IMPROVEMENT**

O. Hryhorenko, Y. Movchan

**Abstract** - this work deals with the development of measures aimed at improving of the natural apple juice quality and its production technology improvement.

УДК 631.563.4

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМИННОГО ЗМІШУВАННЯ НАПОЇВ

Самойчук К.О., к.т.н.,

Полудненко О.В., асистент,\*

Циб В.Г., ст. викладач

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (06192) 42-13-06

**Анотація** – у статті наведено результати теоретичних досліджень струминного змішувача напоїв. Представлено схему протитечійно-струминного змішувача рідин та описано процес змішування у пристрої. Наведено можливі шляхи інтенсифікації процесу перемішування. Наведені заходи з підвищення якості перемішування рідин у протитечійно-струминному змішувачі напоїв.

**Ключові слова** – рідина, перемішування, струминний змішувач, дослідження.

*Постановка проблеми.* При виготовленні безалкогольних напоїв одним з основних процесів є перемішування рідких компонентів. З огляду на зростаючі об'єми виробництва цього виду продукції актуальними є розробка і впровадження у виробництво змішуючих апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії і часу.

В результаті аналізу різних способів перемішування рідких компонентів струминне змішування було виділене як найбільш перспективне, тому що дозволяє рівномірно розподіляти енергію в зоні безпосереднього контакту рідин, а також дозволяє підводити енергію до невеликого об'єму середовища, що призводить до зниження енерговитрат і підвищення якості змішування [1]. Струминні апарати не мають рухомих частин, що свідчить про їх надійність. Вони легко включаються в технологічні схеми і мають просту конструкцію.

*Аналіз останніх досліджень.* В попередніх роботах проведено аналіз різних конструкцій струминних змішуючих апаратів. Серед них було виділено протитечійно-струминний змішуючий апарат, який поєднує в собі високу ефективність перемішування і можливість дозування підмішуваних компонентів. Обґрунтовано конструкцію протитечійно-струминного змішувача [2].

---

© Самойчук К.О., к.т.н., Полудненко О.В., асист., Циб В.Г., ст. викл.

\* Науковий керівник – Самойчук К.О., к.т.н.

*Формулювання мети статті.* Не дивлячись на очевидні переваги струминних змішувачів, на сьогоднішній день вони є практично недослідженими. Основною метою даної роботи є теоретичні дослідження процесу змішування рідин у протитечійно-струминному змішувачі.

*Виклад основного матеріалу.* Протитечійно-струминний змішувач являє собою два струминні апарати, розташовані співвісно один до одного (рис. 1). Вихідні циліндричні сопла цих апаратів формують зустрічні струмені рідини, які після зіткнення утворюють характерне, візуально симетричне "віяло", яке має назву пелена [3]. Співвісні струминні апарати розташовані у камері (7), де збирається рідина і відводиться зі змішувача.

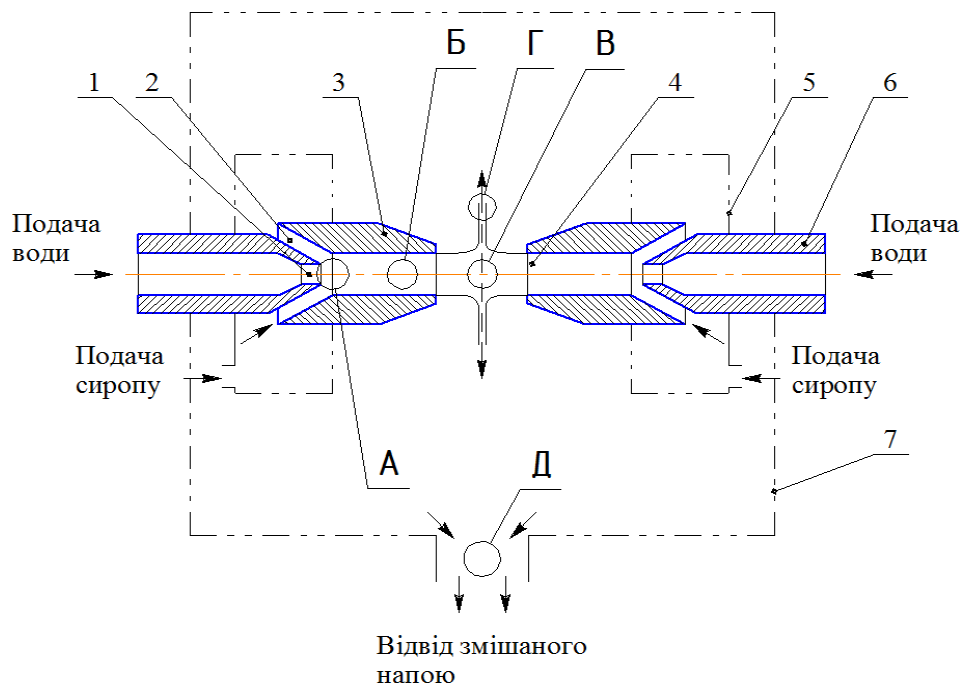


Рис. 1. Схема протитечійно-струминного змішувача рідин

1 – робоче сопло; 2 – приймальна камера; 3 – камера змішування; 4 – сопло камери змішування; 5 – камера подачі сиропу; 6 – робочий патрубок; 7 – камера збору рідини.

А, Б, В, Г, Д – зони змішування.

Кожний струминний апарат складається з робочого патрубку (6) та камери змішування (3). Основний компонент (вода) подається у робочий патрубок кожного струминного апарату, робоче сопло (1) яких формує струмені води. Підмішуваний компонент (сироп) подається з камери подачі сиропу (5) у зазор приймальної камери (2). Швидкісні потоки води на вході камери змішування захоплюють підмішуваний компонент. В камері змішування відбувається вирівнювання швидкостей води та підмішуваного компонента. На виході з сопел камер змішування (4) відбувається зіткнення струменів змішаних компонентів.

Струминні апарати, які входять до складу змішувачів, відносяться до групи рівнофазних струминних апаратів – струминних насосів [4,5]. На відміну від струминних насосів, які проектуються для підвищення тиску та витрат підмішуваного (рідина, яка перекачується) компоненту, мета розрахунку струминного апарату, який входить до складу струминного насосу полягає у досягненні максимальних швидкостей потоків на виході з сопел камер змішування при дотриманні необхідного пропорційного складу між основним та підмішуваним компонентом. Тому:

– на виході струминного апарату, який входить до складу змішувача, не використовується дифузор, в якому підвищується тиск та знижується швидкість потоку;

– в струминному змішувачі витрати підмішуваного компонента в 5 і більше разів менше, за витрату основного потоку, а в струминному насосі навпаки – витрати потоку, що інжектуються (підмішуваного) набагато більше, за робочий (основний) потік.

Остання відмінність обумовлює меншу величину співвідношення  $d_b/d_c$  (діаметра сопла камери змішування до діаметра робочого сопла), ніж у струминних насосів. Апарати з малим співвідношенням  $d_b/d_c$  відносяться до високонапірних і при низьких значеннях коефіцієнту інжекції розвивають високий тиск (а отже і швидкість) на виході [5].

Потоки основного та підмішуваного (інжектованого) середовищ потрапляють до камери змішування, де відбувається вирівнювання швидкостей: швидкість основного потоку зменшується, а інжектованого – підвищується. При цьому в камері змішування підвищується тиск. Тиск потоку перед зіткненням струменів більше, ніж тиск інжектованого компонента, але менше, ніж тиск основного потоку [6].

Змішування води та компонентів, що підмішуються починається з вхідної ділянки камери змішування і відбувається безперервно до виходу суміші зі змішувача. Найбільш інтенсивно цей процес протікає при захопленні підмішуваного компонента водою і формуванні потоку в камері змішування (зона А) та при русі у камері змішування (зона Б). У цих зонах відбувається змішування води та підмішуваного компонента, які подаються у один струминний апарат. При зіткненні потоків (зона В), змішуванні у пелені (зона Г) і збору рідини та відведенні з камери збору (зона Д) відбувається змішування потоків компонентів правого та лівого струминного апарату. Головним чинником змішування в зонах А і Б є турбулентність і турбулентні пульсації рідин основного та підмішаного компонента. У зонах В, Г і Д змішування відбувається за рахунок взаємопроникнення потоків, струменів і шарів компонентів. Для інтенсифікації процесів змішування необхідно підвищувати

інтенсивність турбулентності та взаємопроникнення шарів компонентів. Цього можливо досягти за рахунок:

1. Збільшення тиску подачі води у робочі патрубки, внаслідок чого збільшується швидкість струменя на виході з робочої камери та турбулентність потоку.

2. Зменшення вихідного перерізу робочого сопла, внаслідок чого збільшується швидкість струменя на виході з нього і турбулентність потоку.

3. Зменшення перерізу приймальної камери, внаслідок чого зменшується товщина струменя підмішуваного компонента, що призводить до більш рівномірного розподілу його в основному компоненті.

4. Підвищення швидкості подачі підмішуваного компонента у камеру змішування, внаслідок чого підвищується турбулентність потоку.

5. Зменшення перерізу сопел камер змішування, внаслідок чого збільшується швидкість струменя на виході з нього і турбулентність потоку.

Слід зауважити, що зменшувати перерізи камер і сопел можливо лише до певних значень, адже при надмірному зменшенні площі перерізів підвищується гідравлічний опір витіканню рідини, що зменшує швидкість струменя. Надмірне підвищення швидкості подачі компонентів призводить до небажаного збільшення енерговитрат [7].

На рис. 2 умовно представлений профіль швидкостей у двох крайніх перерізах циліндричної камери змішування: вхідному та вихідному [4].

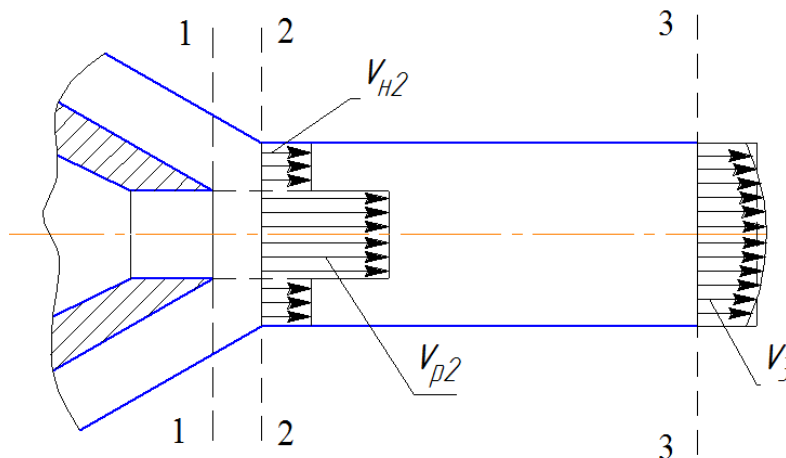


Рис. 2. Розподіл швидкостей у вхідному та вихідному перерізі камери змішування:

1–1, 2–2, 3–3 – перерізи виходу з робочого сопла, входу камери змішування та виходу з камери змішування відповідно.

На вхідній ділянці камери профіль швидкостей дуже нерівномірний. Можна умовно представити потік у вхідному перерізі,

що складається з двох співвісних потоків: центрального (основний компонент) з більшою швидкістю  $v_{p2}$  і периферійного (підмішуваний компонент) зі значно меншою швидкістю  $v_{n2}$ . У вихідному перерізі камери змішування потік має досить рівномірний профіль швидкостей  $v_3$ . Таким чином основне змішування відбувається у камері змішування кожного струминного апарату. Можна прогнозувати, що розподіл швидкостей на виході з камери змішування повинен бути близьким до рівномірного. Це свідчить про достатність процесу перемішування у камері змішування та створює якісні умови для змішування на наступному етапі – зіткнення струменів. Нерівномірність розподілу швидкостей до зони Б може призвести до неоднакової інтенсивності змішування в центрі та на периферії потоків, які виходять зі струминних апаратів, що знижує кінцеву якість змішування. Для підвищення рівномірності розподілу швидкостей на виході з камери змішування необхідно:

- зменшувати швидкість основних потоків з робочих сопел струминних апаратів, для чого знижувати тиск на вході робочих патрубків і (або) збільшувати переріз робочих сопел;
- збільшувати довжину робочих камер апаратів;
- підбирати оптимальне співвідношення між внутрішніми діаметрами камер змішування і робочих сопел апаратів.

З іншого боку зменшення швидкостей основних потоків призводить до зменшення продуктивності змішувача, а надмірне збільшення довжини камери змішування – до небажаного підвищення масо-габаритних показників і енерговитрат.

*Висновки та перспективи подальших досліджень.* Для знаходження оптимальних показників струминного змішувача необхідно вирішити суперечливі завдання: отримати з одного боку достатню ступінь змішування та високу продуктивність, а з іншого – мінімальні енерговитрати та масо-габаритні показники. Провести експериментальні дослідження якості перемішування на експериментальній лабораторній установці.

Література:

1. *Самойчук К.О.* Результати аналізу конструкцій струминних змішувачів рідких компонентів / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2013. – Вип. 13., т.1
2. *Самойчук К.О.* Обоснование конструкции смесителя жидких компонентов с помощью компьютерного моделирования / К.О. Самойчук, О.В. Полудненко // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного у-та, 2013 – 140с.

3. *Майер В.В.* Кумулятивный эффект в простых опытах/ В.В. Майер. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. – 192с.
4. *Соколов Е.Я.* Струйные аппараты./ Е.Я Соколов, Н.М.Зингер. – 3-е изд. Перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352с.
5. *Софронов В.Л.* Расчет струйных аппаратов / В.Л. Софронов, И.Ю. Русаков, Т.В. Ощепкова – Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2011. – 33с.
6. Peicheng L. Mixing times in single and multi-orifice-impinging transverse (МОИТ) jet mixers with crossflow/ L. Peicheng, T. Yuncui, F. Yi, W. Hua – Chine: Chinese Journal of Chemical Engineering, 2016.
7. Lloyd G. Alexander Transport of momentum, mass and heat in turbulent jets / Thomas Baron, Lloyd G. Alexander, Edward W. Comings// Published by the University of Illinois, Urbana – 2007. – 88с.

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОТИВОТОЧНО-СТРУЙНОГО СМЕШИВАНИЯ НАПИТКОВ**

Самойчук К.О., Полудненко О.В., Циб В.Г.

***Анотация*** – в статье приведены результаты теоретических исследований струйного смесителя напитков. Представлена схема противоточно-струйного смесителя жидкостей и описан процесс смешивания в устройстве. Приведены возможные пути интенсификации процесса перемешивания. Приведены меры по повышению качества перемешивания жидкостей в противоточно-струйном смесителе напитков.

## **ANALYSIS OF PROCESS OPPOSITE-STREAM MIXING OF DRINKS**

K. Samoichuk, O. Poludnenko, V. Tsyb

### ***Summary***

**The results of theoretical research jet mixer drinks. The scheme opposite-stream mixer of liquids and describes the mixing device. Shows the possible ways to intensify the process of mixing. These activities improve the quality of mixing fluids in opposite-stream mixer of drinks.**

УДК 641.512+532.135

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГИДРОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ РЕЗАНИЕМ

Погребняк А.В., к.т.н.,

Погребняк В.Г., д.т.н.

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

Тел.(050)135-15-45

**Аннотация** – закономерности процесса гидрорезания пищевых продуктов исследовали с целью повышения его эффективности и улучшения качества поверхности разрезов путем модификации рабочей жидкости. Экспериментально доказано, что использование в качестве рабочей жидкости водных растворов полиэтиленоксида повышает оптимальное расстояние между поверхностью пищевого продукта и срезом сопла в 15 раз, глубину реза в 4 раза, а также улучшает качество поверхности разреза пищевого продукта.

**Ключевые слова** – пищевые продукты, гидрорезание, глубина реза, ширина реза, полимерный раствор.

*Постановка проблемы.* Гидрорезание используется во многих областях промышленности, поскольку этот метод высоко технологичен в сравнении с традиционными методами резания [1–3]. Несмотря на это в пищевой промышленности он практически не применяется [4]. Основной причиной, по которой метод гидрорезания не применяется в пищевой промышленности, является отсутствие комплексных научных исследований данного процесса [5]. В этой связи, с точки зрения научной новизны, данный метод вызывает значительный интерес.

*Анализ последних исследований.* Опыт применения водяных струй в качестве режущего инструмента для разрезания пищевых продуктов, выявил целый ряд достоинств, присущих waterjet-технологии. В работах [5–7] была доказана практическая целесообразность использования струи воды для разрезания пищевых продуктов. При этом максимальная глубина реза в блоке филе хека, имеющего температуру  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , не превышала  $85 \cdot 10^{-3}$  м при давлении 400 МПа и диаметре сопла  $0,4 \cdot 10^{-3}$  м. При более низких температурах пищевых продуктов, естественно, глубина реза будет еще меньше. Поэтому понижение температуры пищевого продукта до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже



исключает возможность использования водоструйной резки при давлениях меньше 250÷300 МПа.

Указанные обстоятельства – высокие рабочие давления, а следовательно, высокая стоимость оборудования, малые скорости перемещения водяной струи, не обеспечивающие максимальную производительность с наименьшими энергозатратами на формирование струи [5,7] – стали определяющими в постановке задачи интенсификации процесса гидрорезания пищевых продуктов.

*Формирование целей статьи.* При гидрорезании пищевых продуктов в качестве режущего органа используется высокоскоростная тонкая струя жидкости. От свойств рабочей жидкости зависит способность получения необходимых гидродинамических характеристик гидроструи, обеспечивающих максимальную производительность и наилучшее качество поверхности разреза. Поэтому выбор типа и состава рабочей жидкости является одним из основных вопросов, которые необходимо решать при разработке технологического процесса гидрорезания замороженных пищевых продуктов.

*Основная часть.* В качестве основных критериев оценки эффективности процесса гидрорезания пищевых продуктов нами были приняты – глубина реза  $h$  и скорость приращения боковой поверхности разреза  $S_0$ . Экспериментальное исследование влияния расстояния от среза сопла до поверхности разрезаемого пищевого продукта  $l_0$  на глубину реза  $h$  проводились на образцах мяса свинины при температурах  $-7$  и  $-25$  °С, изменении давления воды  $\Delta P_0$  от 50 до 250 МПа, диаметре сопла  $d_0$   $0,35 \cdot 10^{-3}$  и  $0,6 \cdot 10^{-3}$  м, скорости перемещения гидроструи относительно образца мяса  $V_{п}$  0,015; 0,025; 0,050 и 0,100 м/с. Данные, характеризующие влияние расстояния от среза сопла до поверхности разрезаемого мяса на глубину реза, приведены на рис. 1.

Видно, что зависимость глубины реза  $h$  от расстояния между срезом сопла и поверхностью пищевого продукта  $l_0$  проходит через максимум. Такой характер зависимости  $h$  от  $l_0$  сохраняется для различных условий эксперимента, т.е. для всех исследованных нами давлений воды  $\Delta P_0$ , диаметров сопел  $d_0$  и скоростей перемещения гидроструи относительно образца пищевого продукта  $V_{п}$ .

При относительно малых расстояниях от 0 до некоторого  $l_{опт}$ , увеличение глубины реза с возрастанием расстояния от среза сопла до поверхности пищевого продукта происходит вследствие того, что процесс струеформирования заканчивается не у самого среза сопла, а на некотором расстоянии от него, равном  $l_{опт}$ . При этом расстояние, соответствующее максимальной глубине реза  $h_{max}$ , является с этой точки зрения рациональным. Необходимо иметь ввиду, что уменьшение  $l_0$  относительно  $l_{опт}$ , т.е. относительно рационального значения расстояния от среза сопла до поверхности разрезаемого

пищевого продукта, снижает глубину реза более интенсивно, чем при увеличении  $l_0$  относительно  $l_{\text{опт}}$ .

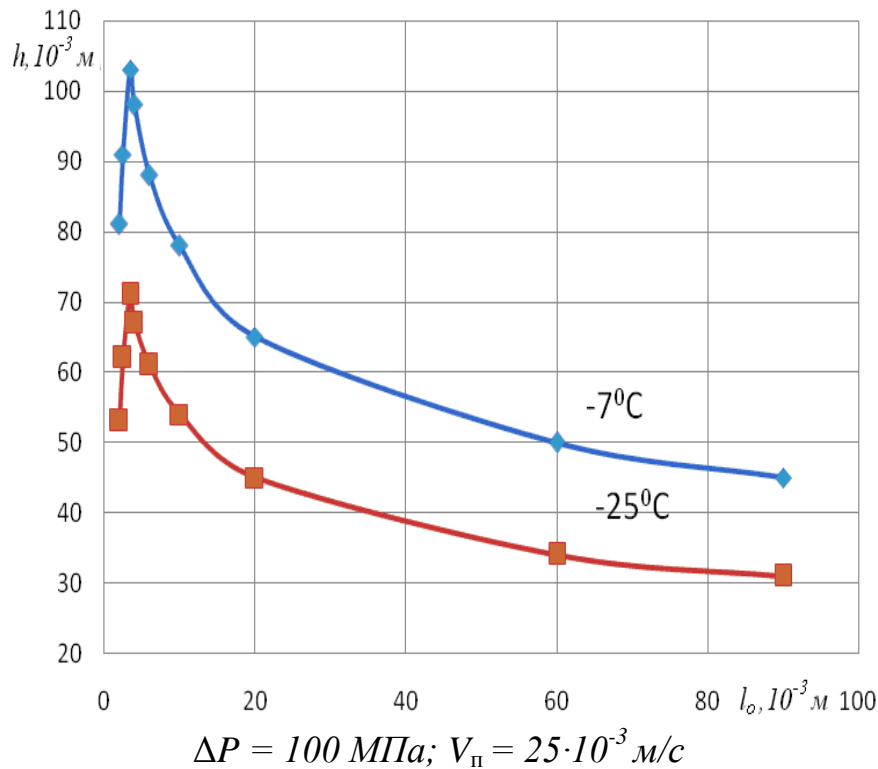


Рис. 1. Зависимость глубины реза от расстояния между срезом сопла диаметра  $0,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  и поверхностью мяса разрезаемого струей воды.

Обращает на себя внимание обнаруженная нами независимость величины  $l_{\text{опт}}$  от давления воды перед соплом  $\Delta P_0$  и скорости перемещения гидроструи относительно образца замороженного пищевого продукта  $V_{\text{п}}$ , что свидетельствует о сложном характере истечения воды из сопла, и естественно, изучение одних только интегральных динамических параметров гидроструи недостаточно для понимания наблюдаемых явлений.

Параметрами процесса разрезания пищевого продукта, характеризующими его производительность, являются скорость приращенія боковой поверхности разреза  $S_0$ , которая равна произведению  $h$  на  $V_{\text{п}}$ . На рис. 2 представлены результаты экспериментов по влиянию скорости перемещения гидроструи  $V_{\text{п}}$  относительно разрезаемого образца пищевого продукта на скорость приращенія боковой поверхности разреза  $S_0$ .

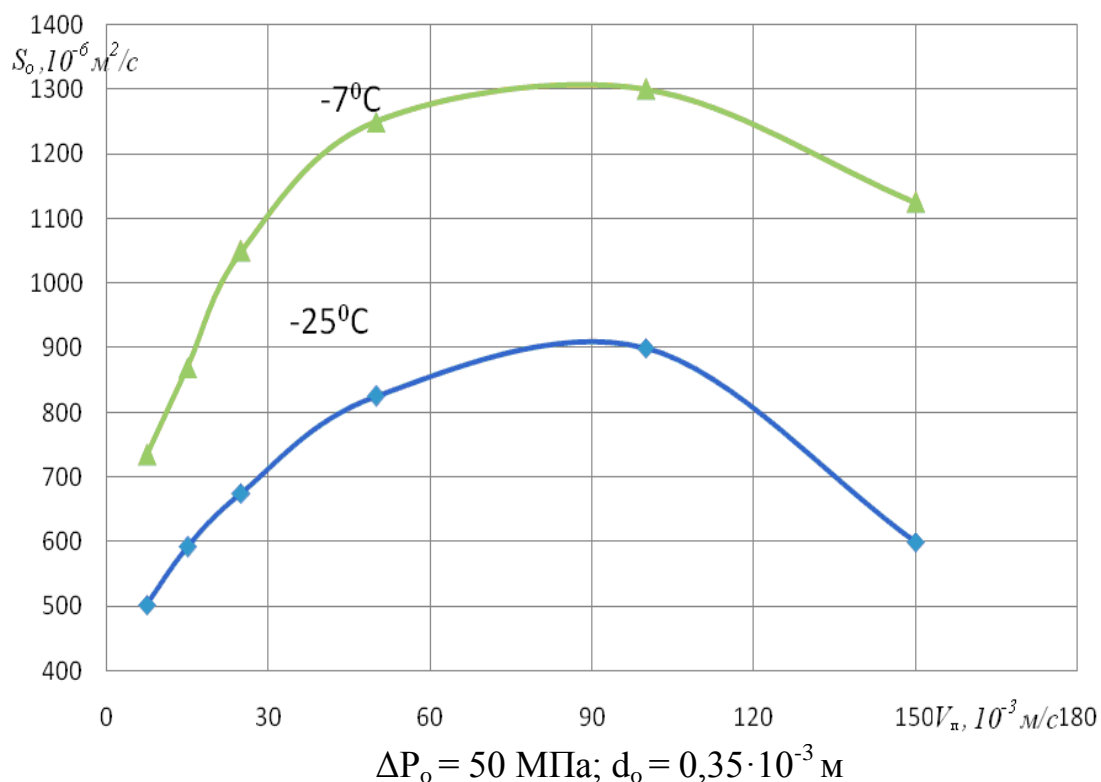


Рис. 2. Зависимость скорости приращения боковой поверхности разреза от скорости перемещения гидроструи относительно разрезаемого образца мяса при  $l_o = l_{\text{опт}}$ .

*Гидроабразивное резание.* Одним из методов повышения эффективности процесса гидрорезания является введение в режущую струю жидкости абразивных добавок. В настоящее время ни один из используемых на практике абразивных материалов нельзя применить для гидрорезания пищевых продуктов. В такой ситуации путем повышения эффективности процесса гидрорезания пищевых продуктов может быть применение водоледяного метода, т.е. когда абразивным материалом являются мелкие частицы льда.

Экспериментальная проверка возможности использования водяной струи с частицами льда для разрезания пищевого продукта была выполнена на модельных образцах мяса, в качестве которых использовался кусок льда. Кусок льда имел температуру  $-30^\circ\text{C}$ , что соответствует прочности свиного мяса на одноосное сжатие, имеющего температуру  $-25^\circ\text{C}$ . Было получено существенное увеличение эффективности процесса за счет использования гидроструи с добавленными в нее частицами льда. Например, если в модельном образце мяса глубина реза чистой водой составила  $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , то при использовании льда в качестве абразива при прочих равных условиях получили сквозной разрез образца толщиной  $0,4 \text{ м}$ .

Полученные данные позволяют утверждать, что метод интенсификации процесса гидрорезания замороженного мяса путем

введения в водяную струю мелких частиц льда, высокоэффективен, но использовать его в пищевой промышленности в настоящее время экономически не целесообразно.

Более перспективным с точки зрения эффективности процесса гидрорезания пищевых продуктов может стать гидроабразивный – водосолевой метод, при осуществлении которого в качестве абразива используется поваренная соль. Эксперимент показал, что при водосолевом резании замороженного пищевого продукта, наблюдается существенное увеличение эффективности процесса (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние расхода абразива на глубину реза в мясе при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$  и давлении 100 МПа

t, °C	Глубина реза $h$ , $10^{-3}$ м			
	Расход абразива, $10^{-3}$ кг/с			
	абразив	0(вода)	10	20
45	песок	47,6	166	150
	NaCl		122	130
4	песок	55,3	155	153
	NaCl		146	153

Однако использование поваренной соли в качестве абразива осложняется ее растворимостью в воде, и чем выше температура воды, тем выше скорость растворения соли. Понижение температуры водяной струи может значительно снизить скорость растворения поваренной соли, а следовательно, увеличить эффективность водосолевого метода разрезания пищевого продукта.

*Гидрорезание при пониженных температурах струи.* Для реализации процесса гидрорезки при пониженных температурах гидроструи представляют интерес область жидкого состояния воды. Аномальная особенность фазовой диаграммы воды позволяет понижать температуру в ресивере гидрорежущей установки до  $-22,0^{\circ}\text{C}$  при рабочем давлении 207 МПа. Если же давление в ресивере выбрать равным 150 МПа, то из диаграммы состояния воды [8] следует, что для получения температуры водяной струи на выходе из сопла  $-1^{\circ}\text{C}$ , необходимо температуру воды в ресивере понизить до  $-15^{\circ}\text{C}$ . Было получено, что повышение температуры струи воды за счет дросселирования через сопло диаметром  $0,35 \cdot 10^{-3}$  м сжатой до давления 150 МПа, составило  $14^{\circ}\text{C}$ . То есть, охлаждение воды в ресивере до  $-15^{\circ}\text{C}$  при давлении 150 МПа позволяет получить температуру водяной струи на выходе из сопла равную  $-1^{\circ}\text{C}$ . При попадании гидроструи с температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  в область атмосферного давления, должны генерироваться микрокристаллики льда [7].

Экспериментальное изучение влияния температуры водяной струи на глубину реза проводилось на образцах пищевых продуктов при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$ , давлениях воды  $\Delta P_0$  50 и 150 МПа, диаметре сопла  $d_0 = 0,35 \cdot 10^{-3}$  м и скорости перемещения гидроструи относительно образца мяса  $V_{\text{п}} = 25 \cdot 10^{-3}$  м/с. Расстояние от среза сопла до поверхности разрезаемого мяса  $l_0$  было равно  $l_{\text{опт}}$ . Данные, характеризующие влияние температуры водяной струи на глубину реза в образцах мяса с температурой  $-25^{\circ}\text{C}$ , приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние температуры водяной струи на глубину реза в замороженном мясе при  $-25^{\circ}\text{C}$

$\Delta P_0$ , МПа \ / \ $t$ , $^{\circ}\text{C}$	45	4	-0,5	-1
150	124	131	161	более 200
50	27,0	31,2	40,9	94,5

Видно, что глубина реза  $h$  с понижением температуры водяной струи монотонно увеличивается и при  $4^{\circ}\text{C}$  превышает от 6 до 16% глубину реза струей, имеющей температуру  $45^{\circ}\text{C}$ . Такое увеличение  $h$  с понижением температуры водяной струи, прежде всего, обусловлено повышением поверхностного натяжения и вязкости воды, что способствует улучшению ее компактности. Дальнейшее понижение температуры водяной струи до  $-1^{\circ}\text{C}$ , как видно из таблицы 2, приводит к скачкообразному увеличению (на 30 и 50% для давлений 150 и 50 МПа соответственно) глубины реза в пищевом продукте.

Полученный характер изменения глубины реза в пищевом продукте при температуре водяной струи  $-1^{\circ}\text{C}$  является доказательством того, что в водяной струе с момента ее зарождения в воздушной среде происходит генерирование микрочастичек – кристалликов льда, выполняющих такую же роль, как и песок, подаваемый в струю воды.

*Водополимерное резание.* В работах [9,10] был решен вопрос о физическом поведении макромолекул во входной области сопла струеформирующей головки и выяснена природа генерируемых под действием гидродинамического поля в растворах полимеров структурных образований. Поэтому повысить эффективность процесса гидрорезания можно, если режущую пищевой продукт водяную струю заменить на водополимерную. При этом полимер должен быть безопасным веществом и разрешенным для использования в пищевой промышленности. Таким полимером может быть полиэтиленоксид (ПЭО), используемый в пищевой промышленности как загуститель [11].

На рис. 3 приведена зависимость глубины реза в пищевом продукте, имеющем температуру  $-25^{\circ}\text{C}$  от расстояния между его поверхностью и срезом сопла при различных концентрациях ПЭО молекулярной массы  $4 \cdot 10^6$  в воде.

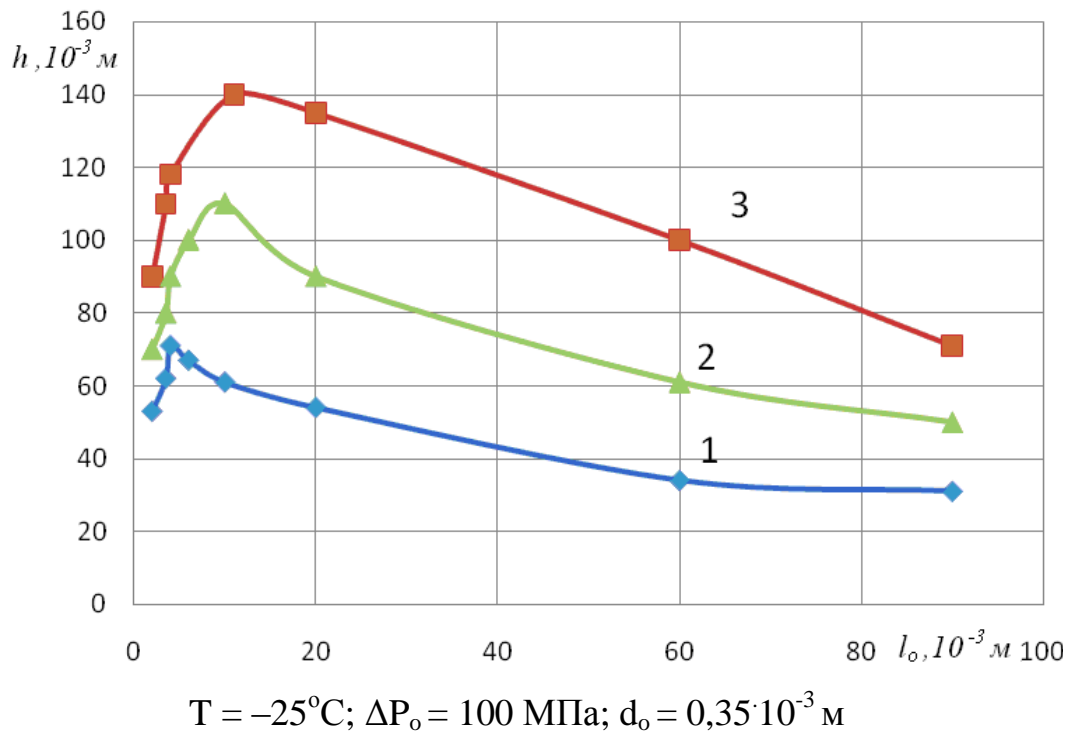


Рис. 3. Зависимость глубины реза в мясе от расстояния между его поверхностью и срезом сопла при различных концентрациях ПЭО в воде: 1 – вода; 2 – 0,003%; 3 – 0,007%.

Видно, что глубина реза в мясе довольно резко возрастает с увеличением концентрации ПЭО в воде и достигает максимума при достижении некоторой оптимальной величины. Для ПЭО молекулярной массы  $6 \cdot 10^6$  оптимальная концентрация равна 0,0013%, а для молекулярной массы  $4 \cdot 10^6$  – 0,007%.

В таблице 3 приведена ширина реза в мясе при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$  в зависимости от расстояния между поверхностью пищевого продукта и срезом сопла.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что водополимерная струя обладает лучшими, чем водяная струя гидродинамическими свойствами. Например, если струя воды с заданной производительностью обеспечивает высококачественный разрез в мясе при  $l_0 = l_{\text{опт}}$ , то струя водного раствора ПЭО позволяет получить при сохранении качества поверхности реза ту же глубину разреза при  $l_{\text{опт}} = 0,09 \text{ м}$ , т.е. оптимальное расстояние повышается в 15 раз.

Таблица 3 – Влияние  $l_0$  на ширину реза водополимерной и водной струями в замороженном мясе ( $C_{\text{пэо}} = 0,007\%$ ;  $\Delta P_0 = 100$  МПа;  $d_0 = 0,35 \cdot 10^{-3}$  м)

Ширина реза $b$ для разных $l_0$					
$l_0, \cdot 10^{-3}$ м	10	20	40	60	90
Рабочая жидкость					
водный раствор ПЭО	0,36	0,37	0,39	0,41	0,45
вода	0,45	0,50	0,57	0,62	0,77

Исследование влияния концентрации ПЭО на производительность резания замороженных пищевых продуктов при  $-25^\circ\text{C}$  водополимерной струей с давлением истечения 100 МПа и диаметром сопла  $0,35 \cdot 10^{-3}$  м показало, что рациональная скорость реза значительно возрастает с увеличением концентрации ПЭО в воде и достигает максимума при оптимальной величине  $C_{\text{пэо}}$ . Экспериментально было получено значительное (выходящее за пределы возможности установки) повышение рациональной скорости перемещения гидроструи относительно образца пищевого продукта, имеющего температуру  $-25^\circ\text{C}$  при его резе за счет добавок в воду ПЭО молекулярной массы  $6 \cdot 10^6$ .

Полученные экспериментальные данные вполне объясняются с точки зрения сильного деформационного воздействия гидродинамического поля на молекулярные клубки. С позиции термодинамики и физической кинетики опыты, поставленные нами, согласуются с теорией диссипативных структур и бифуркаций Пригожина. Макромолекулы в струеформирующей головке гидрорежущей установки подвергаются сильному деформационному воздействию продольного гидродинамического поля и поэтому выходящая гидроструя оказывается «армированной» развернутыми макромолекулярными цепями [6,9,10]. Часть энергии струи идет на структурную перестройку потока, что и обуславливает снижение ее средней скорости [6] и увеличение компактности водополимерной струи (см. таблицу 3). Последнее способствует увеличению глубины реза в пищевом продукте. К увеличению режущей способности водополимерной струи приводит и динамическое структурообразование, наблюдаемое при сходящемся течении (в струеформирующей головке) водных растворов полимеров [10].

Понимание природы повышенной режущей способности водополимерной струи позволяет разработать рекомендации по выбору режимов гидроструйной водополимерной обработки пищевых продуктов резанием.



Рис. 4. Фотографии поверхностей разреза струями в замороженном свином мясе: а – водополимерной струей; б – водяной струей.

Оценка качества боковых поверхностей разрезов замороженных пищевых продуктов производилась визуально и с помощью анализа профилограмм. Эксперимент показал (рисунок 4), что качество поверхности разрезов в замороженном пищевом продукте при его разрезании водополимерной струей существенно выше, чем при разрезании водяной и водоабразивными струями.

*Выводы.* Показана перспективность технологии гидрорезания, особенно для резки пищевых продуктов, замороженных до  $-25^{\circ}\text{C}$  и ниже. Предложены водосолевой, водоледяной, а также водополимерный способы интенсификации процесса гидрорезания замороженных пищевых продуктов.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что водополимерная струя обладает лучшими гидродинамическими свойствами, чем водяная и водоабразивная, обеспечивает высокую производительность при высоком качестве поверхности разрезов в пищевом продукте. Поэтому использование водополимерной струи для разрезания замороженных пищевых продуктов наиболее целесообразно.

Литература:

1. Саленко, О.Ф. Эффективне гідрорізання [Текст] / О.Ф. Саленко, В.Б. Струтинський, М.В. Загірняк. – Кременчуг: КДПУ. – 2005. – 487 с.
2. Proceedings of the 8th American Water Jet Conference [Text] / Ed. Thomas J. Labus. – Houston, Texas. – 1995.– Vol. II. – 907 p.
3. Степанов, Ю.С. Прогрессивные технологии гидроструйного резания материалов [Текст] / Ю. С. Степанов, М.А. Бурнашов, К.А. Головин. – Тула: Изд-во Тул. гос. ун-та. – 2009. – 318 с.



4. *Мурашов, И.Д.* Инновационный метод разделки мяса высокоэнергетической гидроструей [Текст] / И.Д. Мурашов, С.И. Хвыля, Т.М. Гиро // Аграрный научный журнал.– 2014. – № 9. – С. 43–46.

5. *Pogrebnyak, A.V.* Peculiarities of polyethyleneoxide solution streaming through jet-shaping head while cutting foodstuffs [Text] / A.V. Pogrebnyak, Yu.F. Ivanyuta // Обладнання та технології харчових виробництв. – Донецьк: Донец. держ. ун-т економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. – 2014. – Вип. 32. – С. 50–59.

6. *Погребняк, А.В.* Высокоэффективное гидрорезание твердых пищевых продуктов и материалов [Текст] / А.В. Погребняк // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та пищ. производств. – 2008. – С. 173–179.

7. *Погребняк, А.В.* Гидроструйная обработка пищевых продуктов [Текст] / А.В. Погребняк // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності. – Харків, Мелітополь: ХДУХТ, ТДАТУ.– 2015. – С. 14–19.

8. *Eisenberg, D.* The Structure and Properties of Water [Text] / D. Eisenberg, W. Kauzmann.– New York, Oxford: Oxford University. – 1969. – 261 p.

9. *Pogrebnyak, A.V.* Structure formation in polyethyleneoxide solution streaming through jet-shaping head while cutting foodstuffs [Text] / A.V. Pogrebnyak, Yu.F. Ivanyuta Yu.F. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств.– 2015.– № 1(23). – С. 138–141.

10. *Deynichenko, G. V.* The nature of increased cutting ability of a polyethylene oxide solution jet while processing food products [Text] / G. V. Deynichenko, A. V. Pogrebnyak, Yu.F. Ivanyuta // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств.– 2015.– № 3(25). – С. 6–13.

11. Encyclopedia of Polymer Science and Technology [Text] / Ed. Mark H. – New York: John Wiley. – 1967, – Vol. 6, – 818 p.

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ГІДРОСТРУМІННОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ РІЗАННЯМ

Погребняк А.В., Погребняк В.Г.

**Анотація** – закономірності процесу гідрорізання харчових продуктів досліджувалися з метою підвищення його ефективності та поліпшення якості поверхні розрізів шляхом модифікації робочої рідини. Експериментально доведено, що використання в якості робочої рідини водних розчинів поліетиленоксиду підвищує оптимальну відстань між поверхнею харчового продукту і зрізом

**сопла в 15 разів, глибину різу в 4 рази, а також покращує якість поверхні розрізу харчового продукту.**

## **FEATURES OF THE HYDROJET PROCESS FOODSTUFF BY CUTTING**

A. Pogrebnyak, V. Pogrebnyak

### *Summary*

**The main task of the study to be solved by the given work consists in ascertainment of regularities of the process of hydrocutting frozen foodstuff. It has been experimentally proven that using polyethyleneoxide water solutions as a working liquid while cutting frozen food products substantially increases efficiency of hydrocutting process and quality of the cut surface. Understanding the nature of increased cutting power of water-polymer jet will make it possible to develop recommendations on choosing regimes for water-polymer jet processing of foodstuff by cutting.**

УДК 637.134

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАМЕТРУ КАНАЛУ ПОДАВАННЯ ВЕРШКІВ СТРУМИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

Дейниченко Г.В., д.т.н., \*

Самойчук К.О., к.т.н.,

Ковальов О.О., інженер,\*\*

Пацький І.Ю., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (06192) 42-13-06

**Анотація** – в статті наведені дані аналітичних та експериментальних досліджень діаметру каналу подавання жирової фази в струминному гомогенізаторі молока з роздільним подаванням жирової фази.

**Ключові слова** – роздільна гомогенізація, аналітичні дослідження, жирова кулька, струминний гомогенізатор, канал подавання вершків.

*Постановка проблеми.* Гомогенізація молока являє собою один з процесів, що використовується при виробництві більшості продуктів молокопереробної галузі. Але дана операція відрізняється декількома специфічними ознаками, серед яких високі енерговитрати процесу, що складають в середньому 12кВт/т для конструкції клапанного гомогенізатору який є найбільш поширеним та забезпечує найкращий ступінь гомогенізації. З іншого боку незважаючи на досить тривалу історію використання операції в технологічних процесах галузі, вчені досі не запропонували загальної теорії процесу. Існує понад 6 гіпотез, кожна з яких претендує на роль теорії, але жодна з них не здатна вичерпно пояснити механізми за якими відбувається подрібнення жирових кульок [1]. Існуючі гіпотези являють собою підґрунття для виготовлення конструкцій на базі відповідних принципів. Однак, технічна реалізація цих конструкцій виявила такі їх недоліки як високі енергетичні витрати при досягненні меж досконалості конструкції, низьке енергозбереження та недостатню дисперсність жирових кульок після проведення гомогенізації.

*Аналіз останніх досліджень.* Теоретичні дослідження процесу гомогенізації та відомих гіпотез дозволили припустити, що визначальну роль в процесі подрібнення часток жиру відіграє різниця швидкостей дисперсійної та дисперсної фаз продукту. Гіпотеза

---

© Дейниченко Г.В., д.т.н., Самойчук К.О., к.т.н., Ковальов О.О., інженер, Пацький І.Ю., інженер

\* Науковий консультант д.т.н., проф. Дейниченко Г.В.

\*\*Науковий керівник – к.т.н., доцент Самойчук К.О.

знайшла втілення в конструкції дослідного пристрою для проведення струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази виготовленого на базі кафедри ОПХВ ТДАТУ [2].

Пристрій, зображений на рис.1 складається з електричного двигуну 4, насосу 2 для подавання знежиреного молока НШ-10, патрубків з'єднання 5, ємності для знежиреного молока 6, ємності з насосом для подачі вершків 1; блоку керування подачею вершків 3, двох вимикачів 8 та камери гомогенізації 7.

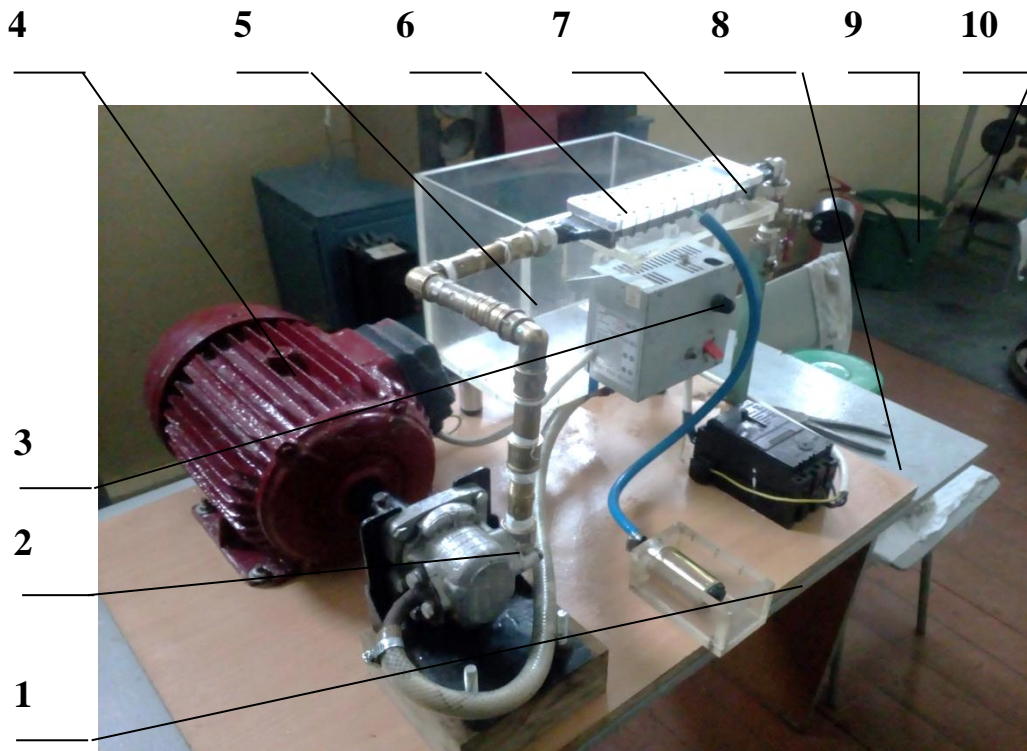


Рис. 1. Конструкція експериментального устаткування струминного гомогенізатору молока

1 – ємність з насосом для подачі вершків; 2 – насос типу НШ-10 для подавання знежиреного молока; 3 – блок керування насосом подачі вершків; 4 – електричний двигун; 5 – з'єднувальні патрубки; 6 – ємність для знежиреного молока; 7 – камера гомогенізації; 8 – пакетний вимикач; 9 – дроселюючий вентиль; 10 – манометр.

Процес відбувається в камері гомогенізації, де до технологічно передбаченого місця найбільшого звуження центрального каналу камери **a** по вузькому каналу **d** подається тонкий струмінь вершків (рисунок 2). При такому типі подавання жирової фази, швидкість вершків буде мати найбільшу різницю відносно швидкості руху знежиреного молока, при цьому швидкість знежиреного молока  $v_m$  сягає максимальних значень [3].

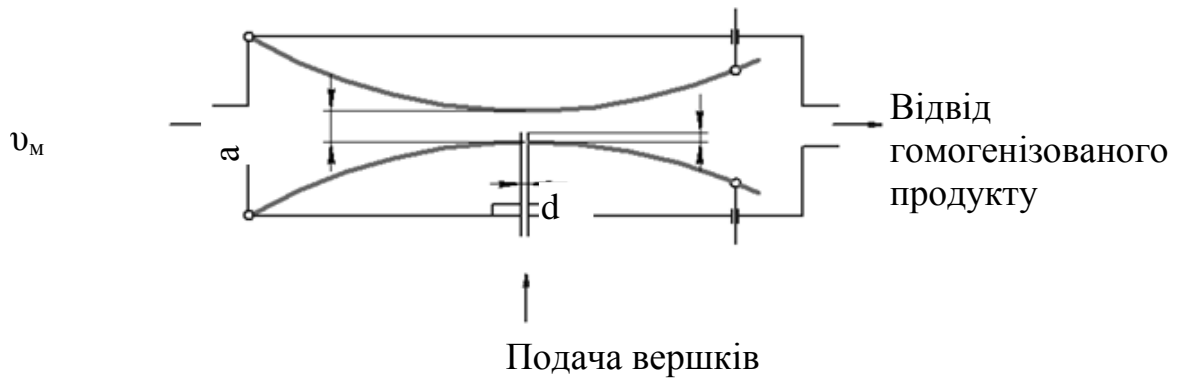


Рис. 2. Схема струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків.

Молоко подається крізь патрубок подачі знежиреного молока 1, в якому дві направляючі виготовлені з органічного скла 2 формують ділянку найбільшого звуження центрального каналу. В цій точці до молока, що має велику швидкість по одному з тонких каналів 3 в необхідному співвідношенні подаються вершки. Оброблений продукт відводиться крізь патрубок відводу гомогенізованого молока 5. Завдяки реалізації такого конструктивного рішення (рисунок 3) забезпечується максимальна різниця швидкостей між включеною до руху потоку жировою кулькою та знежиреним молоком, що є основою ефективного подрібнення жирових часток.

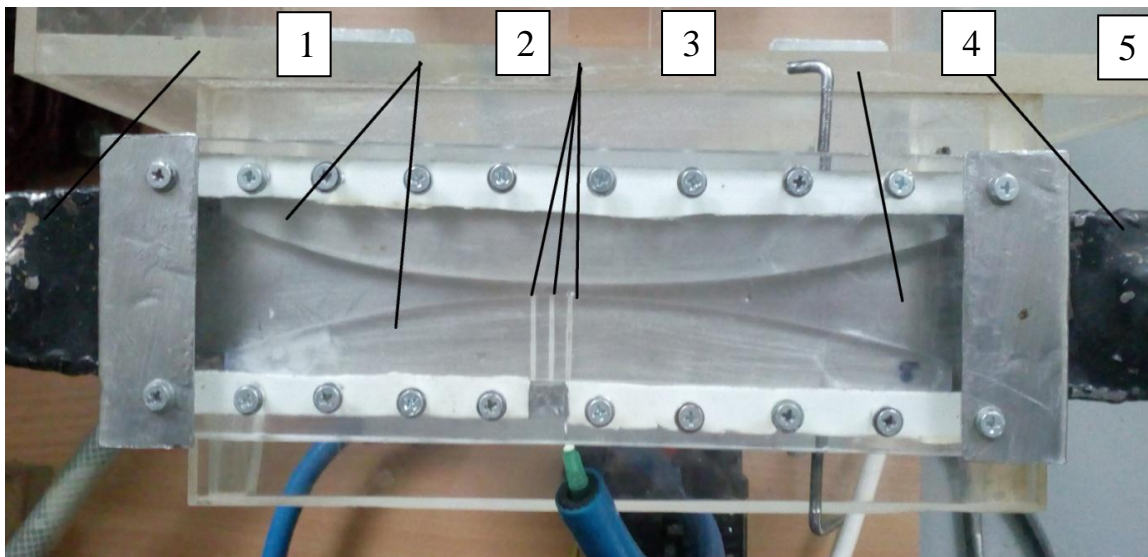


Рис. 3. Схема струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків

1 – патрубок подачі знежиреного молока; 2 – направляючі; 3 – канали подачі вершків; 4 – кришка; 5 – патрубок відводу гомогенізованого молока.

Розміри каналу подавання вершків та місце його розташування обумовлюють кінцеву величину жирових кульок. Проведені теоретичні дослідження свідчать про збільшення ступеню подрібнення дисперсної фази при зменшенні діаметру каналу. Однак, при цьому важливо забезпечити технологічно обумовлену продуктивність. Для цього, можуть передбачатись декілька каналів мінімально можливого розміру.

*Формування цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є дослідження впливу діаметру подавання вершків у струминному гомогенізаторі молока з роздільним подаванням дисперсійної та дисперсної фаз на розмір жирових кульок після гомогенізації. Для реалізації цієї мети необхідно:

- розробити лабораторний зразок струминного гомогенізатору;
- визначити сталі та змінні фактори процесу;
- розробити методики проведення дослідження;
- за допомогою аналітичних розрахунків встановити зв'язок між середнім розміром жирових кульок після гомогенізації та розміром каналу подавання вершків;
- провести дослідження впливу різних розмірах каналу подавання вершків та тиску подавання знежиреного молока на показники якості продукту.

*Основна частина.* Серед змінних факторів процесу були виділені діаметр центрального каналу в місці найбільшого звуження, жирність вершків, діаметр каналу подавання вершків та тиск подавання знежиреного молока.

За результатами аналітичних досліджень процесу, діаметр каналу подавання вершків повинен знаходитись в межах 0,6 – 0,8мм. З одного боку, цей показник має прагнути мінімально можливих значень, оскільки в такому випадку подача вершків відбуватиметься тонким струменем, що в свою чергу дозволить потоку знежиреного молока здійснювати рівномірний вплив на всю глибину струменю. З іншого боку, виготовлення каналу з надто малим діаметром, меншим за 0,6мм може призводити до явища облітерації внутрішніх поверхонь каналів [4]. Надто вузький діаметр каналу не дозволить забезпечити потрібну продуктивність установки, що знаходиться на рівні 1800кг/год.

Обрані фактори в процесі проведення досліджень змінювались на трьох рівнях зміни фактора, кожен дослід виконувався в трьох повторностях. При проведенні дослідження процесу струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази відбувалась фіксація декількох показників. Температура знежиреного молока та вершків складала 60°C. Вершки подавались у місці найбільшого звуження зі швидкістю, що дозволяє забезпечити

жирність молока на рівні 3,5%, розрахованим з рівняння матеріального балансу.

Величина центрального каналу в місці найбільшого звуження дорівнювала 2мм; це значення оптимального розміру каналу було визначено в процесі проведення аналітичних досліджень процесу гомогенізації. Величина діаметру каналу подавання вершків складала 0,6; 0,7 та 0,8 мм; тиску подавання знежиреного молока відповідно 1, 3 та 5МПа. Після отримання дослідних даних виконувалась їх перевірка на наявність грубих похибок дослідження.

Після проведення кожного досліду здійснювалось перемішування продукту та відбір зразку. Після цього зразок розводився з водою у співвідношенні 1:10, ретельно перемішувався, наносився на предметне скло та відстоювався на протязі 15хв накритий покривним склом. Крапля гомогенізованого молока досліджувалась на мікроскопі з приєднаною цифровою камерою (рисунок. 4). Роздільна здатність мікроскопу складає 1500 крат, при проведенні дослідів виходячи з умов отримання чіткого поля зору використовувалось збільшення до 600 разів. Під час вивчення кожного зразку при переміщенні та знаходженні характерного виду робились фотографії даного поля зору. Окремо в однаковому збільшенні було зроблено фотографію лінійки об'єктмікретру типу ОМП (ГОСТ 7513-55 з ціною поділки 0,01мм). Після отримання результатів дослідів по мікрофотографіях робився підрахунок кількості жирових кульок кожного розміру.

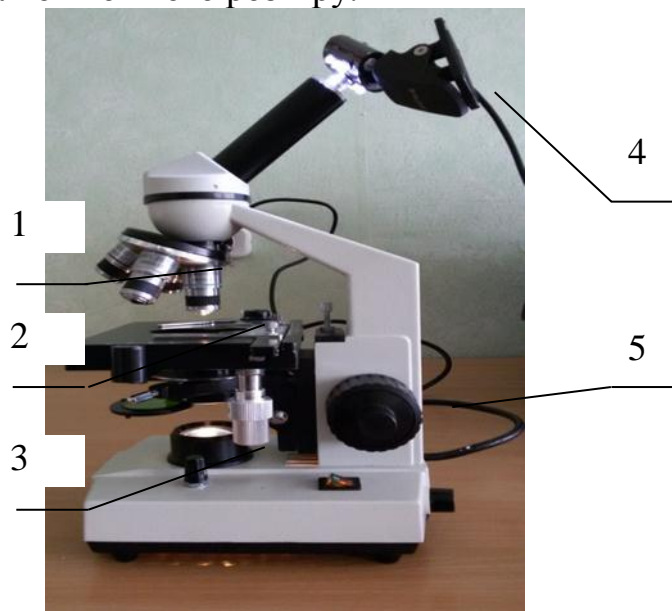


Рис. 4. Зовнішній вигляд мікроскопу з цифровою камерою  
1 – об'єктив; 2 – предметний стіл із досліджуванним зразком;  
3 – підсвічувальна лампа; 4 – цифрова камера; 5 – гвинт грубого регулювання.

На етапі проектування дослідного зразку струминного гомогенізатору молока теоретично було обґрунтовано діапазон можливих значень каналу подавання жирової фази, що знаходиться в межах 0,5 – 0,8 мм. Такі значення параметру є достатніми для забезпечення необхідної продуктивності, їх збільшення сприятиме посиленню опору потоку, що негативно відбиватиметься на показниках якості продукту [5]. З метою забезпечення більшої продуктивності устаткування рекомендовано виготовлення установки, що містить декілька каналів подавання вершків у відповідності з потрібною кількістю вершків, визначеною з рівняння матеріального балансу. При цьому розмір кожного з таких каналів має прагнути мінімально можливих значень, виходячи з умови запобігання облітерації каналів.

Подрібнення жирових кульок спричинюють тангенційні напруження, що виникають при досягненні критичного значення числа Вебера. Формула критерія Вебера для струминної гомогенізації  $We^c$

$$We^c = \frac{\rho_{пл} \cdot u^2 \cdot D_{max}}{\sigma_{ж-п}}, \quad (1)$$

де  $u$  – швидкість ковзання жирової кульки відносно молочної плазми, м/с;

$\rho_{пл}$  – густина плазми молока, кг/м<sup>3</sup>;

$D_{max}$  – максимальний діаметр краплі, стійкої у даному потоці, м;

$\sigma_{ж-п}$  – поверхневий натяг на границі жир-плазма, Н/м.

При подаванні дисперсної фази перпендикулярно потоку знежиреного молока швидкість ковзання буде дорівнювати

$$u = \sqrt{k_c} v, \quad (2)$$

де  $v$  – швидкість потоку знежиреного молока у місці подавання жирової фази, м/с;

$k_c$  – коефіцієнт струминної гомогенізації з поперечним подаванням жирової фази.

Коефіцієнт  $k_c$  враховує:

- жирність вершків, які подаються в гомогенізатор;
- діаметр каналу подачі вершків;
- подачу вершків в гомогенізатор  $Q_{ж}$ , тобто:



$$k_c = k_{mc} k_d k_Q, \quad (3)$$

де  $k_{mc}$  – коефіцієнт, що враховує жирність вершків;

$k_d$  – коефіцієнт, що враховує діаметр каналу подачі вершків;

$k_Q$  – коефіцієнт, що враховує подачу вершків.

З урахуванням останнього виразу (2) формулу (1) можна представити у вигляді

$$We^c = \frac{\rho_{nl} \cdot k_c v^2 \cdot D_{max}}{\sigma_{ж-н}}. \quad (4)$$

Швидкість  $v$  пов'язана з надлишковим тиском  $\Delta p$

$$v = \varphi \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{nl}}}, \quad (5)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт швидкості звуження камери;

$\rho_{nl}$  – густина плазми, кг/м<sup>3</sup>.

Враховуючи статистичне розподілення розмірів жирових кульок у молоці [6]

$$D_{max} = 2d_{cp}, \quad (6)$$

де  $d_{cp}$  – середній діаметр жирових кульок молока, м.

З урахуванням формул (4) і (5) формула критерія Вебера для струминної гомогенізації буде мати вигляд

$$We^c = \frac{4k_c \varphi^2 d_{cp} \Delta p}{\sigma_{ж-н}}. \quad (7)$$

Середній розмір жирових кульок після гомогенізації можна визначити через критичне значення критерію Вебера

$$d_{cp} = \frac{We_k^c \sigma_{ж-н}}{4k_c \varphi^2 \Delta p}, \quad (8)$$

де  $We_k^c$  – критичне значення критерію Вебера для струминної гомогенізації з роздільним подаванням жирової фази.

Або з урахуванням (3)

$$d_{cp} = \frac{We_k^c \sigma_{ж-н}}{4k_{mc} k_d k_Q \varphi^2 \Delta p}. \quad (9)$$

Отримані залежності дозволять визначити в процесі проведення дослідів коефіцієнт, що враховує діаметр каналу подачі вершків, що входить до складу коефіцієнту струминної гомогенізації з поперечним подаванням жирової фази.

Проведені аналітичні дослідження процесу струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази, зокрема

моделювання процесу, свідчать про необхідність зменшення діаметру каналу подавання вершків при одночасному підвищенні тиску подачі знежиреного молока [3,4]. Такі умови будуть забезпечувати найвищий ступінь подрібнення жирових кульок. Збільшення розмірів отвору подавання жирової фази за однакової продуктивності сприятиме збільшенню енергетичних витрат, завдяки забезпеченню більшого тиску подавання знежиреного молока [7].

Дослідження залежності між надлишковим тиском і діаметром центрального каналу подачі жирової фази  $d$  на середній діаметр жирових кульок проводились при відстані між направляючими  $a = 2$  мм. Отримані дані наведені на рисунку 5.

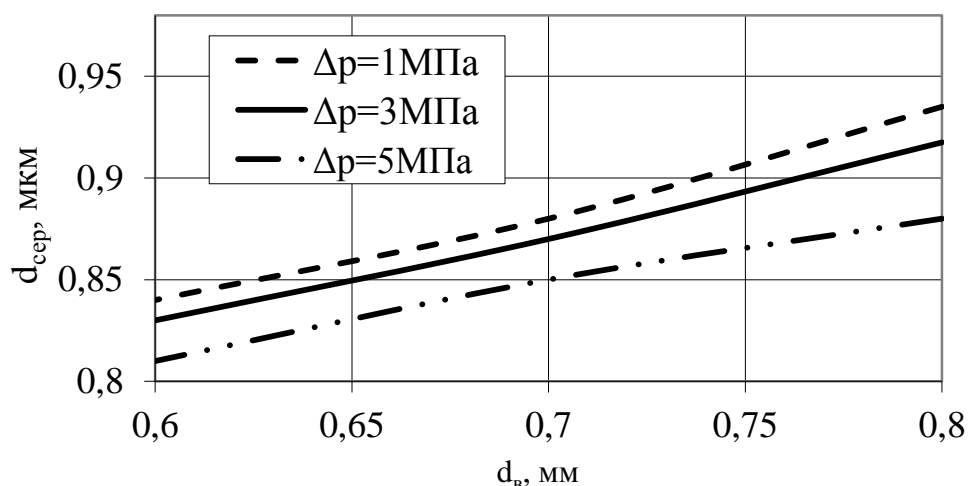
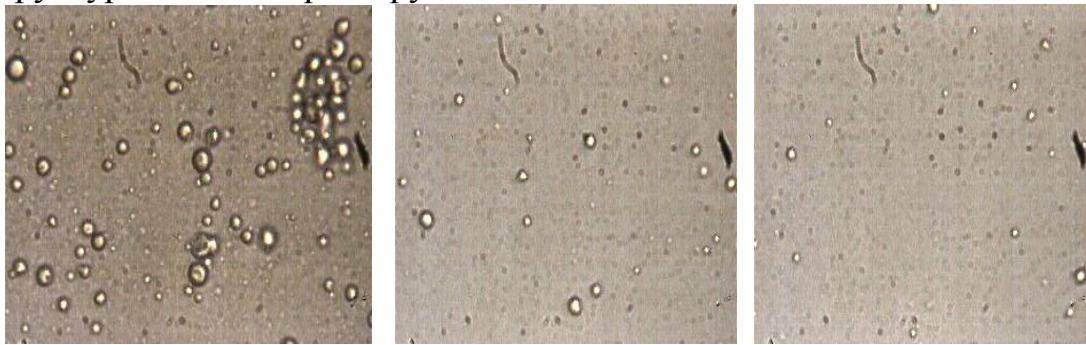


Рис. 5. Графік залежності впливу надлишкового тиску  $\Delta p$  і діаметру центрального каналу подачі жирової фази  $d_в$  на середній діаметр жирових кульок  $d_{ср}$  при відстані між направляючими  $a = 2$  мм.

Аналіз отриманих результатів свідчить про суттєве зменшення розміру жирових кульок при зміні розмірів каналу подавання вершків з діаметру 0,8 мм на 0,6, якість подрібнення збільшилась на 12%. В абсолютних величинах розмір жирових кульок зменшився з 0,94 до 0,84 мкм при меншому діаметрі каналу подавання вершків та тиску знежиреного молока 2 МПа. Використання каналу діаметром 0,7 мм призводить до поступового зменшення розміру часток до 0,85 мкм при 5 МПа, однак порівняно з 0,6 мм відбувається розсіювання зони локалізації максимальної різниці швидкостей фаз, що призводить до незначного зменшення середнього розміру жирових кульок. Отримані дані загалом підтверджують залежності, отримані при моделюванні процесу диспергування жирової фази, що проводились при діаметрах каналу подавання вершків 0,6 та 0,8 мм. Можливість подальшого зменшення діаметру каналу подавання жирової фази обмежена можливістю виникнення облітерації каналів та потребує додаткових досліджень.

Отримані мікрофотографії, наведені на рисунку 6, наочно свідчать про 2,5–4 кратне зменшення середніх розмірів жирових

кульок при подрібненні скупчень жирових агломерацій на окремі структури меншого розміру.



а)

б)

в)

Рис. 6. а) негомогенізоване молоко; б) зразок молока після струминної гомогенізації при збільшенні у 600 разів  $d = 1,0$  мкм; в) зразок молока після струминної гомогенізації з роздільним поданням жирової фази при збільшенні у 600 разів  $d = 0,9$  мкм.

На підставі даних, було побудовано гістограму розподілу значень, яка представлена на рисунку 7.

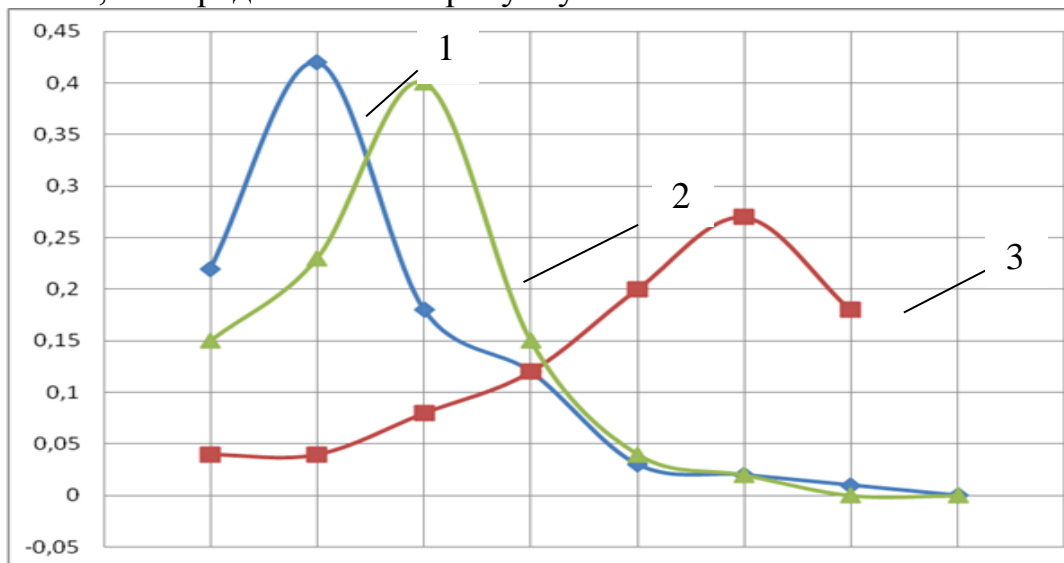


Рис. 7. Диференційні розподілення жирових кульок: 1 – після струминної гомогенізації з роздільним поданням жирової фази; 2 – після струминної гомогенізації; 3 – необробленого молока.

Отримані показники свідчать про збільшення рівномірності розподілу жирових кульок при зменшенні середнього діаметру кульок. Крім того, гістограма показує кращі показники середнього розміру часток та рівномірності розподілу порівняно з протитечійно-струминною гомогенізацією молока, яка досліджена і являє собою кращий зразок гомогенізаторів струминного типу [6].

*Висновки.* В статті було досліджено вплив діаметру каналу подавання вершків на показники якості продукту. З цією метою було розроблено та виготовлене лабораторне устаткування для дослідження процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків. Розроблена методика проведення досліджень та визначені сталі та змінні фактори процесу з діапазонами варіювання їх значень. Проведені теоретичні дослідження впливу зменшення розміру каналу подавання жирової фази на середній розмір кульок після гомогенізації, які дозволили отримати залежність, що пов'язує середній розмір жирових кульок після гомогенізації та діаметр каналу подавання вершків. Виконані експериментальні дослідження впливу тиску знежиреного молока та діаметру каналу подавання вершків на середній розмір жирових кульок. Отримані дані свідчать про істотне зменшення середнього діаметру дисперсної фази, яке при зменшенні розміру каналу з 0,8 до 0,6 мм складає понад 10%. Значення цього показнику на рівні 0,7мм виявило меншу ефективність подрібнення, що обумовлено гіршим впливом потоку на струмінь вершків більшого діаметру. Подальші дослідження будуть направлені на визначення коефіцієнту струминної гомогенізації з поперечним подаванням жирової фази. Для цього планується провести дослідження впливу жирності та подачі вершків на середній розмір жирових кульок.

Література:

1. *Фиалкова Е.А.* Гомогенизация. Новый взгляд: Монография–справочник могоенізації з роздільним подаванням жирової фази./ Е.А.Фиалкова – Спб.: ГИОРД, 2006. – 392с
2. *Самойчук К.О.* Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків/ К.О.Самойчук, О.О.Ковальов. Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2011 – 77-84с
3. *Самойчук К.О.* Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків /К.О.Самойчук, О.О.Ковальов, В.О.Султанова // Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2015. – Вип 15. – Том 1.С 241 – 249.
4. *Самойчук К.О.* Використання нормалізації у струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків / К.О. Самойчук, О.О. Ковальов// Праці ТДАТУ.: Мелітополь – 2014. – Вип.14, Т.1. – С. 37-45.
5. *Веремеев С.А.* Взаимодействие импульсной затопленной струи жидкости с преградой / С.А. Веремеев, А.Н. Семко // Прикладна гідромеханіка. – 2008. – Т. 10, № 1. – С. 3 – 9.
6. *Самойчук К.О.* Обгрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно - струменевого диспергатора молока: автореф дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 // – Донецьк, 2008, – 20с.
7. *Матвиенко О.В.* Математическое моделирование турбулентного переноса дисперсной фазы в турбулентном потоке /

О.В. Матвиенко, Е.В. Евтюшкин // Вестник ТГПУ, 2004. Вып. 6, С. 50 – 53.

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ДИАМЕТРА КАНАЛА ПОДАЧИ СЛИВОК СТРУЙНОГО ГОМОГЕНИЗАТОРА МОЛОКА**

Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Ковалев А.А.

*Аннотация* – в статье приведены данные, полученные в результате экспериментальных и аналитических исследований диаметра канала подачи сливок в струйном гомогенизаторе молока с отдельной подачей жировой фазы.

## **STUDY OF THE DIAMETER OF THE FLOW CHANNEL OF THE JET HOMOGENIZER CREAM MILK**

G. Deinichenko, K. Samoichuk, A. Kovalyov

### *Summary*

The article presents the data obtained in the analytical and experimental studies of the diameter of the flow channel of cream in the jet homogenizer milk, separate submission of a fatty phase.

УДК 677.11.021

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ЛЬНЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ З МЕТОЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Горач О.О. – к.т.н.,\*

Богданова О.Ф. – к.т.н.

*Херсонський національний технічний університет*

Тел. (0552) 32-69-81

**Анотація** – дана робота присвячена оцінці якості льняної целюлози. Для варіння целюлози у роботі застосовувався нейтрально-сульфітний спосіб. В результаті систематичних експериментальних досліджень встановлено оптимальні параметри та режими варіння целюлози з льняного волокна та визначено граничні концентрації робочої рідини. На основі проведених досліджень в роботі запропоновано спосіб одержання целюлози з волокна льону олійного в якому за рахунок технологічних особливостей технологічного процесу можливо одержати целюлозу з показниками якості, які не поступаються за якістю показникам целюлози, одержаної з листяних порід дерев.

**Ключові слова** – целюлоза, варіння, коротке лляне волокно, якість, вироби.

**Постановка проблеми.** Сільське господарство України, виробляючи щорічно значну кількість зернових, технічних та інших культур, володіє величезними ресурсами побічних продуктів. Номенклатура всіх побічних продуктів, що можуть бути використані як сировина в різних галузях промисловості, дуже велика. З усіх видів недеревної рослинної сировини придатними для отримання волокнистих напівфабрикатів визнані: солома злакових культур, стебла кукурудзи, олійних та інших технічних культур, таких як бавовник, соняшник, ріпак, а також закострічене коротке волокно, лляна та конопляна костриця.

За своїми властивостями всі ці види недеревної сировини можна розділити на дві групи. До першої відносяться волокна льону-довгунця, льону олійного, конопель, джуту, бавовнику та відходи прядіння з різним відсотком закостріченості. Волокна у них коротші, ніж волокна рослин першої групи та хвойної деревини [1].

Усі ці види сировини містять 75-90 % целюлози, 1-3 % лігніну й мають міцні волокна, розміром до 10 мм і більше. До складу другої групи входять інші зазначені вище види сировини. Вони містять 35-

---

© Горач О.О. – к.т.н., Богданова О.Ф. – к.т.н.

\* Науковий консультант – д.т.н., професор Чурсіна Л.А.

52 % целюлози, 13-22 % лігніну, 18-27 % пентозанів.

У світовій целюлозно-паперовій промисловості основною сировиною для виготовлення паперу та картону є целюлоза з деревини. Проте для країн, які не мають достатніх її запасів, а Україна належить до їх числа, стає актуальним виробництво волокнистих напівфабрикатів з недеревної рослинної сировини. На даний час вітчизняні підприємства для виготовлення паперу та картону використовують імпортовану целюлозу й макулатуру. Однак висока вартість першої та тенденція до погіршення якості другої зумовлюють необхідність створення власної волоконної бази для підприємств целюлозно-паперової галузі.

*Аналіз останніх досліджень.* Враховуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що зростаючий дефіцит деревної сировини зумовлює доцільність використання для одержання целюлозних матеріалів продуктів переробки однорічних рослин недеревної природи, а саме коротке лляне волокно. Таким чином, сировина з однорічних рослин привертає все більшу увагу фахівців целюлозно-паперової промисловості. Це пов'язано з доступністю й невисокою вартістю такої сировини, що є для сільського господарства відходами виробництва, а також із розробкою нових ресурсозберігаючих і більш екологічно чистих способів отримання целюлозовмісних напівфабрикатів. Застосування луб'яних культур дозволить частково замінити завезену з інших країн целюлозу з деревини та бавовни й суттєво зменшити енерговитрати виробництва. Целюлоза з луб'яних рослин є дуже високоякісною, її можна використовувати для виготовлення широкого асортименту продукції [2]. Тому основою створення власної сировинної бази для підприємств галузі зарубіжні й вітчизняні фахівці, поряд із глибокою хімічною переробкою деревини, вважають використання соломи однорічних рослин, що висвітлено в стратегічній програмі та концепції розвитку галузі до 2020 року [3].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Враховуючи вищевикладене, особливої актуальності набуває питання одержання целюлози з власних сировинних запасів України, для заміщення імпортованої сировини, що наразі використовується у целюлозно-паперовій промисловості.

*Основна частина.* Використання лубу та волокна льону олійного у виробництві виробів технічного призначення з впровадженням інноваційних технологій дозволить вітчизняним виробникам скласти конкуренцію закордонним в сегменті технічного текстилю – найбільш швидко розвиваючому на світовому текстильному ринку. Але для того, щоб одержувана продукція змогла конкурувати з імпортованою продукцією, необхідний науковий розвиток інноваційних технологій з використання волокна льону олійного для виготовлення виробів технічного призначення.

Як зазначалося раніше, однорічні рослини недеревної природи мають високий вміст целюлози й широко використовуються як для виготовлення тканин, так і для одержання волокнистих напівфабрикатів, які призначені для виробництва целюлозно-паперових матеріалів технічного призначення. Таким чином, найбільш раціональним способом вирішення проблем дефіциту бавовняної сировини й збереження лісових запасів є використання целюлозних напівфабрикатів, одержаних із льняної сировини, як альтернативи деревній і бавовняній целюлозі.

Враховуючи, що на сьогоднішній день стан целюлозно-паперової промисловості знаходиться у скрутному становищі, тому пошук альтернативних способів одержання целюлози з однорічних рослин важливе завдання сьогодення. Таким чином, особливої актуальності набуває питання одержання целюлози з льняного волокна з метою виготовлення продукції технічного призначення в якому за рахунок технологічних особливостей можливо було б зменшити кількість використаних хімічних реагентів та покращити показники якості целюлози.

Аналізуючи фізико-механічні показники одержаних зразків, треба зазначити, що технічна целюлоза за своєю якістю не поступається показникам технічної целюлози, отриманої з деревини, а за деякими параметрами навіть перевищують показники. Враховуючи високі показники міцності, одержані волокнисті напівфабрикати можна використовувати в композиції під час виробництва довговічних, високоміцних і спеціальних видів паперу.

Оцінка якості целюлози, яку отримують з однорічних рослин, наприклад з льону олійного, льону-довгунцю та безнаркотичних конопель, проводиться відповідно до чинних стандартів СРСР: ГОСТ 19318-73 «Целлюлоза. Подготовка проб к химическим анализам», ГОСТ 16932-93 «Целлюлоза. Определение содержания сухого вещества», ГОСТ 6841-77 «Целлюлоза. Метод определения смол и жиров», ГОСТ 10820-75 «Целлюлоза. Метод определения массовой доли пентозанов», ГОСТ 6840-78 «Целлюлоза. Метод определения содержания а-целлюлозы», ГОСТ 14363.4-89 «Целлюлоза. Метод подготовки проб к физико-механическим испытаниям» [4-9].

В результаті праведних досліджень було встановлені оптимальні параметри та режими варіння целюлози з використанням відпрацьованого луку. Результати проведених досліджень з визначення якісних показників целюлози було математично оброблені та одержані математичні залежності впливу вхідних характеристик на міцність отриманої целюлози рис. 1-3.



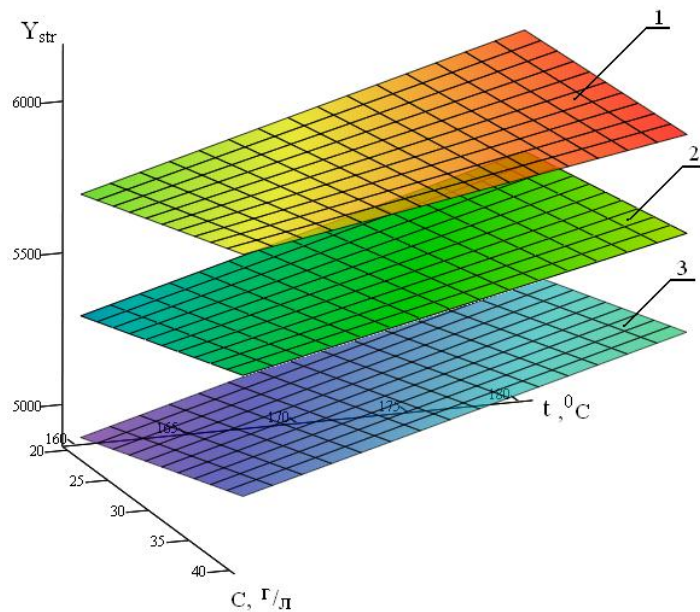


Рис. 1. Вплив на міцність целюлози  $Y_{цел}$  концентрації  $C$  та температури  $t$  при заданому часі  $\tau$ : 1 – залежність при 240 хв; 2 – залежність при 180 хв; 3 – залежність при 120 хв.

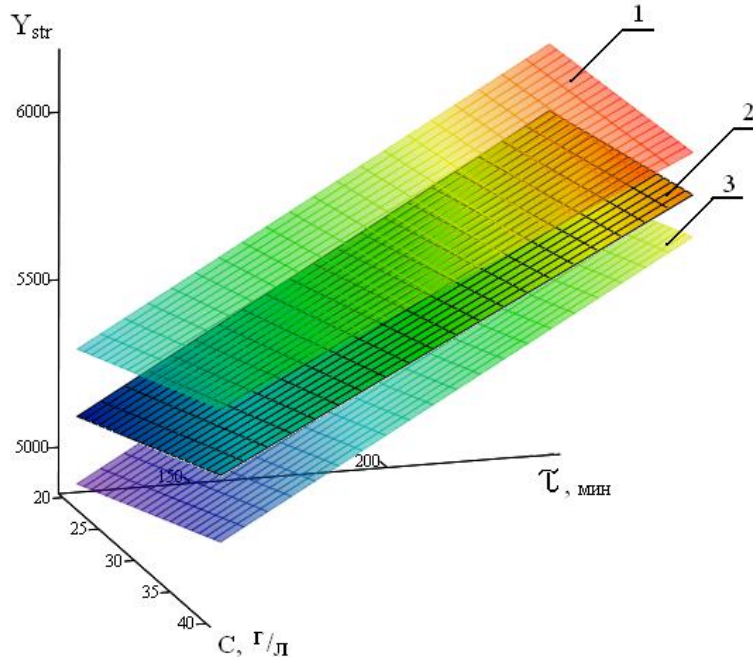


Рис. 2. Вплив на міцність целюлози  $Y_{цел}$  концентрації  $C$  та часу варіння  $\tau$  при заданій температурі  $t$ : 1 – залежність при температурі  $180^{\circ}C$ ; 2 – залежність при температурі  $170^{\circ}C$ ; 3 – залежність при температурі  $160^{\circ}C$ .

Аналізуючи результати досліджень, можна зробити висновок, що використання відпрацьованого лугу у повторному варінні целюлози в концентрації від 10-50 %, дозволяє одержати показники якості целюлози, які не поступаються якісним показникам целюлози наприклад з листяних порід дерев. Так, показник розривної довжини збільшився від 4900 м у контрольному варіанті до 6100 м у варіанті з 50 % додаванням відпрацьованого лугу.

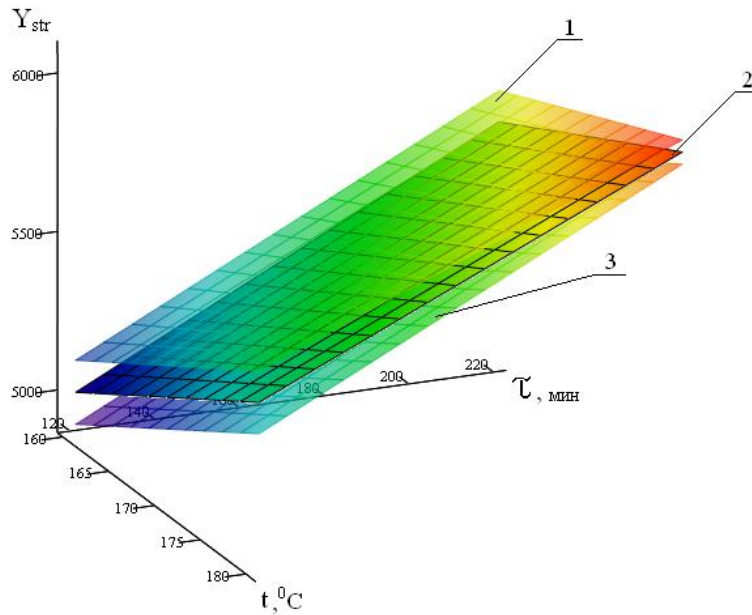


Рис. 3. Вплив на міцність целюлози  $Y_{цел}$  температури  $t$  та часу варіння  $\tau$  при заданій концентрації  $C$ : 1 – залежність при концентрації 40 г/л; 2 – залежність при концентрації 30 г/л; 3 – залежність при концентрації 20 г/л.

Абсолютний опір на роздирання та абсолютний опір на розривне продавлювання, за цими показниками майже не змінився, порівняно з контрольним варіантом. Показник опору на зламування також збільшився від 22 к.п.п. у контрольному варіанті до 26 к.п.п. у варіанті з 50 % додаванням відпрацьованого луку [10].

Аналіз отриманих поверхонь відгуку, що зображено на рис. 1-3 свідчить, що з льняного волокна можна одержати целюлозу з досить високими якісними показниками, придатну для виробництва виробів технічного призначення, при певній оптимізації технологічного процесу варіння, тобто з урахуванням режимів та параметрів варіння льняної сировини, яке було запропоновано в даній роботі.

Отримані експериментальні дані показують, що варіння целюлози з льняного волокна за вказаним способом дозволяє витратити біля 50 % початкової кількості хімічних реагентів та повторно використовувати розчин для варіння.

*Висновки.* В результаті праведних досліджень були встановлені оптимальні параметри та режими варіння целюлози нейтрально-сульфитним способом з використанням відпрацьованого луку. Аналіз проведених експериментальних досліджень дозволяє зробити висновок, що з короткого лляного волокна можна одержати целюлозу з досить високими якісними показниками, придатну для виробництва целюлозних напівфабрикатів з метою виготовлення продукції технічного призначення.

Впровадження у виробництво інноваційних технологій одержання технічного текстилю різного функціонального

призначення з використанням волокна льону олійного є важливим завданням сьогодення, що дозволить розширити сфери застосування льону олійного у промисловості, а одержувана сировина буде екологічно безпечною та буде мати попит не тільки в Україні а й за кордоном.

На основі вищевикладеного, можна зробити висновок, що використання вітчизняної, недорогої, щорічно відновлюваної сировини, може стати додатковим джерелом для вітчизняної целюлозно-паперової промисловості, та в свою чергу буде сприяти вирішенню проблеми імпортозаміщення.

Література:

1. *Скорченко А.Ф.* Теоретические предпосылки углубленной переработки льняного сырья / А.Ф. Скорченко. – К.: ИСМО, 1996. – 41 с.

2. *Горач О.О.* Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: дис. ... кандидата техн. наук: 05.18.01 / Горач Ольга Олексіївна. – Херсон, 2009. – 206 с.

3. Концепція загальнодержавної цільової програми розвитку целюлозно-паперової промисловості України та вітчизняного ринку картонно-паперової продукції на період до 2020 року: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://industry.kmu.gov.ua/industry/control/uk/publish/article; jsessionid=D944B63339CEEEAA38DF66524EE1F845?art\\_id=74110&catid=42148](http://industry.kmu.gov.ua/industry/control/uk/publish/article; jsessionid=D944B63339CEEEAA38DF66524EE1F845?art_id=74110&catid=42148).

4. Целлюлоза. Подготовка проб к химическим анализам: ГОСТ 19318-73. - ГОСТ 19318-73. - [Введен в действие 01.01.1995]. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам (Издательство стандартов), 1979. - 4 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).

5. Целлюлоза. Определение содержания сухого вещества: ГОСТ 16932-93. - ГОСТ 16932-93. - [Введен в действие 01.01.1975]. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам (Издательство стандартов), 1979. - 4 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).

6. Целлюлоза. Метод определения смол и жиров: ГОСТ 6841-77. - ГОСТ 6841-77. - [Введен в действие 01.01.1979]. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам (Издательство стандартов), 1977. - 4 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).

7. Целлюлоза. Метод определения массовой доли пентозанов: ГОСТ 10820-75. - ГОСТ 10820-75. - [Введен в действие 01.01.1991]. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам (Издательство стандартов), 1975. - 5 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).

8. Целлюлоза. Метод определения содержания а-целлюлозы: ГОСТ 6840-78. - ГОСТ 6840-78. - [Введен в действие 01.01.1979]. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам (Издательство стандартов), 1983. - 4 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).

9. Целлюлоза. Метод подготовки проб к физико-механическим испытаниям: ГОСТ 14363.4-89. - ГОСТ 14363.4-89. - [Введен в действие 28.06.1989]. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам (Издательство стандартов), 1989. - 12 с. - (Государственный стандарт Союза ССР).

10. Пат. № 112518 UA Україна МПК D01B 1/10 (2006.01). Спосіб одержання целюлози із льняного волокна на корисну модель / Богданова О.Ф., Чурсіна Л.А., Горач О.О.; заявник та патентовласник Херсонський НТУ; заявл. 29.04.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. № 24.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЛЬНЯНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ЦЕЛЬЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Горач О.А., Богданова О.Ф.

**Аннотация - данная работа посвящена оценке качества льняной целлюлозы. Для варки целлюлозы в работе применялся нейтрально-сульфитный способ. В результате систематических экспериментальных исследований установлены оптимальные параметры и режимы варки целлюлозы из льняного волокна и определены предельные концентрации рабочей жидкости. На основе проведенных исследований в работе предложен способ получения целлюлозы из волокна льна масличного в котором за счет технологических особенностей технологического процесса возможно получить целлюлозу с показателями качества, не уступающими по качеству показателям целлюлозы, полученной из лиственных пород деревьев.**

## **QUALITY ASSESSMENT LINEN PULP TO MANUFACTURE ARTICLES OF TECHNICAL DESIGNATION**

O. Gorach, O. Bogdanova

### *Summary*

**This work is devoted to assessing the quality of linen cellulose. For pulping used in the neutral sulfite method. As a result of systematic experimental studies found optimal parameters and modes with pulping flax fiber and defined limit concentration of the working fluid. On the basis of research in the proposed method of producing cellulose fibers from flax oil which due to the technological features of the process may be obtained from cellulose terms of quality, are not inferior in quality indicators pulp obtained from hardwood trees.**

УДК 641.437.075.8

## ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ ОБРОБКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЛОДОВИХ СОКІВ

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Буденко С.Ф., к.т.н.,

Тарасенко В.Г., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – наведені результати впровадження холодильних технологій в виробництво плодово-ягідних натуральних соків.

**Ключові слова** – соки, сировина, технологія, заморожування.

*Постановка проблеми.* Промислове виробництво плодових соків уперше було почате наприкінці ХІХ сторіччя у Швейцарії, звідки потім поширилося по всьому світу. Попит на соки весь час росте, їх виробництво безупинно збільшується і перетворилося в одну з головних галузей плодOPEREROBHOЇ промисловості у всіх країнах світу, які мають відповідні ресурси.

В останній період темпи росту в плодоовочевій консервній промисловості в значній мірі обумовлені зростаючим попитом на товари вітчизняних виробників. Багатьма з них освоєне виробництво нових видів продукції із застосуванням сучасних видів упакування і укупорювання, по зовнішньому вигляду, ціні і якісних показниках конкурентоздатною з імпортною. Розробляються нові технології і удосконалюються традиційні; розширюється номенклатура сировини і готового продукту.

Таким чином, вивчення, розробка і подальше впровадження досконалих технологій підготовки сировини, її обробки в процесі виготовлення та зберігання готової продукції і є головною проблемою сучасного виробництва соків.

*Аналіз останніх досліджень.* Процес одержання різних видів натуральних плодово-ягідних соків, у тому числі з застосуванням холодильної обробки як сировини для їх виготовлення, так і готового продукту вивчали як вітчизняні так і закордонні учені. Є відповідний вклад у цей процес і авторів даної статті [1-5].

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є експериментальне підтвердження положень, викладених в публікаціях [1-4] та створення передумов до подальших досліджень по розробці та впровадженню технологічної документації з використання замороженої сировини для виробництва соків і подальшого їх зберігання у замороженому виді.

*Основна частина.* Для підтвердження положень, викладених в [1] були проведені всі стадії технологічного процесу, що пропонується.

За основу був взятий відомий спосіб [6] отримання соку з гарбузових та інших овочів. Суть цього способу полягає у тому, що гарбуз замочують, миють щітками, вирізають плодоніжку, розрізають на шматки, відділяють насіння, інспектують, подрібнюють, дроблять, розварюють при температурі 98 °С, протирають, змішують з цукровим сиропом концентрацією 25 % у співвідношенні 1:11 та додаванням 0,1% лимонної кислоти, фасують і стерилізують при температурі 120 °С.

Недолік цього способу – невиправдана втрата значної частини біохімічних елементів під час тривалої термообробки.

Для одержання соків з м'якоттю мезгу ферментативно обробляють пектолітичними препаратами або електроплазмолізом, віджимають сік з мезги, бланшують вижимки у воді, подрібнюють їх та змішують з віджатим соком. Основний недолік цього способу це недостатній вихід соку з сировини.

З метою удосконалення способу отримання соку гарбузів, перед віджиманням соку сировину попередньо заморожують, заморожену сировину дефростують, під час віджимання соку та отриманий сік піддають миттєвій стерилізації, що дозволяє зменшити тиск на сировину при вилученні соку механічним способом за рахунок порушення цілісності клітин утворенням кристалів льоду у клітинах та міжклітинному просторі при заморожуванні.

Таким чином, спосіб отримання соку з гарбузів складається з таких операцій: заморожування сировини, віджимання соку з замороженої сировини одночасно з її дефростацією та стерилізацією соку, бланшування вичавків, їх подрібнення та змішування їх з віджатим соком.

Застосування цього способу дозволяє зменшити до мінімуму потемніння та окислення складових речовин сировини зменшивши час дефростації в наслідок виділення теплової енергії за рахунок стиску сировини під час віджимання соку та його стерилізації.

Крім того, має місце більший вихід соку, вищий рівень вмісту біохімічних речовин, зменшення енергоємності віджиму соку.

Таблиця 1 – Вихід соку в залежності від способу обробки

Спосіб попередньої обробки	Вихід соку, %
Без попередньої обробки	53,9
Бланшування сировини	64,3
Ферментативна обробка сировини	70,0
Заморожування сировини	82,9

Результати свідчать, що спосіб отримання соку з замороженої сировини має найбільший його вихід в порівнянні з іншими.

Згідно з [7], більшість овочевих соків з м'якоттю виготовляють зі свіжої сировини і розфасовують в консервну тару, герметизовану з наступним виконанням процесу пастеризації або стерилізації.

Недоліком цього способу консервування являється те, що вплив високих температур негативно позначається на вмісті біологічно активних речовин в готовій продукції, таких як аскорбінова кислота, втрати якої становлять 75...85%; вітамінів групи В – 60...80%, вітаміну А – 60...70%, вітаміну Р – 20...60%, каротиноїдів – на 30...50%, а при нагріванні до 200 °С вони розкладаються майже повністю.

При такому способі консервування майже повністю знищується патогенна мікрофлора, інгібується дія ферментів, що і забезпечує тривале зберігання продукції з рослинної сировини. Але біологічна цінність її при цьому значно втрачається.

Більш прогресивним є спосіб консервування з використанням швидкого заморожування і тривалого низькотемпературного зберігання фруктових, овочевих, плодоовочевих соків з м'якоттю. Технологічний процес при їх виробництві включає такі операції: миття, сортування, очищення, подрібнення сировини, отримання соку, купажування, гомогенізація, розфасовування, заморожування до температури мінус 20±2°С, низькотемпературне зберігання при тій же температурі.

При вивченні номенклатури соків можна відмітити, що при виробництві плодово-ягідних та овочевих соків використовуються не всі види овочевої сировини багаті на біологічно-активні речовини (вітаміни, поліфеноли, каротиноїди, пектини, мінеральні речовини і т. п.), таких як кукурудза молочної стиглості та перець солодкий, які мають достатньо високу біологічну цінність.

Спосіб, поданий в патенті [3], передбачає виготовлення соку кукурудзяно-перцевого купажованого. За цим способом сік кукурудзи молочної стиглості отримують з усієї зернівки, без відрізання зародка, а потім його купажують з соком перцю солодкого біологічної стадії зрілості, цукром, медом та кислотою лимонною в оптимальному співвідношенні відповідної сировини.

Це дозволяє підвищити якість продукту, максимально зберегти його вихідні властивості, харчову та біологічну цінність, розширити асортимент харчових продуктів багатих на вуглеводи, білки, мінеральні, біологічно-активні речовини. Продукт придатний до вживання для всіх верств населення, а також можуть вживатися, як дієтичний.

Кінцевий продукт одержується при наступному співвідношенні компонентів, мас %:

Сік кукурудзяний	57...53
Сік перцю солодкого	37...38
Цукор буряковий	2,0...2,2
Мед бджолиний натуральний	1,0...1,2

Кислота лимонна 0,5...0,6

Застосування способу та складу продукту має переваги:

- використання натуральної сировини, яка гарантує високу якість продукту;
- заморожування та зберігання при низьких температурах (мінус  $20\pm 2$  °С) дозволяє максимально зберегти вихідні властивості продукту, харчову та біологічну цінність;
- розширення асортименту харчових продуктів для вживання в міжсезонний період з метою збереження та підвищення імунітету людського організму, покращення здоров'я, тому що антиоксиданти, які поступають з продуктами харчування (аскорбінова кислота, каротиноїди, поліфеноли), людський організм не здатен синтезувати.

Кукурудза, як основна сировина для соку, являється цінною у відношенні значного вмісту сухих речовин (7...13 г/100 г сирової маси), в т. ч. вуглеводів (3...7 г/100г), органічних кислот (0,08...0,12 г/дм<sup>3</sup>), білкових речовин (0,8...1,2 г/100 г) на сиру масу.

Перець овочевий солодкий є лідером серед овочевих культур за вмістом вітаміну С (120...300 мг %), вміст вітаміну Р становить 140...170 мг %, каротину 1,7...3,0 мг %, вітамінів групи В (0,09...0,2 мг %), макро- та мікроелементів і т.п.

У зв'язку з тим, що дана овочева сировина вміщує недостатню частку цукрових речовин до складу рецептури внесені цукор та мед натуральний бджолиний. Додавання меду у значній мірі підвищує вміст моноцукрів (глюкози та фруктози), які дуже легко засвоюються організмом, мінеральних та інших речовин.

Відомо, що період перебування зернівки кукурудзи на стадії молочної стиглості є дуже коротким, і тому сировину (кукурудзу), яку планується використовувати для виробництва кукурудзяного соку, доцільно зберігати у замороженому вигляді.

В основу технології зберігання кукурудзи покладений спосіб підготовки кукурудзи молочно-воскової стиглості до зберігання [4, 5], що включає зняття листя, зрізання плодоніжки, миття, сортування, теплову обробку в киплячій воді, охолодження у холодній воді, видалення вологи та заморожування.

Листя качана і кукурудзяні рильця знімають після теплової обробки, яку виконують шляхом відварювання до напівготовності.

Заморожування виконують на глибину зернівки, включно з зародком при температурі мінус  $40\pm 2$  °С з попереднім обертанням качана у вертикальній площині за годинниковою стрілкою.

Такий спосіб підготовки кукурудзи молочно-воскової стиглості до зберігання у порівнянні з іншими способами має такі переваги: не змінюється харчова і біологічна цінність кукурудзи молочно-воскової стиглості під час швидкого заморожування та незначно змінюється



при тривалому зберіганні, високі якісні показники качанів після розморожування, а також знижується час на кулінарну обробку.

Відварювання кукурудзи молочно-воскової стиглості перед заморожуванням разом з листям та рильцями, дозволяє зберегти частину біологічно-активних та лікувальних речовин, які містяться у листі та рильцях, зменшити ушкодження тканини, та нерівномірність локалізації крохмалю, цукрів, а також запобігає утворенню силосного неприємного запаху під час зберігання, який виникає при звичайному зберіганні замороженої кукурудзи. Попереднє обертання качанів у вертикальній площині перед заморожуванням дозволяє змінити структуру доменів та кристалів льоду в клітинах і таким чином зменшити ушкодження під час фазового переходу води в лід.

В таблиці 2 наведена залежність загального органолептичного показника за 5-ти бальною системою кукурудзи сорту „Делікатесна“ молочно-воскової стиглості дефростованої відразу після заморожування від часу відварювання до напівготовності та температури заморожування

Таблиця 2 – Загальний органолептичний показник кукурудзи сорту „Делікатесна“ від часу відварювання і температури заморозки

Час відварювання, хв.	Температура заморожування, °С			
	– 10	– 20	– 30	– 40
18...15	3,3	3,9	4,1	4,1
15...12	3,7	4,3	4,6	4,6
12...10	3,1	3,1	3,4	3,5
10...7	2,0	2,6	2,9	3,0

Загальний органолептичний показник включав в себе вигляд зовнішній, колір, консистенцію, аромат та смак.

Таблиця 3 – Змінення показників кукурудзи молочно-воскової стиглості при заморожуванні і в динаміці зберігання

Стан продукту і термін зберігання	Вітаміни, мкг/г					Титрована кислотність, мг/%	Масова частка сухих речовин, %	Загальний цукор, %	Органолептична оцінка
	B1	B2	B6	PP	E				
Свіжий	0,3	0,14	0,48	2,10	5,5	0,23	9,9	15,4	4,7
Заморожений	0,3	0,14	0,45	2,09	5,5	0,25	9,8	15,0	4,0
3 місяці збер.	0,3	0,13	0,43	2,07	5,2	0,25	8,7	14,8	4,4
6 місяців збер.	0,3	0,12	0,43	2,06	4,9	0,27	8,5	14,7	4,4
9 місяців збер.	0,3	0,10	0,42	2,05	4,8	0,28	8,4	14,6	4,1

Оптимальне значення показника встановлене при відварюванні кукурудзи до напівготовності протягом 15...12 хвилин та заморожування при температурі мінус  $40 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Зберігали заморожені плоди кукурудзи при температурі мінус  $20^\circ\text{C}$ . Про позитивний вплив способу на органолептичні та фізико-хімічні показники якості замороженої кукурудзи протягом тривалого зберігання свідчать результати, приведені в таблиці 3.

З таблиці видно, що після 3...6 місяців зберігання якість можна вважати відмінною і навіть після 9 місяців зберігання – доброю.

Кукурудзяно-перцевий натуральний купажований сік одержаний з замороженої сировини має однорідну практично непрозору масу з рівномірно розподіленим тонкоподрібненим м'якушем. Запах соку має добре виражений аромат вихідної сировини, особливо перцю солодкого, та добрий смак.

Під час зберігання у замороженому вигляді проводили біохімічну та органолептичну оцінку якості дефростованого соку. Продукт був оцінений високими органолептичними показниками за п'ятибальною шкалою. Він зберіг свій колір, смак і добре виражений аромат перцю, а також, майже без змін, вихідний біохімічний склад.

Якісна оцінка соку з м'якоттю після 9 місяців зберігання показана в таблиці 4.

Таблиця 4 – Показники соку кукурудзяно-перцевого до і після зберігання протягом 9 місяців

Найменування показника	Сік кукурудзяно-перцевий	
	свіжий	заморожений
Масова частка сухих речовин, %	13,2	13,3
Загальний цукор, %	6,74	6,76
Загальна кислотність, %	0,6	0,6
Вітамін С, мг/100 г	80,0	65,2
Каротин, мг/100 г	0,030	0,028
Загальна органолептична оцінка	4,9	4,7

*Висновок.* Наведені вище результати досліджень підтверджують доцільність розробки технологічних процесів виготовлення плодкових соків з замороженої сировини і застосування зберігання цих соків у замороженому вигляді.

Література:

1. Спосіб отримання соку гарбузів: Д.п. №6050 Україна, А23L2/02 / В.Ф. Ялпачик, С.О. Бровченко, К.М. Стручаєв – 20070706184: Заявл. 26.07.2004, Опубл. 15.04.2005 Бюл. № 4 – 2с.

2. Пристрій для отримання соку з замороженої плодоовочевої продукції: Д.п. №8102 Україна, В30В9/12/ В.Й. Іванченко, К.М. Стручаєв, В.Ф. Ялпачик – 200500465: Заяв.17.01.2005, Опубл. 15.07.2005 Бюл. №7 – 3с.

3. Спосіб консервування соку купажованого кукурудзяно-перцевого: Д. п. № 13719 Україна, А23L2/12/ Н.П. Загорко, К.М. Стручаєв, В.Ф. Ялпачик, В.Г. Циб, В.Г. Данченко – 200509715: Заявл. 17.10.2005, Опубл. 17.04.2006 Бюл.№4 – 2 с.

4. Патент №79095 Україна, МПК А23В7/04 Спосіб підготовки кукурудзи молочно - воскової стиглості до зберігання / К.М. Стручаєв, В.Ф. Ялпачик, М.І. Стручаєв. – 20040402899: Заявл. 20.04.2004, Опубл. 25.05.2007 Бюл. №7 – 2с.

5. *Ялпачик В.Ф.* Зміни показників якості кукурудзи при заморожуванні та зберіганні / В.Ф. Ялпачик, С.Ф. Буденко, К.М. Стручаєв // Сучасні напрямки та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУС.Г. – Харків, 2006. – Вип.45. – С. 337 – 343.

6. *Флауменбаум Б.Л.* Технологія консервування плодів, овочів, м'яса і риби. Б.Л. Флауменбаум, С.С. Танчев, М.А. Гришин. - К.: Вища школа. -1995. – 301 с.

7. ДСТУ 4150-2003. Консерви. Соки, напої сокові, нектари плодово-ягідні, овочеві та з баштанних культур. Загальні технічні умови. Київ, 2003.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОДОВИХ СОКОВ**

Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Тарасенко В.Г.

***Аннотация*** – приведены аспекты внедрения холодильных технологий в производство плодово-ягодных натуральных соков.

## **THE USE OF COLD PROCESSING IN THE PRODUCTION OF JUICES PLODOVYCH**

V. Yalpachik, S. Budenko, V. Tarasenko

### ***Summary***

**In this work given the aspects of the introduction of refrigeration technology in the production of fruit juices.**

## Зміст

стор.

1. Стручаев Н.И., Ялпачик В.Ф. Использование холодильной установки для рециркуляционной сушки бычков	3
2. Ялпачик Ф.Ю., Буденко С.Ф. Молотки дробарок кормів, їх коливання і методика розрахунку	10
3. Дейниченко Г.В., Афукова Н.О., Шабельська І.І. Дослідження масообмінних процесів під час виробництва цукатів з дикорослої сировини	19
4. Мінько С.А. Механізація обробітку ґрунту в плодкових насадженнях	25
5. Малюта С.І., Малюта І.В. Визначення кінцевих моментів періодичного руху зернового матеріалу по поверхні решета	29
6. Дейниченко Г.В., Постнов Г.М., Червоний В.М., Старков В.О. Теоретичне та експериментальне визначення раціональної тривалості ультразвукової обробки для отримання водно-жирових емульсій	34
7. Бурдо О.Г., Різниченко Т.А., Ружицька Н.В. Моделювання процесу концентрування цукрових розчинів в мікрохвильовому вакуум-випарному апараті	41
8. Горбенко О.А., Стрельцов В.В., Доценко Н.А., Кім Н.І. Дослідження конструкцій робочих органів олієвідтискних пресів	49
9. Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Удовенко О.О., Омельченко О.В., Перекрест В.В. Дослідження фактору концентрації білково-вуглеводної молочної сировини	56
10. Ялпачик В.Ф., Кюрчев С.В., Верхованцева В.О. Дослідження ентальпії у процесі зберігання зернової маси із застосуванням охолодження	62
11. Янаков В.П. Адаптация тестомесильных машин к корабельным условиям эксплуатации	68
12. Доценко Н.А. Дослідження алгоритмів оцінювання систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів серії ISO 9000	77
13. Бойко В.С., Муравйов А.Н. Методика визначення основних параметрів об'ємного друку харчових продуктів	86
14. Малюта С.І. Щодо обґрунтування відстані між поперечними рядами робочих органів культиватора	91
15. Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Мазняк З.О., Мельник О.Е., Скриль А.В. Інтенсифікація процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин	96
16. Паляничка Н.О., Петриченко С.В., Антонова Г.В., Левченко Л.В. Визначення основних залежностей ефективності імпульсної гомогенізації молока	105

17. Ялпачик В.Ф., Стручаєв М.І., Тарасенко В.Г. Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності при заморожуванні 113
18. Бойко В.С. Теоретичне обґрунтування течії в'язко-пластичної рідини по каналу формувача при об'ємному друці (3D) 119
19. Петриченко С.В., Паляничка Н.О., Олексієнко В.О. Спосіб інтенсифікації сушіння макаронних виробів 125
20. Олексієнко В.О., Петриченко С.В., Вершков О.О., Олексієнко В.В. Аналіз методів і засобів очищення та сепарації зерна 132
21. Прісс О.П., Бурдіна І.О. Вплив компонентного складу субстрату на біологічно активні речовини антиоксидантного типу в зелені базиліку 140
22. Сердюк М.Є., Гапріндашвілі Н.А., Байбєрова С.С. Кінетика інтенсивності дихання плодів яблуні при зберіганні за обробки антиоксидантними композиціями 150
23. Змєєва І.М. Методика визначення параметрів гідравлічного тракту для підвищення продуктивності та точності процесу розливу за умов оптимального поєднання технологічних факторів та конструктивних параметрів 158
24. Дейниченко Г.В., Терешкін О.Г., Горєлков Д.В., Дмитревський Д.В., Бондаренко Р.Ю. Дослідження процесу механічного доочищення топінамбуру під час проведення комбінованого способу очищення 164
25. Григоренко О.В., Мовчан Є.І. Удосконалення технології виробництва соку яблучного натурального прямого віджиму 172
26. Самойчук К.О., Полудненко О.В., Циб В.Г. Аналіз процесу протитечійно-струминного змішування напоїв 178
27. Погребняк А.В., Погребняк В.Г. Особенности процесса гидроструйной обработки пищевых продуктов резанием 184
27. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Ковальов О.О., Пацький І.Ю. Дослідження діаметру каналу подавання вершків струминного гомогенізатору молока 195
28. Горач О.О., Богданова О.Ф. Оцінка якості льняної целюлози з метою виготовлення виробів технічного призначення 206
29. Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Тарасенко В.Г. Використання холодильної обробки при виробництві плодкових соків 213

Наукове фахове видання  
Технічні науки

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 17. Том. 1

Свідоцтво про державну реєстрацію – Міністерство юстиції  
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – Ялпачик Ф.Ю.  
Коректор – Лівик Н.В.

---

Підписано до друку 3.04.2017 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.  
13,9 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.  
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10  
тел. (06192) 6-88-38