

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ВІСНИК
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Випуск 194

**“Сучасні напрямки технології та
механізації процесів переробних
і харчових виробництв”**

Харків 2018

УДК 664: 0025: 631. 563

Редакційна колегія:

Професор, к.т.н. Нанка О.В. (відповідальний редактор)
Професор, д.т.н. Мельник В.І. (заст. відповідального редактора)
Професор, д.т.н. Богомолів О.В. (відповідальний секретар)
Член-кор. НААНУ, професор, к.т.н. Мазоренко Д.І.
Професор, д.т.н. Лебедєв А.Т.
Професор, д.т.н. Завгородній О.І.
Професор, д.т.н. Козаченко О.В.
Професор, д.т.н. Шанина О.М.
Професор, д.т.н. Спольник О.І.
Професор, д.т.н. Пастухов В.І.
Професор, д.т.н. Ольшанський В.П.
Професор, к.с.-г.н. Машкін М.І.

Наукове видання
ВІСНИК ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА
Випуск 194
“СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕХАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ
ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ”

У збірник включені наукові праці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, ведучих вищих навчальних закладів, науково-дослідних інститутів і підприємств України, в яких відображені результати теоретичних та експериментальних досліджень в галузі переробки та зберігання сільськогосподарської продукції

Свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія КВ №15983-4455П
Друкується за рішенням Вченої ради ХНТУСГ ім. Петра Василенка
25.10.2018 р., протокол № 2

Вісник включений у перелік фахових
видань ВАК України

© Харківський національний технічний
університет сільського господарства
імені Петра Василенка
2018 р.

АНОТАЦІЯ

До вісника Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, випуск 194 “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв” включені статті, в яких наведені результати науково-дослідних робіт, проведених в університеті, а також в інших учбових закладах, науково-дослідних, дослідно-конструкторських та виробничих підприємствах, що працюють над проблемами в переробних та харчових галузях як України, так і за її межами.

Тематика статей цього вісника висвітлює напрямки удосконалення обладнання та технологій в переробній та харчовій галузях. В переважній більшості статей висвітлені результати теоретичних та експериментальних досліджень.

Вісник представляє інтерес для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, студентів інженерно-технічних факультетів вищих навчальних закладів, фахівців переробної та харчової промисловості агропромислового комплексу.

АННОТАЦИЯ

Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, выпуск 194 “Современные направления технологии и механизации процессов перерабатывающих и пищевых производств” включает статьи, в которых приведены результаты научно-исследовательских работ, проведенных в университете, а также в других учебных заведениях, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и производственных предприятиях, работающих над проблемами в перерабатывающих и пищевых отраслях как Украины, так и за рубежом.

Тематика статей этого выпуска освещает направление усовершенствования оборудования и технологий в перерабатывающей и пищевой отраслях. В подавляющем большинстве статей освещены результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Вестник представляет интерес для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов инженерно-технических факультетов высших учебных заведений, специалистов перерабатывающей и пищевой промышленности агропромышленного комплекса.

THE SUMMARY

The bulletin of Kharkiv State Technical university of Agriculture name Peter Vasilenko, release 194 "Modern problems of processing and food industries technology and mechanization" includes articles, in which the results of the research works which have been carried out at the university, and also in other educational, research and industrial enterprises working on problems in processing and food branches in Ukraine and abroad are given.

The subjects of articles of this release cover an issue of improvement of technologies of both processing equipment and food branches. In the overwhelming majority of articles the results of theoretical and experimental researches are covered.

The bulletin is of interest for the scientists, tutors, post-graduate students, students of engineering and technical faculties of higher educational institutions, experts of processing and food industry in agriculture.

УДК 621.928.26

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Богомолов А.В. д.т.н., проф., Ирклиенко В.И. аспирант
(Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко)

Рассмотрены вопросы совершенствования технологии переработки зерна пшеницы в крупу и муку. Предложено новое направление в технологии переработки зерна пшеницы, обеспечивает формирование нового зернового продукта, с которого можно получить крупу нового вида или обойную муку с низким коэффициентом зольности.

Постановка задачи. В настоящее время в перерабатывающей промышленности используется, множество технологических схем производства муки и крупы из зерна пшеницы, позволяющих получать муку и крупу из разных сортов зерна. Сортovou муку получают из крахмалистой части эндосперма, а оболочки, алейроновый слой направляют в отруби. Такое избирательное измельчение существенно усложняет технологию производства муки и требует большого количества технологических машин. При этом большие мукомольные предприятия производительностью 50...500 т/сут. обладая большим количеством технологических машин, строят схему так, чтобы получать муку с как можно большим выходом сортовой муки, с заданными технологическими свойствами для производства макарон, выпечки хлеба и т. д.

Малые мукомольно-крупяные предприятия не обладая большим разнообразием технологических машин, вынуждены использовать укороченные технологические схемы, которые не позволяют в полной мере извлечь сортовую муку с большим выходом и получать крупу на уровне качества больших мукомольно-крупяных предприятий, что ведет к снижению рентабельности этих предприятий. Установка дополнительных технологических машин, при той же производительности, приводит к повышению качества конечного продукта, но возрастают дополнительные эксплуатационные затраты производства, что в свою очередь отражается на еще большем снижении рентабельности.

Анализ последних исследований. Наиболее экономичным способом получения муки является розовое измельчение зерна в молотковой мельнице. При разовом помоле измельчению подлежит целое зерно, поэтому в муке содержится примерно 24 % белка, а

также до 70 % витаминов, около 57 % минеральных веществ, 63 % пентозанов, 43 % жиров, 4 % крахмала и 90 % клетчатки (<http://vniiz.org/article.aspx?Id=18>) от общего содержания этих компонентов в зерне. Мука разового помола имеет темный цвет и низкое качество, но при этом питательная ценность такой муки выше. Содержание большого количества зародыша в муке обойного помола способствует плохой сохранности муки, а также повышению ее зольности, что сказывается на потребительских и технологических свойствах муки. Из многих источников и публикаций [1-4] известно о полезных свойствах наружных оболочек, которые вместе с зародышем содержат белки, жиры, минеральные вещества и витамины. Существующие технологии производства муки позволяют, как правило, либо полностью удалить верхние оболочки и зародыш зерна, либо измельчить зерно в муку включая наружные оболочки и зародыш зерна. В первом случае мука менее полезна для организма человека, так как с повышением сортности падает содержание белка. Во втором случае получают обойную муку, наиболее ценную в питательном отношении, так как в ней содержится весь набор питательных элементов зерна. Продукты, приготовленные из цельного зерна, содержат больше питательных веществ, хотя усвояемость отдельных составных веществ в продуктах из целого зерна ниже. Таким образом, с одной стороны продукт полученный из цельного зерна более питательный, с другой стороны срок хранения такого продукта незначительный. На больших мукомольных предприятиях, в состав которых входит высоко технологическое оборудование существует возможность термической обработки зародыша с последующим добавлением его в муку высоких сортов. В результате такой добавки получают муку с повышенным содержанием витаминов, аминокислот и микроэлементов при этом сроки хранения муки остаются прежними. На малых предприятиях такая возможность отсутствует и для повышения конкурентоспособности малых предприятий необходимо разработка и внедрение новых технологий на базе стандартного и нового оборудования, позволяющих создать продукты с новыми качественными показателями.

Целью настоящей работы является разработка нового направления в технологии переработки зерна пшеницы обеспечивающего формирование зернового продукта для получения продукции с расширенным ассортиментом.

Результаты исследования. Для проведения исследования использовалось лабораторное оборудование разработанное на кафедре оборудования и инжиниринга перерабатывающих и

пищевых производств ХНТУСХ им. П.Василенко: шелушильно-шлифовальная машина, цилиндрический просеиватель, формователь зернового продукта, вертикально-роторная молотковая мельницаи др. В нашей работе были проведены разовые помолы из зерна подготовленного разными способами с просеиванием продуктов измельчения.

Для исследований использовали зерно пшеницы со следующими показателями качества: начальная влажность 14 %; натура 746 г/л; стекловидность 60 %; масса 1000 зерен 35,2 г; зольность 1,75 %. Засоренность зерна не превышала ограничительные нормы для его переработки в муку.

Схема предложенного нового направления в технологии переработки зерна пшеницы представлена на рис. 1. Сущность нового направления заключается в формировании на определенном этапе переработки зерна пшеницы нового зернового продукта – половинки зерна пшеницы расколотого по бороздке, из которого можно получить крупу нового вида или муку обойную с низким содержанием зольности.



Рис. 1. Схема нового направления в технологии переработки зерна пшеницы

Подготовка зерна к измельчению осуществлялась следующим образом. Исходное зерно прошедшее предварительную очистку направляется в лабораторный цилиндрический просеиватель, на котором отделяется некондиционное зерно проходом через сито 2,2x20 и формируются два потока зерна (табл. 1). Первый поток сход с сита 2,8x20, второй поток сход с сита 2,2x20.

Таблица 1

	Сх. 2,8x20, г	Сх. 2,2x20, г	Дно 2,2x20	Всего, г
P_3	4110	2861	95	7066
%	58,17	40,49	1,34	100

Шелушение каждого потока зерна проводили на лабораторной вертикально-роторной шелушильной машине, представляющей собой машину непрерывного действия с тремя абразивными дисками и абразивной поверхностью на барабане.

Степень шелушения $C_{ш}$ изменяется в зависимости от продолжительности нахождения зерна в рабочей зоне шелушителя, что соответствует определенной производительности машины. Степень шелушения зерна устанавливали в пределах 5...6 %.

Формирования нового зернового продукта осуществляется по схеме, представленной на рис. 2.

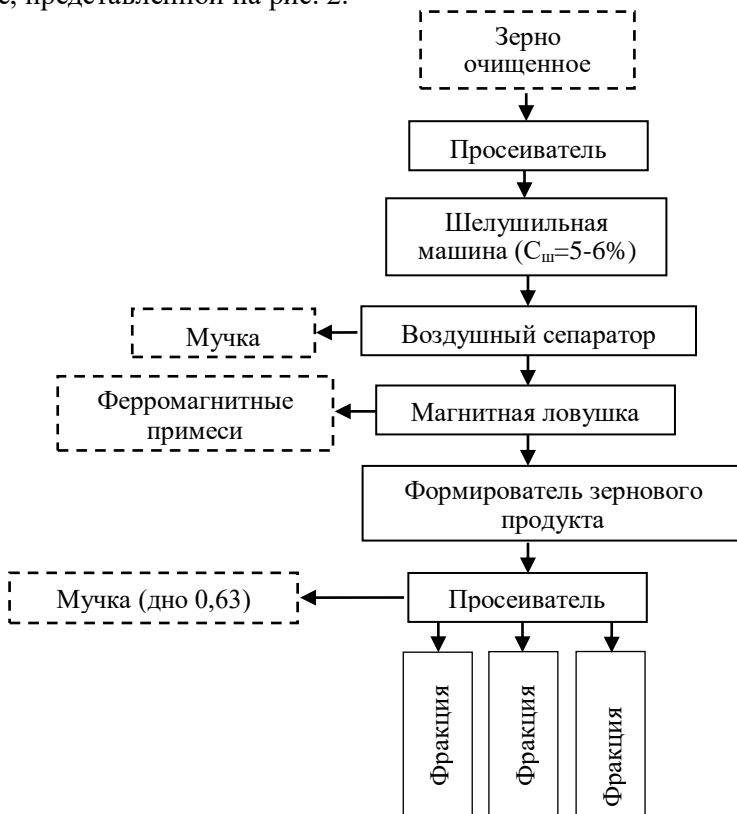


Рис. 2. Технологическая схема формирования нового зернового продукта

По этой схеме шелушенное зерно каждого потока подают в формователи, где происходит его раскалывание на две половины по бороздке. Образцы расколотого таким образом зерна представлены на рис. 3.



Рис. 3. Зерно расколотое по бороздке на две половины

Затем измельченное зерно поступает в цилиндрический просеиватель где разделяется на фракции: фракция №1 сход с сита $\varnothing 2,5$ - зерно расколотое по бороздке на две половины; фракция №2 - сход с сита $\varnothing 1,5$; фракция №3 - сход с сита $\varnothing 0,63$.

Далее осуществляется шелушение фракции №1 в шелушильной машине с гладким цилиндром, с отбором мучки в лабораторном воздушном сепараторе по схеме показанной на рис. 4. Обработка поверхности зерна шелушением проводилась с целью удаления вновь образованных оболочек и контаминантов с поверхности бороздки. В результате получили крупу соответствующую Полтавской №2, но с удлиненной формой.

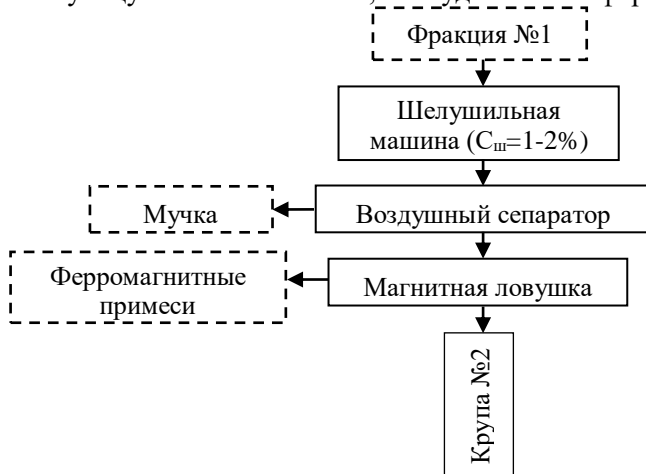


Рис. 4. Схема переработки фракции №1 в крупу Полтавскую №2

Аналогично перерабатывали фракции №2 и №3. В результате получили крупы соответственно Полтавская №4 и Артек.

Для расширения ассортимента выпуска зерновых продуктов полученную крупу, которая соответствует Полтавской №2 можно переработать в обойную муку с низким содержанием зольности.

Схема переработки Полтавской крупы №2 в обойную муку показана на рис. 5. Крупа проходит дополнительное шелушение, отбор мучки и измельчается в лабораторной вертикально-роторной молотковой мельнице.

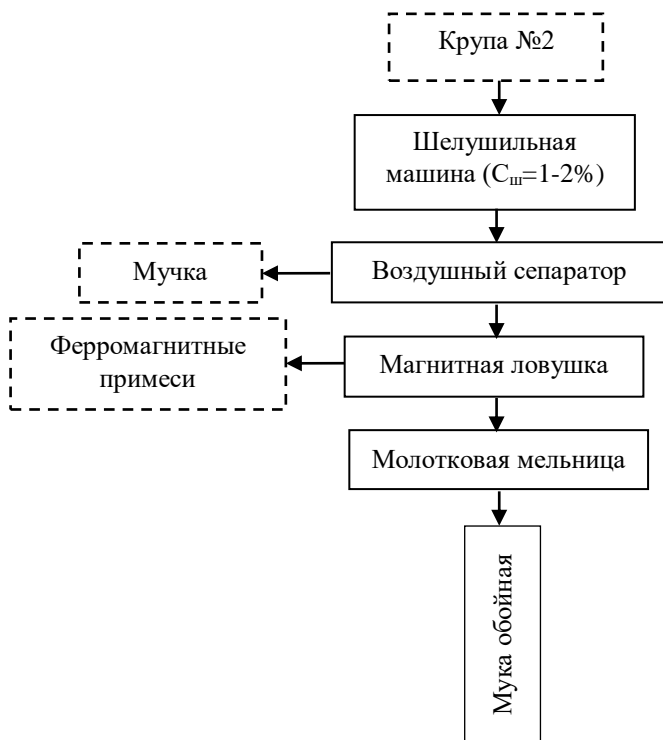


Рис. 5. Схема переработки крупы №2 в обойную муку

В таблице 2 представлены выходы крупы Полтавской по известной технологии (верхняя строка), а также крупы новой и муки обойной (вторая и третья строка соответственно) полученные с использованием нового направления в технологии переработки зерна пшеницы.

Таблица 2

	№1 сх. ø3,0	№2 сх. ø2,5	№3 сх. ø2,0	№4 сх. ø1,5	Артек сх. ø0,63	Мучка	Кормовые отходы	Не кормовые отходы
Крупа Полтавская	8%		43%		12%	30%	5,3%	1,7%
Крупа новая	-	53%	-	28%	3,2%	9%	5%	1,8%
Мука	-	48%	-	28%	3,2%	14%	5%	1,8%

Как видно из таблицы 2 выход крупы новой с удлиненной формой составляет 53 %. При ее переработке в обойную муку можно получить 48 % обойной муки повышенной биологической ценности, практически без контаминантов, которые содержатся в бороздке пшеницы и при классической, ее переработке попадают во все виды муки.

Если также измельчить крупы Полтавская №4 и Артек, то выход муки обойной повышается до 79,2 %.

В табл. 3 представлены результаты определения зольности полученных при исследовании продуктов. Как видно из таблицы 3 показатель зольности муки из крупы №2 составляет 0,72, то есть по зольности эта обойная мука соответствует муке 1-го сорта.

Таблица 3

№ образца	Продукт	Зольность, %
1	Зерно шелушенное	1,36
3	Мучка (дно ø0,63)	2,23
4	Фракция №3 (сход ø0,63)	1,86
5	Фракция №2 (сход ø1,5)	1,32
6	Фракция №1 (сход ø2,5)	1,11
8	Крупа №2	0,96
20	Мука из крупы №2	0,72
21	Мучка	2,39

Выводы.

Предложенное новое направление в технологии переработки зерна пшеницы за счет формирования нового зернового продукта

позволяет получить новый вид крупы удлиненной формы, с поверхности которой удалены контаминанты, а также муку обойную с низким содержанием зольности.

Список литературы

1. Инновационная технология производства крупы нового вида. Богомолов А.В., Иркиенко В.И. Сборник ХНТУСХ выпуск 179.
2. Мельников Е.М. Технология крупяного производства. - М.: Агропромиздат, 1991, с.102-110.
3. Оборудование для производства муки и крупы: Справочник / Демский А.Б., Борискин М.А., Веденьев В.Ф., Тамаров Е.В., Чернолихов А.С. - СПб: Изд-во «Профессия», 2000. - 624 с.
4. Товароведение зерномучных и кондитерских товаров: Учеб. для вузов / Н.А.Смирнова, Л.А.Надежднова, Г.Д.Селезнева, Е.А.Воробьева. - М.: Экономика, 1989. - 352 с.

Анотація

НОВИЙ НАПРЯМ В ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Розглянуті питання удосконалення технології переробки зерна пшениці в крупу та муку. Запропоновано новий напрям в технології переробки зерна пшениці, що забезпечує формування нового зернового продукту, з якого можна отримати крупу нового виду або муку обойну з низьким коефіцієнтом зольності.

Abstract

NEW DIRECTION IN WHEAT GRAIN PROCESSING TECHNOLOGY

The issues of improving the technology of processing wheat into cereals and flour are considered. A new direction in the technology of wheat grain processing is proposed, it ensures the formation of a new grain product, from which it is possible to obtain a new type of cereal or wallpaper flour with a low ash content.

УДК 534.1

ПРО КОНТАКТНУ ВЗАЄМОДІЮ ДЕЯКИХ ОВОЧІВ З ГРУНТОМ

Ольшанський В.П., д.ф.-м.н., проф., Бурлака В.В., к.т.н., доц.,
Сліпченко М.В., к.т.н., доц.

*(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)*

Розглянуто контактну взаємодію з ґрунтом овочів, які тривалий час зростають, а потім дозрівають на поверхні землі. Для моделювання контактної взаємодії використано відомий в теорії пружності розв'язок задачі Г. Герца. Ґрунт змодельовано пружним півпростором, а овочі – пружним тілом, яке обмежене в зоні контакту з землею поверхнею другого порядку. Одержано формули для обчислення розмірів еліптичної області контакту та розподілу на ній надлишкового тиску, спричиненого дією ваги овочевого тіла. Показано, що цей тиск може бути суттєвим для масивних овочів, таких як: кавуни, дині, гарбузи та ін. З метою спрощення розрахунків складена спеціальна таблиця, що дозволяє знайти ексцентриситет області контакту та значення повних еліптичних інтегралів першого та другого роду, задіяних у розрахункових формулах, при відомому відношенні головних радіусів кривизни граничної поверхні тіла, що давить на пружний півпростір. Наведено приклад розрахунку.

Ключові слова: *контактна задача Герца, ґрунт як пружний півпростір, пружне тіло овочу, еліптична зона контакту, надлишковий тиск.*

Вступ. Інформація про напруження, що виникають в умовах гравітації, потрібна для дослідження їх впливу на процес старіння та скорочення терміну придатності овочів до споживання. Оскільки овочі, що при зростанні лежать на поверхні землі, контактують з нею лише на частині власної граничної поверхні, то саме там виникає надлишковий тиск, який спричинює місцеві внутрішні напруження, що сприяють деградації овочів. Тому обчислення контактного тиску і розмірів зони його прикладення є важливою задачею природокористування.

Аналіз останніх досліджень. Розв'язок цієї задачі у досить загальному вигляді одержав Г. Герц [1, 2]. Але він розглядав стискання високо модульних пружних тіл. Тому його розв'язок часто

використовують у технічних розрахунках [2]. Тут робимо спробу задіяти його в ароінженерії, приймаючи овочі за низько модульні пружні тіла. Це припущення стосується лише поверхневого пружного шару, тобто товстостінної захисної оболонки, яка за механічними властивостями може суттєво відрізнятись від властивостей середини овочу. Отже далі йдеться лише про місцеві контактні деформації, які розвиваються під дією ваги у приповерхневому шарі овочу. Таке припущення не перечить теорії Г. Герца.

Метою даної статті є розробка та апробація способу обчислення надлишкового тиску та розмірів зони його прикладення до поверхні овочу з боку ґрунту, на якому він знаходиться під дією власної ваги.

Постановка задачі та її розв'язок. Ґрунт приймаємо за пружний півпростір, обмежений горизонтальною площиною. Його модуль пружності та коефіцієнт Пуассона позначаємо символами E_* і μ_* . Аналогічні пружні характеристики приповерхневого шару овочу позначаємо через E , μ . Припускаємо, що в області контакту поверхнею овочу є параболоїд:

$$z = \frac{x^2}{2R_1} + \frac{y^2}{2R_2},$$

де $R_1 \geq R_2$ – головні радіуси кривизни граничної поверхні.

У полі земного тяжіння з прискоренням g стискаючою силою виступає вага $P = Mg$ овочевого тіла з масою M .

За цих припущень, із розв'язку контактної задачі теорії пружності випливає, що площадка прикладення тиску обмежена еліпсом, який має піввісі [2]:

$$a = \left[MgQR_1 \frac{3}{\pi} D(\varepsilon) \right]^{\frac{1}{3}}; \quad b = a\sqrt{1-\varepsilon^2}. \quad (1)$$

$$\text{Тут} \quad Q = \frac{1-\mu_*^2}{E_*} + \frac{1-\mu^2}{E}; \quad D(\varepsilon) = \frac{1}{\varepsilon^2} [K(\varepsilon) - L(\varepsilon)]; \quad K(\varepsilon),$$

$L(\varepsilon)$ – повні еліптичні інтеграли відповідно першого та другого роду.

Вони затабульовані в [3], [4] та інших виданнях зі спеціальних функцій.

Ексцентриситет площадки контакту ε є коренем трансцендентного рівняння:

$$(1 - \varepsilon^2) \frac{D(\varepsilon)}{K(\varepsilon) - D(\varepsilon)} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (2)$$

Він залежить від співвідношення головних радіусів кривизни.

З метою спрощення визначення ε складена спеціальна таблиця. Методом лінійної інтерполяції наведених в ній даних легко визначити ε в широкому діапазоні відношень R_2 / R_1 .

У випадку $R_2 / R_1 \geq 0,9$ замість таблиці можна використовувати наближену формулу:

$$\varepsilon^2 = \sqrt{\left[\frac{4 \cdot (5 + R_2 / R_1)}{3 \cdot (3 + R_2 / R_1)} \right]^2 + \frac{64 \cdot (1 - R_2 / R_1)}{3 \cdot (3 + R_2 / R_1)} - \frac{4 \cdot (5 + R_2 / R_1)}{3 \cdot (3 + R_2 / R_1)}}. \quad (3)$$

До неї призводить використання апроксимацій:

$$K(\varepsilon) \approx \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon^2}{4} + \frac{9\varepsilon^4}{64} \right); \quad L(\varepsilon) \approx \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{\varepsilon^2}{4} - \frac{3\varepsilon^4}{64} \right); \quad (4)$$

$$D(\varepsilon) \approx \frac{\pi}{4} \left(1 + \frac{3\varepsilon^2}{8} + \frac{15\varepsilon^4}{64} \right); \quad K(\varepsilon) - D(\varepsilon) \approx \frac{\pi}{4} \left(1 + \frac{\varepsilon^2}{8} + \frac{3\varepsilon^4}{64} \right)$$

Підстановка (4) в (2) і відкидання степенів ε вище четвертого перетворює трансцендентне рівняння в наближене бікватратне, що має розв'язок (3).

Для відношення $R_2 / R_1 = 1$ $\varepsilon = 0$, тобто еліптична область контакту становиться круговою.

Таблиця 1

Значення ε^2 , $K(\varepsilon)$ і $L(\varepsilon)$ для різних R_2 / R_1

$10 \frac{R_2}{R_1}$	$10 \varepsilon^2$	$K(\varepsilon)$	$L(\varepsilon)$	$10 \frac{R_2}{R_1}$	$10 \varepsilon^2$	$K(\varepsilon)$	$L(\varepsilon)$
0,2	9,93	3,872	1,012	5,2	5,81	1,930	1,309
0,4	9,84	3,464	1,024	5,4	5,60	1,909	1,320
0,6	9,74	3,226	1,036	5,6	5,38	1,888	1,331
0,8	9,63	3,054	1,047	5,8	5,16	1,868	1,343
1,0	9,50	2,908	1,060	6,0	4,94	1,849	1,354
1,2	9,38	2,805	1,072	6,2	4,71	1,830	1,365
1,4	9,24	2,708	1,084	6,4	4,48	1,812	1,376
1,6	9,10	2,628	1,096	6,6	4,25	1,795	1,387

Продовження таблиці 1

1,8	8,95	2,555	1,109	6,8	4,02	1,779	1,398
2,0	8,80	2,493	1,121	7,0	3,78	1,763	1,410
2,2	8,65	2,438	1,132	7,2	3,55	1,748	1,420
2,4	8,48	2,383	1,145	7,4	3,31	1,732	1,431
2,6	8,32	2,337	1,156	7,6	3,06	1,717	1,443
2,8	8,15	2,293	1,168	7,8	2,82	1,704	1,453
3,0	7,97	2,250	1,181	8,0	2,57	1,690	1,464
3,2	7,79	2,212	1,192	8,2	2,32	1,676	1,475
3,4	7,61	2,177	1,204	8,4	2,07	1,663	1,486
3,6	7,42	2,142	1,216	8,6	1,82	1,651	1,497
3,8	7,23	2,111	1,228	8,8	1,57	1,639	1,507
4,0	7,04	2,081	1,239	9,0	1,31	1,626	1,518
4,2	6,84	2,052	1,251	9,2	1,05	1,615	1,529
4,4	6,64	2,025	1,263	9,4	0,79	1,603	1,539
4,6	6,44	2,000	1,274	9,6	0,53	1,592	1,550
4,8	6,23	1,975	1,286	9,8	0,27	1,582	1,560
5,0	6,02	1,952	1,297	10	0,00	1,571	1,571

У відповідності з розв'язком Г.Герца розподіл тиску в зоні контакту описується виразом [1, 2]:

$$q(x, y) = \frac{3}{2} \cdot \frac{Mg}{\pi ab} \cdot \left(1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \right).$$

Він максимальний у центрі еліптичної площадки і становить:

$$q_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Mg}{\pi ab},$$

що легко обчислити знаючи розміри a і b .

Числові результати. Для проведення розрахунків приймаємо: $R_1 = 0,5 \text{ м}$; $R_2 = 0,15 \text{ м}$; $M = 9 \text{ кг}$; $E = 2 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $\mu = 0,35$; $E_* = 4 \cdot 10^7 \text{ Па}$; $\mu_* = 0,3$. Обчисленням одержуємо: $R_2 / R_1 = 0,3$; $Q = 4,615 \cdot 10^{-7} \text{ Па}^{-1}$. По таблиці знаходимо: $\varepsilon^2 = 0,797$; $D(\varepsilon) = 1,341$. Далі за формулами (1) отримуємо: $a = 0,0297 \text{ м}$; $b = 0,0134 \text{ м}$. Для цих розмірів максимальний надлишковий тиск становить 105923 Па . Таким чином, в центрі площадки контакту повний тиск у два рази перевищує атмосферний.

Висновки. Викладений спосіб, з використанням спеціальної таблиці, дає можливість обчислювати розміри еліптичної області контакту з ґрунтом овочів, які лежать на поверхні землі та визначити

надлишковий тиск, що виникає в зоні контакту. Ця інформація потрібна для розрахунку напружено-деформованого стану овочів, від чого залежить час їх деградації.

Список літератури

1. Штаерман И.Я. Контактная задача теории упругости / И.Я. Штаерман. – М.-Л.: Гостехиздат, 1949. – 272 с.
2. Гурняк Л.І. Опір Матеріалів / Л.І. Гурняк, Ю.В. Гуцуляк, Т.Б. Юзків. – Львів: Новий світ. – 2005. – 364 с.
3. Абрамовиц А. Справочник по специальным функциям (с формулами, графиками и математическими таблицами) / А. Абрамовиц, И. Стиган. М.: Наука. – 1979. 832 с.
4. Янке Е. Специальные функции / Е. Янке, Ф. Эмде, Ф. Леш. – М.: Наука. – 1977. – 344 с.

Аннотация

О КОНТАКТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕКОТОРЫХ ОВОЩЕЙ С ПОЧВОЙ

Рассмотрено контактное взаимодействие с грунтом овощей, которые длительное время растут, а затем созревают на поверхности земли. Для моделирования контактного взаимодействия использовано известное в теории упругости решение задачи Г. Герца. Грунт смоделирован упругим полупространством, а овощи – упругим телом, которое ограничено в зоне контакта с землей поверхностью второго порядка. Получены формулы для вычисления размеров эллиптической области контакта и распределения на ней избыточного давления, вызванного действием веса овощного тела. Показано, что это давление может быть существенным для массивных овощей, таких как: арбузы, дыни, тыквы и др. С целью упрощения расчетов составлена специальная таблица, которая дает возможность найти эксцентриситет области контакта и значения полных эллиптических интегралов первого и второго рода, задействованных в расчетных формулах, при известном отношении главных радиусов кривизны граничной поверхности тела, которое давит на упругое полупространство. Приведен пример расчета.

Ключевые слова: *контактная задача Герца, почву как упругое полупространство, упругое тело овоща, эллиптическая зона контакта, избыточное давление.*

Abstract

ABOUT CONTACT INTERACTION SOME VEGETABLES WITH THE SOIL

The contact interaction with the soil of vegetables which grows for a long time and then ripens on the surface of the earth is considered. To simulate the contact interaction, the solution of the Hertz problem known in the theory of elasticity is used. The soil is modeled by an elastic half-space, and vegetables – by an elastic body, which is limited in the zone of contact with the ground by a surface of the second order. Formulas are obtained for calculating the dimensions of the elliptical region of contact and the distribution of excess pressure on it, caused by the weight of the vegetable body. It is shown that this pressure can be significant for massive vegetables such as watermelons, melons, pumpkins, etc. To simplify the calculations, a special table has been compiled which makes it possible to find the eccentricity of the contact region and the values of the full elliptic integrals of the first and second kind involved in calculated formulas, for a certain ratio of the main radius of curvature of the boundary surface of the body, which presses on the elastic half-space. An example of calculation is given.

Key words: *Hertz contact problem, soil as an elastic half-space, elastic body of the vegetable, elliptical contact zone, overpressure.*

УДК 534.1:539:3

ПРО ПЕРЕТВОРЕННЯ УДАРОМ ЗАДЕМПФОВАНОЇ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ В ОСЦИЛЯТОР

Ольшанський В.П., д.ф.-м.н., проф., Богомолов О.В., д.т.н., проф.,
*(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)*

Богомолов О.О., аспірант
(Луганський національний аграрний університет)

Розглянуто вертикальний абсолютно непружний удар падаючого тіла по твердому тілу, яке закріплено на пружині з в'язким демпфером. Показано, що внаслідок такого удару неколивальна дисипативна система, з властивим їй аперіодичним рухом, може переходити в дисипативну коливальну систему. З'ясовано достатні для цього умови. Одержано аналітичні розв'язки диференціального рівняння коливального руху після удару. Виведено замкнені формули для обчислення максимального переміщення системи і часу його досягнення. Показано, що одержані аналітичні

результати узагальнюють відому формулу Кокса в теорії механічного удару. Досліджено також аперіодичний рух неколивальної дисипативної системи, коли вона залишається такою після удару. Показано, що і в цьому випадку коефіцієнти динамічності переміщень і зусиль теж можуть бути великими, тобто значно більшими двох одиниць.

Ключові слова: задемпфована механічна система, лінійне в'язке тертя, механічний удар, узагальнення формули Кокса, коефіцієнти динамічності, переміщення і зусилля.

Постановка задачі. З теорії механічного удару відомо, що короткочасне динамічне навантаження може призвести до великих переміщень і напружень і бути причиною руйнування пружних елементів конструкцій або порушення їх працездатності [1-4]. Тому розрахункам на механічний удар приділяється значна увага в науковій і навчальній літературі [5-8]. Але, незважаючи на суттєві досягнення в цій галузі прикладної механіки, залишається недостатньо вивченою динаміка систем з урахуванням в'язкого тертя, яким часто нехтують з метою спрощення теорії, виходячи з малої тривалості удару. Певним винятком у цьому відношенні є робота [3], де враховують вплив лінійного в'язкого опору на величину переміщень і зусиль, які виникають у коливальній дисипативній системі при імпульсному навантаженні. Але там йдеться не про механічний удар, а про короткочасне силове імпульсне навантаження осцилятора. На відміну від згаданих публікацій, тут розглядається рух неколивальної суттєво дисипативної системи в в'язким демпфером при механічному ударі падаючим тілом. Показано, що внаслідок непружного удару, за рахунок миттєвого приросту маси, вихідна задемпфована система може набувати коливальні властивості, яких вона не мала до удару.

Метою статті є виведення та апробація формул для розрахунку переміщення і внутрішнього зусилля в суттєво дисипативній системі при непружному вертикальному ударі важким твердим тілом, тобто ставиться задача узагальнення результатів, одержаних в теорії удару ідеально пружних тіл.

Основні матеріали досліджень. Припускаємо, що аперіодичний рух системи з одним ступенем вільності, внаслідок початкового збурення, описується диференціальним рівнянням:

$$m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0,$$

у якому m – маса тіла, підданого удару, μ – коефіцієнт в'язкості демпфера, c – коефіцієнт жорсткості пружини; $x(t)$ – вертикальне

переміщення системи; крапка над x означає похідну за часом t .

Параметри вихідної системи до удару такі, що виконується умова:

$$\mu \geq 2\sqrt{cm} \text{ або } m \leq \frac{\mu^2}{4c}. \quad (1)$$

Система, що знаходилась в стані спокою при $x = 0$, починає рухатись внаслідок вертикального удару твердим тілом масою m_0 , що вдаряє зі швидкістю v_0 .

При абсолютно непружному ударі маса системи отримує значення $M = m + m_0$ і починає рух зі швидкістю:

$$v = \frac{mv_0}{M}.$$

Рух системи після удару, який вважаємо миттєвим, буде описуватись диференціальним рівнянням:

$$M\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = m_0g, \quad (2)$$

де g – прискорення вільного падіння.

Рівняння (2) доводиться розв'язувати при початкових умовах:

$$x(0) = 0; \quad \dot{x}(0) = v. \quad (3)$$

Внаслідок збільшення маси системи після удару може порушитись умова (1). Тому далі розглянемо три варіанти руху системи після удару.

1. Нехай маса тіла, яке вдаряє, m_0 така, що:

$$m_0 > \frac{\mu^2}{4c} - m \text{ або } M > \frac{\mu^2}{4c}. \quad (4)$$

Тоді виконується нерівність:

$$\left(\frac{\mu}{2M}\right)^2 - \frac{c}{M} < 0$$

і корені характеристичного рівняння:

$$K^2 + \frac{\mu}{M}K + \frac{c}{M} = 0 \quad (5)$$

комплексно спряжені.

У цьому випадку розв'язок рівняння (2), який задовольняє початковим умовам (3), має вигляд:

$$x(t) = x_c + x_c \left[\frac{1}{\omega} \left(\frac{v_0 c}{mg} - \beta \right) \sin(\omega t) - \cos(\omega t) \right] e^{-\beta t}. \quad (6)$$

Тут $\beta = \frac{2\mu}{M}$; $\omega = \sqrt{\frac{c}{M} - \beta^2}$; $x_c = \frac{m_0 g}{c}$ – статичне переміщення системи під дією ваги тіла, що вдарає.

Зміна швидкості руху маси M відбувається за законом:

$$\dot{x}(t) = \frac{cx_c}{Mg} \left[v_0 \cos(\omega t) + \frac{1}{\omega} (g - \beta v_0) \sin(\omega t) \right] e^{-\beta t}. \quad (7)$$

Для обчислення внутрішнього зусилля в системі $F(t)$ маємо формулу

$$F(t) = cx(t) + \mu \dot{x}(t) = F_c \left\{ 1 + [A \sin(\omega t) - B \cos(\omega t)] e^{-\beta t} \right\}. \quad (8)$$

Тут $A = \frac{1}{\omega} \left[\frac{v_0 c}{Mg} - \beta + \frac{\mu}{Mg} (g - \beta v_0) \right]$; $B = \left(1 - \frac{\mu v_0}{Mg} \right)$; $F_c = cx_c$ – зусилля в пружині, яке виникає при статичному навантаженні системи вагою $m_0 g$ тіла, що вдарає.

Як бачимо, після удару переміщення, швидкість і внутрішнє зусилля в системі мають вигляд згасаючих коливань. Отже, вихідна неколивальна дисипативна система стала коливальною внаслідок непружного удару. Умовою такого перетворення є нерівність (4).

Дослідження переміщення (6) на екстремум дає наступну формулу для обчислення його найбільшого значення:

$$\max x(t) = x(t_*) = x_c \left(1 + e^{-\beta t_*} \sqrt{1 + \frac{cv_0^2}{Mg^2} - \frac{2\beta v_0}{g}} \right). \quad (9)$$

Цей екстремум досягається в момент часу:

$$t = t_* = \frac{1}{\omega} (\pi - \alpha), \quad (10)$$

$$\text{де } \alpha = \begin{cases} \arctg \frac{\omega v_0}{g - \beta v_0} & \beta v_0 < g \\ \frac{\pi}{2} & \text{при } \beta v_0 = g \\ \pi - \arctg \frac{\omega v_0}{\beta v_0 - g} & \beta v_0 > g \end{cases}$$

Згідно з (9) коефіцієнт динамічності $K_{\delta} = \frac{x(t_*)}{x_c}$ подається

виразом:

$$K_{\delta} = 1 + \sqrt{1 + \frac{cv_0^2}{Mg^2} - 2 \frac{\beta v_0}{g}} \exp \left[-\frac{\beta}{\omega} (\pi - \alpha) \right].$$

При безударному навантаженні, коли $v_0 = 0$; $\alpha = 0$:

$$K_{\delta} = 1 + \exp \left(-\frac{\beta \pi}{\omega} \right) < 2,$$

що узгоджується з довідником [9].

Без урахування сили в'язкого опору ($\beta = 0$), формула (9) набуває вигляд:

$$x(t_*) = x_c \left(1 + \sqrt{1 + \frac{cv_0^2}{Mg^2}} \right)$$

і співпадає з відомою формулою Кокса [4, 8].

Таким чином, розглянута теорія узагальнює відомі результати, одержані без урахування дії дисипативних сил.

Значимо, що найбільші значення переміщення і внутрішнього зусилля досягаються в різні моменти часу. Дослідження виразу (8) на екстремум дає формулу:

$$\max F(t) = F(t^*) = F_c \left(1 + \frac{A|\lambda| - B \operatorname{sign}(\lambda)}{\sqrt{1 + \lambda^2}} e^{-\beta t^*} \right). \quad (11)$$

$$\text{Тут } \lambda = \frac{A\omega + B\beta}{A\beta - B\omega}; t^* = \frac{1}{\omega} \begin{cases} \arctg \lambda & \text{при } \lambda > 0 \\ \pi + \arctg \lambda & \text{при } \lambda < 0 \end{cases}. \quad (12)$$

Час t^* менший, ніж t_* , тобто максимум внутрішнього зусилля досягається раніше, ніж максимум переміщення.

Коефіцієнт динамічності по внутрішньому зусиллю $K_{\delta}^* = \frac{F(t^*)}{F_c}$ можна обчислити по формулі:

$$K_{\delta}^* = 1 + \frac{A|\lambda| - B \operatorname{sign}(\lambda)}{\sqrt{1 + \lambda^2}} e^{-\beta t^*}$$

Із фізичних міркувань впливає, що $K_{\delta}^* \geq K_{\delta}$. Рівність цих

коефіцієнтів маємо, коли $\beta = 0$.

З метою перевірки вірогідності виведених формул розглянено приклад. Для проведення розрахунків приймаємо: $m = 1$ кг, $m_0 = 9$ кг, $c = 4 \cdot 10^3$ Н/м, $\mu = 130$ кг/с; $v_0 = 20/9$ м/с. Цим числовим даним відповідає: $\beta = 6,5$ с⁻¹; $M = 10$ кг; $\omega = \sqrt{357,75}$ с⁻¹; $x_c = 0,02207$ м; $F_c = 88,29$ Н. Подальші розрахунки по формулах (9) і (10) дають: $\alpha = 1,68061$; $t_* = 0,07724$ с, $\max x(t) = 0,07965$ м. Коефіцієнт динамічності переміщення становить $K_\delta = 3,6091$. За формулами (11), (12) одержуємо: $A = 4,12223$; $B = -1,94484$; $\lambda = 1,02749$; $t^* = 0,04224$ с; $\max F(t) = 377,4927$ Н. Отже, коефіцієнт динамічності внутрішнього зусилля $K_\delta^* = 4,2756 > K_\delta$.

Графіки $x(t)$ і $F(x)$ у безрозмірній формі подано на рис.1.

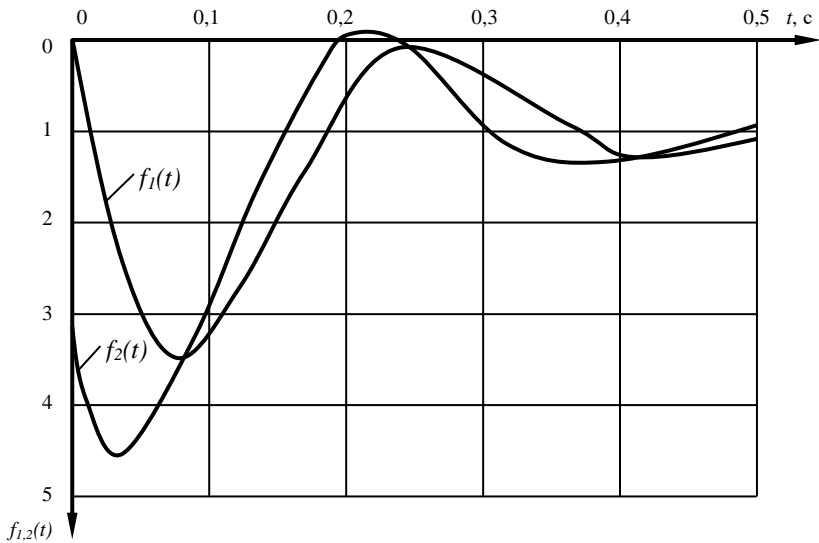


Рис. 1. Графіки $f_1(t)$ і $f_2(t)$ при $M > \frac{\mu^2}{4c}$

Внаслідок припущення про миттєвість удару, функція $f_2(t) = \frac{F(t)}{F_c}$ має розрив першого роду при $x = 0$. Найбільше

значення цієї функції перевершує найбільше значення функції $f_1(t) = \frac{x(t)}{x_c}$. Воно досягається раніше, ніж у функції $f_1(t)$. Обидві функції описують згасаючі коливання і з ростом t прямують до одиниці.

2. Другий варіант руху системи після удару маємо, коли:

$$M < \frac{\mu^2}{4c}.$$

У цьому випадку неколивальна дисипативна система залишається такою і після удару. Обидва некратні корені рівняння (5) дійсні, від'ємні, а розв'язок задачі (2), (3) має вигляд:

$$x(t) = x_c + \frac{x_c}{K_1 - K_2} \left[\left(K_2 + \frac{v}{x_c} \right) e^{K_1 t} - \left(K_1 + \frac{v}{x_c} \right) e^{K_2 t} \right], \quad (13)$$

де $K_{1,2} = -\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \frac{c}{M}}$, і описує аперіодичний рух.

У відповідності з (13) швидкість руху і внутрішнє зусилля подаються виразами:

$$\dot{x}(t) = \frac{x_c}{K_1 - K_2} \left[K_1 \left(K_2 + \frac{v}{x_c} \right) e^{K_1 t} - K_2 \left(K_1 + \frac{v}{x_c} \right) e^{K_2 t} \right]; \quad (14)$$

$$F(t) = F_c \left(1 + P e^{K_1 t} - Q e^{K_2 t} \right),$$

де $P = \frac{1}{K_1 - K_2} \left(K_2 + \frac{v}{x_c} \right) \left(1 + \frac{\mu K_1}{c} \right)$, $Q = \frac{1}{K_1 - K_2} \left(K_1 + \frac{v}{x_c} \right) \left(1 + \frac{\mu K_2}{c} \right)$.

Найбільше значення переміщення має при:

$$t = t_* = \frac{1}{K_1 - K_2} \ln \frac{K_2 (x_c K_1 + v)}{K_1 (x_c K_2 + v)}. \quad (15)$$

Воно становить:

$$\max x(t) = x(t_*) = x_c \left[1 - \left(1 + \frac{v}{x_c K_2} \right) \left(\frac{K_2 (x_c K_1 + v)}{K_1 (x_c K_2 + v)} \right)^{\frac{K_1}{K_1 - K_2}} \right]. \quad (16)$$

Мінімальне значення:

$$F_m = F(t_m) = F_c \left[1 + P \left(1 - \frac{K_1}{K_2} \right) \left(\frac{QK_2}{PK_1} \right)^{\frac{K_1}{K_1 - K_2}} \right] \quad (17)$$

внутрішнє зусилля отримує в момент часу:

$$t = t_m = \frac{1}{K_1 - K_2} \ln \left(\frac{QK_2}{PK_1} \right). \quad (18)$$

Для відносно великих швидкостей удару $F(t)$ найбільше при $t = 0$. Саме про це йдеться в [3].

Заслугує окремої уваги силове безударне навантаження з нульовою початковою швидкістю. У цьому випадку:

$$\begin{aligned} x(t) &= x_c + \frac{x_c}{K_1 - K_2} (K_2 e^{K_1 t} - K_1 e^{K_2 t}); \\ \dot{x}(t) &= \frac{x_c K_1 K_2}{K_1 - K_2} (e^{K_1 t} - e^{K_2 t}); \end{aligned} \quad (19)$$

$$F(t) = F_c \left[1 + \frac{K_2}{K_1 - K_2} \left(1 + \frac{\mu K_1}{c} \right) e^{K_1 t} - \frac{K_1}{K_1 - K_2} \left(1 + \frac{\mu K_2}{c} \right) e^{K_2 t} \right].$$

Тут $x(t)$ монотонна функція часу. Швидкість $\dot{x}(t)$ має максимум при

$$t = t_e = \frac{1}{K_1 - K_2} \ln \frac{K_2}{K_1} \quad (20)$$

і він визначається формулою:

$$\max \dot{x}(t) = \dot{x}(t_e) = -x_c K_1 \left(\frac{K_2}{K_1} \right)^{\frac{K_1}{K_1 - K_2}}.$$

Зусилля $F(t)$ досягає максимуму при:

$$t = t^* = \frac{1}{K_1 - K_2} \ln \frac{c + \mu K_2}{c + \mu K_1} \quad (21)$$

і він становить:

$$\max F(t) = F(t^*) = F_c \left[1 - \left(1 + \frac{\mu K_1}{c} \right) \left(\frac{c + \mu K_2}{c + \mu K_1} \right)^{\frac{K_1}{K_1 - K_2}} \right]. \quad (22)$$

З ростом t указані в (19) величини мають наступну асимптотичну поведінку: $x(t) \rightarrow x_c$, $\dot{x}(t) \rightarrow 0$, $F(t) \rightarrow F_c$.

Для апробації виведених формул розглянемо числовий приклад. Розрахунки проводимо при: $m = m_0 = 2$ кг; $c = 2 \cdot 10^3$ Н/м, $\mu = 200$ кг/с; $v_0 = 10$ м/с. Для цих вихідних даних: $M = 4$ кг; $v = 5$ м/с; $x_c = 0,00981$ м; $F_c = 19,62$ Н; $K_1 = -13,81966$ с⁻¹; $K_2 = -36,180340$ с⁻¹; $\beta = 25$ с⁻¹. Обчислені по формулам (15) і (16) величини дорівнюють: $t_* = 0,07865$ с; $\max x(t) = x(t_*) = 0,07865$ м. Розрахунок по формулах (17) і (18) дає: $\min F(t) = F(t_m) = 3,61630$ Н; $t_m = 0,13119$ с. Безрозмірні значення переміщення і зусилля, до яких призводять формули (13) і (14) при різних t , записано в табл. 1.

Таблиця 1

Значення $f_1(t) = \frac{x(t)}{x_c}$ і $f_2(t) = \frac{F(t)}{F_c}$ при $v = 5$ м/с

$t, \text{с}$	$f_1(t)$	$f_2(t)$	$t, \text{с}$	$f_1(t)$	$f_2(t)$
0,000	0,000	50,968	0,18	2,727	0,414
0,005	2,256	41,901	0,20	2,319	0,532
0,01	3,999	34,387	0,22	2,005	0,633
0,02	6,307	23,022	0,24	1,764	0,716
0,03	7,499	15,266	0,26	1,581	0,782
0,04	7,967	10,003	0,28	1,441	0,834
t_*	8,017	8,017	0,30	1,335	0,873
0,05	7,978	6,458	0,32	1,254	0,903
0,06	7,711	4,094	0,34	1,193	0,927
0,07	7,286	2,538	0,36	1,146	0,944
0,08	6,783	1,535	0,38	1,111	0,958
0,09	6,250	0,905	0,40	1,084	0,968
0,10	5,722	0,527	0,42	1,064	0,976
0,12	4,744	0,215	0,44	1,048	0,982
t_m	4,263	0,184	0,46	1,037	0,986
0,14	3,919	0,198	0,48	1,028	0,989
0,16	3,252	0,291	0,50	1,021	0,992

Аналіз числових результатів позує, що найбільше значення

внутрішнє зусилля $F(t)$ має при $t=0$, що узгоджується з [3]. Коефіцієнт динамічності по переміщенню $K_\delta = 8,017$, хоча він значно менший, ніж K_δ^* . З ростом t функції $f_1(t)$ і $f_2(t)$ прямують до одиниці.

Розраховані безрозмірні $x(t)$ і $F(t)$ по формулах (19), зі збереженням попередніх вихідних даних, але при $v_0 = 0$, записано в табл. 2.

Таблиця 2

Значення $f_1(t)$ і $f_2(t)$ при $v_0 = 0$

t, c	$f_1(t)$	$f_2(t)$	t, c	$f_1(t)$	$f_2(t)$
0,000	0,000	0,000	t^*	0,935	1,116
0,005	0,006	0,226	0,09	0,557	1,116
0,01	0,021	0,411	0,10	0,610	1,112
0,02	0,072	0,684	0,12	0,700	1,097
0,03	0,140	0,862	0,14	0,770	1,079
0,04	0,214	0,975	0,16	0,825	1,063
t_e	0,238	1,000	0,18	0,866	1,049
0,05	0,290	1,045	0,20	0,898	1,038
0,06	0,364	1,085	0,30	0,974	1,010
0,07	0,434	1,106	0,40	0,994	1,002
0,08	0,499	1,115	0,50	0,998	1,001

Значення $t_e = 0,04304$ с і відповідні йому $x(t_e)$ і $F(t_e)$ обчислено по формулам (19) і (20). В таблиці 2 також враховано, що, згідно з (21) і (22), $t^* = 0,08608$ с; $F(t^*) = 21,9008$ Н. Тут при безударному навантаженні миттєво прикладеною силою коефіцієнти динамічності K_δ і K_δ^* близькі до одиниці і виконуються нерівність $K_\delta^* > K_\delta$, бо $K_\delta^* = 1,116$, а $K_\delta = 1$.

3. Третій варіант післяударного руху системи маємо при:

$$M = \frac{\mu^2}{4c}.$$

У цьому випадку формули переміщення, швидкості руху і внутрішнього зусилля можна одержати з (6), (7) і (8) граничним переходом $\omega \rightarrow 0$. Цей перехід дає:

$$\begin{aligned}
 x(t) &= x_c \left\{ 1 + \left[\left(\frac{v_0 c}{Mg} - \beta \right) t - 1 \right] e^{-\beta t} \right\}; \\
 \dot{x}(t) &= \frac{m_0}{M} [v_0 + (g - v_0 \beta) t] e^{-\beta t}; \\
 F(t) &= F_c [1 + (St - R) e^{-\beta t}]
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

Тут $S = \left(1 - \frac{\beta v_0}{g} \right) \left(\frac{\mu}{M} - \beta \right)$; $R = 1 - \frac{\mu v_0}{Mg}$.

Маємо аперіодичний рух.

Максимальне значення переміщення:

$$\max x(t) = x(t_*) = x_c \left\{ 1 + \left[\left(\frac{v_0 c}{Mg} - \beta \right) t_* - 1 \right] e^{-\beta t_*} \right\}
 \tag{24}$$

досягається при:

$$t_* = \frac{v_0}{\beta v_0 - g}.
 \tag{25}$$

Мінімум внутрішнє зусилля досягає при:

$$t = t_m = \frac{S + \beta R}{\beta S}.
 \tag{26}$$

Цей мінімум подається виразом:

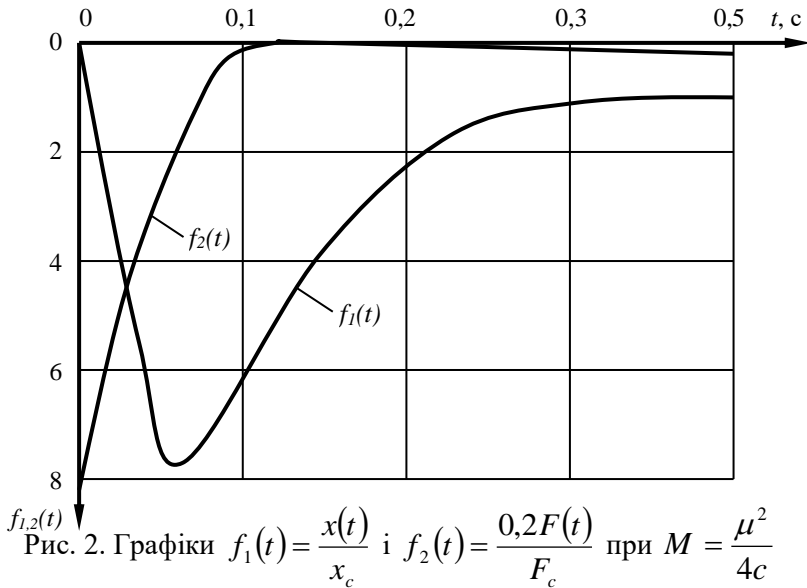
$$\min F(t) = F(t_m) = F_c \left(1 + \frac{S}{\beta} e^{-\beta t_m} \right).
 \tag{27}$$

Одержані, з використанням формул (23), графіки переміщення та внутрішнього зусилля в безрозмірній формі подано на рис. 2. Розрахунки проведено при: $c = 2 \cdot 10^3$ Н/м; $m = 3$ кг; $m_0 = 2$ кг; $\mu = 200$ кг/с; $v_0 = 10$ м/с.

Згідно з (24) і (25), при $t_* = 0,05258$ с переміщення має максимум $x(t_*) = 0,07626$ м. Найбільше значення зусилля припадає на $t = 0$. За розрахунками по формулах (26) і (27) внутрішнє зусилля має мінімум при $t_m = 0,15258$ с. Він становить $F(t_m) = 1,63405$ Н. З

ростом t відношення $\frac{x(t)}{x_c}$ і $\frac{F(t)}{F_c}$ асимптотично прямують до

одиниці.



Висновки. В залежності від маси тіла, яке вдаряє по задемпфованій неколивальній системі, після удару вона може переходити в осцилятор або залишатись неколивальною. Незалежно від цього, при відносно великих швидкостях удару, коефіцієнти динамічності значно перевершують дві одиниці, причому коефіцієнт динамічності у внутрішнього зусилля більший, ніж у переміщення. Із одержаних теоретичних результатів, як частинний випадок, впливає відома формула Кокса, яка була покладена в основу технічної теорії удару твердих тіл.

Список літератури

1. Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел/ В.Гольдсмит. – Москва: Госстройиздат, 1965. – 447 с.
2. Кильчевский Н.А. Теория соударений твердых тел/ Н.А.Кильчевский – Киев: Наукова думка, 1969. – 247 с.
3. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара/ Я.Г.Пановко. – Москва: Наука, 1977. – 232 с.
4. Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем/ А.П.Филиппов.– Москва: Машиностроение, 1970. – 734 с.

5. Филиппов А.П. Деформирование элементов конструкций под действием ударных и импульсных нагрузок /А.П.Филиппов, С.С.Кохманюк, Е.Г.Янютин. – Киев: Наукова думка, 1978. – 183 с.

6. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Г.С.Писаренко, О.Л.Квітка, Е.С.Уманський. – Київ: Вища школа, 2004. – 655 с.

7. Шкельов Л.Т. Опір матеріалів / Л.Т.Шкельов, А.М.Станкевич, Д.В.Пашивач. – Київ: ЗАТ «Віпол», 2011. – 456 с.

8. Ольшанский В.П. Колебания стержней и пластин при механическом ударе / В.П.Ольшанский, Л.Н.Тищенко, С.В.Ольшанский. – Харьков: Миськдрук, 2012. – 320 с.

9. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах. – Москва: Машиностроение, 1978 – т.1. Колебания линейных систем. – 352 с.

Аннотация

О ПРЕОБРАЗОВАНИИ УДАРОМ ЗАДЕМПФИРОВАННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ОСЦИЛЛЯТОР

Рассмотрено вертикальный абсолютно неупругий удар падающего тела по твердому телу, которое закреплено на пружине с вязким демпфером. Показано, что вследствие такого удара неколебательная диссипативная система, со свойственным ей аperiодическим движением, может перейти в диссипативную колебательную систему. Установлены достаточные для этого условия. Получено аналитическое решение дифференциального уравнения колебательного движения после удара. Выведено замкнутые формулы для вычисления максимального перемещения системы и времени его достижения. Показано, что полученные аналитические результаты обобщают известную формулу Кокса в теории механического удара. Исследовано также аperiодическое движение неколебательной диссипативной системы, когда она остается такой после удара. Показано, что и в этом случае коэффициенты динамичности перемещений и усилий также могут быть большими, т.е. значительно превышать две единицы. Установлено, что коэффициент динамичности по усилию превышает коэффициент динамичности по перемещению. Приведены примеры расчетов, которые подтверждают адекватность выведенных формул.

Ключевые слова: *задемпфированная механическая система, линейное вязкое трение, механический удар, обобщенная формула Кокса, коэффициенты динамичности, перемещения и усилия.*

Abstract

ON THE TRANSFORMATION OF THE SHOCK OF THE ZIDEMPORATED MECHANICAL SYSTEM IN THE OSCILLATOR

The vertical absolutely inelastic impact of a falling body on a solid body, which is fixed on a spring with a viscous damper, is considered. It is shown that, as a result of such a shock, an oscillatory dissipative system, with its characteristic aperiodic motion, can transform into a dissipative oscillatory system. Sufficient conditions are established for this. An analytical solution of the differential equation of oscillatory motion after impact is obtained. Closed formulas are derived for calculating the maximum displacement of the system and the time it takes to reach it. It is shown that the obtained analytical results generalize the well-known Cox formula in the theory of mechanical impact. The aperiodic motion of an oscillatory dissipative system is also studied when it remains so after impact. It is shown that even in this case the dynamic coefficients of displacements and forces can also be large, i.e. considerably exceed two units. It is established that the dynamic gain coefficient exceeds the dynamic factor by displacement. Princes of calculations are given, which confirm the adequacy of the derived formulas.

Key words: *closed mechanical system, linear viscous friction, mechanical shock, generalized Cox formula, coefficients of dynamism, displacement and effort.*

УДК 669.018: 669.295: 621.785: 621.9

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СВЕКЛОРЕЗНЫХ НОЖЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ И КАРБОНИТРАЦИИ

**Спольник А.И., д.ф.-м.н., проф., Калиберда Л.М., доц.,
Гайдусь А.Ю., к.т.н., доц.**

*(Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко)*

Комплексным исследованием установлено существенное влияние лазерной обработки и карбонитрации на твердость, износостойкость и теплопроводность стали У7А, используемой для изготовления ножей для измельчения сахарной свеклы. Изучено влияние этих обработок и их сочетания на эксплуатационные характеристики ножей.

Проблема. Применение режущих инструментов в сахарной промышленности предусматривает повышенные требования к их прочности и износостойкости. Для резания свеклы применяют специальные свеклорезные (диффузионные) ножи. В настоящее время наибольшее распространение получили безреберные свеклорезные ножи, изготавливаемые из инструментальной стали У7 и У7А. Согласно существующим данным, на Украине на сахарных заводах средней мощности за смену выходят из строя около 500 штук диффузионных ножей. В результате тратится много времени на замену ножей, т.е. снижается производительность труда. Ножи не подлежат ремонту, затрачиваются средства (средняя цена одного ножа 200грн) на закупку новых. Это отрицательно сказывается на рентабельности производства сахара.

Анализ литературных данных. Для повышения ресурса эксплуатации ножей являются целесообразным апробация новых способов повышения износостойкости и их режущей поверхности.

Существует более сотни методов поверхностной упрочняющей обработки металлов и сплавов, с помощью которых удается в той или иной степени повышать работоспособность деталей узлов трения и инструментов [1]. Технология поверхностного упрочнения совершенствуется все более ускоряющимися темпами, чему в немалой степени способствует развитие теоретических представлений о поверхностной прочности металлов.

По назначению все методы упрочнения поверхностей трения можно разбить на две группы. К первой относятся те из них, которые позволяют получать поверхность со свойствами, обеспечивающими возможность оптимальной перестройки и дополнительного упрочнения в условиях эксплуатации (образование вторичных структур). Это механический и фазовый наклеп, некоторые виды физико-термической обработки. Все они расширяют диапазон процессов нормального трения и изнашивания. Вторую группу составляют методы создания первичных структур с максимально возможной стабильностью по отношению к химическим и механическим воздействиям.

Резание сопровождается развитием высоких контактных напряжений и температур, т.е. условий, которые практически не реализуются при нормальном трении. В связи с этим, при резании имеют место наростообразование, формирование застойных зон, изнашивание рабочих поверхностей инструментов, не соответствующее интенсивности критериям нормального трения,

образование ювенильных поверхностей обрабатываемого металла, которое способствует развитию схватывания.

Таким образом, лезвия инструментов находятся в условиях интенсивного механического и теплового воздействия, поэтому процесс активации при резании может протекать весьма интенсивно. Следовательно, основная задача поверхностного упрочнения инструментов сводится к созданию высокостабильных первичных структур. С этой целью можно использовать некоторые из методов поверхностного упрочнения второй группы, в частности борирование, карбонитрацию, азотирование, поверхностную термическую обработку, электроискровое легирование, нанесение износостойких покрытий.

Поверхностная термическая обработка (ПТО) применяется в тех случаях, когда необходимо изменить свойства поверхности, не повлияв значительно на свойства сердцевины изделия. ПТО основана на методах нагрева, позволяющих осуществить кратковременный и интенсивный подвод энергии к поверхности изделия, в силу чего поверхностные объемы быстро разогреваются до необходимой температуры, а подповерхностные остаются практически холодными. При анализе влияния поверхностного упрочнения инструментов из быстрорежущих сталей на их работоспособность главное внимание обращают на изменения твердости, теплостойкости и износостойкости инструментального материала. Одним из основных факторов, влияющих на работоспособность инструментов из быстрорежущих сталей, является температурный режим резания, определяющий характер контактных процессов на рабочих поверхностях инструментов и закономерности наростообразования на передней поверхности [2]. Сталь У7А очень чувствительна к температурному режиму, что является частой причиной выхода из строя изготовленных из нее режущих инструментов.

Постановка задачи. Для повышения ресурса эксплуатации ножей целесообразна апробация новых способов повышения их износостойкости и оптимизация режимов существующих методов обработки их режущей поверхности.

Из известных способов поверхностного упрочнения [1-2] лишь немногие можно использовать для повышения работоспособности режущих инструментов из быстрорежущих сталей. Среди таких способов значительный интерес представляют еще редко применяющиеся и недостаточно изученные лазерная обработка [3,4] и карбонитрация [5,6]. Далее, при анализе влияния поверхностного упрочнения инструментов из быстрорежущих сталей на их

работоспособность главное внимание обращают на изменения твердости, теплостойкости и износостойкости инструментального материала. Углеродистые инструментальные стали У-7, У-7А относятся к нетеплостойким сталям, небольшой прокаливаемости и повышенной вязкости. Эти стали чувствительны к перегреву, поэтому режимы термической обработки (отжиг, закалка) должны выдерживаться в довольно узких пределах. В работе [7] предложен комплексный подход к проблеме износостойкости свеклорезных ножей. Большим достоинством этой работы является проведение испытаний предложенного комплекса упрочнения на реальных аппаратах для измельчения свеклы. Выбор того или иного метода упрочнения остается за заводами-изготовителями ножей. Этот выбор связан с затратами на их внедрение и дальнейшее использование. Разработка более доступных методов, как по технологии, так и по затратам, безусловно актуально. В настоящей работе ставится задача проверки применимости методики повышения износостойкости режущего инструмента, предложенной в [8], к стали У-7А.

Методика исследований и результаты. Используя методику, описанную в [7], заготовки образцов для исследований в виде кубиков с размером ребра 10 мм вырезали из прутков стали У7А в состоянии поставки. Заготовки подвергали обычной для этой стали термообработке: закалке от 800°С в масло и последующему трехкратному отпуску при 560 °С (длительность каждого отпуска 1 ч, охлаждение с печью). Твердость стали после термообработки составляла (54 – 64)HRC_э.

Далее заготовки со всех сторон шлифовались на глубину 1 мм. Готовые образцы для исследований имели форму кубика с размером ребра 10 мм. Режущую поверхность затачивали на универсальном заточном станке модели ЭП-642 эльборовым кругом. Геометрия заточки: $\gamma = 0^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 12^\circ$; $\lambda = 0^\circ$, где γ - передний угол; φ - главный угол в плане; φ_1 - вспомогательный угол в плане; α - задний угол; α_1 - вспомогательный задний угол; λ - угол наклона главного лезвия. Такой выбор геометрии режущей части резца обусловлен стремлением упростить методику изучения прочностных характеристик.

Изготовленные образцы были использованы для металлографических исследований влияния карбонитрации и лазерной обработки на структуру стали, для измерения твердости.

Карбонитрацию осуществляли в печи Ц-75 при 570°С ($\pm 10^\circ$ С) в течение 20 мин. Для получения рабочей атмосферы использовали

гранулированный карбамид (величина гранул 1...5 мкм). Поскольку на поверхности стали при карбонитрации образуется рыхлый слой окалины толщиной ~100 мкм, все образцы и ножи после обработки зачищали наждачной шкуркой. Микротвёрдость после этого была равной (11500...13000) МПа.

Лазерную обработку осуществляли на импульсной лазерной установке "Квант-16". Задавшись диаметром пучка 4,5 мм и длительностью импульса $5 \cdot 10^{-3}$ с, в широких пределах варьировали наиболее важный параметр обработки - энергию импульса (10...30 Дж). Оптимальный режим обработки (плотность энергии $1,8 \text{ Дж/мм}^2$) был использован для упрочнения образцов.

Изучение зависимости микроструктуры, образующейся в результате лазерного воздействия на поверхность, от плотности энергии в пучке позволило выбрать оптимальный режим обработки, приводящий к формированию специфической структуры. Полученная структура отличалась слабой травимостью в 4%-м растворе азотной кислоты в этиловом спирте, более высоким по сравнению с исходным состоянием стали (после термообработки) твердостью и износостойкостью. Металлографические исследования стали У7А после лазерной обработки по оптимальному режиму показывают, что глубина упрочненного слоя составляет ~ 50 мкм.

Исследование микроструктуры стали У7А после карбонитрации и лазерной обработки осуществляли на металлографическом микроскопе МИМ- 7, микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 г.

Исследование зависимости микротвердости от глубины залегания исследуемых объемов под поверхностью карбонитрированного образца позволили выделить две области: приповерхностную толщиной 5...6 мкм, где микротвердость имеет одинаковый уровень (~ 10 000 МПа), и внутреннюю область толщиной ~15 мкм, где микротвердость монотонно уменьшается от 10000 МПа до уровня, характерного для стали после термообработки (~8000 МПа). Результаты измерений микротвердости карбонитрированного слоя (измерения на поверхности образцов) в зависимости от температуры последующего дополнительного отпуска (отпуск осуществляли в муфельной печи под слоем чугуновой стружки; длительность отпуска при каждой температуре 1 ч показали, что твердость карбонитрированного слоя во всем интервале исследуемых температур отпуска на 1400...2200 МПа

выше твердости сердцевины. Таким образом, использованный режим карбонитрации обеспечивает заметное (~ на 50 °С) повышение теплоустойкости стали.

В целом, результаты испытаний позволяют считать, что используемый режим карбонитрации обеспечивает эффективное и характерное для этого вида химико-термической обработки изменение свойств исследуемой стали.

Влияния карбонитрации и лазерной обработки на теплофизические свойства стали Р6М5 подробно исследовано в [8]. Результаты этой работы говорят о том, что карбонитрация приводит к повышению теплопроводности стали, а лазерная обработка - к ее уменьшению. Причина такого влияния указанных обработок на теплопроводность возможно заключается в изменении концентрации легирующих элементов в α - твердом растворе стали в результате карбонитрации. Она уменьшается в связи с частичным уходом легирующих элементов из твердого раствора в образующиеся нитриды, а в случае лазерной обработки - наоборот, концентрация легирующих элементов в твердом растворе увеличивается в связи с частичным растворением карбидной фазы при лазерном нагреве. В случае, когда предметом резания является свекла, теплопроводность ножей не является существенным фактором, влияющим на их износостойкость.

Выводы. Карбонитрация повышает износостойкость и теплопроводность стали. Предлагаемый режим лазерной обработки обеспечивает повышение нагрузки задираобразования и износостойкость стали, но уменьшает ее теплопроводность. Существенно, что этот вид обработки не изменяет форму изделия, позволяет проникать в труднодоступные места и не требует дополнительной обработки изделия после упрочнения. Также известно, что лазерная обработка повышает антикоррозионные свойства стальных изделий. Совместное применение этих видов обработки приводит к существенному увеличению износостойкости изделия из стали У7А.

Список литературы

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. - М: Металлургия, 1981.-424 с.
2. Коровкин А.В., Усачев Г.А., Кравченко С.С. Прогрессивная технология нанесения износостойких покрытий на инструмент и его эксплуатация // Обзорная информация,- Тольятти, 1985.-77 с.

3. К.И. Крылов, В.Т. Прокопенко, А.С. Митрофанов. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. Л.: «Машиностроение», 1978.

4. Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, А.И. Кокора. Лазерная обработка материалов. М.: «Машиностроение», 1975.

5. Д.А. Прокошкин: А.с. №576350 (СССР): Способ химико-термической обработки инструмента. Открытия. Изобрет., 1977, №38, с.58.

6. Д.А. Прокошкин. *Химико-термическая обработка металлов - карбонитрация*. М.: «Металлургия», 1984.

7. И.А. Фабричникова, В.В. Коломиец. Разработка и внедрение комплексного способа упрочнения свеклорезных ножей для срезания стружки.//Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2013.-V.15.- №7.- С.128-234.

8. В.М. Мацевитый, И.Б. Казак, А.И. Спольник. Влияние лазерной обработки, карбонитрации и их сочетания с вакуумно-плазменным покрытием TiN на некоторые свойства стали Р6М5.//ВАНТ. ННЦ ХФТИ, №2, 2001.

Анотація

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СВЕКЛОРЕЗНИХ НОЖЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМБІНОВАНОГО ВПЛИВУ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ І КАРБОНІТРАЦІЇ

Комплексним дослідженням встановлено істотний вплив лазерної обробки і карбонітрації на твердість, зносостійкість і теплопровідність сталі У7А, використовуються для виготовлення ножів для подрібнення цукрових буряків. Вивчено вплив цих обробок та їх поєднання на експлуатаційні характеристики ножів.

Abstract

ABOUT THE POSSIBILITY OF INCREASING THE WEIGHT-RESISTANCE OF BEET CUTTER KNIVES BY MEANS OF COMBINED EXPOSURE TO LASER TREATMENT AND CARBONITRATION

Comprehensive research has established a significant effect of laser processing and carbonitration on the hardness, wear resistance and thermal conductivity of U7A steel used for the manufacture of knives for grinding sugar beet. The effect of these treatments and their combination on the performance characteri

УДК 534.1:539.3

ПРО УДАРНУ ВЗАЄМОДІЮ ВАЖКОГО ТВЕРДОГО ТІЛА З ПРУЖНИМ ПІВПРОСТОРОМ

Ольшанський В.П., д.ф.-м.н., проф., Богомолов О.В., д.т.н., проф.,
(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)

Богомолов О.О., аспірант
(Луганський національний аграрний університет)

Проведено визначення основних характеристик динамічної взаємодії важкого параболоїдного деформівного тіла з пружним півпростором при вертикальному його падінні на півпростір з малої висоти. Досліджено вплив ваги тіла, що вдаряє на його взаємодію з півпростором. Узагальненням класичного варіанту теорії Г.Герца виведен й апробовано розрахунками нові формули для обчислення контактної зближення тіл, тривалості ударної взаємодії, розмірів еліптичної площадки контакту та максимального значення контактної тиску.

Ключові слова: пружний удар, важке деформівне тіло, пружний півпростір, узагальнена теорія Герца.

Постановка задачі. Задачі ударної взаємодії параболоїдних деформівних тіл з іншими масивними пружними тілами виникають при дослідженні падіння їх на підлогу або дно платформи транспортного засобу при збиранні та транспортуванні плодів та овочів деяких сільськогосподарських культур. До них умовно ніжна віднести певні сорти кавунів, динь, капусти та ін. таку форму мають і окремі види зерна, що потребують сепарування, наприклад насіння ріпаку, гороху, сої та інших культур [1]. Ударна взаємодія плодів, овочів, зерна з іншими твердими тілами призводить до їх травмування, що скорочує термін придатності їх для споживання. Тому вивчення динамічних навантажень, яким піддаються плоди при ударах з невеликими швидкостями зіткнення, становить науково-практичний інтерес.

Огляд основних джерел. Для розв'язання цієї задачі можна використовувати класичну теорію удару, запропоновану Герцем, яка дає можливість визначити місцеві деформації та контактні напруження, без урахування хвильових процесів. Ця теорія висвітлена в багатьох публікаціях, зокрема в [2, 3, 4]. Але вона не враховує додаткових динамічних навантажень на тіла, спричинених

дією ваги падаючого тіла, тобто в ній ідеться про горизонтальний удар. В умовах вертикального удару з невеликою швидкістю зіткнення доводиться враховувати, також дію ваги тіла, що вдаряє. Тому далі будемо розв'язувати задачу в узагальненій постановці.

Метою статті є виведення та апробація формул для обчислення основних параметрів ударної взаємодії параболоїдного важкого тіла з іншим пружним тілом великої маси (півпростором) при вертикальному падінні з малої висоти.

Основні матеріали досліджень. Масу тіла, піддаючого удару, вважаємо нескінченною його приймаємо за пружний півпростір, утворений горизонтальною площиною. Контактне зближення тіл після зіткнення $x = x(t)$ описуємо диференціальним рівнянням:

$$m\ddot{x} = mg - \beta x^{3/2}, \quad (1)$$

у якому:

$$\beta = \frac{4\sqrt{R_1} \left(1 + 3\varepsilon^2/8 + 15\varepsilon^4/64\right)^{1/2}}{3Q \left(1 + \varepsilon^2/4 + 9\varepsilon^4/64 + 25\varepsilon^6/256\right)^{3/2}};$$

$$Q = \frac{1 - \mu^2}{E} + \frac{1 - \mu_{\Pi}^2}{E_{\Pi}}; \quad (2)$$

$$\varepsilon^2 = \sqrt{\frac{16\left(5 + R_2/R_1\right)^2}{9\left(3 + R_2/R_1\right)^2} + \frac{64\left(1 - R_2/R_1\right)}{3\left(3 + R_2/R_1\right)} - \frac{4\left(5 + R_2/R_1\right)}{3\left(3 + R_2/R_1\right)}},$$

де m – маса тіла, що вдаряє;

E , μ – його модуль пружності та коефіцієнт Пуассона;

$R_1 \geq R_2$ – головні радіуси кривини поверхні тіла в зоні контакту з півпростором;

E_{Π} , μ_{Π} – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона півпростору;

g – прискорення вільного падіння; крапка над x означає похідну за часом t .

Формула (2) наближена. Вона одержана в результаті заміни повних еліптичних інтегралів першого та другого роду частковими сумами їх степеневих рядів:

$$K(\varepsilon) \approx \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{\varepsilon^2}{4} + \frac{9\varepsilon^4}{64} + \frac{25\varepsilon^6}{256} \right); \quad L(\varepsilon) \approx \frac{\pi}{2} \left(1 - \frac{\varepsilon^2}{4} - \frac{3\varepsilon^4}{64} - \frac{5\varepsilon^6}{256} \right).$$

Похибка формули (2) при $R_2 \geq 0,5R_1$ знаходиться в межах 5 % і дорівнює нулю, коли $R_2 = R_1$.

Рівнення (1) відрізняється від рівнення класичного варіанту теорії пружного удару наявністю додатка mg , що вносить певні зміни у розв'язок, який будемо при початкових умовах:

$$x(0) = 0; \quad \dot{x}(0) = v, \quad (3)$$

де v – швидкість зіткнення тіл.

Якщо падіння відбувається з висоти h , то $v = \sqrt{2gh}$.

Для одержання формули швидкості руху, рівнення (1) подаємо у вигляді:

$$\dot{x}dx = \left(g - \frac{\beta}{m} x^{3/2} \right) dx. \quad (4)$$

Проінтегрувавши (4), з урахуванням (3), отримуємо:

$$\frac{dx}{dt} = v \sqrt{1 + \frac{2g}{v^2} x - \frac{4}{5} \frac{\beta}{mv^2} x^{5/2}}. \quad (5)$$

Звідси впливає рівняння для обчислення максимального зближення тіл γ при ударі:

$$1 + \frac{2g}{v^2} \gamma - \frac{4}{5} \frac{\beta}{mv^2} \gamma^{5/2} = 0. \quad (6)$$

Корінь цього трансцендентного рівнення доводиться визначити числовими методами.

Так за ітераційною формулою Ньютона [5]:

$$\gamma_{n+1} = \frac{v^2 + \frac{6}{5} \frac{\beta}{m} \gamma_n^{5/2}}{2 \left(\frac{\beta}{m} \gamma_n^{3/2} - g \right)}, \quad n = 1, 2, \dots \quad (7)$$

Умовою використання (7) є нерівність:

$$\frac{\beta}{v} \gamma_n^{3/2} - g > 0,$$

тобто корінь рівняння (6) має бути простим і додатнім.

За початкове наближення доцільно брати:

$$\gamma_1 = \left(\frac{5m}{4\beta} v^2 \right)^{2/5}. \quad (8)$$

Саме таке значення γ дає класична теорія [2,4].

Замість (7) для проведення ітерацій, можна також використовувати рекурентне співвідношення:

$$\gamma_{n+1} = \left[\frac{5m}{4\beta} (v^2 + 2g\gamma_n) \right]^{2/5}, \quad n = 1, 2, \dots, \quad (9)$$

яке випливає з (5).

При $g = n = 0$ формула (9) переходить в (8).

Згідно з (5), час ударної взаємодії t_y подається інтегралом:

$$t_y = \frac{2}{v} \int_0^\gamma \frac{dx}{\sqrt{1 + \frac{2gx}{v^2} - \frac{4\beta}{5mv^2} x^{5/2}}}. \quad (10)$$

Переходом до нової змінної інтегрування $y = \frac{x}{\gamma}$ виразу (10) надаємо вигляд:

$$t_y = \frac{2\gamma}{v} I(\lambda),$$

де $I(\lambda) = \int_0^1 \frac{dy}{\sqrt{1 - y^{5/2} + \lambda y(1 - y^{3/2})}}, \quad \lambda = \frac{2g\gamma}{v^2} = \frac{\gamma}{h}.$

Інтеграл $I(\lambda)$ не виражається в елементарних функціях

Тому для обчислень t_y доводиться використовувати лінійну інтерполяцію та спеціально складену таблицю $I(\lambda)$.

Таблиця

Значення $I(\lambda)$

λ	$I(\lambda)$	λ	$I(\lambda)$	λ	$I(\lambda)$
0	1,4716	0,15	1,4272	0,40	1,3624
0,005	1,4701	0,20	1,4134	0,45	1,3506
0,01	1,4685	0,25	1,4000	0,50	1,3391
0,05	1,4563	0,30	1,3870	0,55	1,3280
0,10	1,4415	0,35	1,3745	0,60	1,3172

Значення $I(0) \approx 1,4716$ відповідає класичному варіанту теорії Герца [4].

Зазначимо, що $I(\lambda)$ це збіжний невласний інтеграл другого роду і при його комп'ютерних обчисленнях треба виділити сингулярність у підінтегральній функції, яку вона має при $y = 1$.

Користуючись (10) можна записати інтегральне подання:

$$t_{yn} = \frac{2^\gamma}{v} \int_0^\gamma \frac{dx}{\sqrt{1 + \lambda - \frac{4\beta}{5mv^2} x^{5/2}}} \quad (11)$$

для оцінки знизу часу контактної взаємодії t_{yn} .

Інтеграл в (11) виражається через відому спеціальну функцію. Щоб одержати цей вираз формулі (11) надаємо вигляд:

$$t_{yn} = \sqrt{\frac{5m}{\beta}} \int_0^\gamma \frac{dx}{\sqrt{\alpha^{5/2} - x^{5/2}}},$$

де $\alpha = \left(\frac{5mv^2(1 + \lambda)}{4\beta} \right)^{2/5}$.

Далі вводимо допоміжну змінну інтегрування $u = x/\alpha$. Тоді:

$$t_{yn} = \sqrt{\frac{5m}{\beta\sqrt{\alpha}}} \int_0^{\gamma/\alpha} \frac{du}{\sqrt{1 - u^{5/2}}}.$$

Наступним перетворенням: $u^{5/2} = \xi$; $u = \xi^{2/5}$; $\frac{5}{2}u^{3/2}du = d\xi$,

$du = \frac{2}{5}u^{-3/2}d\xi = \frac{2}{5}\xi^{-3/5}d\xi$, одержуємо:

$$t_{yn} = \frac{2\sqrt{m}}{\sqrt{5\beta\sqrt{\alpha}}} \int_0^w \frac{d\xi}{\xi^{3/5}(1 - \xi)^{1/2}}, \quad (12)$$

де $w = \left(\frac{\gamma}{\alpha} \right)^{5/2}$.

У підсумку (12) зводимо до:

$$t_{yn} = \frac{2\sqrt{m}}{\sqrt{5\beta\sqrt{\alpha}}} B_w \left(\frac{2}{5}; \frac{1}{2} \right).$$

Тут $B_w \left(\frac{2}{5}; \frac{1}{2} \right)$ - неповна бета-функція [6,7].

Якщо не враховувати дію сили ваги, то $\lambda = 0$; $\alpha = \gamma$; $w = 1$;

$$\beta = \frac{5mv^2}{4\gamma^{5/2}}; \quad \frac{2\sqrt{m}}{\sqrt{5\beta\sqrt{\alpha}}} = \frac{4\gamma}{5v}.$$

Неповна бета-функція стає повною і

виражається через затабульовані Гама-функції $\Gamma(z)$. Тому:

$$t_{yn} = \frac{4\gamma}{5v} \frac{\Gamma\left(\frac{2}{5}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{2}{5} + \frac{1}{2}\right)}.$$

Оскільки: $\Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}$; $\Gamma(0,4) \approx 2,21825$; $\Gamma(0,9) \approx 1,06867$,

то:

$$t_{yn} = 1,4716 \frac{2\gamma}{v}.$$

Це значення t_{yn} дорівнює t_y , яке одержали раніше за допомогою таблиці при $\lambda = 0$. У випадку $\lambda = 0$ нижня оцінка дає точне значення t_y , а при інших λ $t_{yn} < t_y$.

Обчисливши γ , далі нескладно знайти максимум сили контактної взаємодії P_{\max} , бо:

$$P_{\max} = \beta\gamma^{3/2}.$$

При цьому максимумами півосей еліптичної області контакту становлять:

$$a_{\max} = \left[\frac{3}{4} QP_{\max} R_1 \left(1 + \frac{3}{8} \varepsilon^2 + \frac{15}{64} \varepsilon^4 \right) \right]^{1/3}; \quad b_{\max} = a_{\max} \sqrt{1 - \varepsilon^2},$$

а максимальний тиск q_{\max} в центрі цієї області дорівнює:

$$q_{\max} = \frac{3P_{\max}}{2\pi a_{\max} b_{\max}}.$$

Числові результати. Для проведення розрахунків приймаємо вихідні дані найбільш показові для деяких відів овочів, плодів та зерна, наприклад гарбуз, яблуко, насіння ріпаку. Для гарбуза вихідні дані приймаємо: $R_1 = 0,3$ м; $R_2 = 0,174$ м; $m = 12$ кг; $E = 2 \cdot 10^6$ Па; $\mu = 0,5$; $E_n = 5 \cdot 10^8$ Па; $\mu_n = 0,45$; $v = 0,5$ м/с. Для цих даних: $\varepsilon^2 = 0,534$; $Q = 3,766 \cdot 10^{-7}$ Па; $\beta = 1,685 \cdot 10^6$ м^{1/2}/Па. Початкове наближення $\gamma_1 = 0,00548$ м. Ітераціями по формулі (7) одержуємо: $\gamma_2 = 0,00662$; $\gamma_3 = 0,00646$; $\gamma_4 = 0,00646$ м. За ітераціями по формулі (9) маємо: $\gamma_2 = 0,00633$; $\gamma_3 = 0,00644$; $\gamma_4 = 0,00646$ м. Отже, збіжність ітерацій по формулі (7) дещо швидша, ніж по (9). Приймаючи $\gamma = \gamma_4$, знаходимо, що: $\lambda = 0,5070$; $I(\lambda) = 1,3375$; $t_y = 0,0346$ с; $P_{\max} = 874,880$ Н; $a_{\max} = 0,0455$ м; $b_{\max} = 0,0311$ м; $q_{\max} = 295201$ Па. Якщо проводити розрахунки за класичними варіантом теорії, без урахування ваги падаючого тіла, то одержано: $t_y = 0,0323$ с; $P_{\max} = 683,551$ Н; $a_{\max} = 0,0419$ м; $b_{\max} = 0,0286$ м; $q_{\max} = 272353$ Па. Ці числові результати менші за попередні, причому різниця максимумів зусиль $\Delta P_{\max} = 191,329$ Н, тобто вона суттєво більша ваги тіла, що вдаряє $mg = 117,72$ Н. Це є наслідком нелінійності розглянутої задачі.

Аналогічно виконаємо розрахунки для яблука та ріпаку.

Вихідні данні для яблука з урахуванням дії сили гравітації: $m = 110 \cdot 10^{-3}$ кг; $R = 0,03$ м; $\mu = 0,5$; $E = 2 \cdot 10^6$ Па; $v = 0,5$ м/с; $E_n = 2 \cdot 10^6$ Па. Для цих даних $Q = 0,377 \cdot 10^{-6}$ Па; $\beta = 6,126 \cdot 10^5$ м^{1/2}/Па. Одержуємо $\gamma_1 = 0$; $\gamma_2 = 0,00126$; $\gamma_3 = 0,001306$; $\gamma_4 = 0,001308$; $\gamma_5 = \gamma_4$; $P_{\max} = 28,979$ Н; $a_{\max} = b_{\max} = 0,006264$ м; $q_{\max} = 352631,6$ Па. Без урахування сили гравітації отримаємо $\gamma = 0,00126$; $P_{\max} = 27,399$ Н;

$$a_{\max} = b_{\max} = 0,006148 \text{ м}; q_{\max} = 346075,1 \text{ Па.}$$

Вихідні данні для насіння ріпаку з урахуванням дії сили гравітації: $m = 5 \cdot 10^{-6}$ кг; $R = 0,001$ м; $E = 0,61 \cdot 10^9$ Па; $\mu = 0,45$; $v = 0,5$ м/с; $E_n = 5 \cdot 10^8$ Па; $\mu_n = 0,45$. Отже отримуємо $Q = 2,911 \cdot 10^{-9}$ Па; $\beta = 6,126 \cdot 10^5 \text{ м}^{1/2}/\text{Па}$; $\gamma_1 = 0$; $\gamma_2 = 0,000006504$; $\gamma_3 = 0,000006505$; $\gamma_4 = \gamma_3$; $P_{\max} = 0,240$ Н; $a_{\max} = b_{\max} = 0,0000807$ м; $q_{\max} = 17595659,8$ Па та без урахування сили гравітації: $\gamma = 0,000006504$; $P_{\max} = 0,240$ Н; $a_{\max} = b_{\max} = 0,0000807$ м; $q_{\max} = 17595659,8$ Па.

Тобто отримані дані свідчать, що з урахуванням гравітації максимум обчисленої сули удару для таких тіл як гарбуз збільшується на 28 %, для яблука на 5,77 %, а для насіння ріпаку збільшення сили удару дорівнює 0.

Висновки. Виведені тут контактні формули узагальнюють класичний варіант теорії Герца і придатні для обчислення основних характеристик удару при вертикальному падінні важкого тіла на пружний півпростір. Урахування дії сили гравітації, при невеликих швидкостях удару, суттєво збільшує розрахункові величини порівняно до тих, що дає класична теорія, для таких важких тіл як, наприклад гарбуз, для таких тіл до яких відноситься зерно урахуванням сили тяжіння під час удару можна знехтувати.

Список літератури

1. Богомолов А.В. Сепарация трудноразделимых сыпучих смесей/ А.В.Богомолов.–Харьков: ХНТУСХ, 2013–308 с.
2. Гольдский В. Удар. Теория и физические свойства содержимых тел/ В.Гольдский. – М.: Стройиздат, 1965. – 447 с.
3. Кильчесвский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар/ Н.А.Кильчесвский. – К.: Наукова дунка, 1976–319 с.
4. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара/ Я.Г.Пановко. –М.: Наука, 1987 –223 с.
5. Бахвалов Н.С. Численные методы/ Н.С.Бахвалов,

Н.П.Жидков, Г.М.Кобельников. – М.: Бинон, 2001 – 630с.

6. Абрамовиц А. Справочник по специальным функциям (с формулами, графиками и математическими таблицами) А.Абрамовиц, И.Стиган. – М.: Наука, 1979. –832 с.

7. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров)/Г.Корн, Т.Корн. – М.: Наука, 1974. – 832 с.

Аннотация

Проведено определение основных характеристик динамического взаимодействия тяжелого параболического деформированного тела с упругим полупространством при вертикальном его падении на полупространством с малой высоты. Исследовано влияние веса ударного тела на его взаимодействие с полупространством. Обобщением классического варианта теории Г.Герца выведено и апробировано расчетами новые формулы для вычисления контактного сближения тел, продолжительности ударного взаимодействия, размеров эллиптической площадки контакта и максимального значения контактного давления.

Ключевые слова: упругий удар, тяжелое деформированное тело, упругое полупространство, обобщенная теория Герца.

Abstract

The main characteristics of the dynamic interaction of a heavy paraboloid deformed body with an elastic half-space are determined under its vertical incidence on a half-space from a low altitude. The effect of the weight of a shock body on its interaction with a half-space is studied. A generalization of the classical version of the theory of Hertz is deduced and approved by calculations new formulas for calculating the contact approach of bodies, the duration of the shock interaction, the dimensions of the elliptical contact area and the maximum value of the contact pressure.

Key words: elastic impact, heavy deformed body, elastic half-space, generalized Hertz theory.

УДК 621.867(85.05)

ВПЛИВ ПРУЖНОСТІ СТРІЧКИ ТА ТЕРТЯ У СТРІЧКОВО - БАРАБАННОМУ МЕХАНІЗМІ НА РАБОТОЗДАТНІСТЬ ЕЛЕВАТОРІВ

Богомолів О.В., д.т.н., проф., Лук'янов І.М., к.т.н., ст. преп.,
Машко В., Шмуляк А.

*(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)*

Наведено метод отримання кривих ковзання в залежності від пружності стрічки і тертя в передачі, що дозволяє вибрати режим роботи стрічково-барабанного механізму норії без пробуксовки при високих значеннях к.к.д.

Ключові слова: сила тертя, пружне ковзання, тягова здатність, кути спокою і ковзання, коефіцієнт корисної дії.

Постановка задачі та аналіз останніх досліджень. Стрічково-барабанний механізм елеваторів є вертикальною плоскопасовою передачею, у якій натяг збігаючої гілки стрічки S_2 дорівнює початковому натягу S_0 . В даний час працездатність пасових передач прийнято характеризувати кривими ковзання і к.к.д., які дозволяють судити про те, при якому ступені завантаження передачі, яка визначається коефіцієнтом тяги φ закінчується робоча зона з пружним ковзанням і починаються зони часткового і повного буксування і відповідно, зі зменшенням к.к.д. передачі [1].

Для стрічково-барабанних механізмів елеваторів криві ковзання і к.к.д. невідомі, і початок буксування визначається за допомогою відомої формули Ейлера, яка дає великі похибки, так як не враховує пружного ковзання стрічки в протилежному її робочому руху напрямку, що призводить до більш раннього початку буксування. При цьому, необхідна величина початкового натягу залишається невідомою.

Мета роботи. Розробка методики визначення коефіцієнтів тяги і відповідних значень ККД з урахуванням пружного ковзання для

елеваторів з стрічково-барабанним тяговим механізмом.

Виклад основного матеріалу. В основу методики визначення коефіцієнтів тяги для приводних барабанів елеваторів було покладено дослідження пружних переміщень стрічки на дузі обхвату за допомогою універсальної програмної системи скінчено-елементного (МСЕ) аналізу "ANSYS" в частині розв'язання контактних задач з урахуванням тертя [2].

Результати досліджень при коефіцієнті тертя $\mu=0,25$ і модулі пружності $E=250\text{ МПа}$ і $E=300\text{ МПа}$, які найбільше відповідають умовам експлуатації норій наведені на рис. 1 і зведені в табл. 1.

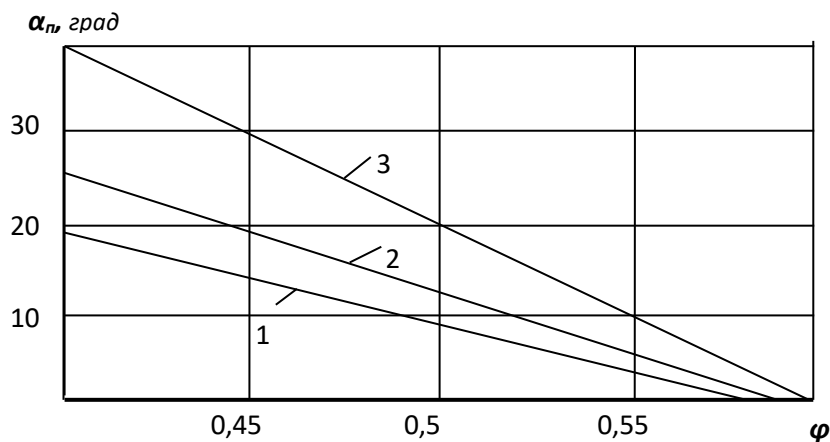


Рис. 1. Залежність дуги спокою від коефіцієнта тяги: 1 - $\mu=0,25$, $E=250\text{ МПа}$ по СЕ моделі; 2 - $\mu=0,25$, $E=300\text{ МПа}$ по СЕ моделі; 3 - по залежності Ейлера: $\alpha_n = \alpha - \frac{1}{\mu} \ln(1 + 2\varphi)$.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів тяги в залежності від модуля пружності

Параметри привода		φ_{\max}	φ_{κ}	φ_0
Коефіцієнт тертя μ	Модуль пружності стрічки E , МПа			
0,25	250	0,580	0,504	0,48
0,25	300	0,585	0,508	0,487
0,25	за Ейлером	0,593	0,515	0,494

Значення робочого φ_0 і критичного φ_K (початок часткового буксування) отримані (табл. 1) за мінімальними коефіцієнтами

$$K_1 = \frac{\varphi_{\max}}{\varphi_K} = 1,15 \text{ і } K_2 = \frac{\varphi_{\max}}{\varphi_0} = 1,2, \text{ які відповідають оптимальному}$$

напрузі початкового натягу 2,8...3 МПа [3]. Отримані результати показують, що дуги спокою і ковзання, як і коефіцієнти тяги, істотно залежать від поєднання коефіцієнта тертя і модуля пружності стрічки і спростовують існуючу думку про те, що похибку формули Ейлера можна скорегувати підбором коефіцієнта тертя μ .

Значення $\varphi_0 = 0,48$ можна приймати для прогумованих стрічок типу ГОСТ 30-70 ($E \approx 240$ МПа), а $\varphi_0 = 0,487$ - для тягових ременів БКНЛ-55 ГОСТ 2382 / -79 ($E \approx 280 - 300$ МПа).

Отримані значення робочих коефіцієнтів тяги φ_0 дозволяють визначити такий важливий показник працездатності стрічково-барабанного механізму, як к.к.д., значення якого визначає вибір потужності електродвигуна. В даний час при розрахунках елеваторів к.к.д. механізму приймають, як для плоскопасових передач $\eta = 0,96 - 0,98$. Однак з практики відомо, що к.к.д. може змінюватися в широких межах від 0,85 до 0,97 в залежності від відношення діаметра барабана до товщини стрічки, яке повинно бути $D/\delta > 40$ [3]. Таким чином, при прийнятті завищеного к.к.д. потужність обраного електродвигуна може виявитися недостатньою.

В стрічково-барабанних механізмах елеваторів зі співвідношенням $D/\delta > 40$ гістерезисні втрати, зумовлені зменшенням діаметра або збільшенням товщини стрічки будуть незначними, і будуть залежати в гнучких елементах при згині від ступеня натягу, тобто більш натягнуті гнучкі елементи вимагають більшої витрати енергії на здійснення деформації вигину. Таким чином, витрачена на вигин стрічки енергія буде залежати в основному, від ступеня натягу, яка характеризується коефіцієнтом тяги φ . Зі зменшенням φ (зі збільшенням натягу) для передачі тягового зусилля F_t , втрати енергії при вигині будуть збільшуватися.

К.к.д. пасової передачі механізму можна представити у

вигляді:

$$\eta_{III} = \frac{A_{нов}}{A_{випр}} , \quad (1)$$

де $A_{нов} = F_t \cdot \mathcal{G} \cdot t$ і $A_{випр}$ відповідно корисна і витрачена робота. Витрачена робота буде визначатися, як сума роботи A_d , витраченої на деформацію стрічки при вигині, і $A_{ковз}$, витраченої на подолання сил тертя при пружному ковзанні. Таким чином роботу A_d можна уявити як

$$A_d = \frac{\mathcal{G}}{2\varphi_0} (S_1 - S_2) \cdot t . \quad (2)$$

Роботу $A_{ковз}$ за цей же період часу можна визначити наступним чином. Елементарна сила тертя буде дорівнює

$$dF_{TP} = \mu \cdot S \cdot d\alpha_{ковз} , \quad (3)$$

де S - натяг, що діє на елемент стрічки. тоді

$$A_{ковз} = \int_0^{\alpha_{ковз}} \mu \cdot \mathcal{G}_{СК} \cdot t \cdot S \cdot d\alpha_{ковз} , \quad (4)$$

але $S = S_2 \cdot e^{\alpha_{ковз}\mu}$, а $\mathcal{G}_{ковз} = \frac{(S_1 - S_2) \cdot \mathcal{G}}{2 \cdot E \cdot F}$, де F - площа поперечного перерізу стрічки.

Підставляючи значення S і $\mathcal{G}_{ковз}$ в формулу (4) отримаємо:

$$A_{ковз} = \frac{\mathcal{G} \cdot \mu \cdot t}{2 \cdot E \cdot F} \cdot \int_0^{\alpha_{ковз}} (S_1 \cdot S_2 \cdot e^{\alpha_{ковз}\mu} - S_2^2 \cdot e^{\alpha_{ковз}\mu}) d\alpha_{ковз} . \quad (5)$$

Після інтегрування (5) і деяких перетворень отримаємо:

$$A_{ковз} = \frac{\mathcal{G} \cdot (S_1 - S_2)^2}{2 \cdot E \cdot F} t . \quad (6)$$

Рівняння 1 можна переписати як відношення потужностей:

$$\eta_{nn} = \frac{\mathcal{G} \cdot (S_1 - S_2)}{\frac{\mathcal{G}}{2\varphi_0} (S_1 - S_2) + \frac{\mathcal{G} \cdot (S_1 - S_2)^2}{2 \cdot E \cdot F}}. \quad (7)$$

Втрата потужності відбувається, як на ведучому, так і на веденому барабані. Враховуючи, що на веденому барабані тягове зусилля F_t практично дорівнює нулю, а втрата потужності на ковзання, така ж, як і на провідному, після скорочень, отримаємо к.к.д.

$$\eta_{nn} = \frac{1}{\frac{1}{2\varphi_0} + \frac{F_t}{E \cdot B \cdot \delta}}, \quad (8)$$

де $Ft = S1 - S2$; B - ширина стрічки (мм); δ - товщина (мм).

Формула (8) є дійсною для значень φ , відповідних графіку 1 (рис.1). Для визначення к.к.д. за іншими графіками його можна представити у вигляді

$$\eta_{nn} = \frac{1}{\frac{1}{2\varphi_n} \cdot \frac{f_n \cdot E_n}{f_1 \cdot E_1} + \frac{F_t}{E_n \cdot B \cdot \delta}}, \quad (9)$$

де φ_n , f_n і E_n - відповідно робочий коефіцієнт тяги, коефіцієнт тертя і модуль пружності для прийнятого графіка; f_1 і E_1 - коефіцієнт тертя і модуль пружності для графіка 1 (рис. 1).

Результати досліджень дозволяють побудувати криві ковзання і к.к.д. для пасової передачі елеватора з відповідними параметрами. На рис. 2 приведена крива ковзання для досліджуваного зернового елеватора 350/60 (продуктивність 350 т / ч, висота 60 м Карлівка,

КМЗ) в координатах $\varepsilon - \varphi$ і $\eta - \varphi$, де $\varepsilon = \frac{\mathcal{G}_{ковз}}{\mathcal{G}}$ - відносне ковзання,

η - к.к.д. відповідно до формули 8 (для графіка 1, рис.1). параметри досліджуваного елеватора: тягове зусилля $F_t = 17682$ Н, швидкість стрічки - $\mathcal{G} = 3,5$ м/с, ширина стрічки $B = 450$ мм, товщина $\delta = 12$ мм стрічка ГОСТ 20-70. Розрахунки показують, що втрата

потужності за рахунок пружного ковзання незначна і зменшується зі зменшенням тягового зусилля і збільшенням жорсткості стрічки.

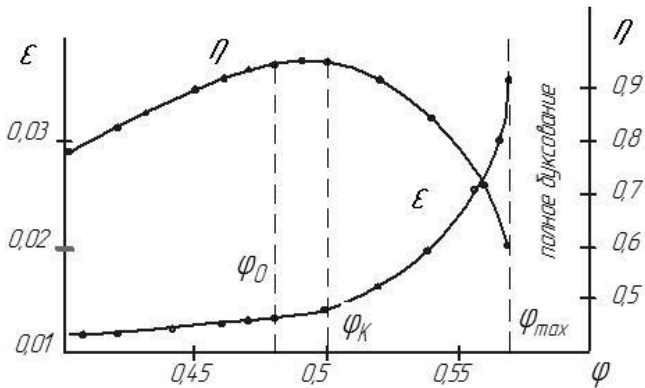


Рис.. 2. Крива ковзання і к.к.д. норії

Висновок. Таким чином, знаючи модуль пружності і коефіцієнт тертя між стрічкою і приводним барабаном, можна визначити робоче значення коефіцієнта тяги і відповідно величину початкового натягу, що забезпечує роботу елеватора без пробуксовки і з високим к.к.д. При цьому виключається перегрів стрічки, аж до спалаху [5], її швидкий знос, як наслідок витягування, і можливий аварійний обрив.

Список літератури

1. Решетов Д.Н. Деталі машин /Д.Н. Решетов // - М. Машинобудування -1986 -496с.
2. Богомолів О.В. Тягова здатність приводних барабанів стрічкових норій-елеваторів. / Богомолів О.В., Білостоцький В.А., Лук'янов І.М. // Вісник Севастопольського НТУ. Матеріали 10-ї міжнародної наук.-практ. конференції «Динаміка, надійність і довговічність механічних і біомеханічних систем». Севастополь 2013. Вип.137 с.303-308.
3. Беляєв В.М. Тягова здатність плоскопасової передач. /В.Н. Беляєв // Изв. Вузів. Машинобудування - 1965 - №1 - з. 90-100.
4. Воробйов І.І. Ремінні передачі. /І.І. Воробйов // - М. Машино-строєніє.1979-168с.
5. Іванов А.І. Машини для комплексної механізації вантажно-розвантажувальних робіт з зерном. А.І. Іванов, А.Я. Лейкін // -М. Колос, 1964-231с.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ УПРУГОСТИ ЛЕНТЫ И ТРЕНИЯ В ЛЕНТОЧНО-БАРАБАННОМ МЕХАНИЗМЕ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕВАТОРОВ

Приведен метод получения кривых скольжения в зависимости от упругости ленты и трения в передаче, что позволяет выбрать режим работы ленточно-барабанного механизма норки без пробуксовки при высоких значениях КПД.

***Ключевые слова:** сила трения, упругое скольжение, тяговая способность, углы покоя и скольжения, коэффициент полезного действия.*

Abstract

THE INFLUENCE OF ELASTICITY AND FRICTION TAPE IN THE TAPE - REEL MECHANISM ON THE OPERATION OF THE ELEVATORS

The method of obtaining the slip curves is given, depending on the elasticity of the tape and friction in the transmission, which allows to select the operating mode of the tape-drum mechanism of the burrow without breaking at high values of the coefficient of efficiency

***Keywords:** friction force, elastic slip, traction ability, angles of rest and slip, coefficient of effectiveness.*

УДК 665.3:658.512-042.55

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ ДОМІШОК ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ З ВІДХОДІВ СПОСОБОМ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ НА ГИРАЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

**Богомолов О.В., д.т.н., проф., Гльїн В.І., асистент,
Гльїна Н.О., асистент**

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

За допомогою активного планування експерименту вивчено поверхні відгуку, які характеризують засміченість суміші, методом двомірних перетинів. Проведено графо-аналітичний аналіз отриманих виразів та обрані оптимальні значення факторів впливу на процес виділення домішок олійної сировини.

Постановка задачі. В даний час рентабельність виробництва

соняшнику, що є однією з основних олійних культур, залишається досить високою. Тому інтерес до виробництва соняшнику стабільно зростає. Насіння соняшнику, що надходять на олійноекстракційні заводи, неоднорідні і складаються з багатьох компонентів. Поряд з неоднорідністю насіння основної культури насіннева маса містить різні домішки: насіння бур'янів, частинки стебел, мінеральні домішки а також здрібнені частинки насіння соняшнику

Аналіз основних досліджень. Для поділу сипких сумішей на олійноекстракційних заводах широко використовують повітряно-решітні [1]. Основна маса домішок виділяється на цих машинах, але дрібні домішки, в яких є частинки насіння соняшнику потрапляють у відходи. У деяких видах відходів вміст домішки олійної сировини досягає 10 %.

В [2] запропоновано новий спосіб сепарації важкорозділимих сипких сумішей. Цей спосіб добре зарекомендував себе при сепарації деяких зернових культур, а саме гірчиці, ріпаку та ін. Але для виділення домішки олійної сировини не застосовувався. Для реалізації цього способу при очищенні відходів сепарації насіння соняшнику був розроблений гіраційний сепаратор [3].

Мета досліджень. Визначити оптимальні значення параметрів сепаратора, які мають істотний вплив на процес виділення домішок за допомогою активного планування експерименту та проведення графо-аналітичного аналізу отриманих виразів.

Основні матеріали досліджень. В якості робочого матеріалу для досліджень роботи гіраційного сепаратора використовували відходи насіннеочисної машини типу БСХ -100, які є проходом через решето з діаметром отворів – 2 мм, з вмістом домішки олійної сировини 9,2 %.

Для дослідження процесу виділення домішки олійної сировини був застосований метод активного планування експерименту. Після проведення теоретичних досліджень і серій попередніх дослідів в якості факторів були взяті 3 основних параметри: кут нахилу валків щодо вертикальної осі сепаратора - X1; частота обертання верхнього валка - X2; частота обертання нижнього валка - X3. Випробування проводилися по матриці трирівневого плану Боксу - Бенкіна другого порядку в 3-х кратній повторюваності.

Вміст домішки визначали на вібраційному класифікаторі з набором решіт, які мають круглі отвори діаметром від 0,2 до 3 мм, з подальшим виділенням домішки олійної сировини вручну. Середню пробу продукту масою 100 г просівали на класифікаторі. Отримані

фракції зважували на електронних лабораторних вагах з точністю до 0,01 г. Визначали вміст домішки в %.

Для забезпечення інтерпретації отриманих результатів дослідження при вивченні поверхні відгуку був використаний метод двомірних перетинів. Побудова двомірних перетинів функції відгуку виконувалися в такий спосіб. В отриману раніше математичну модель

$$y = 49,2111 + 2,15x_{12} - 4,1417x_{13} - 2,075x_{23} + 3,1257x_1^2 + 4,1132x_2^2 + 3,8778x_3^2 \quad (1)$$

підставлялися закодовані значення всіх факторів, крім будь-якого одного, причому в першу чергу досліджувалися ті перетини, які мають найбільш практичне значення. Далі в отриманому виразі визначався центр поверхні відгуку і вироблялося канонічне перетворення моделі другого порядку.

Після канонічного перетворення визначався тип поверхні відгуку і проводився графо-аналітичний аналіз отриманого виразу.

Найбільше практичне значення впливу факторів на процес сепарації дрібних відходів виробництва рослинної олії має двомірний перетин поверхні відгуку, що характеризує ступінь засміченості суміші в залежності від величини кута нахилу валків відносно вертикальної осі (β) і частоти обертання верхнього вала (ω_1). Для отримання цього перетину підставляємо значення $x_3=0$ в рівняння (1).

В результаті маємо:

$$y = 49,2111 - 0,0958x_1 - 0,0125x_2 + 2,15x_{12} + 3,1257x_1^2 + 4,1132x_2^2 \quad (2)$$

Для визначення центру поверхні відгуку складена система диференціальних рівнянь, що представляють частинні похідні по факторам x_1 і x_2 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= b_1 + b_{12}x_2 + 2b_{11}x_1 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= b_2 + b_{12}x_1 + 2b_{22}x_2 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_1} &= -0,0958 + 2,15x_2 + 6,2514x_1 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} &= -0,0125 + 2,15x_1 + 8,2264x_2 = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Після вирішення системи диференційних рівнянь (3) відносно невідомих були визначені координати центру поверхні відгуку.

$$x_1 = 0,0163$$

$$x_2 = -0,0027$$

Підставимо значення x_1 і x_2 в рівняння (2), та отримаємо значення ступеня засміченості суміші в центрі поверхні відгуку, яке дорівнює:

$$Y_s = 49,2103\%$$

Для канонічного перетворення рівняння (2) вирішуємо його характеристичне рівняння:

$$V^2 + pV + q = 0 \quad (4)$$

$$V^2 - 7,2389V + 11,701 = 0$$

Власними корнями характеристичного рівняння (4) будуть:

$$V_1 = 2,4365$$

$$V_2 = 4,8024,$$

а саме рівняння в канонічній формі запишеться:

$$Y - 49,2103 = + 2,4365x_1^2 + 4,8024x_2^2 \quad (5)$$

Кут оберту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку для нашого випадку $\alpha = -32,6653$.

Підставимо різні значення ступеня засміченості суміші в рівняння (5), отримуємо рівняння відповідних контурних кривих - еліпсів, які в сукупності становлять ціле сімейство пов'язаних еліпсів (ліній рівного значення ступеня засміченості суміші). Результати розрахунків представлені на рис. 1

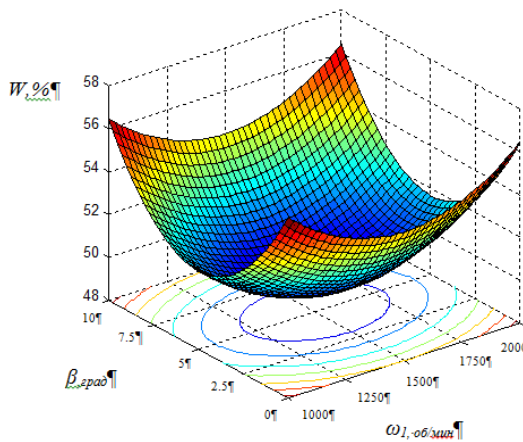


Рис. 1. Двомірний перетин поверхонь відгуку, який характеризує засміченість суміші при $x_3=0$

Максимальне значення показника в перетині поверхонь відгуку $W=49,2103\%$ має місце з кутом нахилу валків $\beta=5,2^0$ и частотою обертання верхнього валу $\omega_1=1522$ об/хв. На підставі отриманої

поверхні відгуку маємо такі результати: допустимі значення розглянутих факторів знаходяться в межах $\beta = 2,8 \dots 6,7^0$, и $\omega_1 = 1200 \dots 1780$ об/хв.

Не менш важливе практичне значення при роботі гіраційного сепаратора має місце двомірний перетин поверхні відгуку, що характеризує засміченість суміші в залежності від кута нахилу валків (β) и частоти обертання нижнього вала (ω_2). Для отримання цього перетину підставляємо значення $x_2 = 0$ в рівняння (1). В результаті маємо:

$$y = 49,2111 - 0,0958x_1 + 0,075x_3 - 4,1417x_{13} + 3,1257x_1^2 + 3,8778x_3^2 \quad (6)$$

Для визначення координат центру поверхні відгуку складена система диференційних рівнянь, що представляють частинні похідні по факторам x_1 и x_3 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial x_1} &= b_1 + b_{12}x_2 + 2b_{11}x_1 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= b_3 + b_{13}x_1 + 2b_{33}x_3 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_1} &= -0,0958 - 4,1417x_2 + 6,2514x_1 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} &= 0,075 - 4,1417x_1 + 7,7556x_3 = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Після вирішення системи диференційних рівнянь (7) відносно невідомих були визначені координати центру поверхні відгуку.

$$\begin{aligned} x_1 &= 0,0138 \\ x_3 &= -0,0023 \end{aligned}$$

Підставимо значення x_1 и x_3 в рівняння (6), та отримаємо значення ступеня засміченості суміші в центрі поверхні відгуку, яке дорівнює:

$$Y_s = 49,2104$$

Для канонічного перетворення рівняння (6) вирішуємо його характеристичне рівняння

$$\begin{aligned} B^2 + pB + q &= 0 \\ B^2 - 7,0035B + 7,8324 &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Власними корнями характеристичного рівняння (8) будуть:

$$B_1 = 1,397 \quad B_2 = 5,6065$$

а саме рівняння в канонічній формі запишеться:

$$Y - 49,2104 = + 1,397x_1^2 + 5,6065x_2^2 \quad (9)$$

Кут оберту нових координатних осей в центрі поверхні відгуку

для даного випадку: $\alpha = 39,8538$.

Підставимо різні значення ступеня засміченості суміші в рівняння (9), отримуємо рівняння відповідних контурних кривих - еліпсів, які в сукупності становлять ціле сімейство пов'язаних еліпсів (ліній рівного значення ступеня засміченості суміші). Результати розрахунків представлені на рис. 2

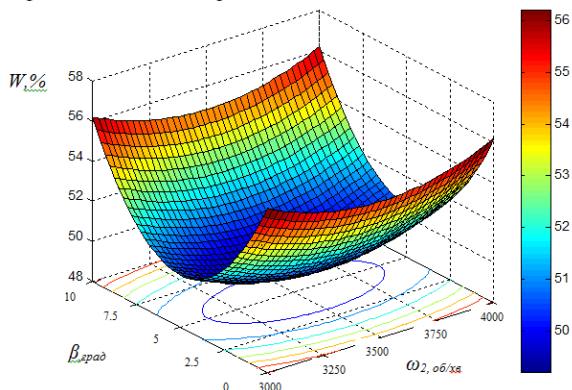


Рис. 2. Двомірний перетин поверхонь відгуку, який характеризує засміченість суміші при $x_2=0$

З рис.2, максимальне значення показника в перетині поверхонь відгуку $W=49.2104\%$ має місце з кутом нахилу валків $\beta = 5.3^0$ и частотою обертання нижнього вала $\omega_2=3500$ об/хв. На підставі отриманої поверхні відгуку маємо такі результати: допустимі значення розглянутих факторів знаходяться в межах $\beta = 2,9..7,1^0$ та $\omega_2= 3125...3875$ об/хв.

При розгляді двомірного перетину поверхонь відгуку за рівнянням регресії (1) відносно факторів: частота обертання верхнього вала (ω_1) і частота обертання нижнього вала (ω_2), фактор кута нахилу валків x_1 фіксувався на нульовому рівні.

В результаті розрахунків отримано наступне рівняння:

$$y = 49,2111 - 0,0125x_2 + 0,075x_3 - 2,075x_{23} + 4,1132x_2^2 + 3,8778x_3^2 \quad (10)$$

Для визначення координат центру поверхні відгуку складена система диференціальних рівнянь, що представляють частинні похідні по факторам x_2 и x_3 :

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = -0,0125 - 2,075x_2 + 8,2264x_2 = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_3} = 0,075 - 2,075x_2 + 7,7556x_3 = 0$$

Після проведення математичних дій, отримуємо рівняння, яке в канонічній формі матиме наступний вигляд

$$Y - 49,2107 = + 1,397x_1^2 + 5,6065x_2^2 \quad (12)$$

Результати підрахунків представлені на рис. 3.

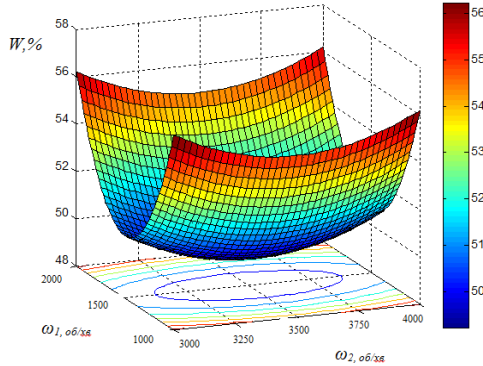


Рис. 3. Двомірний перетин поверхонь відгуку, який характеризує засміченість суміші при $x_3=0$

Из рис.3, максимальне значення показника в перетині поверхонь відгуку $W= 49,2107$ % має місце при частоті обертання верхнього вала $\omega_1= 1490$ об/хв і нижнього вала $\omega_2=3475$ об/хв. На підставі отриманої поверхні відгуку маємо такі результати: допустимі значення розглянутих факторів знаходяться в межах $\omega_1=1375\dots1600$ об/хв, $\omega_2= 3150\dots3900$ об/хв.

Висновки. На підставі дослідження процесу виділення домішок олійної сировини використання гіраційного сепаратора дає змогу отримати досить вагомі показники[4].

При максимальній продуктивності заводу, кількість сміттевої домішки після проходження крізь насіннеочисну машину типу БСХ-100 – складає приблизно 6,7 т/добу[5].

При налаштуваннях сепаратора, які отримані в наслідок дослідження, кількість домішок олійної сировини с засміченістю 49%, складає 8% від добової продуктивності, або 530 кг готової сировини, яка витягнута з відходів, для подальшої переробки. Таким чином маса домішки олійної сировини складає 240 кг/добу, за рік - $\approx 86,5$ т.

Список літератури

1. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304с.

2. Деклараційний патент на винахід № 63054, Україна, МПК В07В 7/01, В07В 13/10. Спосіб сепарування сипких матеріалів та пристрій для його здійснення / Богомолів О.В. - №2002204380; опубл. 15.01.2004, Бюл. №1.

3. Патент на корисну модель. 75896 Україна, МПК(2012.01) В07В 13/00.Сепаратор для сортування сипких сумішей / Богомолів О.В., Ільїн В.І.; власник Харківський національний технічний університет сільськогосподарства імені Петра Василенка. № у 2011 12748; заявка31.10.2011; публікація 25.12.2012, Бюл. №24.

4. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.:Держспоживстандарт України,2003. – 173с.

5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння / П.М. Заїка. – Хю: Око,2006. – 408 с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ МАСЛИЧНОЙ ПРИМЕСИ ИЗ ОТХОДОВ СПОСОБОМ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСИ НА ГИРАЦИОННОМ СПЕПАРАТОРЕ

С помощью активного планирования эксперимента изучено поверхности отклика, которые характеризуют засоренность смеси, методом двухмерных сечений. Проведено графо-аналитический анализ полученных выражений и выбраны оптимальные значения факторов влияния на процесс выделения масличной примеси.

Abstract

RESEARCH OF PROCESS OF DETERMINATION OLIVE HERBS FROM WASTE VIA THE METHOD OF MIXTURE ON THE GIRACY SEPARATOR

With the help of active planning of the experiment, we studied the response surface, which characterize the contamination of the mixture, by the method of two-dimensional sections. The graph-analytical analysis of the obtained expressions was carried out and the optimal values of the factors influencing the process of extracting the oil impurity were selected.

УДК 637.146:664.01

АКТИВАЦІЯ ЗАКВАСКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ – РЯЖЕНКИ

Машкін М.І., к.с.-г.н., проф.

(Сумський національний аграрний університет)

Бредихін В.В., к.т.н., доц., Денисенко С.А., к.т.н., доц.

*(Харківський національний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

Могутова В.Ф. к.с.-г.н., Богомоллова В.П., ст. викл

(Луганський національний аграрний університет)

У статті наведені результати дослідження активації закваски електромагнітним полем з метою прискорення процесу зквашування молока для отримання кисломолочного продукту – ряженки. Визначені оптимальні значення температури і тривалість зквашування для максимального прискорення процесу виробництва ряженки при заданій частоті електромагнітного поля.

Ключеві слова: *молоко, закваска, ряженка, електромагнітне поле.*

Постановка задачі. Важливішими складовими технології отримання кисломолочних продуктів є вихідна сировина, закваска і сама технологія. При цьому першочергове значення мають показники коров'ячого молока. Також вагоме значення мають продукти, що використовуються в збагаченні і формуванні смаку продуктів. Закваска, як відомо, представляє собою мікроорганізми для зквашування коров'ячого молока. Технологія, яку використовують для зквашування, повинна мати як можна менше енерговитрат при одночасно гарній якості одержуваного молочного продукту [2,3].

Активність стартових культур, в тому числі заквасок, впливає на тривалість ферментації. Як відомо, інтенсифікація процесу зквашування коров'ячого молока здійснюється при створенні багатого живильного середовища для мікроорганізмів, що стимулює їх швидке зростання. Завдяки цьому відбувається більш швидке утворення молочної кислоти і акселерація процесу зквашування [4].

В технології кисломолочних продуктів дуже мало відображається можливість використання фізичних прийомів з метою інтенсифікації процесу отримання продукту. Попередня

активація закваски електромагнітним полем низької частоти перед зквашуванням в виробництві національного українського кисломолочного продукту – ряженки – один з технологічних прийомів, який дає можливість прискорити процес зквашування і зменшення кількості закваски. Перевага запропонованої технології є його простота в реалізації, відсутність допоміжних затрат, максимальне зниження додаткових хімічних речовин, які використовуються в якості сировини і матеріалів спеціального середовища для росту мікроорганізмів, які входять до складу закваски.

Мета і методи досліджень. Одним з найбільш ефективних способів прискорення процесу зквашування коров'ячого молока є попередня обробка закваски фізичними методами, оскільки електромагнітне поле при малої інтенсивності коливань гармонізує клітинне функціонування оброблюваної сировини. Це дозволяє прискорити процес ферментації коров'ячого молока шляхом збільшення числа мікрофлори в заквасці, знизити кількість закваски і таким чином, знизити енерговитрати [1].

Для активізації закваски використовували функціональний генератор системи електромагнітного поля низької частоти. Для дослідження використовували молоко, отримане від корів фермерського господарства. Молоко попередньо очистили від механічних домішок, аналізували його фізико-хімічні та санітарно-гігієнічні показники, проводили пастеризацію при температурі +95 °С, охолоджували до температури зквашування і направляли на зквашування продукту в термостат [5,6].

Основні матеріали досліджень. Для досягнення мети нами досліджено ефект електромагнітного поля на прискорення процесу зквашування коров'ячого молока в процесі виробництва ряженки. Факторами, що впливають на технологію зквашування коров'ячого молока при отриманні кисломолочного продукту, є температура і тривалість зквашування, кількість і якість заквасок, що використовувались.

При дослідженні використовували закваску типу FD-DVS YF-L812, переваги якої полягають в мікробіологічному складі, куди входять культури *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus Bulgaricus*, мікрофлора яких сприяє швидкому зквашуванню коров'ячого молока. Отриману нормалізовану емульсію закваски обробляли електромагнітним полем частотою 75 Гц протягом 30 хвилин. В якості контрольованих зразків використовували молоко, в яке було

додано 1,5...3,0 % закваски від масового обсягу молока. Температура зквашування молока коливалась в межах +40...45 °С в залежності від спектру дії стартових культур FD-DVS YF-L812 *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus Bulgaricus*.

По перше досліджували кислотоутворення ряженки, виражене в градусах Тернера (°Т) при певному значенні температури зквашування і кількості закваски.

У таблицях 1-3 представлені зведені дані по динаміці кислотності ряженки в процесі зквашування при певних частотах електромагнітного поля і температурах зквашування.

Таблиця 1

Динаміка кислотності ряженки в процесі зквашування при певних частотах електромагнітного поля (температура зквашування +40 °С)

Вміст закваски	Частота обробки, Гц	Тривалість зквашування, годин						
		1	2	3	4	5	6	
		Кислотність, °Т						
Контроль: 3% закваски	-	30	35	48	70	75	78	
Дослід: 3% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	32	34	42	67	78	80	
	26	33	36	45	65	73	79	
	28	31	34	47	70	75	80	
	73	35	40	44	65	78	80	
	75	36	48	75	77	80	88	
Контроль: 2% закваски	-	25	33	42	53	62	65	
	24	28	30	38	45	51	60	
	26	27	31	36	44	52	58	
	28	29	32	40	47	55	64	
	73	27	30	37	46	56	67	
Дослід: 2% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	75	35	45	74	77	79	86	
	77	26	36	46	50	57	65	
	Контроль: 1,5% закваски	-	24	28	33	45	54	60
	Дослід: 1,5% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	27	31	40	49	55	58
		26	26	33	43	54	58	62
28		24	30	40	48	56	63	
73		27	34	45	51	57	63	
75		33	49	70	74	76	82	
Дослід: 1,5% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	77	25	32	42	46	55	65	

Таблиця 2

Динаміка кислотності ряженки в процесі зквашування при певних частотах електромагнітного поля (температура сквашування +43 °С)

Вміст закваски	Частота обробки, Гц	Тривалість зквашування, годин					
		1	2	3	4	5	6
		Кислотність, °Т					
Контроль: 3% закваски	-	30	37	49	70	75	79
Дослід: 3% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	31	35	48	69	74	80
	26	29	36	47	68	74	78
	28	32	38	48	70	75	82
	73	31	36	49	69	73	77
	75	35	48	75	77	80	86
	77	33	37	46	71	76	81
Контроль: 2% закваски	-	25	31	36	45	51	59
Дослід: 2% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	27	32	38	44	49	56
	26	27	32	40	48	52	57
	28	26	30	35	42	48	55
	73	26	35	42	49	54	60
	75	33	45	74	77	81	85
	77	28	31	39	47	53	58
Контроль: 1,5% закваски	-	28	34	40	45	50	55
Дослід: 1,5% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	25	33	39	45	47	54
	26	27	34	40	45	48	56
	28	25	29	35	41	46	51
	73	26	32	39	46	51	55
	75	32	42	70	74	78	82
	77	27	30	35	44	51	57

Аналіз отриманих аналітичних даних показав, що попередня обробка закваски електромагнітним полем частотою 75 Гц інтенсифікує процес утворення молочної кислоти, що призводить до зкорочення тривалості процесу зквашування. Крім того, відбувається прискорений процес репродукції заквасочних мікроорганізмів, що дозволяє знизити витрату закваски в 1,5...2 рази. Імовірно даний ефект досягається за рахунок зниження енергії активації закваски при впливі електромагнітним полем, що дозволяє знизити кількість необхідної культури і тривалість обробки. Тобто електромагнітне поле в процесі кислотоутворення має характер каталізатора біохімічних і мікробіологічних процесів.

Таблиця 3

Динамика кислотности ряженки в процесі зквашування при певних частотах електромагнітного поля (температура зквашування +45 °С)

Вміст закваски	Частота обробки, Гц	Тривалість зквашування, годин					
		1	2	3	4	5	6
		Кислотність, °Т					
Контроль: 3% закваски	-	35	42	72	80	82	84
Дослід: 3% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	33	46	60	67	76	80
	26	34	47	56	65	71	78
	28	32	51	67	70	73	81
	73	33	56	64	68	72	80
	75	38	55	80	82	86	86
	77	32	50	63	69	73	79
Контроль: 2% закваски	-	26	32	40	45	57	63
Дослід: 2% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	25	30	35	46	56	64
	26	26	32	39	45	56	61
	28	25	33	40	47	55	59
	73	27	33	41	48	55	60
	75	38	54	80	84	84	86
	77	28	33	40	49	54	61
Контроль: 1,5% закваски	-	25	29	37	44	50	55
Дослід: 1,5% закваски з попередньою обробкою електромагнітним полем протягом 30 хвилин	24	26	31	37	43	51	57
	26	27	30	36	44	49	56
	28	26	30	38	46	52	58
	73	25	35	40	45	50	55
	75	37	50	80	82	86	86
	77	28	34	42	47	51	57

Результати дослідження динаміки мікрофлори, титрованої і активної кислотності ряженки, отриманої за розробленою технологією, в процесі її зберігання, наведені в таблицях 4, 5.

Особливість технології попередньої активації закваски електромагнітним полем полягає у регулюванні процесу накопичення молочної кислоти. Аналіз отриманих дослідних даних показує практично повне виключення ймовірності переокислення молочного продукту. Інтенсивність репродукції мікроорганізмів залишається на оптимальному рівні, проте сповільнюється при його зберіганні. До кінця періоду зберігання мікробіологічні і фізико-хімічні показники ряженки відповідали допустимим показникам, зазначеним у ДСТУ – 4565:2006.

Таблиця 4

Динаміка мікрофлори ряженки, отриманої за розробленою технологією в процесі зберігання

Температура сквашування °С	Норма внесення заквасок, %	Робоча частота обробки закваски електромагнітним полем, Гц	Зберігання (при температурі 4 °С), днів		
			1	7	14
			КУО/см ³ (г)		
37	Контроль	-	2,4*10 ⁹	1,1*10 ¹⁰	1,3*10 ⁹
	3%	75	2,4*10 ⁹	6,9*10 ⁹	5,8*10 ⁸
	2%		2,0*	6,9*10 ⁹	5,8*10 ⁸
	1,5%		2,4*10 ⁹	1,2*10 ¹⁰	2,4*10 ⁸

Таблиця 5

Динаміка фізико-хімічних показників ряженки, отриманої за розробленою технологією в процесі зберігання

Температура сквашування °С	Норма внесення заквасок	Частота обробки електромагнітним полем в процесі отримання закваски, Гц	Зберігання за температури +4 °С, днів			
			Показник кислотності	1	7	14
37	Контроль 3%	-	°Т	85	85	86
			pH	4,4 8	4,4 8	4,4 8
	3%	75	°Т	85	85	86
			pH	4,4 8	4,4 8	4,3 2
	2%		°Т	85	85	86
			pH	4,4 8	4,4 8	4,4 8
	1,5%	°Т	85	85	86	
		pH	4,4 8	4,4 8	4,4 8	

Висновки. Проведений аналіз свідчить про те, що оптимальна температура сквашування молока при отриманні кисломолочного продукту - ряженки з допомогою культур FD-DVS

УФ-L812 *Streptococcus thermophilus* і *Lactobacillus Bulgaricus* становить +43 °С, тривалість зквашування – 3 години, кількість закваски – 1,5 %, параметри електромагнітного поля при обробці закваски: частота – 75 Гц, тривалість - 30 хв. Отриманий молочний продукт зберігається за температури +4 °С протягом 14 діб.

Використання електромагнітного поля в технології виробництва ряженки дозволяє знизити витрати сировини та енерговитрати. При активуванні закваски електромагнітним полем перед зквашуванням коров'ячого молока спостерігається відсутність переокислення молочного продукту при зберіганні.

Список літератури

1. Гудков А.В., Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков. - 2-е изд. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 804 с.

2. Канарёв Ф.М. Начала физхимии микромира: монография / Ф.М. Канарев. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 500 с.

3. Машкін М.І. Технологія виробництва молока і молочних продуктів / М.І. Машкін, Н.М. Париш / Навчальне видання: - К.: Вища освіта, 2006. - 351 с.

4. Маньковський А.Я. Технологія переробки молока. Навчальний посібник для вищих аграрних навчальних закладів /А.Я. Маньковський, Р.Й. Кравців, Г.О. Богданов. - Сполон, Львів, 2003. - 451 с.

5. Технологія незбираномолочних продуктів [Текст]: навчальний посібник / Т.А.Скорченко, Г.Є. Поліщук, О.В. Грек, О.В. Кочубей; за ред. Т.А. Скорченко. – Вінниця: Нова Книга, 2005. – 264 с.

6. Чагоровський О.П. Хімія молочної сировини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів./ О.П.Чагоровський, Н.А.Ткаченко, Т.А.Лисогор. - Одеса: «Сімекс-принт», 2013.-268 с.

Аннотации

АКТИВАЦИЯ ЗАКВАСКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА – РЯЖЕНКИ

В статье приведены результаты исследования активации закваски электромагнитным полем с целью ускорения процесса сквашивания молока для получения кисломолочного продукта –

ряженки. Определены оптимальные значения температуры и продолжительность сквашивания для максимального ускорения процесса производства ряженки при заданной частоте электромагнитного поля.

Abstract

ACTIVATION OF THE STRAINING ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE PRODUCTION OF THE ACID-FOLK PRODUCT – RODGES

The article presents the results of the study of the activation of the starter by the electromagnetic field in order to accelerate the process of fermentation of milk to obtain a fermented milk product - ryazhenka. The optimal temperature values and duration of souring are determined to maximize the acceleration of the production process of ryazhenka at a given frequency of the electromagnetic field.

УДК 631.362.36; 621.928.9

ДО ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ В ПНЕМОСЕПАРУЮЧОМУ ПРИСТРОЇ ВІБРОВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА

Сліпченко М.В., к.т.н., доц.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В статті розглянуто методи, які дозволяють дослідити рух зернового матеріалу в пневмосепаруючому пристрої вібровідцентрових зернових сепараторів. Встановлено, що для підтвердження траєкторій і швидкостей зернового матеріалу і вилучених легких домішок найпростішим і наглядним методом є відео зйомка з по кадровою розшифровкою.

Ключові слова: *пневмосепаруючий пристрій, вібровідцентровий сепаратор, методи дослідження, зерновий матеріал, легкі домішки.*

Вступ. Зростання продуктивності зернових сепараторів тісно пов'язане зі збільшенням їх питомої продуктивності. Зі збільшенням кількості зернового матеріалу, що проходить через сепаратор збільшується і частка легких домішок, що знаходять до сепаратора, тому збільшується і навантаження на пневмосепаруючі органи сепараторів.

Аналіз останніх досліджень. Очистку зернового матеріалу від легких домішок доцільно робити перед очисткою та сепаруванням зерна, тому у найбільш продуктивних вібровідцентрових сепараторі ця операція проводиться у пневмосепаруючому пристрої, виконаному в одному корпусі з вібровідцентровим сепаратором. [1]. Перспективним напрямком підвищення ефективності очищення ЗС від легких домішок є використання багатократного їх очищення за рахунок створення основної і додаткових зон на конусно-каскадній поверхні пневмосепаруючого пристрою. (рис. 1) [2].

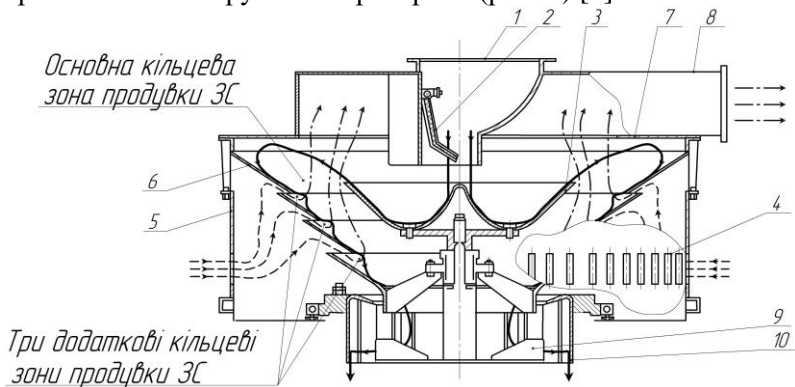


Рис. 1. Конструктивна схема розробленого віяло-кільцевого конусно-каскадного ПСП: 1 - патрубок завантажувальний; 2 - клапан дозуючий; 3 - розкидач тарілчастий; 4 - вікна повітрозабірні; 5 - кожух сепаратора; 6 - конус каскадний складений; 7 - діафрагма; 8 - патрубок відвідний; 9 - розкидач дисковий; 10 - блок решітний; \longrightarrow – рух зернового матеріалу; $-\ - \blacktriangleright$ – повітряного потоку; $- \cdot \blacktriangleright$ – повітряного потоку з відокремленими легкими домішками

Метою даної статті є створення методів для підтвердження теоретичних залежностей, отриманих для руху зернового матеріалу в пневмосепаруючому пристрої.

Постановка задачі та її розв'язок. Рух зернового матеріалу в пневмосепаруючому пристрої можна поділити на окремі етапи, кожен з яких описується окремими залежностями. На первісному етапі зерновий матеріал рухається по тарілчастому розкидачу, і параметри сходу зернового матеріалу з нього є початковими умовами для розрахунку руху в основній кільцевій зоні очистки [3].

Будемо вважати рух повітряного потоку заданим і представляє

собою однорідний потік, що рухається з постійною швидкістю \vec{w}_{III} , спрямованої під кутом β^* по відношенню до вертикалі (рис. 2).

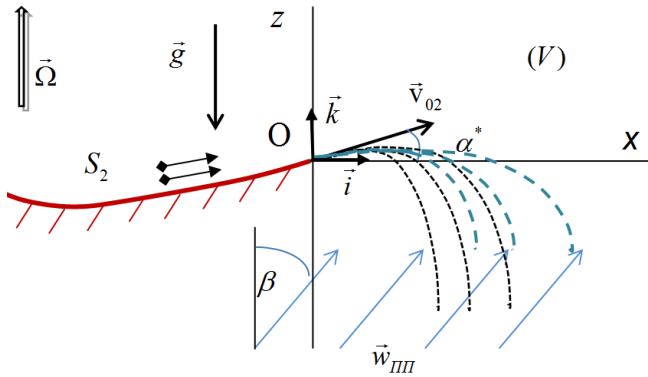


Рис. 2. Розрахункова схема руху потоку зернового матеріалу в основній кільцевій зоні

Потоки зерна (зернового матеріалу) і домішки мають досить малу щільність. Тому можна знехтувати взаємодією частинок між собою. Тоді на рух частинок впливають тільки сили тяжіння і взаємодії їх з повітряним потоком за допомогою сили Стокса [4].

Нас надалі буде цікавити розподіл часток домішки в радіальному напрямку. На цей розподіл не впливає трансверсального складова \vec{v}_{02} . Тому досить в якості початкової швидкості взяти проекцію \vec{v}_{02} на площину xOz , залишаючи для неї те ж саме позначення.

В векторній формі рівняння динаміки частки домішки має вигляд [5, 6]:

$$m \frac{d\vec{v}_2}{dt} = -mg\vec{k} - 6\pi\mu_3 a_2 (\vec{v}_2 - \vec{w}_{III}), \quad (1)$$

де $m = \rho^0 \frac{4}{3} \pi a^3$ – маса частинки; a_2 – радіус частинки (або «еквівалентний» радіус); μ_3 – коефіцієнт динамічної в'язкості засміченого повітряного потоку; $\vec{v}_2 = \dot{x}_2 \vec{i} + \dot{z}_2 \vec{k}$ – вектор швидкості руху частинки домішки; $\vec{w}_{III} = w_{III} \sin \beta^* \vec{i} + w_{III} \cos \beta^* \vec{k}$ – швидкість повітряного потоку.

Рівняння (1) в проекціях на вісі координат можна перетворити

до вигляду, який містить компоненти вектора швидкості [3, 6], які в остаточному вигляді мають вигляд:

$$v_{2x} = v_{2x}(t) = w_{III} \sin \beta^* + e^{-Ct} \left(-w_{III} \sin \beta^* + v_{02} \cos \alpha^* \right),$$

$$v_{2z} = v_{2z}(t) = w_{III} \cos \beta^* - \frac{g}{C} + e^{-Ct} \left(-w_{III} \cos \beta^* + \frac{g}{C} + v_{02} \sin \alpha^* \right), \quad (2)$$

з початковими умовами:

$$\begin{cases} v_{2x}(0) = v_{02} \cos \alpha^*, \\ v_{2z}(0) = v_{02} \sin \alpha^*. \end{cases} \quad (3)$$

де $C = \frac{9\mu_3}{2\rho_2^0 a_2^2}$.

Для підтвердження отриманих теоретичних результатів проведемо експериментальні дослідження.

Застосовані методи досліджень руху частинок в шарі зернового матеріалу з використанням радіоактивних ізотопів [7], спеціальних датчиків для вивчення процесу вимагають складної апаратури і не забезпечують при цьому достатньої точності одержуваних результатів.

Дослідження руху шарів несучого потоку зернового матеріалу і дисперсних частинок за допомогою відеозйомки [3] (рис. 3) є більш простим і надійним методом, що дозволяє досить точно визначати динамічні характеристики зернового матеріалу і домішок.



Рис. 3. Відеозйомка процесу очищення зернового матеріалу від частинок легких домішок

Обробку відеозйомки процесу вели, простежуючи шляхи видимих через прозору стінку частинок зернового матеріалу і домішок. Від нанесення координатної сітки на стінку лабораторної установки відмовилися, щоб не захащувати картину, а розміри наносили на картинку, оброблювану на комп'ютері (рис. 4). Пройдені частинками відстані і їх швидкості ставали відомими в результаті визначення координат частинок на кадрах відеозйомки (рис. 3) і частоти зміни кадрів в одиницю часу [2].

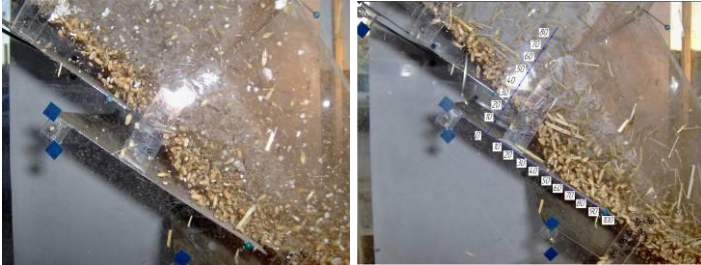


Рис. 4. Фотографічні зображення процесу очищення зернового матеріалу: необроблене зображення (зліва); зображення з нанесеною додатковою шкалою (праворуч)

Після основної зони очистки, зерновий матеріал, який частково очищений, потрапляє на конусну каскадну поверхню, де відбувається додатковий етап очистки [1]. Методи дослідження цього етапу є аналогічними, тому окремо їх не описуємо.

Як бачимо відео зйомка є досить наглядним і простим методом. Застосування лабораторної установки з прозорими стінками [8] є достатнім для встановлення траєкторій руху, а по кадрову розшифровка [3] дозволяє встановити швидкості частинок легких домішок і зернового матеріалу.

Висновки. Прогнозування ефективності та якості очистки зернового матеріалу від легких домішок вимагає достовірних теоретичних залежностей. Методами, наведеним в цій статті можна провести експерименти, що дають змогу підтвердити одержані залежності, а ,відповідно, і їх перевірити їх адекватність.

Список літератури

1. Тищенко Л.Н. Динамика виброцентробежной зерноочистки / ЛН. Тищенко, В.П. Ольшанский, С.В. Ольшанский и др. – Харків: Міськдруку, 2013. – 440 с.

2. Сліпченко М.В. Обґрунтування параметрів процесу і розробка пневмосепаруючого пристрою вібровідцентрових зернових сепараторів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / М.В. Сліпченко. – Харків, 2012. – 20 с

3. Ольшанський В.П. Теорія сепарування зерна / В.П. Ольшанський, В.В. Бредихін, В.М. Лук'яненко і др. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – 803 с.

4. Соу С. Гидродинамика многофазных систем / С. Соу. – М.: Мир, 1971. – 536 с.

5. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред / Р.И. Нигматулин. – М.: Наука, 1978. – 336 с.

6. Слипченко М.В. Исследование очистки зерновых смесей при сходе с тарельчатого разбрасывателя пневмосепарирующего устройства виброцентробежного сепаратора / М.В. Слипченко // Motrol. Commission and Energetics in Agriculture. – Lublin-Rzeszów, 2014. – Vol. 16, No 7. – P. 89-91.

7. Кайзер Ф.И. Разрядный метод определения поля скоростей в гидрозвуковых потоках / Ф.И. Кайзер // Ракетная техника и космонавтика. – 1964. – №2 (русский перевод). – С. 216–217.

Аннотация

К ИССЛЕДОВАНИЮ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА В ПНЕМОСЕПАРИРУЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОГО СЕПАРАТОРА

В статье рассмотрены методы, которые позволяют исследованию движения зернового материала в пневмосепарирующем устройстве виброцентробежных зерновых сепараторов. Установлено, что для подтверждения траекторий и скорости зернового материала и извлеченных легких примесей самым простым и наглядным методом является видеосъемка с по кадровой расшифровкой.

Ключевые слова: *пневмосепарирующее устройство виброцентробежный сепаратор, методы исследования, зерновой материал, легкие примеси.*

Abstract

TO THE STUDY OF THE MOVEMENT OF GRAIN MATERIAL IN A PNEUMOSEPARATING DEVICE OF A VIBROCENTRIFUGAL SEPARATOR

In the article methods that allow the studies of the movement of

grain material in the pneumatic separating device of vibrocentrifugal grain separators are considered. It has been established that to confirm the trajectories and velocity of grain material and extracted light impurities the simplest and most obvious method is video recording with the personnel decoding.

Keywords: *pneumatic separating device, vibrocentrifugal separator, research methods, grain material, light impurities.*

УДК 628.49

ПРОБЛЕМИ НАКОПИЧЕННЯ І ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ВЕЛИКИХ МІСТ УКРАЇНИ

Кісь В.М., к.т.н, доц., Денисенко С.А., к.т.н, доц.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Кісь О.В.

(Харківський національний університет радіоелектроніки)

Наведено проблеми накопичення та переробки твердих побутових відходів, висвітлені вимоги до розміщення муніципальних відходів, як потенційних джерел забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами.

Ключові слова: *відходи виробництва і споживання, тверді побутові відходи, агломерація і грануляція вторинних полімерних відходів*

Актуальність проблеми і аналіз ситуації. Все, що людина робить для задоволення своїх нескінченно зростаючих потреб, рано чи пізно переходить в категорію відходів, серйозно ускладнюють людське буття. Світовий технічний прогрес закономірно призвело до теми, що існування людини стало екологічно небезпечним - перш за все через утворення та накопичення величезної кількості відходів виробництва і споживання. Негативний вплив на здоров'я і життя людини забрудненої відходами навколишнього середовища очевидно. Природоохоронна діяльність, розвивається як альтернатива господарської діяльності, що призводить до забруднення навколишнього середовища, на превеликий жаль, не адекватна темпами руйнування природи і виснаження природних ресурсів. Адже ще в середині минулого століття великий Нільс Бор сказав пророчі слова: << Людство не загине в атомному кошмарі,

воно захлинеться у власних відходах >>.

Відходи - це продукти, які утворювались як побічні даремні або небажані в процесі життєдіяльності людини і підлягають переробці, утилізації чи захоронення.

Особливе місце в складі муніципальних відходів займають тверді побутові відходи (ТПВ) - великотоннажні відходи споживання, тобто відслужили свій термін в побуті товари і вироби, а також непотрібні людині продукти або їх залишки, що утворилися в системі ЖКГ і побутового обслуговування населення. До утворення ТПВ причетний кожен людини. В Україні щорічно утворюється близько 10 млн.т ТПВ (понад 50 млн.м³). При цьому частина продуктів, на виробництво яких витрачено багато енергії і людського праці, потрапляє в категорію відходів вже після разового використання (наприклад лудженими консервна тара, алюмінієва тара, полімерна тара і упаковка різних видів, макулатура та ін.). 97-98% утворюються в містах України ТПВ видаляють в передмістя на примітивні екологічно небезпечні звалища і піддають похованню.

ТПВ - проблема для адміністрації будь-якого міста, бо санітарна очистка міста є однією з систем його життєзабезпечення і повинна функціонувати безперебійно і безвідмовно (аналогічно системі енергопостачання, водопостачання та ін.). Особливо гострою проблема ТПВ є для такого великого мегаполісу, як Харківський регіон, а також для малих і середніх міст України.

Мета роботи. Суть рішення проблеми муніципальних відходів як раз і полягає в науково обґрунтованій відповіді на питання: куди і як ТПВ з місць накопичення видаляти і що з відходами робити після видалення.

Основні матеріали дослідження. Цілком очевидно, що вивезення ТПВ з міста на сміттєзвалища вирішує лише частину проблеми, забезпечуючи (і це головне) чистоту природи. Але при цьому створюється і все більш посилюється протиріччя між містом (де відходи утворюються) і передмістям (де відходи розміщуються). Накопичення відходів у великих кількостях становить небезпеку для здоров'я людини і для навколишнього середовища, а також малопривабливе в естетичному плані (не кажучи вже про вилучення з обігу великих земельних ділянок і їх захарашення). Оскільки звалища все далі віддаляються від міста, а нескінченно плече вивезення ТПВ збільшуватися не може, досить актуальним стає рішення другої частини проблеми ТПВ - мінімізуватися кількість відходів, що видаляються на похованні. На жаль, існуючі системи

санітарної очистки в українських містах цю частину проблеми (правда, найбільш складну) не вирішують.

Таким чином, чистота міста, що забезпечується своєчасним збиранням і видаленням ТПВ з місць накопичення з позиції сучасних поглядів є необхідним, але недостатнім показником ефективності санітарної очистки міста. У ХХІ столітті головний критерій рівня санітарної очистки міста від ТПВ (при забезпеченні його необхідною чистоти) - кількість відходів, що виводяться на поховання (у відсотках від загальної кількості утворюють муніципальних відходів). Чим менше числове значення критерію, тим вище рівень санітарної очистки міста (природно, при одному обмежує умови: об'єкти промислової обробки ТПВ є екологічно безпечними і функціонують з найменшими економічними витратами).

Складність вирішення проблеми ТПВ полягає в тому, що будучи комплексною, вона потребує вирішення багатьох системно пов'язаних завдань = екологічних, економічних, технологічних, законодавчих, соціальних, наукових, інформаційних та ін. Фахівців для вирішення в комплексі цих завдань катастрофічно не вистачає, що проблему багаторазово ускладнює. Чиновники сфери санітарної очистки міста професійною проблемою ТПВ не володіють, коштів на вирішення проблеми не мають, тому вони обмежуються гранично спрощеним підходом. Вирішуючи переважно питання збору та видалення ТПВ з місць їх утворення.

Принципова відмінність європейської практики від української полягає в тому, що в Україні все відходи викидають << в одну купу >> і в значна, що підтверджується досить високим поглинанням в області карбонільних груп (1680-1720 $[\text{см}]^{-1}$) на ІК - спектрах.

Міцність вторинного матеріалу в порівнянні з первинним змінюється незначно, що характерно також для підданого штучному старінню (деструкції) первинного поліетилену.

Висновки. В результаті дослідження процесу регенерації вторинних термопластів з їх плівкових відходів з отриманням продукту в апараті роторного типу встановлено:

1. Агломерація плівкових відходів термопластів в апараті роторного типу є ефективним способом переробки сировини з низькою насипною щільністю в матеріал з високим технологічними властивостями.

2. Переробка забруднених відходів в роторному агломераторі із

здійсненям стадій подрібнення, відмивання, сушки і агломерування енергоємне. Через сильне абразивне зношення робочих елементів експлуатація обладнання пов'язана з витратами, пов'язаними з їх реставрацією, при низькій стабільності параметрів процесу. Доцільно застосування методу для переробки відходів із забрудненістю не вище 2-5%.

3. Енергетично вигідне використання роторного агломератора для здійснення стадії сушки підготовлених відходів.

4. Залежність параметрів процесу, пов'язаних з енергетично витратами може бути виражена у вигляді математичної моделі дрібнодисперсних сипучих матеріалів.

Таким чином, агломерація і грануляція вторинних полімерних відходів є заключною стадією підготовки вторинної полімерної сировини для подальшої переробки у вироби з полімерних композитних матеріалів. Ця стадія особливо важлива для вторинної переробки плівкових відходів в зв'язку з їх низькою насипною щільністю після подрібнення. У процесі агломерування і гранулювання відбувається ущільнення матеріалу, полегшується його подальша переробка, усереднюється характеристика вторинної сировини, в результаті чого одержуємо матеріал, який можна переробляти на стандартному обладнанні.

Список літератури

1. F.Brandstetter, BASF AG. Тенденції і перспективи розвитку полімерних матеріалів. Переклад Л.П. Куликової. Kunststoffe (Пластмаси) 2005, № 5 - с.2

2. Штарке Л. Використання промислових і побутових відходів з пластмас. / Пер. з нім. / За редакцією В.А. Брагінського, - Л.: Хімія, 1987-176с.

3. Любешкіна Є.Г. Вторинна переробка полімерних матеріалів. - Москва, Хімія, 1985 - 192с.

4. Державна програма поводження з твердими побутовими відходами в Україні

Аннотация

ПРОБЛЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ КРУПНЫХ ГОРОДОВ УКРАИНЫ

Приведены проблемы накопления и переработки твердых бытовых отходов, освещены требования к размещению муниципальных отходов, как потенциальных источников загрязнения

окружающей среды вредными веществами.

Ключевые слова: отходы производства и потребления, твердые бытовые отходы, агломерация и грануляции вторичных полимерных отходов

Abstract

PROBLEMS OF THE ACCUMULATION AND PROCESSING OF SOLID HOUSEHOLD WASTES OF LARGE CITIES OF UKRAINE

The problems of accumulation and processing of solid domestic wastes are presented, the requirements for the placement of municipal waste as potential sources of environmental pollution by hazardous substances are highlighted.

Key words: *production and consumption wastes, solid household waste, agglomeration and granulation of secondary polymer waste*

УДК 621.867 (85.05)

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНО-БАРАБАННЫХ МЕХАНИЗМОВ НОРИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЛЕНТ

Лукиянов И.М. к.т.н., ст. преп., Кись Л.В. аспирант,

Бурда Н.В., Осика А.Н., Кротов Е.О.

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

Приведен метод определения параметров тяговой способности ленточно-барabanных механизмов норий, при использовании различных типов резинотканевых и синтетических лент. Проведен анализ работ, в которых тяговая способность фрикционной пары лента (ремень) – приводной барабан определялась не путем применения известной зависимости Эйлера, а с помощью коэффициентов тяги, полученных экспериментальным путем для некоторых типов плоскоремennых передач. Для крупногабаритных ленточно-барabanных механизмов вертикального расположения, со специфическим значением натяжения в сбегающем ветви, параметры тяговой способности определены с использованием метода конечных элементов (МКЭ), что позволило определить перемещения в процессе упругого скольжения ленты по барабану. При математической постановке задачи определены

условия контактного взаимодействия для построения конечно-элементной модели. Численное исследование модели проведено с помощью программного комплекса ANSYS WORKBENCH. Для различных типов прорезиненных и синтетических лент получены значения углов покоя и скольжения в зависимости от коэффициентов тяги. При этом определены значения максимального коэффициента тяги для каждого типа ленты, при котором наступает полное буксование в механизме. Разработан метод определения рабочего коэффициента тяги, при котором исключается даже частичное буксование, на основе рассмотрения фрикционной пары лента – барабан как соединения с натягом. При определении сдвигающего усилия использовались значения дуг покоя и скольжения для заданного коэффициента тяги с соответствующими им коэффициентами трения. Предельное значение сдвигающего усилия и, соответственно, значение допустимого рабочего коэффициента тяги определялось с помощью коэффициента запаса прочности для соединения с натягом.

Ключевые слова: *ленточно-барабанный механизм, тяговая способность, коэффициент тяги, упругое скольжение, углы покоя и скольжения.*

Постановка проблемы. В настоящее время существует устойчивый спрос производственных предприятий на нории для вертикального перемещения зерна и продуктов его переработки, а также других гранулированных и неслипающихся грузов. В результате накопленного опыта и новых методов проектирования расширяется диапазон конструкций по высоте транспортирования и производительности, применение лент высокой прочности из тканей с синтетическими волокнами позволяет достичь высоты транспортирования 80м и производительности до 1000 т/ч.

В виду того, что увеличение скорости транспортировки, как одного из факторов увеличения производительности, ограничено условиями зачерпывания и разгрузки ковшей, возникает необходимость увеличения нагрузки на рабочие ветви нории и соответственно тягового усилия на приводном барабане, обеспечивая при этом отсутствие пробуксовки ленты. Несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию влияния многих факторов на тяговую способность ленточно-барабанных механизмов до настоящего времени фактически отсутствует научно-обоснованное определение параметров тяговой способности

приводных барабанов норий.

Поэтому разработка метода определения параметров тяговой способности ленточно-барабанных механизмов, обеспечивающих их эффективную работу без пробуксовки, по-прежнему является актуальной проб проблемой механики.

Анализ последних исследований и публикаций

В литературных источниках [1,2] рассматривающих вопросы тяговой способности приводных плоскоремённых передач приводятся значения критического и максимального коэффициентов тяги, полученных экспериментально для различных типов ремней. Что касается рабочего коэффициента тяги, то его значение рекомендуется выбирать незначительно меньше критического (зона начала частичного буксования), который в свою очередь определяется по соотношению к максимальному в рекомендуемом диапазоне.

Установлено, что коэффициенты тяги увеличиваются с увеличением отношения диаметра барабана к толщине ленты D/δ . Таким образом значение рабочего коэффициента тяги определяемого таким способом является слишком приближенным, кроме того такие показатели тяговой способности как углы покоя и скольжения, необходимые для практических расчетов, остаются неизвестными. В работе [3] приводятся результаты исследования значений углов покоя и скольжения для передачи с резиноканевыми ремнями при диаметрах шкивов 200 мм, и различными создаваемыми искусственно поверхностями трения. Установлено, что даже при больших коэффициентах трения ($f = 0.365$) и коэффициенте тяги $\varphi = 0.45$, угол скольжения, при котором начиналось буксование, составил 153° и соответственно угол покоя 27° . Таким образом, угол скольжения, обеспечивающий отсутствие проскальзывания, должен быть меньше указанной величины.

В работе [3] при расчетах угол скольжения рекомендуется брать, при всех значениях коэффициента трения, равным 0,7 от угла обхвата, т.е. для передач с одинаковыми шкивами он должен составлять 126° . Из приведенного выше, можно сделать вывод, что приведенные данные не позволяют применить их для оценки тяговой способности крупногабаритных вертикальных передач с соотношениями $D/\delta = 60-100$, какими являются ленточно-барабанные механизмы.

В работе [4] приведена физическая модель образования углов покоя и скольжения для приводных барабанов норий. На основе этой

модели разработан метод определения углов покоя и скольжения в зависимости от коэффициента тяги путем применения конечно-элементного анализа для резинотканевых лент. Полученные зависимости позволили определять максимальное значение коэффициентов тяги. Однако для определения рабочего коэффициента применены соотношения, соответствующие приводным передачам, что является недостатком этой работы.

Целью настоящей работы является определение углов покоя и скольжения в зависимости от заданных значения коэффициентов тяги и разработка метода определения рабочего коэффициента тяги непосредственно через углы покоя и скольжения для различных типов лент с учетом их упругости и состояния поверхности проводного барабана.

Изложение основного материала. В процессе исследования упругого скольжения ленты и образования углов покоя и скольжения при различных коэффициентах тяги была использована уточненная конечно-элементная модель по сравнению с использованной в работе [4]. В процессе постановки математической задачи были определены условия контактного взаимодействия точек принадлежащих контактирующим поверхностям взаимодействующих тел:

$$u_n^{m-1} + u_n^{m+1} - \delta_{on}^m \leq 0, \quad (1)$$

$$\sigma_{nn}^m \leq 0, \quad (2)$$

где: $u_n^{m-1}, u_n^{m+1}, \delta_{on}^m$ – нормальные перемещения точек поверхностей подобластей V^{m-1}, V^{m+1} и δ_{on}^m начальный зазор (натяг), σ_{nn}^m – нормальное напряжение на контактирующих линиях (модуль σ_{nn}^m - фактически это контактное давление).

Условие (1) означает, что взаимодействующие тела (лента-барабан) не проникают друг в друга. Условие (2) означает, что при взаимодействии на границе контакта нормальные (к границе) напряжения отрицательные (сжатие), в противном случае – нормальные напряжения равны нулю, т.е. тела деформируются по отдельности (не взаимодействуют друг с другом). Условия фрикционного взаимодействия принимаются в форме закона Кулона. При этом компоненты нормальных и касательных контактных напряжений на поверхности контакта связаны известными

соотношениями, отражающими скольжение контактирующих участков подобластей:

$$|\sigma_{пт}| = f_n \sigma_{nn}, \quad (3)$$

где f_n – коэффициент трения скольжения, зависящий от материалов, контактирующих тел.

Численное исследование проводилось с помощью программного комплекса “ANSYS WORKBENCH”. Были исследованы модели с гибкими лентами:

- типа БКНЛ, с тканевыми прокладками толщиной 1,3мм и 1,0мм, соответственно модули упругости 250 МПа и 300 МПа;
- ленты из капроновых тканей типа ТК с модулем упругости 600 МПа;
- ленты из синтетических тканей типа ЕР с модулем упругости 2400 МПа.

Значения коэффициентов трения принимались в соответствии с рекомендациями работы [5]: $f = 0.25$ - для сухих поверхностей, не футерованных барабанов и мокрых футерованных резиной барабанов; $f = 0.35$ - для сухих поверхностей футерованных барабанов. Определялась дуга покоя $\alpha_n = \alpha_{СК2}$ на неподвижном барабане по перемещениям конечных элементов (КЭ) ленты от заданных натяжений S_1 и S_2 , соотношение которых соответствовал определенному коэффициенту тяги. Численные значения дуги покоя определялись по количеству конечных элементов от точки на дуге окружности (барабана) с нулевым перемещением КЭ ленты до точки сбегания ленты с барабана.

На рисунке 1 приведены результаты численного анализа образования дуги покоя и, соответственно, дуги скольжения в зависимости от коэффициента тяги φ . При $\alpha_n = 0$ начинается полное буксование, отсюда определены соответствующие значения φ_{\max} , для исследуемых лент в зависимости от их модуля упругости и коэффициентов трения.

При разработке метода определения рабочего коэффициента тяги, исключая даже частичное буксование, фрикционная пара лента-барабан рассматривалась как соединение с натягом. При этом допускаемое тяговое усилие в механизме принималось как окружное сдвигающее усилие в соединении с натягом, обеспечивающее передачу крутящего момента. Необходимое тяговое усилие на

проводном барабане нории известно, с учетом усилия черпания, равного $F_{зач} = (0.08...0.1)F_t$, определяется как:

$$F_t = 1.1 \cdot \frac{Q \cdot H}{g \cdot 3.6 \cdot \vartheta}, \quad (4)$$

где Q - производительность нории; т/ч, H - высота нории, м;
 ϑ - скорость ленты, м/с.

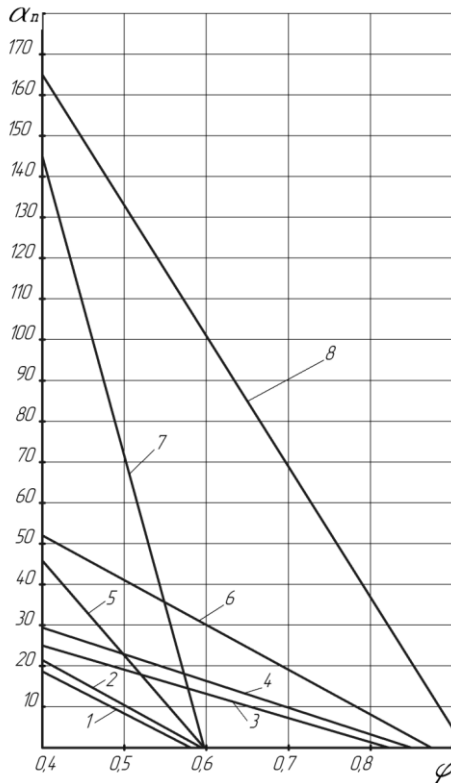


Рис. 1. Зависимость угла покоя от коэффициента тяги:
 1 - $f = 0,25$ $E = 250$ МПа; 2 - $f = 0,25$ $E = 300$ МПа;
 3 - $f = 0,35$ $E = 250$ МПа; 4 - $f = 0,35$ $E = 300$ МПа;
 5 - $f = 0,25$ $E = 600$ МПа; 6 - $f = 0,35$ $E = 600$ МПа;
 7 - $f = 0,25$ $E = 2400$ МПа; 8 - $f = 0,35$ $E = 2400$ МПа

Окружное усилие в соединении с натягом лента-барабан

определяется как

$$F_{тн} = 0,5 \cdot \pi \cdot p_{CP} \cdot f \cdot D_B b_L, \quad (5)$$

где: p_{CP} – контактное давление на поверхности сопряжения, f – коэффициент трения на поверхности контакта, D_B – диаметр барабана, b_L – ширина ленты.

В процессе нагружения барабана контактное давление распределяется по поверхности неравномерно, и его величина

изменяется от $p_{\min} = \frac{2S_{02}}{D_B b_L}$ до $p_{\max} = \frac{2S_1}{D_B b_L}$, где: $S_{02} = S_2 + S_{00}$ –

полное предварительное натяжение ремня, а $S_{00} = 3EJ / r_B^2$ – дополнительное натяжение для изгиба ремня на барабане. Тонкий ремень обладает малой радиальной жесткостью и плотно прижат к поверхности барабана. Таким образом, расчет тягового усилия можно вести по среднему контактному давлению через натяжения в набегающей и сбегающей ветвях ленты

$$p_{CP} = \frac{S_1 + S_{02}}{D_B b_L}. \quad (6)$$

Максимальное контактное давление не должно превышать допустимое для резиновой футеровки, которое, с учетом цикличности нагрузки, должно быть не более 0,25 МПа. Среднее контактное давление на поверхности приводных барабанов норий и ленточных транспортеров находится в пределах 0,09...0,12 МПа. Экспериментально доказано, что при низких давлениях 0,12...1,00 МПа коэффициент трения практически не изменяется. Выбранные для расчета коэффициенты трения соответствуют коэффициентам трения на дуге скольжения в рабочем режиме.

До настоящего времени нет однозначного мнения о влиянии дуги покоя на создание тягового усилия. Общепринято, что на дуге покоя растянутый ремень перемещается с одинаковой скоростью – скоростью поверхности барабана без скольжения, а сила трения образуется только на дуге скольжения. Однако анализ некоторых экспериментальных данных показывает существенное влияние дуги покоя на создание тягового усилия [6]. Исследование пленочных лент методом фотоупругости показало [7], что на дуге покоя возникает наибольшая угловая деформация сечений и, соответственно, наибольшие напряжения сдвига. Они одинаковые на всей дуге, что свидетельствует о сцеплении поверхностей. В этой же

работе проведены исследования упругих перемещений в ленте и в футеровке с помощью тензодатчиков [7], наклеенных на каркас ремня в пазах. Показано, что на дуге покоя имеет место значительная деформация сдвига футеровки, в то время как скольжение ленты по поверхности футеровки отсутствовало.

Таким образом, можно с уверенностью считать, что на дуге покоя возникает сила сцепления, как сила трения покоя, которая создает дополнительное тяговое усилие. Следовательно, уравнение (5) можно представить в виде:

$$F_{тн} = 0,5p(\alpha_n \cdot f_n + \alpha_{СК} \cdot f_C)D_B b_{л} \quad (7)$$

где: f_n – коэффициент трения покоя, f_C – коэффициент трения скольжения, α_n и $\alpha_{СК}$ -соответственно дуги покоя и скольжения.

По справочным данным для фрикционных пар с большим контактным давлением (соединение с натягом стальных деталей) $f_n = (1.17 - 1.4)f_C$. С уменьшением давления коэффициент трения покоя увеличивается. Для автомобильных резин при трении по сухим твердым поверхностям $f_n = (1.25 - 1.7)f_C$, а $f_n = (1.18 - 1.25)f_C$ – для мокрых. Для фрикционной пары ремень-барабан, для практических расчетов можно принимать для сухих поверхностей не футерованных барабанов и влажных футерованных $f_n = 1,2f_C$.

Условие отсутствия сдвига ленты относительно барабана имеет вид:

$$n = \frac{F_{тн}}{F_t} > [n]; \quad (8)$$

где: n - коэффициент запаса сцепления, F_t – необходимое тяговое усилие при заданной производительности норрии, $[n]$ – допускаемый запас прочности. Значение допускаемого коэффициента запаса прочности сцепления можно принять из следующих соображений. По данным исследования футерованных резиной барабанов конвейеров [8] твердость по Шору футеровки не должна превышать $SH=40...45$. При такой твердости коэффициенты трения на сухой поверхности $f = 0,45...0,55$ на влажной $f = 0,30...0,35$. С увеличением твердости коэффициент трения уменьшается.

Принятые в работе коэффициенты трения обеспечивают определенный запас. Возможные отклонения модуля упругости и изменение углов покоя и скольжения не существенно повлияют на

усилие сдвига. Достаточный запас прочности сцепления можно принять в пределах $[n]=1,2\dots 1,25$.

Условие (8) позволяет определить значение рабочего коэффициента тяги φ_0 , определяющего значения S_1 и S_2 , и соответственно контактного давления, углов покоя α_{II} и скольжения $\alpha_{СК}$.

В табл.1 приведены рекомендованные значения рабочего коэффициента тяги φ_0 и соответствующие ему углы покоя и скольжения, полученные по зависимости (8) и с использованием результатов на рис.1. Полученные данные свидетельствуют о том, что передача тягового усилия без пробуксовки возможна при больших дугах скольжения, чем у приводных передач. Это объясняется тем, что в ленточно-барабанных механизмах отношение диаметра барабана к толщине ленты составляет $D_B/\delta=60-100$, в то время как у приводных передач $D_B/\delta=20-35$. Вследствие этого, в норийных механизмах обеспечивается более плотное прилегание ленты к барабану с повышенным коэффициентом трения.

Таблица 1

Тип ленты	Модуль упругости, МПа	Толщина тканевой прокладки, мм	Коэффициент трения μ	Коэффициент тяги φ_0	Угол покоя α_{II} , рад	Угол скольжения $\alpha_{СК}$, рад
БКНЛ	250	1,15...1,3	0,25	0,44	0,288	2,852
БКНЛ	250	1,15...1,3	0,35	0,45	0,314	2,826
БКНЛ	300	1,0	0,25	0,45	0,305	2,835
БКНЛ	300	1,0	0,35	0,48	0,453	2,687
ТК	600	1,0	0,25	0,45	0,593	2,547
ТК	600	1,0	0,35	0,62	0,488	2,652
ЕР	2400	1,0	0,25	0,54	0,785	2,355
ЕР	2400	1,0	0,35	0,7	1,2	1,94

Ленты из синтетических тканей обеспечивают необходимую тяговую способность при меньших начальных натяжениях, что существенно снижает нагрузку на ленту. В этом плане наиболее эффективные ленты ЕР, каркас которых выполняется из тканей с полиамидными нитями в сочетании с нитями из полиэстера, и имеют резиновые прокладки. В отличие от капроновых лент, они имеют малое удлинение и соответственно вытягивание, высокую прочность

и малую изгибную жесткость. Их более высокая стоимость окупается за счет сокращения эксплуатационных расходов.

Выводы. В результате исследований с применением метода конечных элементов установлено, что параметры тяговой способности существенно зависят от модуля упругости ленты и коэффициента трения в соединении лента – барабан.

Предложенная модель ленточно-барабанного механизма в виде соединения с натягом позволила получить значения рабочего коэффициента тяги, а также углов покоя и скольжения, при которых исключается даже частичное буксование, не допускаемое в рабочем режиме

Полученные результаты позволяют определять все параметры ленточно-барабанного механизма: тип ленты, ее необходимое начальное натяжение, диаметр барабана и прочность элементов его каркаса, толщину футеровки.

Предлагаемые результаты могут быть использованы при разработке новых конструкций норий любой производительности и высоты.

Список литературы

1. Биргер И.А. Расчет на прочность деталей машин. /И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, С.Б. Иосилевич// - М.; Машиностроение – 1979 – 702 с.
2. Решетов Д.Н. Детали машин /Д.Н. Решетов// -М.; Машиностроение, 1989. -496 с.
3. Телис И.Я. Экспериментальное определение дуги покоя и скольжения в передаче гибкой лентой /И.Я. Телис// - Научные записки ОПИ, 1956. Том IX. С. 99-103.
4. Богомолов А.В. Тяговая способность приводных барабанов ленточных норий-элеваторов. /А.В. Богомолов, В.А. Белостоцкий, И.М. Лукьянов// Севастопольский НТУ. Материалы 10-й международной научно-практической конференции «Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем». Севастополь 2013. Вып.137. С.303-308.
5. Зенков Р.Л. Конвейеры большой мощности. /Р.Л. Зенков, М.М. Петров// - М.; Машиностроение – 1964 – 427 с.
6. Чуканов В.И. Исследование тяговых свойств приводных станций шахтных конвейеров с резинокросовыми лентами. /В.И. Чуканов/ - Автореферат диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук. М. – 1964. 24 с.

7. Андреев А.В. Расчет деталей машин при сложном напряженном состоянии. /А.В. Андреев// - М.; Машиностроение, 1981 – 216 с.

8. Спиваковский А.О. – Карьерный конвейерный транспорт. / А.О. Спиваковский, Н.Г. Потапов, Н.А. Котов// - М.: Надра-1965-430с.

Анотація

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОЮ ЗДАТНІСТЮ СТРИЧКОВО- БАРАБАН МЕХАНІЗМІВ НОРІЙ З РІЗНИМИ ТИПАМИ СТРИЧОК

Наведено метод визначення параметрів тягової здатності стрічково-барабанних механізмів норій, при використанні різних типів гумотканинних і синтетичних стрічок. Проведено аналіз робіт, в яких тягова здатність фрикційної пари стрічка (ремінь) - приводний барабан визначалася не шляхом застосування відомої залежності Ейлера, а за допомогою коефіцієнтів тяги, отриманих експериментальним шляхом для деяких типів плоскостової передач. Для великогабаритних стрічково-барабанних механізмів вертикального розташування, зі специфічним значенням натягу в збігати гілки, параметри тягової здатності визначені з використанням методу скінченних елементів (МСЕ), що дозволило визначити переміщення в процесі пружного ковзання стрічки по барабану. При математичній постановці завдання визначені умови контактної взаємодії для побудови кінцево-елементної моделі. Чисельне дослідження моделі проведено за допомогою програмного комплексу ANSYS WORKBENCH. Для різних типів прогумованих і синтетичних стрічок отримані значення кутів спокою і ковзання в залежності від коефіцієнтів тяги. При цьому визначено значення максимального коефіцієнта тяги для кожного типу стрічки, при якому настає повне буксування в механізмі. Розроблено метод визначення робочого коефіцієнта тяги, при якому виключається навіть часткове буксування, на основі розгляду фрикційної пари стрічка - барабан як пресове з'єднання. При визначенні зсувного зусилля використовувалися значення дуг спокою і ковзання для заданого коефіцієнта тяги з відповідними їм коефіцієнтами тертя. Граничне значення зсувного зусилля і, відповідно, значення допустимої робочого коефіцієнта тяги визначалося за допомогою

коефіцієнта запасу міцності для з'єднання з натягом.

Ключові слова: стрічково-барабанний механізм, тягова здатність, коефіцієнт тяги, пружне ковзання, кути спокою і ковзання.

Abstract

FOR DETERMINATION OF TRAFFIC ABILITY BELT DRUM MECHANISMS OF NORI WITH DIFFERENT TYPES OF TAPES

A method for determining the parameters of the traction ability of the drum-type noria drum mechanisms using different types of rubber-fabric and synthetic tapes is presented. The analysis of works in which the traction ability of a friction pair of tape (belt) - drive drum was determined not by applying the known Euler relationship, but by using thrust coefficients obtained experimentally for some types of flat-time gears was carried out. For large-sized tape-drum mechanisms of vertical arrangement, with a specific value of tension in the falling branch, the parameters of traction ability are determined using the finite element method (FEM), which allowed us to determine the displacements in the process of elastic slipping of the tape along the drum. In the mathematical formulation of the problem, the conditions of contact interaction for the construction of a finite element model are determined. The numerical study of the model was performed using the ANSYS WORKBENCH software package. For different types of rubberized and synthetic ribbons, the values of rest and slip angles are obtained depending on the thrust coefficients. At the same time, the values of the maximum coefficient of thrust for each type of belt at which full slipping occurs in the mechanism are determined. A method has been developed for determining the operating coefficient of thrust, in which even partial skidding is excluded, on the basis of considering the tape-to-drum friction pair as a connection with tension. In determining the shear force, the values of the rest and slip arcs were used for a given thrust coefficient with corresponding friction coefficients. The limiting value of the shear force and, accordingly, the value of the allowable working thrust coefficient was determined using the safety factor for the connection with the tension.

Keywords: belt-drum mechanism, traction ability, coefficient of thrust, elastic slip, rest and slip angles.

УДК 631.362.36; 621.928.9

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЦ НА ТОЛЩИНУ СЕМЕННОЙ ОБОЛОЧКИ У СЕМЯН НУТА

Мезенцев В.А., гл. инженер,

(ПрАО “Харьковский комбикормовый завод”)

Бредихин В.В., к.т.н., доц., Черняев А.А., ст. препод.,

Ильина Н.А., препод.,

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

Кобызева Л.Н., д.с.-х.н., Безуглая О.Н., к.с.-х.н.

(Институт растениеводства им. В.Я. Юрвева НААН)

В Харьковской области изучено влияние размерных характеристик семян на толщину семенной оболочки у шести сортов нута. Используя полученные данные по толщине семенной оболочки, установлены сорта, среди темnoseменных и светлосеменных образцов нута, наименее подверженные травмированию.

Ключевые слова: нут, толщина семенной оболочки, сравнительные данные, длина, ширина, толщина.

Постановка задачи. Изменение климата в Украине выражается через повышение температуры воздуха [9, 10]. За последние десять лет она повысилась на 0,3-0,6 °С, тогда как за столетие - на 0,7 °С. Есть мнение, что к 2060 году температура воздуха поднимется на 2 градуса, лето будет жарче, осадков станет меньше [11]. Привычные для нашей местности сельскохозяйственные культуры уже через 20 лет не смогут выжить в новых климатических условиях. Катастрофическое уменьшение количества осадков и увеличение температуры сильно “ударят” по украинскому сельскому хозяйству. Адаптацией под будущие изменения аграрному сектору нужно начинать заниматься немедленно, не откладывая в долгий ящик – вводить в производство более засухоустойчивые и жаростойкие культуры. В связи с этим следует обратить особое внимание на нут [1], который хорошо выдерживает недостаток влаги и является засухоустойчивой сельскохозяйственной культурой номер один среди зернобобовых [7].

Урожай напрямую зависит от качества посевного материала. В своей работе И.П. Вареник [6] отмечает, что всхожесть пшеницы

сорта Новоукраинская 86, имеющей повреждения снизилась с 95 % до 46 %. Исследования, проведённые Г.К. Абрамовым и В.Н. Топановым [2] доказывают, что травмирование семян в процессе послеуборочной обработки сказывается на их посевных качествах, снижая лабораторную всхожесть пшеницы в отношении контроля на 27 %, ячменя на 33,5 %, полевая всхожесть - соответственно на 14 % и 27 %.

Детальным изучением особенностей повреждения семян нута и разработку методов, снижающих травмирование на всех этапах послеуборочной обработки, посвящён ряд научных трудов. Так, авторами данной методики [3] разработана систематика повреждений при механизированной очистке семян с учётом особенностей такой культуры, как нут. В результате исследований [4] составлена сравнительная систематика повреждений сортов «Триумф» и «Розанна», дающая возможность пронаблюдать изменение конкретного типа травмы с изменением фазы созревания этих двух сортов. Представлены таблицы сравнительных данных, позволяющие оценить конкретное повреждение «Триумфа» и «Розанны» в процентном соотношении для дальнейшего определения стойкости сорта к травматизму. В дальнейшем изучено [5] влияние размерных характеристик сортов «Триумф», «Краснокутский 123» и «Розанна» на травмирование при механизированной обработке. Определены размеры семян (длина, ширина, толщина) наиболее подверженные механическому травмированию.

Цель исследований. Исследование толщины оболочки наружного покрова у семян нута различных размеров и форм.

Основные материалы исследований. Нами было установлено, что изучение толщины оболочки как наружного покрова семени нута, защищающего зерно от широкого спектра внешних воздействий, не проводилось.

В 2016 году на базе Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН проводились исследования, направленные на детальное изучение влияния линейных размеров семян нута на толщину семенной оболочки. Для решения этой задачи были использованы шесть сортов нута, принципиально отличающихся друг от друга цветом, формой и размерами: «Сандулец», «Гибрид 25», «Розанна», «Пегас», «Триумф» и «Краснокутский 123». После созревания растения нута собирали в снопы (по 30 шт.) и обмолачивали на МПСУ-500. Общую массу семян извлекали из

бункера молотилки. Извлечённая навеска чистых семян, просеивалась вручную в течение трёх минут через набор лабораторных сит с круглыми отверстиями Ø8,0; Ø7,0; Ø6,5. В результате, мы получили фракции отличающиеся друг от друга размерами: «Сандулец» - сход Ø8,0, сход Ø7,0, сход Ø6,5 и проход Ø6,5; «Гибрид 25» - сход Ø8,0, сход Ø7,0, сход Ø6,5 и проход Ø6,5; «Розанна» - сход Ø8,0, сход Ø7,0, сход Ø6,5 и проход Ø6,5; «Пегас» - сход Ø8,0, сход Ø7,0, сход Ø6,5 и проход Ø6,5; «Триумф» - сход Ø8,0, сход Ø7,0, сход Ø6,5 и проход Ø6,5; «Краснокутский 123» - сход Ø8,0, сход Ø7,0, проход Ø7,0. Семена каждой из полученных фракций перемешивали и выделяли навеску массой 100 г. Затем навеску высыпали на разборную доску, разравнивали и отбирали подряд без выбора 100 семян. У каждого семени с помощью микрометра производили замеры (точность измерений до 0,01 мм) длины, ширины и толщины. По каждому из трёх показателей (длине, ширине, толщине) выводили средний размер (среднее арифметическое), результаты заносили в соответствующие графы таблиц 1-6.

Таблица 1

Параметры семян нута сорта «Сандулец»

Параметры семян	длина(<i>l</i>)*	ширина(<i>b</i>)**	толщина(<i>a</i>)***
1	2	3	4
Линейный размер семени, сход Ø8	9,27	8,15	7,52
Толщина семенной оболочки, сход Ø8	0,06	0,06	0,08
Средняя масса одного семени в граммах ,сход Ø8	0,41		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø8	395		
Линейный размер семени, сход Ø7	9,09	7,59	7,48
Толщина семенной оболочки, сход Ø7	0,07	0,08	0,07
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø7	0,34		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø7	317		
Линейный размер семени, сход Ø6,5	8,07	6,72	6,59
Толщина семенной	0,07	0,07	0,08

оболочки, сход Ø6,5			
Продолжение таблицы 1			
1	2	3	4
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø6,5	0,22		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø6,5	256		
Линейный размер семени, проход Ø6,5	7,41	5,86	5,79
Толщина семенной оболочки, проход Ø6,5	0,09	0,10	0,10
Средняя масса одного семени в граммах, проход Ø6,5	0,15		
Масса1000 семян в граммах, проходØ6,5	165		

длина (l)* - наибольший размер семени; **ширина (b)**** - средний размер семени; **толщина (a)***** - наименьший размер семени;

Таблица 2

Параметры семян нута сорта «Гибрид 25»

Параметры семян	длина(l)*	ширина(b)**	толщина(a)***
1	2	3	4
Линейный размер семени, сход Ø8	9,23	8,12	7,85
Толщина семенной оболочки, сход Ø8	0,14	0,15	0,15
Средняя масса одного семени в граммах ,сход Ø8	0,39		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø8	385		
Линейный размер семени, сход Ø7	8,86	7,71	7,49
Толщина семенной оболочки, сход Ø7	0,14	0,14	0,13
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø7	0,35		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø7	370		
Линейный размер семени, сход Ø6,5	7,91	6,65	6,54
Толщина семенной оболочки, сход Ø6,5	0,12	0,14	0,13
Средняя масса одного семени в граммах, сход	0,21		

Ø6,5			
Продолжение таблицы 2			
1	2	3	4
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø6,5	224		
Линейный размер семени, проход Ø6,5	7,31	5,95	5,71
Толщина семенной оболочки, проход Ø6,5	0,11	0,12	0,13
Средняя масса одного семени в граммах, проход Ø6,5	0,18		
Масса 1000 семян в граммах, проход Ø6,5	182		

Таблица 3

Параметры семян нута сорта «Розанна»

Параметры семян	длина(<i>l</i>)*	ширина(<i>b</i>)**	толщина(<i>a</i>)***
1	2	3	4
Линейный размер семени, сход Ø8	8,68	8,18	7,44
Толщина семенной оболочки, сход Ø8	0,06	0,07	0,06
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø8	0,38		
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø8	373		
Линейный размер семени, сход Ø7	8,61	7,57	7,27
Толщина семенной оболочки, сход Ø7	0,08	0,08	0,09
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø7	0,33		
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø7	318		
Линейный размер семени, сход Ø6,5	7,98	6,71	6,56
Толщина семенной оболочки, сход Ø6,5	0,09	0,08	0,08
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø6,5	0,23		
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø6,5	223		
Линейный размер семени, проход Ø6,5	7,02	5,89	5,75

Толщина семенной оболочки, проход Ø6,5	0,08	0,08	0,09
--	------	------	------

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Средняя масса одного семени в граммах, проход Ø6,5	0,16		
Масса 1000 семян в граммах, проход Ø6,5	170		

Таблица 4

Параметры семян нута сорта «Пегас»

Параметры семян	длина(<i>l</i>)*	ширина(<i>b</i>)**	толщина(<i>a</i>)***
Линейный размер семени, сход Ø8	9,66	8,16	7,46
Толщина семенной оболочки, сход Ø8	0,13	0,14	0,14
Средняя масса одного семени в граммах ,сход Ø8	0,35		
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø8	325		
Линейный размер семени, сход Ø7	9	7,25	6,96
Толщина семенной оболочки, сход Ø7	0,14	0,13	0,13
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø7	0,28		
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø7	276		
Линейный размер семени, сход Ø6,5	7,98	6,55	6,35
Толщина семенной оболочки, сход Ø6,5	0,12	0,13	0,12
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø6,5	0,20		
Масса 1000 семян в граммах, сход Ø6,5	195		
Линейный размер семени, проход Ø6,5	7,84	5,47	5,29
Толщина семенной оболочки, проход Ø6,5	0,14	0,14	0,13
Средняя масса одного семени в граммах, проход Ø6,5	0,13		
Масса 1000 семян в граммах, проход Ø6,5	108		

Таблица 5

Параметры семян нута сорта Триумф

Параметры семян	длина(<i>l</i>)*	ширина(<i>b</i>)**	толщина(<i>a</i>)***
Линейный размер семени, сход Ø8	9,44	8,33	7,85
Толщина семенной оболочки, сход Ø8	0,06	0,06	0,08
Средняя масса одного семени в граммах ,сход Ø8	0,42		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø8	415		
Линейный размер семени, сход Ø7	8,98	7,76	7,56
Толщина семенной оболочки, сход Ø7	0,08	0,07	0,06
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø7	0,34		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø7	349		
Линейный размер семени, сход Ø6,5	8,04	6,77	6,74
Толщина семенной оболочки, сход Ø6,5	0,09	0,07	0,09
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø6,5	0,23		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø6,5	223		
Линейный размер семени, проход Ø6,5	7,40	6,27	6,11
Толщина семенной оболочки, проход Ø6,5	0,10	0,09	0,09
Средняя масса одного семени в граммах, проход Ø6,5	0,18		
Масса1000 семян в граммах, проходØ6,5	174		

Таблица 6

Параметры семян нута сорта «Краснокутский 123»

Параметры семян	длина(l)*	ширина(b)**	толщина(a)**
Линейный размер семени, сход Ø8	10,41	7,99	7,72
Толщина семенной оболочки, сход Ø8	0,14	0,15	0,16
Средняя масса одного семени в граммах ,сход Ø8	0,35		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø8	337		
Линейный размер семени, сход Ø7	9,23	7,36	7,01
Толщина семенной оболочки, сход Ø7	0,14	0,14	0,14
Средняя масса одного семени в граммах, сход Ø7	0,30		
Масса1000 семян в граммах, сход Ø7	283		
Линейный размер семени, проход Ø7	8,18	6,10	5,91
Толщина семенной оболочки, проход Ø7	0,13	0,13	0,14
Средняя масса одного семени в граммах, проход Ø7	0,17		
Масса1000 семян в граммах, проходØ7	168		

Так же у всех отобранных подряд, без выбора 100 семян, производились замеры толщины семенной оболочки. Воспользовавшись геометрической классификацией форм семян [8], охватывающей все основные виды полевых культур и сведённой к пяти типам геометрически правильных тел, был выбран наиболее подходящий для семян нута класс эллиптический, когда толщина практически равна ширине при значительно большей длине (рис.1). Условно разделив семя на три части согласно типам семян, представленным на рисунке 1 (l - длина, b – ширина, a - толщина)

снималась оболочка с трёх частей семени. Каждое семя характеризовалось тремя измерениями. Согласно расстояниям, указанным на рисунке 1, делался съём оболочки: длина семени (l) – расстояние между основанием и верхушкой, ширина семени (b) – наибольшее расстояние между боковыми сторонами, толщина семени (a) – наибольшее расстояние между спинкой и брюшной стороной. Толщина семенной оболочки измерялась микрометром МК 0-25 мм, цена деления 0,01 мм, допустимая погрешность $\pm 0,004$, класс точности первый. По каждому размеру семенной оболочки (l , b , a) выводилось среднеарифметическое. Полученный результат заносился в нужную графу таблицы 1-6. Сто семян каждой фракции, взятых подряд, взвешивали поштучно на лабораторных весах с точностью до 0,01 г. По полученным результатам выводилась средняя масса одного семени в граммах и записывалась в таблицу 1-6. Также определялась масса тысячи семян каждой конкретной фракции, полученной в результате прохождения через сита $\varnothing 8,0$; $\varnothing 7,0$; $\varnothing 6,5$. Результаты фиксировались, и заносились в таблицу 1-6.

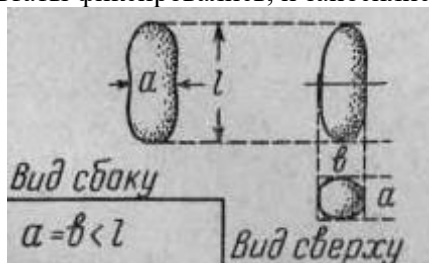


Рис. 1. Типы семян по форме

Характеристики толщины семенной оболочки по трём частям семени у полученных четырёх фракций имеют следующие соотношения: «Сандулец» - сход $\varnothing 8,0$; $l = b < a$; сход $\varnothing 7,0$; $l = a < b$; сход $\varnothing 6,5$; $l = b < a$; проход $\varnothing 6,5$; $b = a > l$ (табл. 1); «Гибрид 25» - сход $\varnothing 8,0$; $b = a > l$; сход $\varnothing 7,0$; $l = b > a$; сход $\varnothing 6,5$; $l < a < b$; проход $\varnothing 6,5$; $l < b < a$ (табл. 2); «Розанна» - сход $\varnothing 8,0$; $l = a < b$; сход $\varnothing 7,0$; $l = b < a$; сход $\varnothing 6,5$; $b = a < l$ (табл. 3); «Пегас» - сход $\varnothing 8,0$; $b = a > l$; сход $\varnothing 7,0$; $b = a < l$; сход $\varnothing 6,5$; $l = a < b$; проход $\varnothing 6,5$; $l = b > a$ (табл. 4); «Триумф» - сход $\varnothing 8,0$; $l = b < a$; сход $\varnothing 7,0$; $a < b < l$; сход $\varnothing 6,5$; $l = a > b$; проход $\varnothing 6,5$; $b = a < l$ (табл. 5); «Краснокутский 123» - сход $\varnothing 8,0$; $l < b < a$; сход $\varnothing 7,0$; $l = b = a$; проход $\varnothing 7,0$; $l = b < a$ (табл. 6).

Выводы. При исследовании толщины внешней оболочки нута было установлено, что она имеет существенную вариативность в

зависимости от размеров семени. Так же было выявлено различие толщины оболочки у сортов с разной формой семян и окраской семенной оболочки в разных частях их семени. При изучении травмированности семян нута после механизированной их обработки, было установлено, что толщина семенной оболочки имеет большое практическое значение.

Список литературы

1. Черенков А.В., Клиша А.І., Гирка А.Д., Кулініч О.О. Зернобобові культури сучасні технології вирощування.ст.11,14. Дніпро 2017 .

2. Абрамов Г.К., Топанов В.Н. Труды Ленинградского сельскохозяйственного института том139, Ленинград 1969. Ст31-36.

3. Богомолов А.В. Методика определения степени повреждения семян нута при механизированной очистке. / А.В. Богомолов, В.А. Мезенцев, Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая, Д.О. Матющенко // Хранение и переработка зерна. №10 октябрь 2015. – С.45-49.

4. Богомолов А.В. Анализ травмирования семян нута сортов Триумф и Розанна разных фаз спелости / А.В. Богомолов, В.А. Мезенцев, Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая //Хранение и переработка зерна №11 (207) ноябрь 2016. С.39-49.

5. Богомолов А.В. Влияние размерных характеристик семян нута на механическое травмирование/ А.В. Богомолов, В.А. Мезенцев, Л.Н. Кобызева, О.Н. Безуглая //Хранение и переработка зерна №6 (214) июнь, 2017. С.21-26.

6. Вареник И.П. О механических повреждениях семян. Селекция и семеноводство №1, 1960 ст.35.

7. Дугин Ю.А. Автореферат диссертации на соискание учёной степени к.т.н. Волгоград-2008,ст.28.

8. Пугачёв А.Н. Повреждение зерна машинами. С 29-30.

9. pogoda. rovno.ua/klimat-ukraina-menyaetsya-i-vse-bolshe-nachinaet-napominat-grecheskij.

10. mirznanii.com/a/330636/analiz-izmeneniya-klimata-v-ukraine

11. businessviews.com.ua/ru/studies/id/izmenenie-klimata-kakoj-budet-ukraina-v-2060-238/

Анотація

ВПЛИВ РОЗМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ТОВЩИНУ НАСІННОЇ ОБОЛОНКИ У НАСІННЯ НУТУ

Вивчено вплив розмірних характеристик насіння на товщину насінної оболонки у шести сортів нуту, що вирощується у Харківській області. Використовуючи отримані дані по товщині насінної оболонки, встановлено сорти, що найменше схильні до травмування серед темнонасінневих і світлонасінневих зразків нуту.

Ключові слова: нут, товщина насінної оболонки, порівняльні дані, довжина, ширина, товщина.

Abstract

EFFECT OF DIMENSIONAL CHARACTERISTICS ON THE THICKNESS OF THE SEED COAT IN CHICKPEA SEEDS

The effect of the dimensional characteristics of seeds on the thickness of the seed coat in six varieties of chickpea has been studied in the Kharkov region. Using the obtained data on the thickness of the seed coat, varieties were found to be the least susceptible to trauma among dark-seeded and light-seeded chickpea samples.

Key words: chickpea, thickness of the seed coat, comparative data, length, width, thickness.

УДК 664.644.4

АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПАРОВОГО ХЛІБА

Шаніна О.М., д.т.н., проф, Мінченко С.М., аспірант
(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В статті досліджено амінокислотний склад безглютенового хліба. Встановлено суттєве зростання кількості незамінних лімітуючих амінокислот, що призводить до збільшення індексу незамінних амінокислот до 180 %.

Постановка задачі. Збільшення випадків діагностики целиакії, а також низька якість наявних безглютенових продуктів спонукає дослідників до пошуку нових інгредієнтів та технологій, здатних замінити глютен та покращити властивості безглютенових хлібобулочних виробів.

Аналіз основних досліджень. Класичні рецептури безглютенового парового хліба базуються на кукурудзяному та рисовому борошні та їх комбінації у різних співвідношеннях. Згідно останніх досліджень, кукурудзяне борошно забезпечує приблизно

15 % білка та 20 % калорій в харчуванні 200 млн людей у всьому світі. Високий вміст крохмалю (в середньому 72 %) та достатній вміст білка (10 %), а також приємний жовтий колір кукурудзяного борошна вивели кукурудзяне борошно на лідуючу позицію серед безглютенових компонентів [1].

Конструктивне збагачення безглютенових продуктів повинно відповідати оптимальному комбінуванню мікроелементів та біологічно активних речовин в засвоювані форми та технологічно оправдані поєднання, що сприяють формуванню необхідних споживчих властивостей.

Збагачення хліба білками інших зернових культур досить розповсюджене сьогодні в харчовій промисловості. Білки наприклад бобових культур суттєво переважають зернові за вмістом незамінних амінокислот та за індексом якості та утилітарності білка. Але вміст антихарчових сполук в більшості бобових обмежує їх використання у виробництві хліба.. Тому в даній роботі в першу чергу розглянуто такі добавки як кіноа, сорго, соняшникове та лляне борошно та їх вплив на біологічну цінність безглютенового парового хлібця.

Мета досліджень. Для оцінки біологічної цінності білкових компонентів в наукових дослідженнях найбільш широкого розповсюдження набули показники і критерії розроблені академіками Ліпатовим, та. Роговим, основані на розвитку відомого принципу Мітчелла-Блока. На основі даного принципу сформульовано ряд показників, які дозволяють оцінити амінокислотний склад і його збалансованість в продукті [2-4]. До широко використовуваних показників відносять: коефіцієнт утилітарності незамінної амінокислоти, індекс якості білка, коефіцієнт раціональності амінокислотного складу, показник зіставленої надмірності амінокислот та індекс незамінних амінокислот.

Основні матеріали досліджень. Проведений амінокислотний аналіз безглютенового парового хліба з використанням нетрадиційної зернової сировини (табл. 1) показує, в першу чергу, збільшення вмісту білка у виробі (для хліба на основі рисового борошна - на 10...26 %, для хліба на основі кукурудзяного борошна – 3...16 %). Крім того, відмітимо зростання амінокислотного скору метіоніну, особливо у випадку застосування борошна соняшникового. Слід зазначити, що при внесенні борошна соняшникового та лляного до рецептури хліба на основі рисового борошна помітно зростає коефіцієнт утилітарності та індекс якості

білка (на 124...190 % та 31...49 % відповідно). А для виробів на основі кукурудзяного борошна помітного покращення біологічної цінності вдалося досягти при внесенні борошна соргового та кіноа (коефіцієнт утилітарності зростав на 61...85 %, а індекс якості білка на 27...45 % відповідно).

Таблиця 1

Амінокислотний склад борошняного безглютенового хліба

ПОКАЗНИКИ	Бсон (5%)	Блнн (5%)	Бсор (10%)	Бкін (15%)
Хліб на основі рисового борошна				
Вміст білка, %	8,85	8,15	7,7	8,05
Амінокислотний скор, %:				
Валін	15,22	9,86	8,42	9,16
Ізолейцин	15,58	9,80	10,23	10,78
Лейцин	18,54	17,93	16,07	14,60
Лізин	11,07	5,81	3,93	6,49
Метіонін	10,91	5,27	3,74	5,26
Треонін	17,53	7,37	5,23	6,28
Триптофан	32,80	12,10	6,60	37,20
Фенілаланин	15,22	7,26	6,23	6,70
КУ	0,47	0,61	0,50	0,44
ІЯБ	0,58	0,51	0,41	0,54
Хліб на основі кукурудзяного борошна				
Вміст білка, %	12,48	11,86	11,12	11,58
Амінокислотний скор, %:				
Валін	15,04	9,59	8,60	9,30
Ізолейцин	17,38	11,61	8,43	9,38
Лейцин	24,71	16,36	12,90	11,80
Лізин	10,25	4,90	4,09	6,49
Метіонін	10,14	4,41	4,79	5,26
Треонін	16,63	6,36	6,13	6,98
Триптофан	29,20	8,20	10,20	40,00
Фенілаланин	15,04	7,04	6,38	6,82

КУ	0,45	0,52	0,61	0,53
ІЯБ	0,54	0,41	0,52	0,59

Підвищення коефіцієнту утилітарності та індексу якості можна пояснити суттєвим зростанням кількості незамінних амінокислот (лізину та метіоніну), представлених на рис. 1. Відмітимо, що при внесенні борошна лляного вміст даних амінокислот зростає на 23 та 15 % відповідно, а при внесенні соняшникового – 134 та 139 % відповідно. Для хліба на основі борошна кукурудзяного амінокислотний скор для лізину та метіоніну зростає у меншій мірі, а саме, при внесенні борошна кіноа – на 70 та 42 % відповідно, а при внесенні борошна соргового – на 6 та 30 % відповідно.

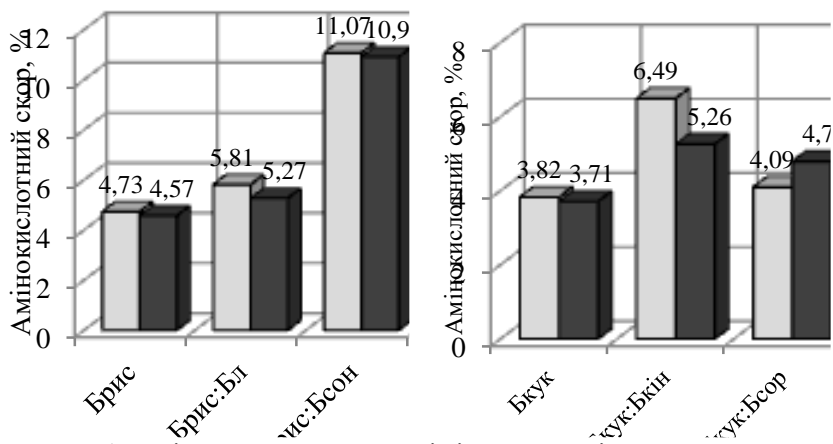


Рис. 1. Амінокислотний скор лімітуючих амінокислот

Інший метод визначення біологічної цінності білків заключається у визначенні індексу незамінних амінокислот (ІНАК). Його основною перевагою є те, що він враховує кількість усіх незамінних амінокислот в продукті, а не лише лімітуючих. Тому на наступному етапі нами було визначено ІНАК безглютенового парового хліба (рис. 2).

Отримані результати свідчать, що ІНАК у всіх випадках використання нетрадиційної сировини покращувався. При внесенні соргового борошна до кукурудзяного ІНАК підвищується на 3...19 % залежно від конкретної амінокислоти. Додавання борошна кіноа цей показник збільшується на 2...151 %. Найбільш помітно зростає триптофан, що зумовлено високим вмістом цієї амінокислоти в борошні кіноа.

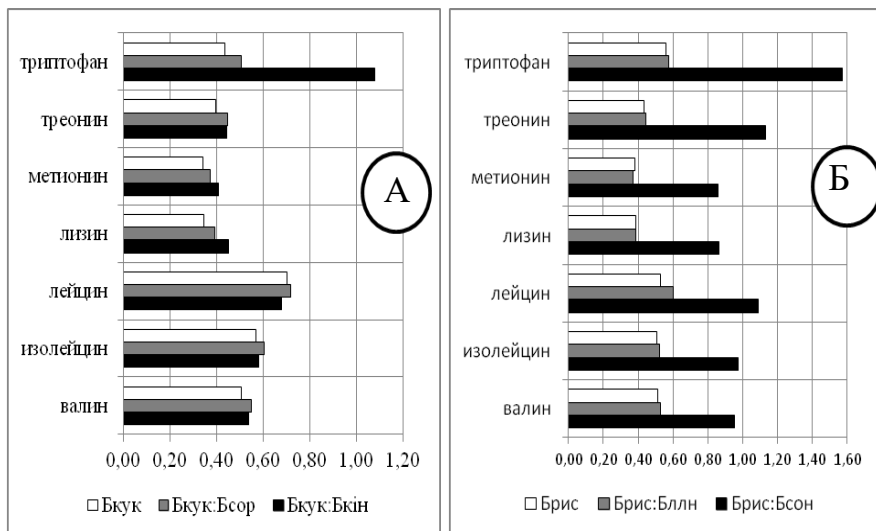


Рис. 2. Вплив нетрадиційної сировини на ІНАК безглютенового парового хліба (А – на основі борошна кукурудзяного, Б – на основі борошна рисового)

Також встановлено, що лляне борошно впливає на ІНАК борошняних сумішей на основі рисового борошна не суттєво, на 1...13 %, а при внесенні соняшникового борошна цей показник зростає на 80...180 %. Значне покращення зумовлене високим вмістом білка в соняшниковому борошні та високою його якістю.

Висновки. Таким чином, проведений комплекс досліджень біологічної цінності борошняних сумішей для виробництва безглютенових парових хлібців показав, що з точки зору нутрицевтики ефективно використовувати борошно кіноа у суміші з кукурудзяним в співвідношенні 85:15 та борошно соргове в співвідношенні 90:10 а також суміш рисового борошна з соняшниковим в співвідношенні 95:5 та лляним у тому ж співвідношенні. Такі суміші дозволяють максимально підвищити показники біологічної цінності безглютенового парового хліба.

Список літератури

1. Шнейдер Д. Безбелковые и безглютеновые смеси для выпечки / Д. Шнейдер, Н. Казеннова // Хлебопродукты. – 2009. – No 2. – С. 38-39.

2. Жушман А.И. Безбелковые продукты для детского лечебного питания / А.И. Жушман, В.Г. Карпов, Н.Д. Лукин, Л.Ф. Бакулина // Пищевая промышленность. – 1996. – №9. – С.24-25.

3. Дробот В., Михонік Л., Грищенко А. Особливості технологічного процесу виготовлення безбілкового хліба/ Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2010. -- №6. – С.20-22

4. Кузнецова Л.И. Научные основы технологии хлеба с использованием ржаной муки на заквасках с улучшенными биотехнологическими свойствами: авто- реф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Л.И. Кузнецова. – М., 2010. – 50 с.

Аннотация

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПАРОВОГО ХЛЕБА

В статье исследовано аминокислотный состав безглютенового хлеба. Установлено существенное повышение количества незаменимых лимитирующих аминокислот, что приводит к увеличению индекса незаменимых аминокислот до 180 %.

Abstract

AMINO-ACID COMPOSITION OF ANGELYTENE BREED BREAD

The article investigates the amino acid composition of gluten-free bread. A significant increase in the number of irreplaceable limiting amino acids has been established, which leads to an increase in the index of essential amino acids up to 180%.

УДК 633.112.9.004.321

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО

Пузік Л.М., д.с.-г.н., проф., Пузік В.К. д.с.-г.н., проф.

(Харківський національний і технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

Рожков А. О. д.с.-г.н., проф.

(Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва)

Проведені дослідження ефективності елементів технології, які більшою мірою забезпечують реалізацію біологічного потенціалу врожайності зерна та його показників якості. Встановлено, що

найвищу ефективність у збільшення показників якості зерна має комплекс підживлення посівів рослин карбамідом сечовини у дозі 30 кг/га з кристаломом. Ефект підживлення зростає на фоні оптимізації погодних умов вирощування. Збільшення дози сечовини до 40 кг/га не забезпечує істотного підвищення усіх досліджуваних показників якості зерна тритикале ярого. Комплексне підживлення посіви тритикале забезпечує істотне збільшення вмісту клейковини завдяки, по-перше, підвищенню вмісту білка у зерні, по-друге, збільшенню частки запасних фракцій білків – проламінів і глютенінів.

Постановка проблеми. Ярі колосові дуже вимогливі до умов живлення. Якість зерна залежить і від добрив, і від ґрунтово-кліматичних умов. Вміст білка та клейковини у зерні зростає у напрямку із заходу на схід і з півночі на південь України, що пов'язано зі зволоженістю [1] Одним із найкращих чинників технології, спрямованих на поліпшення якості зерна, є азотне підживлення. Забезпеченість рослин елементами мінерального живлення гарантує нормальний ріст і розвиток сільськогосподарських культур [2] Стратегія застосування азотних добрив у весняне підживлення має бути спрямована не на одержання максимальної врожайності, а на досягнення максимальної ефективності добрив: доза добрив нарощується до того часу, поки її остання «надлишкова» частка ще скуповується прибавкою врожаю [3]

Тритикале яре найбільш інтенсивно споживає азот і зональні елементи до фази колосіння і закінчує споживання у фазу цвітіння. Але азот необхідний і у наступні періоди росту – до молочної стиглості зерна або навіть до дозрівання. У міжфазний період – виходу у трубку молочної стиглості накопичується основна кількість сухої речовини, спостерігається ефект «розбавлення азоту», який міститься у рослинах і разом з тим посилене надходження із зовнішніх джерел [4].

Аналіз існуючих джерел. Істотним резервом підвищення врожайності і якості зерна ярих хлібів є сбалансоване застосування мікроелементів. Мікроелементи є складовими важливих фізіологічно активних речовин. Вони підвищують ферментативну активність рослин, покращують поглинання поживних речовин, сприяють посиленню інтенсивності фотосинтезу й асиміляційної діяльності усієї рослини.

Ефективність підживлень значною мірою залежить від періоду

їхнього проведення. Підживлення у фазу кушіння більшою мірою впливає на збільшення врожайності, у більш пізні фази (колосіння) – в покращання якості зерна й меншою мірою на підвищення врожайності. Позакореневі підживлення мікроелементами у період виходу у трубку забезпечували істотне збільшення врожайності зерна та покращання його якісних показників [5].

Зерно тритикале характеризується більшим вмістом альбумінів та глобулінів і більш низьким вмістом клейковинних фракцій білка, що обумовлює менший вміст клейковини порівняно з пшеницею [6]. Ярі тритикале за технологічно-біохімічними властивостями наближені до пшениці, ніж до жита. Водночас фракційний білок тритикале не дає можливості одержати високий вихід клейковини: переважну більшість фракцій становлять водо- та солерозчинні **білки**, які не входять до складу клейковини. За літературними даними [4, 6, 7, 8], білок тритикале містить більше лейцину та фенілаланіну порівняно з білком пшениці. Вміст лізину у зерні тритикале також вищий, тому він є повноцінним у біологічному відношенні, ніж білок пшениці.

Мета, методика проведення досліджень. Мета роботи полягала у визначенні ефективності і оптимальні варіанти досліджуваних елементів технології, які більшою мірою забезпечують реалізацію біологічного потенціалу врожайності зерна та його показників якості. Представлена робота виконувалась на кафедрі рослинництва ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Вивчення біологічних та агротехнічних основ вирощування тритикале ярого проводили у польових і лабораторних умовах. Експерименти проводились за загальноприйнятими методиками організації польових і лабораторних дослідів [9,10], Схеми польових дослідів планували з додержанням принципу єдиної логічної різниці. Під час встановлення оптимальних параметрів впливу чинників і їхньої взаємодії враховували діапазон градації на рівні досліджуваних чинників.

Досліджували ефективність підживлень посівів тритикале ярого карбамідом сечовини та складним комплексним халатним добривом – наноміксом. Схема дослідів: чинник А – підживлення посівів сечовиною у дозах: 0, 20, 30 кг/га у фазу виходу у трубку; чинник В: позакореневі підживлення посівів наноміксом 1 – контроль (без підживлень), 2,3 та 4 варіант – підживлення наноміксом у фазі трубкування у дозі відповідно 2,0, 2,5 і 3,0 кг/га, 5, 6, і 7 – підживлення наноміксом у фазі колосіння у дозі 2,0 кг/га. Якісні характеристики зерна визначали відповідно до ДСТУ 3768 – 98;

загальний вміст білка у зерні у відсотках від сухої речовини та фракційного складу білків – методом К'ельдаля.

Основні результати досліджень. У нашому досліді усі варіанти підживлень забезпечували істотне збільшення вмісту білка у зерні рослин тритикале ярого. Прибавка була найменшою на варіантах внесення кристалону спеціального та сечовини у дозі 20 кг/га (табл. 8.5). Найбільший вміст білка у зерніках тритикале ярого був у варіанті комплексного застосування сечовини у дозі 40 кг/га та кристалону – 14,26 %. Разом із тим, за статистичним аналізом, вміст білка у цьому варіанті був на одному рівні з варіантом комплексного внесення цих добрив, де доза сечовини становила 30 кг/га. Та сама тенденція встановлена і за показниками виходу білка з одиниці площі.

У досліді поступове підвищення дози азоту приводило до зменшення прибавки вмісту білка у зерні. Встановлено, що за збільшення дози сечовини з 20 до 30 кг/га вміст білка зростав на 1,1 %, то за збільшення з 30 до 40 кг/га (на ті самі 10 кг/га) – лише на 0,7 %. За ефективністю на вихід білка з одиниці площі, застосування кристалону спеціального було на такому самому рівні, як і внесення у дозі 20 кг/га. Це забезпечувалося вищою врожайністю за внесення сечовини при меншому вмісті білка у зерні. Ефект підживлення у збільшенні вмісту білка відзначався в усі роки досліджень. Істотного впливу чинника погодних умов року на зміну ефективності підживлень не було. Максимальна розбіжність за показником вмісту білка залежно від підживлення становила від 4,8 % до 6,8 %. Усі досліджувані варіанти підживлень забезпечували істотне збільшення вмісту клейковини у зерні порівняно з контролем. За рівнем ефективності у збільшенні вмісту клейковини у зерні варіанти з підживленням сечовиною (20 кг/га) та кристалом були рівноцінними. Вони забезпечували найменше, проте достовірне збільшення вмісту клейковини у зерні тритикале ярого – на 0,5 %. Найвищий вміст клейковини у зерні (23,9 %) одержано за комплексного внесення кристалону спеціального та сечовини у дозах відповідно 30 і 40 кг/га. За ефективністю варіант із комплексним внесенням сечовини (20 кг/га) та кристалону був рівноцінним варіанту, де вносили лише сечовину у дозі 30 кг/га. Ця закономірність простежувалася за вмістом і білка, і клейковини. Комплексне застосування добрив забезпечувало істотне збільшення вмісту клейковини в усі роки досліджень, крім 2008 р. Також слід відзначити, що жодного року збільшення дози сечовини з 30 до 40

кг/га як у комплексі з кристалом спеціальним, так і без нього не забезпечувало істотного підвищення вмісту клейковини у зерні тритикале ярого.

У наших дослідах фракційний склад білків зерна тритикале зазнавав істотних змін за впливу підживлень. Загальною тенденцією було збільшення частки запасних білків – проламінів і глютенінів за дії підживлень.

Ефект сечовини (20 кг/га) у зміні фракційного складу білків тритикале був більшим, ніж ефект кристалону. Сумарний вміст альбумінів та глобулінів порівняно з контролем зменшився на варіанті з кристалом на 1,31 %, а на варіанті із сечовиною (20 кг/га) – на 2,58 %. Частка проламінів за впливу підживлень зростала на всіх варіантах, а частка глютенінів у загальній масі білків зерна ярого зменшувалася за використання кристалону.

Співвідношення проламінів і глютенінів найбільшим було на варіантах із кристалом, але не через збільшення частки проламінів порівняно з варіантом із сечовиною (20 кг/га) та з кристалом одночасно зі сечовиною (30 кг/га), а через зменшення частки глютенінів у загальній масі білків.

Комплексне внесення сечовини (30 кг/га) із кристалом викликало найбільші зміни фракційного складу білків зерна тритикале ярого, насамперед за фракцією глютенінів. Частка запасних білків на цьому варіанті була найбільшою, що у цілому забезпечувало формування вищого вмісту сирової клейковини. Фізичні показники якості зерна рослин також зазнавали істотних змін за впливу позакореневих підживлень. Більші зміни відзначено склоподібності і маси 1000 зерен. Зміна показників натури зерна була дещо меншою. Встановлена закономірність підтверджується раніше проведеними дослідженнями О. Г. Сухомуда [11]. Як і у досліджах В. І. Чабана [12], – у наших дослідженнях високою була ефективність кристалону спеціального у поліпшенні фізичних показників якості зерна.

За рівнем впливу підвищення показників маси 1000 зерен тритикале ярого застосування кристалону було рівноцінним внесенню сечовини у дозі 20 кг/га, а за показниками натурної маси зерна – рівноцінним ефекту внесення сечовини у дозі 30 кг/га. Ефективність застосування досліджуваних варіантів комплексних підживлень карбамідом разом із кристалом спеціальним у підвищенні фізичних показників якості зерна була відзначена у більшості років досліджень.

Найбільші статистично рівнозначні показники маси 1000 зерен

та натурної маси забезпечувало комплексне внесення кристалъну спеціальну та карбаміду сечовини у дозах 30 і 40 кг/га. На цих варіантах формувалося високо натурне зерно, на інших варіантах зерно мало середню натурну масу. Більшою мірою натурна маса зерна тритикале ярого змінювалася за впливу погодного чинника: діапазон зміни цього показника становив 5,6 % (від 676 г/л до 714 г/л), а за впливу підживлень – ти 3,4 % (від 681 г/л до 704 г/л). Ще більшу перевагу погодний чинник мав за показниками маси 1000 зерен. Зокрема, за оптимізації погодних умов року у період наливу зерна маса 1000 зерен зростала з 34,5 г до 39,2 г (на 14 %), а за оптимізації трофічного чинника у межах досліджуваних варіантів – з 35,6 до 36,9 г (на 3,7 %).

Найбільших змін за впливу підживлень і погодних умов рову вирощування зазнавала маса 1000 зерен: вона коливалася від 34,0 до 40,6 г (зміна показників у межах 16,3 %), натурна маса зерна – від 664 до 724 г/л (зміна показників у межах 8,3 %). Визначення впливу позакореневих підживлень посівів тритикале ярого різними дозами комплексного добрива наноміксу показало його високу ефективність у підвищенні досліджуваного ряду якісних показників. Лише на варіантах із найменшою дозою застосування цього добрива (2,0 кг/га) у період фази виходу у трубку не встановлено істотного підвищення вмісту білка у зерні рослин. Разам із тим вихід білка з одиниці площі посіву у цьому варіанті (357 кг/га) був істотно вищим, ніж на контролі. Проведення позакореневих підживлень наноміксом у фазу трубкування у дозі 2,5 кг/га забезпечувало істотне підвищення вмісту білка у зерні рослин тритикале – на 1,0 %. Подальше збільшення дози наноміксу до 3,0 кг/га не забезпечувало істотного підвищення білковості зерна. Схожа аналогія також спостерігалася і на варіантах дворазового проведення підживлень наноміксом у фази виходу у трубку та колосіння. Так, підвищення дози наноміксу з 2,0 до 2,5 кг/га у період фази виходу у трубку із повторним підживленням у фазу колосіння у дозі 2,0 кг/га викликало істотне підвищення досліджуваного показника, тоді як підвищення дози добрива з 2,5 до 3,0 кг/га у фазі трубкування з тією ж дозою внесення у повторне підживлення (2,0 кг/га) не спричиняло істотного підвищення вмісту білка у зерні.

Більшою мірою зміна досліджуваного показника була зумовлена впливом позакореневих підживлень карбамідом сечовини. Так, якщо розбіжність показників вмісту білка у зерні рослин за впливу позакореневих підживлень наноміксом становила 5,1 %, то за

дії позакореневиx підживлень карбамідом – майже 6,0 %.

Доцільною дозою сечовини для позакореневого підживлення посівів тритикале у період фази виходу у трубку була доза 20 кг/га.

На цьому варіанті вміст білка у зерні становив 14,11 %, що на 4,8 % більше, ніж на контролі. Збільшення дози сечовини з 20 до 30 кг/га не мало істотного впливу на зміну досліджуваного показника. Вміст білка зростав тільки на 0,12 % за НР₀₅ 0,32%. Під час аналізу часткових порівнянь досліджуваних технологічних чинників встановлено, з одного боку, підвищення ефективності застосування наноміксу на фоні внесення карбаміду, з іншого – зростання ефективності дії сечовини з одночасним внесенням наноміксу у оптимальній дозі внесення 2,5 кг/га у фазі виходу у трубку 12,0 кг/га – у фазі колосіння.

Отже:

1. Найвищу ефективність у збільшення показників якості зерна мало комплекс підживлення посівиx рослин карбамідом сечовини у дозі 30 кг/га з кристалом. Ефект підживлення зростав на фоні оптимізації погодних умов вирощування. Збільшення дози сечовини до 40 кг/га не забезпечувало істотного підвищення усіх досліджуваних показників якості зерна тритикале ярого.

2. Комплексне підживлення посівиx тритикале забезпечують істотне збільшення вмісту клейковини завдяки, по-перше, підвищенню вмісту білка у зерні, по-друге, збільшенню частки запасних фракцій білків – проламінів і глютенінів.

Список літератури

1. Якість зерна насіння, економічна та енергетична ефективність вирощування сортів пшениці твердої ярої /С.М. Каленська, В.П. Каленський, Т.В. Антал, Л.А. Грабар //Вісн. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва – Х., 2012. – № 12. – С.95 – 101..

2. Посыпанов Г.С. Растениеводство /Г.С. Посыпанов, В.Е. Лолгова, Б.Х. Жеруков М.: Колос, 2006. – 612 с.

3. Изотов А.М. Метод ситуационной оптимизации дозы ранневесенней азотной подкормки озимой пшеницы /А.М. Изотов, Б.А. Тарасенко, А.В. Рогозенко // Газета південного філіалу національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2012. № 4 (1013). – С.1 – 2.

4. Господаренко Г.М. Хлібопекарські властивості зерна тритикале ярого за різних норм висіву і строків внесення азотних добрив /Г.М. Господаренко, В.В. Любич //Вісн. Полтавської державної аграрної академії. – 2010. – С. 6 – 9.

5. Лапа В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности /В.В. Лапа, В.Н. Босак //Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2002. – С. 127.

6. Білітюк А.П. Тритикале в Україні /А.П. Білітюк, В.С. Гірко, С.М. Каленська, М.І. Андрушків –К., 2004 – 376 с.

7. Борощно з зерна ярого тритикале /В.А. Лісничий, В.К. Рябчун, І.В. Панченко, В.І. Шатохін // Пропозиція. – 2001. – №4. – С. 28 – 32.

8. Плакса В.М. Якість зерна тритикале ярого залежно від елементів технології вирощування /В.М. Плакса //Зб. наук. праць І-ту землеробства УААН. – К.:ВД «ЕЛМО», 2009. – Вип.3. – С.86 – 93.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта /Б.А. доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. Основи наукових досліджень в агрономії /В.О. Єщенко, П.Г. Копитько, В.П. Опришко, П.В. Костогрив. – К.: Дія, 2005. – 288 с.

11. Сухомуд О.Г. Якість зерна пшениці ярої залежно від азотного живлення /О.С. Сухомуд, В.В. Любич // Зб. наук. праць Уман. нац. ун-ту садівництва. – Умань, 2012. – Вип. 79, Ч. 1. – С. 70 – 75.

12. Чабан В.І. Урожай і якість зерна пшениці озимої при використанні мікродобрив у північному Степу України / В.І. Чабан, С.М. Камарьов, О.Ю. Подобед //Вісн. ДДАУ. – Дніпропетровськ, 2012. № 2. – С. 77 – 80.

Аннотация

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ЯРОВОГО

Проведены исследования эффективности элементов технологии, которые в большей степени обеспечивают реализацию биологического потенциала урожайности зерна и его показателей качества. Установлено, что высшую эффективность в увеличении показателей качества зерна имеет комплекс подкормки посевов растений карбамидом мочевины в дозе 30 кг / га с кристаллоном. Эффект подкормки растет на фоне оптимизации погодных условий выращивания. Увеличение дозы мочевины до 40 кг / га не обеспечивает существенного повышения всех исследуемых показателей качества зерна ярового тритикале. Комплексное подкормки посевов тритикале обеспечивает существенное увеличение содержания клейковины благодаря, во-первых, повышению содержания белка в зерне, во-вторых, увеличению доли

запасных фракций белков - проламинов и глютеинов.

Abstract

INDICATORS OF QUALITY OF GRAIN TRITITICAL OF SPRING

Research has been carried out on the effectiveness of technology elements, which to a greater extent ensure the realization of the biological potential of grain yield and its quality indicators. It is established that the highest efficiency in increasing the quality of grain has a complex feeding plants with urea urea at a dose of 30 kg / ha with crystalline. The effect of feeding grows on the background of optimized growing weather conditions.

Increasing the dose of urea to 40 kg / ha does not provide a significant increase in all the studied indicators of the quality of spring triticale grain. The complex feeding of triticale crops provides a significant increase in the gluten content due to, firstly, an increase in the protein content in the grain, and secondly, an increase in the share of reserve fractions of proteins - prolamins and glutenins.

УДК 664.74:664.78

ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ТА РАЦІОНАЛЬНОЇ МАСОВОЇ ЧАСТКИ КОНЦЕНТРАТІВ ТВАРИННИХ БІЛКІВ В ТЕХНОЛОГІЇ КРУПІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Шаніна О.М., д.т.н., проф, Дугіна К.В., к.т.н.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

В статті розглянуто вплив концентратів тваринних білків на якість крупів підвищеної харчової цінності. Встановлено, що додавання добавок Gitpro D, Scanpro T91 та Scanpro T95 в кількості 1,5% призводить до суттєвого поліпшення консистенції каш без погіршення смаку та запаху.

Постановка задачі. Відомо, що за нормативною документацією [1] визначають наступні показники якості крупів: органолептичні (колір, запах, смак, хруст), фізико-хімічні (вологість, вміст домішок, зараженість, вміст недоброякісного ядра), кулінарні (смак каші, колір каші, структура каші, тривалість варіння, коефіцієнт розварюваності). Внаслідок виробництва крупів підвищеної харчової цінності (КПХЦ) у лабораторних умовах та

відмінності кінцевого продукту від звичайних крупів з органолептичних та фізико-хімічних показників якості було виключено дослідження хрусту, вмісту домішок та зараженості. До кулінарних властивостей включено аналіз переходу сухих речовин у варильне середовище, оскільки даний показник корелює зі зміною щільності структури виробів.

Аналіз останніх досліджень. Загальноприйнята технологія виробництва КПХЦ передбачає застосування сухого молока у кількості 10% та яйцепродуктів у кількості 2% до загальної маси борошна [2-4]. Однак, сухе молоко у більшій мірі використовується як збагачувач, та суттєво не впливає на структуру продукту. Застосування яйцепродуктів скорочує термін зберігання виробів через високий вміст жиру у жовтку. Тому суттєвою проблемою виробництва КПХЦ є пошук сучасного структуроутворювача, здатного утримувати форму виробів в процесі виробництва, зберігання та приготування.

Для поліпшення структурно-механічних властивостей тіста для виробництва КПХЦ нами запропоновано використовувати концентрати тваринних білків (КТБ), оскільки аналіз літературних джерел показав, що вони здатні вступати у взаємодію з біополімерами зернової сировини та утворювати міцну структуру виробів, і крім того, додатково збагачувати КПХЦ білками тваринного походження. КТБ широко застосовуються в харчовій промисловості розвинених країн світу та є цілком безпечними для організму людини. До суттєвих переваг застосування КТБ в технології КПХЦ можна віднести стійкість до довготривалого зберігання, ефективність структуроутворюючої дії при внесенні в невеликій кількості та високу вологозв'язуючу здатність. Перелічені властивості КТБ дозволяють передбачити позитивний технологічний ефект для покращення структурно-механічних та органолептичних характеристик КПХЦ.

Мета досліджень. Для встановлення впливу структуроутворювачів на якість КПХЦ в першу чергу необхідно оцінити зміну органолептичних властивостей та консистенції готових виробів.

Основні матеріали досліджень. План експериментальних досліджень передбачав досконале вивчення якості КПХЦ за додавання структуроутворювачів, тому був сформований масив варіантів, що складався з 8 градацій по вибору добавки-структуроутворювача («Scanpro T91», «Scanpro T95», «Scanflavour

А», «Scanflavour 95», «Gitpro D», «Геліос-11», агар, желатин). У кожній градації було по 8 варіантів масової частки добавки (0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0), відсотків до маси борошна.

У зразках досліджували кулінарні показники якості КПХЦ після варіння. В результаті проведених досліджень отримано експериментальні дані, аналіз яких дав змогу визначити залежність якості КПХЦ від виду та масової частки добавки структуроутворювача. За допомогою цих даних встановлено раціональні параметри виробництва КПХЦ з визначених борошняних сумішей й одержано дані для практичних рекомендацій.

За результатами досліджень органолептичних показників якості КПХЦ (на прикладі борошняної суміші на основі гречаного, пшоняного та рисового борошна) після варіння (рис. 1-3) встановлено, що в більшості випадків додавання КТБ не спричиняє зміни смаку та запаху при додаванні у кількості до 1,75 % до маси борошняної сировини. Внесення добавок «Scanflavour А» та «Scanflavour 95» у кількості 1,25...1,5 % спричиняє виникнення м'ясного присмаку.

Колір КПХЦ не змінюється в усіх випадках, крім застосування «Scanflavour А» та «Scanflavour 95». При їх внесенні спостерігається незначне потемніння, певно за рахунок підвищеної кількості меланінових пігментів у складі добавок. Органолептичні характеристики виробів при додаванні агару та желатину у діапазоні концентрацій від 0 до 2 % не змінювались.



Рис. 1. Зміна смаку каш з КХПЦ залежно від виду та масової частки добавки: 1 – Scanflavour A; 2 – Scanflavour 95; 3 – Геліос-11; 4 – Scanpro T91; 5 – Scanpro T95; 6 – Gitpro D; 7 – агар; 8 – желатин

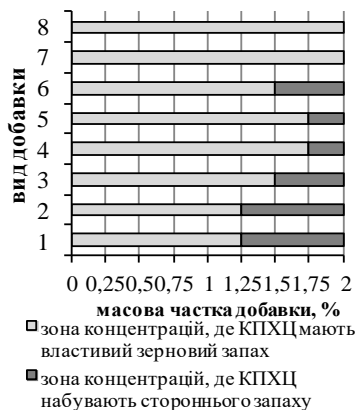


Рис. 2. Зміна запаху каш з КХПЦ залежно від виду та масової частки добавки: 1 – Scanflavour A; 2 – Scanflavour 95; 3 – Геліос-11; 4 – Scanpro T91; 5 – Scanpro T95; 6 – Gitpro D; 7 – агар; 8 – желатин

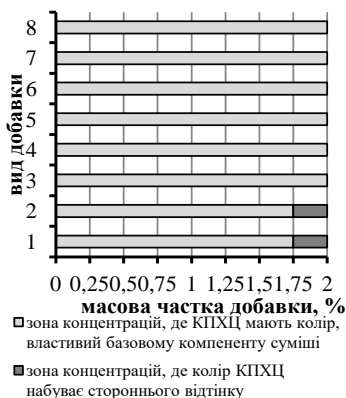


Рис. 3. Зміна кольору каш з КХПЦ залежно від виду та масової частки добавки: 1 – Scanflavour A; 2 – Scanflavour 95; 3 – Геліос-11; 4 – Scanpro T91; 5 – Scanpro T95; 6 – Gitpro D; 7 – агар; 8 – желатин

Органолептичні дослідження впливу виду добавок та їх масової частки на консистенцію КПХЦ після кулінарної обробки (рис. 4) показали, що досягти розсипчастості крупи вдається при внесенні добавок Gitpro D та Scanpro у кількості від 1,25; та 1,50 % відповідно. Застосування КТБ Scanflour та Геліос, а також агару та желатину дозволяє отримати в'язку консистенцію каші.

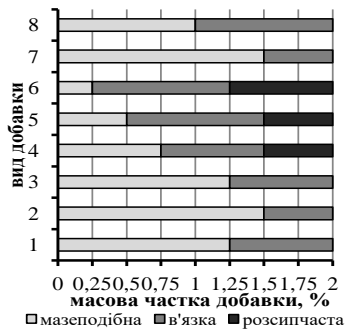


Рис. 4. Зміна консистенції каш з КХПЦ залежно від виду та масової частки добавки: 1 – Scanflavour A; 2 – Scanflavour 95; 3 – Геліос-11; 4 – Scanpro T91; 5 – Scanpro T95; 6 – Gitpro D; 7 – агар; 8 – желатин

Проведені експерименти дають змогу визначитися з видом КТБ та встановити попередні інтервали їх масової частки до маси борошняної суміші в технології КПХЦ, враховуючи вплив на консистенцію каші та її органолептичні властивості.

Висновки. Доведено, що додавання усіх видів КТБ поліпшує органолептичні характеристики КПХЦ, в першу чергу консистенцію готових каш. Однак, найкращого результату вдалося досягти при внесенні добавок Gitpro D, Scanpro T91 та Scanpro T95 в кількості 1,5% до маси борошняної сировини, оскільки всі вони проявили ефективність дії в даній концентрації та не викликали появи сторонніх запахів та присмаків у виробах після варіння.

Список літератури

1. Документация. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания : ГОСТ Р 53104-2008 – [введ. от 01-01-2010]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2010. - 12с. – (Межгосударственный стандарт).
2. Салухіна, Н. Г., Товарознавство зерноборошняних товарів : серія Товарознавство., Т. 2., підручник. / Н. Г. Салухіна, А. А. Самійленко, В. В. Ващенко. – К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. – 357 с.
3. Пузік, Л. М. Переробка зерна на крупи та борошно: Лекція / Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В.Докучаєва. – Х., 1999. – 26 с.
4. Чеботарев, О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О. Н. Чеботарев, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко – МарТ ИКЦ, 2004. – 688 с.

Аннотация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И РАЦИОНАЛЬНОЙ МАСОВОЙ ДОЛИ КОНЦЕНТРАТОВ ЖИВОТНЫХ БЕЛКОВ В ТЕХНОЛОГИИ КРУП ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

В рассмотрено влияние концентратов животных белков на качество круп повышенной пищевой ценности. Установлено, что внесение добавок Gitpro D, Scanpro T91 и Scanpro T95 в количестве 1,5% приводит к существенному улучшению консистенции каш без ухудшения вкуса и запаха.

Abstract

DETERMINATION OF THE TYPE AND RATIONAL MASAL SHARE OF CONCENTRATES OF ANIMAL PROTEINS IN THE TECHNOLOGY OF GRUP OF INCREASED FOOD VALUE

The effect of animal protein concentrates on the quality of cereals of increased nutritional value is considered. It was established that the addition of Gitpro D, Scanpro T91 and Scanpro T95 in the amount of

1.5% leads to a significant improvement in the consistency of the porridge without deterioration of taste and smell.

УДК 664.6

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІСАХАРИДНОЇ ТА БІЛКОВОЇ
ДОБАВКИ НА ГІДРАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ
БЕЗГЛЮТЕНОВОГО БЕЗДРІЖДЖОВОГО ТІСТА**

**Гавриш Т.В., доц., к.т.н., Шаніна О.М., проф., д.т.н.,
Галясний І.В., аспірант**

*(Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка)*

У статті досліджено теоретичні та практичні аспекти впливу натрій карбоксиметилцелюлози та концентратів тваринних білків на гідратаційні властивості безглютенового тіста. Встановлено, що в присутності добавок зростає кількість зв'язаної вологи в тісті під час температурної обробки, що є яскравим виявленням специфічних властивостей застосованих добавок зв'язувати вологу.

Ключові слова: *безглютенове борошно, гідроколоїди, концентрати тваринних білків, гідратаційні властивості, зв'язана та вільна волога.*

Постановка задачі та аналіз останніх досліджень. Зростання наразі інтересу до продуктів без глютену зумовлюється значною поширеністю целиакії, яка оцінюється як така, що охоплює щонайменше 0,5...2,0 % населення у більшості європейських країн та США [1]. Порівняно з країнами північної Америки, Європи, Японії та ін., в Україні виробництво безглютенових виробів у достатньому асортименті та обсягах, на жаль, не налагоджене. Проте, забезпечувати цю категорію людей спеціалізованими продуктами харчування потрібно постійно.

Протягом останніх десятиліть було проведено багато досліджень з метою поліпшення якості безглютенового хліба та його поживних властивостей. Проте, й досі залишаються проблеми розробки безглютенового хліба з задовільною структурою, термінами придатності та вартістю.

З огляду на вищесказане, зрозумілою стає необхідність розробки не тільки безпечних та ефективних терапевтичних і дієтичних альтернатив, але й нових підходів до детоксикації глютену

або отримання безглютенових композицій.

Технологія безглютенового тіста та хліба значно відрізняється від тих, що містять глютен, через обмеження, пов'язані з кількістю води, що зумовлює консистенцією тіста під час замісу та впливає на обробку тіста [2].

Використання гідрокоолоїдів з загусниками або стабілізаторами, такими як гуміарабік, карбоксиметилцелюлози натрієва сіль (КМЦ) або гуарова камедь відкриває значні перспективи у створенні безглютенових продуктів, що не поступаються за якістю таким, що містять глютен. Встановлено, що використання різних безглютенових видів борошна суттєво не впливає на характер процесу видалення вологи з тіста. Проте, додавання КМЦ до борошна знижує загальну кількість видаленої вологи. Це підтверджує статус цієї добавки як водозв'язуючого та водоутримуючого агента [3].

Білки відіграють вирішальну роль у визначенні структури безглютенового хліба [4]. Існує величезна можливість включення білків з різних джерел (тваринних та рослинних) для покращення структурних та текстурно-формуєчих властивостей [5].

Через їх відмінні функціональні властивості, протеїни тваринного походження широко досліджені і використовуються в харчових системах. Зокрема, до протеїнів, що використовуються при розробці безглютенових продуктів, відносять концентрати тваринних білків – Сканпро Т95 та Геліос-11. Проте, дуже мало даних виявлено, щодо технологічного потенціалу в поєднанні полісахаридної та білкової добавки як поліпшувачів функціонально-технологічних властивостей борошняних безглютенових сумішей.

Метою досліджень було визначення впливу виду борошняної сировини, виду і кількості поліпшувача (КМЦ натрієвої солі, білкових добавок Геліос-11 та Сканпро Т95 окремо та в присутності КМЦ) на здатність тіста утримувати вологу під час температурної обробки.

Основні матеріали досліджень. Об'єктами досліджень були: борошняна суміш ($B_{рис}:B_{рук}$ відповідно 70 %:30 %) згідно діючої нормативної документації, прісне тісто вологістю 50 %. В якості матеріалів досліджень були застосовані 0,5 %-вий водний розчин КМЦ, концентрати тваринного білка (КТБ) Сканпро Т95 та Геліос 11 у кількості 0,5...1,5 % до маси борошна. Гідратаційні властивості тіста досліджували визначенням втрат вологи в тісті під час сушіння за температури 90 °С, застосовуючи ваги-воломір серії ADGS-50.

Результати втрати маси зразків тіста під час їх сушіння наведено на рис. 1...2, а також в табл. 1.

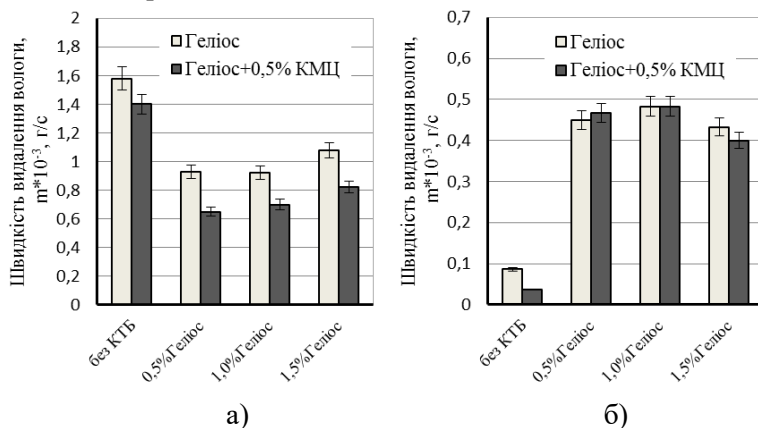


Рис. 1. Швидкість видалення вологи зі зразків тіста з борошняної суміші (Б_{рис}:Б_{кук} відповідно 70 %:30 %) з додаванням різної кількості Геліос-11: а) - вільної; б) - зв'язаної.

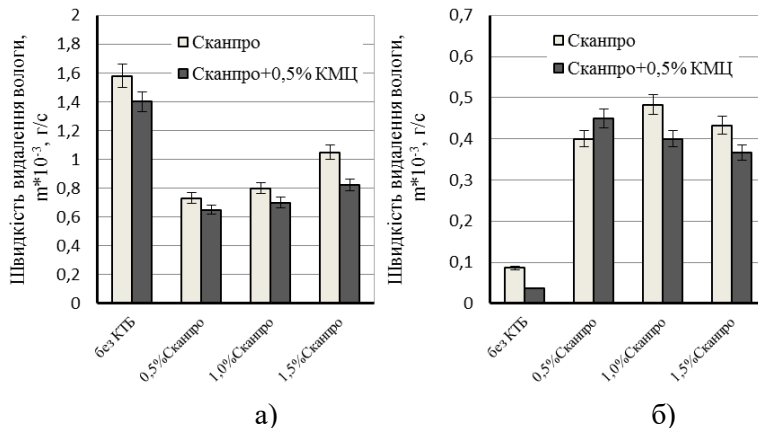


Рис. 2. Швидкість видалення вологи зі зразків тіста з борошняної суміші (Б_{рис}:Б_{кук} відповідно 70 %:30 %) з додаванням різної кількості Сканпро Т95: а) - вільної; б) - зв'язаної.

Встановлено, що використання білкових добавок помітно впливає на характер процесу видалення вологи з тіста. Видно, що початкова швидкість видалення вологи гальмується. Крім того, кількість вологи, що видалається під час сушіння дослідних зразків (з додаванням білків), є меншою порівняно з контрольними зразками

(без білків).

Таблиця 1

Загальна кількість видаленої вологи з безглютенового бездріжджового тіста (Б_{рис}:Б_{кук} відповідно 70 %:30 %) з додаванням КМЦ

Вид і кількість білкової добавки	Кількість видаленої з тіста вологи, г,					
	загалом	вільної	зв'язаної	загалом	вільної	зв'язаної
	за використання в якості рідкої фази тіста					
	води			0,5%-вого розчину КМЦ		
Без добавок	1,0	0,95	0,05	0,86	0,84	0,02
0,5% Геліос-11	0,92	0,56	0,27	0,67	0,39	0,28
1,0% Геліос-11	0,93	0,55	0,29	0,71	0,42	0,29
1,5% Геліос-11	0,95	0,65	0,26	0,73	0,49	0,24
0,5% Сканпро Т95	0,71	0,44	0,27	0,66	0,39	0,27
1,0% Сканпро Т95	0,77	0,48	0,29	0,66	0,42	0,24
1,5% Сканпро Т95	0,89	0,63	0,26	0,70	0,48	0,22

Певний вплив має кількість білкової добавки: за використання 0,5...1,0 % КТБ характер зменшення маси зразка та її кількість суттєво відрізняються від контрольного зразка, але додавання 1,5 % КТБ наближає дослідний зразок до контрольного. Це пов'язано зі зменшенням швидкості видалення вільної вологи зі зразків тіста з добавками – в середньому на 40 % за додавання Геліос-11 та на 50 % за додавання Сканпро Т95. В присутності 0,5%-го розчину КМЦ показники знижуються ще на 15...20%. Виявлено, що загальна кількість видаленої під час сушіння тіста вологи знижується (порівняно з контрольним зразком без добавок), більшою мірою за додавання Сканпро Т95, ніж Геліос-11; більшою мірою в присутності 0,5 %-го розчину КМЦ, ніж без КМЦ. В присутності добавок зростає кількість зв'язаної вологи, що є яскравим виявленням специфічних властивостей застосованих добавок зв'язувати вологу. Усе вищевикладене доводить, що у присутності добавок, здатних регулювати структурно-механічні властивості безглютенового тіста, відбуваються суттєві зміни його гідратаційних властивостей.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити припущення, що підвищена вологоутримувальна здатність тіста зумовлюється додатковими білок-білковими взаємодіями між різними видами борошна в суміші - кукурудзяним і рисовим.

Список літератури

1. Arendt, E. K. Development of gluten-free cereal products / E. K. Arendt, C. M. O' Brien, T. J. Schober, E. Gallagher, T. R. Gormley //

Farm & Food. – 2002. – P. 21-27.

2. Marco, C. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours / C. Marco, C. M. Rosell // Journal of Food Engineering. – 2008. – 88(1). – P. 94-103.

3. Галясний І. В. Дослідження впливу натрій карбоксиметилцелюлози на гідратаційні властивості безглютенового тіста / І. В. Галясний, Т. В. Гавриш, О. М. Шаніна // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2018. – № 18 (40), 1 т. – С. 66-71.

4. Лобачова, Н. Л. Використання добавок регуляторів структури безглютенового тіста та готових виробів / Н. Л. Лобачова // Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 9 (1285). – С. 207-211.

5. Deora Na. S. Functionality of alternative protein in gluten-free product development / Na. S. Deora, A. Deswal, H. N. Mishra // Food Science and Technology International. – 2014. – 21(5). – P. 786-800.

Анотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИСАХАРИДНОЙ И БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ НА ГИДРАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕЗГЛУТЕНОВОГО БЕЗДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА

В статье исследованы теоретические и практические аспекты влияния натрий карбоксиметилцеллюлозы и концентратов животных белков на гидратационные свойства безглютенового теста. Установлено, что в присутствии добавок растет количество связанной влаги в тесте во время температурной обработки, что является ярким проявлением специфических свойств добавок связывать влагу.

Ключевые слова: безглютеновая мука, гидроколлоиды, концентраты животных белков, гидратационные свойства, связанная и свободная влага.

Abstract

RESEARCH OF POLYSACCHARIDE AND PROTEIN SUPPLEMENTS ON HYDRATION PROPERTIES OF GLUTEN-FREE DOUGH

The article studies theoretical and practical aspects of effect of sodium carboxymethylcellulose and animal protein concentrates on the hydration properties of gluten-free dough. It has been established that in the presence of additives, the amount of bound moisture in the dough during the heat treatment increases, which is a clear manifestation of the specific properties of the additives to bind moisture.

Keywords: *gluten-free flour, hydrocolloids, animal protein concentrates, hydration properties, bound and free moisture.*

УДК 664.71–11

ЯКІСТЬ ХЛІБА З БОРОШНА ВИЩОГО СОРТУ РІЗНИХ СОРТІВ І ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТИ

Господаренко Г.М., д.с.-г.н., проф., Любич В. В., к.с.-г.н., доц., Желєзна В. В., к.с.-г.н., ст. викл., Улянич І.Ф., к.т.н., ст. викл.
(Уманський національний університет садівництва)

В результаті проведених досліджень встановлено, що якість хліба із борошна зерна пшениці спельти найбільше залежить від її сорту та лінії. Найвищу якість має хліб, отриманий з борошна сорту Зоря України, лінії LPP 3132, NAK34/12–2 і TV 1100.

Постановка задачі: Основна частка від загального виробництва борошна традиційно належить пшеничному – близько 90 %. Частка житнього борошна становить менше 10 %, а інших видів – менше 1 % [2].

В Україні борошно з пшениці спельти є малопоширеною сировиною. Його використовують для виробництва хлібобулочних, кондитерських та макаронних виробів оздоровчого призначення. Використання борошна з пшениці спельти обмежують його низькі хлібопекарські властивості та врожайність культури [1].

Аналіз останніх досліджень. Борошно з пшениці спельти характеризується гіршими хлібопекарськими властивостями ніж пшеничне, клейковина з борошна пшениці спельти крихка та пружна, що зумовлює зменшення об'єму готових виробів. Разом з тим, пшениця спельта, порівняно з пшеницею, багатша на мінеральні речовини, вітаміни, жири, вуглеводи та білки. Співвідношення макро- та мікроелементів в цій культурі найбільш сприятливе для засвоєння організмом людини. Вживання продуктів з пшениці спельти позитивно впливає на роботу шлунково-кишкового тракту, оскільки вона містить значну кількість клітковини – близько 11 % [4, 5].

Вироби з цього борошна відрізняються хрусткою скоринкою і особливим горіховим присмаком і ароматом. Тісто піднімається майже в 2 рази швидше, ніж пшеничне, що слід враховувати при приготуванні опари і тіста [3].

Отже, борошно з пшениці спельти, що є предметом досліджень, має високий вміст поживних речовин, які повинні входити до раціону людини, а виробництво хліба з пшениці спельти суттєво розширює

асортимент страв із цієї сировини.

Мега досліджень: дослідження якості хліба з борошна вищого сорту різних сортів і ліній пшениці спельти.

Основні матеріали досліджень: Серед досліджуваних сортів і ліній пшениці спельти високий об'єм хліба з борошна вищого сорту був у сорту Зоря України та лінії NAK34/12–2, що становив відповідно 523 і 484 см³ або 4,0–4,6 балам (табл. 1). Середні показники відмічено в сорту Шведська 1 і ліній LPP 3132, LPP 3117, значення яких знаходились в межах 454–462 см³.

Таблиця 1

Об'єм хліба з борошна різних сортів і ліній пшениці спельти, 2014–2016 рр.

Сорт, лінія	Об'єм хліба з борошна вищого сорту			
	см ³	до st, ±	бал	до st, ±
Зоря України (st)	523	–	7,6	–
Schwabekorn	372	-151	3,6	-4,0
NSS 6/01	384	-139	3,6	-4,0
Шведська 1	454	-69	5,6	-2,0
LPP 1304	303	-220	1,0	-6,6
LPP 1224	318	-205	1,0	-6,6
LPP 1221	347	-176	3,2	-4,4
P 3	364	-159	3,4	-4,2
LPP 3122/2	374	-149	3,6	-4,0
LPP 1197	380	-143	3,6	-4,0
LPP 3373	380	-143	3,6	-4,0
LPP 3132	460	-63	5,8	-1,8
LPP 3117	462	-61	5,8	-1,8
NAK 22/12	330	-193	3,0	-4,6
TV 1100	382	-141	3,6	-4,0
NAK34/12–2	484	-39	7,0	-0,6
<i>HIP₀₅</i>	<i>21</i>	–	<i>0,2</i>	–

Низький об'єм хліба мав сорт NSS 6/01, лінії LPP 1197, LPP 3373 і TV 1100, показники яких становили 380–384 см³. У решти сортів і ліній пшениці спельти об'єм хліба з борошна вищого сорту був у межах від 303 до 374 см³, що відповідало дуже низькому

показнику – 1,0...2,6 бала.

Випуклість формового хліба з борошна вищого сорту була найвищою в сорту пшениці спельти Зоря України та лінії НАК 34/12–2 – відповідно 0,49 і 0,54, що відповідало 5,0 балам (табл.2). Показники сорту Шведська 1 і п'яти ліній знаходились в межах 0,30...0,43 або 4,0...5,0 бала. У решти досліджуваних сортів і ліній показник випуклості формового хліба був істотно меншим порівняно з контролем і становив 0,08...0,29, що відповідало 2,0...4,0 балам.

Таблиця 2

Випуклість формового хліба з борошна вищого сорту з пшениці спельти, 2014–2016 рр.

Сорт, лінія	Випуклість хліба			
		до st, ±	бал	до st, ±
Зоря України (st)	0,49	–	5,0	–
Schwabekorn	0,12	-0,37	3,0	-2,0
NSS 6/01	0,22	-0,27	3,0	-2,0
Шведська 1	0,32	-0,17	4,0	-1,0
LPP 1304	0,10	-0,39	3,0	-2,0
LPP 1224	0,11	-0,38	3,0	-2,0
LPP 1221	0,20	-0,29	3,0	-2,0
P 3	0,29	-0,20	4,0	-1,0
LPP 3122/2	0,30	-0,19	4,0	-1,0
LPP 1197	0,35	-0,14	4,0	-1,0
LPP 3373	0,40	-0,09	5,0	0,0
LPP 3132	0,41	-0,08	5,0	0,0
LPP 3117	0,43	-0,06	5,0	0,0
НАК 22/12	0,08	-0,41	2,0	-3,0
TV 1100	0,13	-0,36	2,0	-3,0
НАК34/12–2	0,54	0,05	5,0	0,0
HIP ₀₅	0,02	–	0,2	–

За показником кольору скоринки хліба всі досліджувані сорти і лінії пшениці спельти мали оцінку 9 бала (табл. 3).

Поверхня скоринки хліба в сорту Шведська 1 і ліній LPP 3117, LPP 3122/2, P 3, LPP 3132, НАК34/12–2 оцінювалась у 9 бала. Сорт пшениці спельти, взятий за стандарт і решта сортів та ліній мали по 7 бала. Глянець займав усю поверхню хліба з борошна сортів Зоря України, Schwabekorn, ліній LPP 3373, LPP 1221, НАК 22/12,

TV 1100 мав оцінку 9 бала. У хліба, отриманого з ліній LPP 1304, LPP 1224, P 3, LPP 3132, глянець займав лише 50 %, а в решти сортів і ліній – 25 % поверхні скоринки, що відповідало відповідно 5 і 3 балам.

Таблиця 3

Якість хліба з борошна вищого сорту різних сортів і ліній пшениці спельти, 2014–2016 рр.

Сорт, лінія	Поверхня хліба, бал			Показники якості м'якуша, бал							Загальна оцінка бал
	Колір скоринки	Поверхня скоринки	Величина глянцевої поверхні	Колір м'якуша	Еластичність	Аромат	Смак	Крупність пор	Рівномірність розміщення	Консистенція	
Зоря України (st)	9	7	9	5	9	9	9	5	9	9	8,0
Шведська 1	9	9	3	5	9	9	9	3	9	9	7,2
Schwabekorn	9	7	9	9	9	9	9	7	9	9	8,2
NSS 6/01	9	7	3	7	9	9	9	5	9	9	8,2
LPP 1197	9	7	3	5	9	9	9	3	9	9	7,4
LPP 3117	9	9	3	9	9	9	9	3	9	9	7,6
LPP 1304	9	7	5	5	9	9	9	7	9	9	7,8
LPP 1224	9	7	5	5	9	9	9	7	9	9	7,8
LPP 3122/2	9	9	3	9	9	9	9	5	9	9	8,0
P 3	9	9	5	5	9	9	9	7	9	9	8,0
LPP 3132	9	9	5	5	9	9	9	5	9	9	8,0
LPP 3373	9	7	9	5	9	9	9	5	9	9	8,0
LPP 1221	9	7	9	7	9	9	9	7	9	9	8,2
NAK34/12–2	9	9	3	9	9	9	9	7	9	9	8,2
NAK 22/12	9	7	9	9	9	9	9	3	9	9	8,2
TV 1100	9	7	9	9	9	9	9	5	9	9	8,4
<i>HIP₀₅</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4

Еластичність, аромат, смак, крупність пор, рівномірність їх розміщення, консистенція під час розжовування м'якуша була дуже

високою і становила 9 бала незалежно від сорту та лінії, проте решта показників істотно змінювались. Так, за кольором м'якуша 9-ти бальну оцінку мав хліб, отриманий з борошна ліній LPP 1197, LPP 1224, NAK34/12–2, NAK 22/12 і сорту Schwabekorn. М'якуш хліба, отриманий з борошна сорту NSS 6/01 і лінії LPP 3132 був світлий з жовтим відтінком – 7 бала. У решти досліджуваних сортів і ліній він був світло-жовтим, що відповідало 5 балам.

За показником крупності пор м'якуша форми пшениці спельти різнилися. Так, у хліба, отриманого з борошна сорту Шведська 1 і ліній LPP 3117, LPP 3122/2, P 3, LPP 3132, NAK34/12–2 пори були дрібними тонкостінними, в яких середніх товстостінних було 25 %, що відповідало 7 балам. Показник, що відповідав 5 балам (кількість середніх товстостінних пор 50 %) був відмічений у сортів Зоря України і Schwabekorn та ліній LPP 1224, LPP 3373, LPP 1221, TV 1100. У решти номерів оцінка крупності пор м'якуша хліба була найгіршою і становила 3 бала.

Загальна оцінка якості хліба, отриманого з борошна вищого сорту, була дуже високою в трьох сортів і восьми ліній пшениці спельти – 8,0...8,4 бала або 89...93 % від максимального значення. Менші значення відмічено в ліній LPP 1197, LPP 3117, LPP 3122/2 – 7,6...7,8. Оцінка хліба з борошна сорту NSS 6/01 і лінії LPP 1304 становила 7,2...7,4 бала, що було істотно нижче показника стандарту, проте залишалась високою.

Показник поверхні скоринки хліба, отриманого з борошна сорту Шведська 1 і ліній LPP 3117, LPP 3122/2, P 3, LPP 3132, NAK34/12–2 був найвищим і становив 9 бала. Поверхня хліба з борошна решти сортів і ліній була досить гладенькою, з одинокими пухирцями й тріщинами, що не проходили через усю поверхню (оцінка 7 бала).

Висновки: Отже, якість хліба із борошна зерна пшениці спельти найбільше залежить від її сорту та лінії. При цьому об'єм хліба з борошна вищого сорту від 303 до 523 см³, що відповідає 1,0...7,6 балам залежно від сорту та лінії пшениці спельти. Якість його висока в усіх зразків – 7,2...8,4 бала. Найвищу якість має хліб, отриманий з борошна сорту Зоря України, ліній LPP 3132, NAK34/12–2 і TV 1100. Загальна оцінка якості хліба з обоюного борошна дуже

висока (8,3...9,0 бала), при цьому хліб з борошна сорту Шведська 1 і ліній LPP 3117, LPP 3122/2, Р 3, LPP 3132, NAK34/12–2 має найвищу якість – 9,0 бала.

Список літератури

1. В. В. Румянцева, Т. Н. Новикова, О. В. Миллер Обзор использования нетрадиционного сырья в хлебопечении // Хлебопродукты. 2009. №4. С. 99.

2. В. С. Сухарський Управління зовнішньоекономічною діяльністю: монографія. – Тернопіль: Астон. 2001. 285 с.

3. Е. А. Бульчук, А. Ф. Никулин Использование спельты в производстве хлебобулочных изделий // Материалы II Всерос. науч.-практич. конф. молодых ученых и аспирантов, 14-16 апр. 2008, Ч 1. Уфа: ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ». 2008. С. 244–246.

4. E. Escarnot, J. M. Jacquemin, R. Agneessens, M. Paquot Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat arevive // Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 2012. Vol. 16(2). P. 243–256.

5. Zl. Kohajdová, J. Karovičová Effect of incorporation of spelt flour on the dough properties and wheat bread quality // ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość. 2007. 4 (53). P. 36–45.

Аннотация

КАЧЕСТВО ХЛЕБА ИЗ МУКИ ВЫСШЕГО СОРТА РАЗНЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ СПЕЛЬТЫ

В результате проведенных исследований установлено, что качество хлеба из муки зерна пшеницы спельты более всего зависит от ее сорта и линии. Высочайшее качество имеет хлеб, полученный из муки сорта Зоря Украины, линий LPP 3132, NAK34/12-2 и TV 1100.

Abstract

QUALITY OF BREED BREEDS OF HIGH SORT OF DIFFERENT VARIETY AND LINES SPELT WHEAT

As a result of the research, it was found that the quality of bread from spelt wheat flour depends most on its variety and line. The highest quality is the bread obtained from the flour of the variety Zorya Ukraine,

the lines LPP 3132, NAK34/12-2 and TV 1100.

УДК 664.681 : 613.292 : 001.891

ДОСЛІДЖЕННЯ НАТУРАЛЬНОСТІ ВАФЕЛЬНИХ ВИРОБІВ З СИНБІОТИКАМИ

Коркач Г.В., к.т.н., доц., Крусир Г.В., д.т.н., проф.

(Одеська національна академія харчових технологій)

У статті наведені біологічні методи з оцінки безпеки та органічності вафельних виробів: біотестування тест-організмами, метод біокристалізації, оцінка натуральності за значенням окисно-відновного потенціалу.

Постановка задачі. Харчування – один з найважливіших чинників зв'язку людини з зовнішнім середовищем. Забезпечення безпеки продовольчої сировини і харчових продуктів – один з основних напрямків, що визначають здоров'я населення і збереження його генофонду. У сучасному світі помітно підвищилися вимоги споживачів до безпеки, якості, натуральності харчових продуктів. Незважаючи на непросту економічну ситуацію, український споживач надає перевагу натуральним продуктам харчування. Глобальний вектор на натуральність виробництва продуктів харчування зростає в Україні.

В останні десятиліття внаслідок господарської діяльності людини виникла серйозна небезпека у зв'язку з проникненням великих обсягів ксенобіотиків (чужорідних речовин) в живі організми і довкілля. Внаслідок цих несприятливих факторів підвищився рівень захворюваності і смертності людей, з'явилися мутагенні зміни і новоутворення злоякісного характеру. Значна частка (близько 70 %) небезпечних речовин надходить в організм людини з водою, повітрям, продуктами харчування. Ступінь впливу ксенобіотиків на організм людини залежить від добової дози, тривалості вживання, режиму харчування та шляхів надходження хімічної речовини. Отже, найважливішою передумовою застосування харчових добавок, функціональних інгредієнтів, є їх безпечність. Тому важливо при створенні нових видів харчових продуктів, у тому числі і кондитерських виробів, ураховувати натуральність, як відсутність контамінації, готових виробів.

Аналіз останніх досліджень. На кафедрі «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» ОНАХТ

розроблена технологія вафель з синбіотиком для здорового харчування [1,2]. Синбіотичний комплекс, який складається із мікрокапсульованих біфідобактерій – пробіотику, та пребіотику – інуліну, вносили в жирову начинку для вафель. Вивчили можливість заміни частини жиру в контрольному зразку на інулін, який додавали в кількості від 10 до 30 %, замінюючи їм еквівалентну кількість жиру. Кількість біфідобактерій визначали з урахуванням того, що фізіологічно активний рівень мікроорганізмів в функціональних продуктах повинен становити 10^6 - 10^7 КУО/г вмісту кишечника. В якості контрольного зразку були вафлі «Ананасні». Згідно рецептури начинка вафель складається з жиру, який становить 35...40 % і цукрової пудри – 45...50 %. В останні роки в рецептурах начинок для вафель кондитерський жир замінюють пальмовим або пальмоядровим маслом, завдяки його економічності, гарним технологічним властивостям. Тому було прийнято рішення дослідити як синбіотичний комплекс впливає на органічність одержаних вафельних виробів.

Метою дослідження є оцінка натуральності вафельних виробів з синбіотичним комплексом біологічними методами.

Результати досліджень. На базі кафедри екології та природоохоронних технологій ОНАХТ проведено біотестування жирової начинки вафель експрес-методами, які дозволяють отримати за короткий час якісну оцінку проб. Крім того, тест-об'єкти дозволяють виявити дози токсикантів, які не виявляються сучасними інструментальними методами [3-5].

Оцінку токсичності досліджуваних зразків начинки доцільно проводити з застосуванням інфузорії колподи (*Colpoda steinii*). Цей метод біотестування є найбільш простим, доступним для практичних лабораторій і найбільш чутливим [4]. Для вилучення токсичних речовин із зразків жирової начинки готували водні екстракти. Токсичність визначали за допомогою добової культури колпод (в фазі експотенціального зростання), культивованої при температурі в лабораторії 22...24 °С. Кожну пробу досліджували п'ять разів (п'ять повторностей). Безпосередньо перед дослідженням проводили контроль активності культури у висячій краплі під мікроскопом зі збільшенням у 8 разів [6]. При контакті з токсичними речовинами вони втрачають рухливість. Одержували суспензію з ексцистованими інфузоріями і з'єднували з рівним об'ємом досліджуваних зразків, піддавали інкубації при температурі 28 °С і краплі суміші досліджували в роздавленій краплі під мікроскопом

через 3, 10 хвилин та 3 години. Критерієм оцінки безпечності зразків є наявність рухливості інфузорій через 3 год інкубації їх в водному екстракті, що забезпечує виявлення токсичних речовин полярної природи, та у неполярному розчиннику – гексані – для виявлення контамінантів неполярної природи. Шкалу оцінки токсичності наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Шкала оцінки токсичності продуктів

Оцінка токсичності зразків	Вживаємість інфузорії	Бали
Токсичний	Загибель більшості колпод наступає впродовж 3 год	0
Слаботоксичний	Впродовж 3 год гине менше, ніж 90 % колпод	0,5
Нетоксичний	Впродовж 3 год всі колподи залишаються рухливими	1

Результати біотестування досліджуваних зразків жирової начинки за біосенсорами *Colpoda steinii* наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Оцінка комплексних показників безпеки вафель з синбіотиком за біосенсорами *Colpoda steinii*

Зразок	Водна проба	Гексанова проба	Бали
	Токсичність		
Контроль	Впродовж 3 годин рухливими залишилось 85 % колпод	Впродовж 3 годин рухливими залишилось 80 % колпод	0,5
Жирова начинка з масовою часткою інуліну 10 % і біфідобактеріями	Впродовж 3 годин рухливими залишилось 95 % колпод	Впродовж 3 годин рухливими залишилось 90 % колпод	0,75
Жирова начинка з масовою часткою інуліну 20 % і біфідобактеріями	Впродовж 3 годин рухливими залишилось 95 % колпод	Впродовж 3 годин рухливими залишилось 90 % колпод	0,75
Жирова начинка з масовою часткою інуліну 30 % і біфідобактеріями	Впродовж 3 годин рухливими залишились усі колподи	Впродовж 3 годин рухливими залишились усі колподи	1,0

Як видно з одержаних даних, зі збільшенням масової частки інуліну в начинці зменшується концентрація токсичних речовин полярної та неполярної природи.

Одним з експериментальних методів визначення органічності харчових продуктів, який широко використовується у країнах Європейського Союзу, є сертифікований метод біокристалізації. Це кристалографічний метод, що базується на якісно-кількісному описі та інтерпретації кристалоутворення біосубстратів харчових продуктів та води у присутності солі CuCl_2 [7]. Кристалізація – процес, який поєднує об'єкти як живого, так і мінерального світу, у зв'язку з чим він є універсальним методом збереження і передачі інформації, що має велике значення для визначення органічності харчового продукту та надання йому особливого статусу. При проведенні даного процесу одержують кристалограму, симетричність малюнку та розміру кристалів якої свідчать про природне походження досліджуваної продукції. Несиметричність та деформація малюнку кристалів свідчить про здійснення агресивного впливу на продукт або на захворювання рослин, що використовувались в якості сировини для виготовлення даної продукції.

Підготовлені зразки досліджували за допомогою мікроскопіювання і одержані знімки біокристалогам наведені на рис. 1-4.

Із експериментальних даних видно, що найбільш симетричною біокристалогомою характеризується зразок жирової начинки з масовою часткою інуліну 30 % і біфідобактеріями, що свідчить про його найвищу ступінь натуральності, яка, ймовірно, визначається більшим показником органічності інуліну порівняно з жиром, який входить до рецептури начинки.

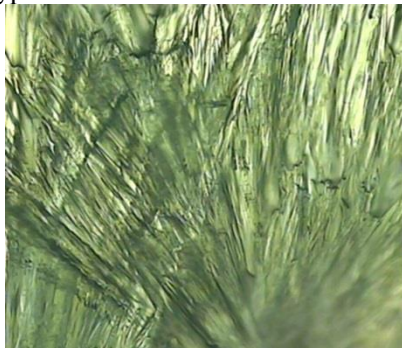


Рис. 1. Біокристалограма контрольного зразку



Рис. 2. Біокристалограма начинки з вмістом 10 % інуліну та біфідобактеріями

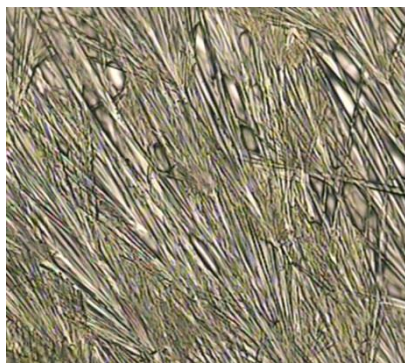


Рис. 3. Біокристалограма начинки з вмістом 20 % інуліну та біфідобактеріями

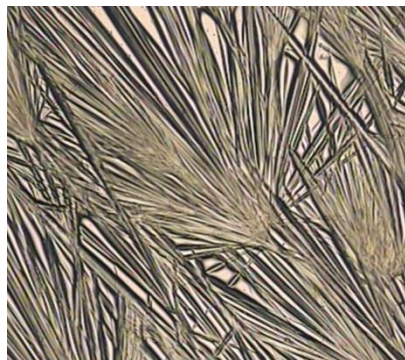


Рис. 4. Біокристалограма начинки з вмістом 30 % інуліну та біфідобактеріями

Основними процесами, які забезпечують життєдіяльність будь-якого організму, є окислювально-відновні реакції, тобто реакції,

пов'язані з передачею або приєднанням електронів. В організмі людини енергія, що виділяється в ході окислювально-відновних реакцій, витрачається на підтримання гомеостазу (відносна динамічна сталість складу і властивостей внутрішнього середовища і стійкість основних фізіологічних функцій організму) і регенерацію клітин організму, тобто на забезпечення процесів життєдіяльності організму. В організмі людини енергія, що виділяється в ході окислювально-відновних реакцій, витрачається на підтримання гомеостазу (відносна динамічна постійність складу і властивостей внутрішнього середовища і стійкість основних фізіологічних функцій організму) і регенерацію клітин організму, тобто на забезпечення процесів життєдіяльності організму. Одним із найбільш значущих чинників регулювання параметрів окисно-відновних реакцій, що протікають в будь-якому рідкому середовищі, є активність електронів або окислювально-відновний потенціал (ОВП) цього середовища. ОВП внутрішнього середовища організму людини в нормі завжди менше нуля, які зазвичай знаходяться в межах від мінус 100 до мінус 200 мілівольт (мВ), що свідчить про те, що внутрішнє середовище організму перебуває у відновленому стані. В разі, коли продукти, які поступають в організм, мають ОВП близький до значення ОВП внутрішнього середовища організму, то електрична енергія клітинних мембран (життєва енергія організму) не витрачається на корекцію активності електронів і продукт відразу засвоюється, оскільки володіє біологічною сумісністю за цим параметром. Тому в роботі дослідили зміну окисно-відновного потенціалу у жировій начинці для вафель з додаванням синбіотичного комплексу. У попередньо підготовлених зразків вимірювали ОВП за допомогою ОВП-метру. Результати експериментальних досліджень наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Оцінка значення окисно-відновного потенціалу вафель

Назва зразка	Значення ОВП, мВ	Бали
Контрольний зразок	248	0,5
Жирова начинка з масовою часткою інуліну 10 % і біфідобактеріями	205	0,5
Жирова начинка з масовою часткою інуліну 20 % і біфідобактеріями	170	0,5
Жирова начинка з масовою часткою інуліну 30 % і біфідобактеріями	145	1

Як впливає з отриманих результатів, значення ОВП контрольного зразку, зразків з вмістом інуліну 10 та 20 % знаходяться у діапазоні від +170 мВ до +248 мВ та оцінюються в 0,5 балів. А ОВП у зразка з вмістом інуліну 30 % складає +145 мВ, що відповідає відновному характеру екстрактів, і оцінюється в 1 бал. Отже, можна з впевненістю стверджувати, що зі збільшенням масової частки інуліну і зменшенням кількості жиру готовий продукт стає більш корисним для організму, його споживання приведе до зменшення затрат енергії клітинних мембран на корекцію активності електронів.

Висновки. Таким чином, за допомогою методу біотестування було доведено, що використання в технології вафельних виробів синбіотичного комплексу приводить до одержання нових видів вафель з натуральною жирною начинкою, які будуть безпечні для споживання населення України. Результати проведених досліджень показують, що поєднання якісної сировини, оригінальної рецептури, новітніх технологій, суворого контролю якості – запорука одержання безпечної та якісної продукції.

Список літератури

1. Коркач, А.В. Разработка жировой начинки для вафельных изделий с использованием синбиотиков [Текст] / А.В. Коркач // Тез. докл. международной науч.-прак. конф. «Продовольственная безопасность в контексте новых идей и решений», г. Семей, Казахстан, 2017. – Т. 2. – С. 29-32.

2. Korkach, H. Research into effect of the synbiotic complex on the quality of a fat filling for waffles [Text] / H. Korkach // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 5/11 (89). – С. 18-25. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.110598.

3. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Л.В. Цаценко и др.; под ред. О.П. Мелеховой. – М.: Академия, 2010. – 288 с.

4. Виноходов, Д.О. Токсикологические исследования кормов с использованием инфузорий [Текст] / Д.О. Виноходов. – СПб.: АВН, 1995. – 80 с.

5. Ляшенко, О.А. Биоиндикация и биотестирование [Текст] / О.А. Ляшенко. – СПб.: СПбГТУРП, 2012. – 67 с.

6. Виноходов, Д.О. Определение микотоксинов методами биотестирования [Текст] / Д.О. Виноходов, Н.Л. Поляков //

Ветеринария в птицеводстве. – 2003. – № 5-6. – С. 47-48.

7. Andersen, J.O. Comparative study between biocrystallization and chemical analyses of carrots (*Daucus Carota* L.) grown organically using different levels of green manures [Text] / J.O. Andersen et al. // Biological Agriculture & Horticulture. – 2001. – Vol. 19. – P. 29-48.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ НАТУРАЛЬНОСТИ ВАФЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С СИНБИОТИКАМИ

В статье приведены биологические методы оценки безопасности и органичности вафельных изделий: биотестирование тест-организмами, метод биокристаллизации, оценка натуральности по значению окислительно-восстановительного потенциала.

Abstract

RESEARCH OF NATURALITY OF WAFFLE PRODUCTS WITH SYNBIOTICS

The article presents biological methods for assessing the safety and organicity of wafer products: biotesting with test organisms, a method of biocrystallization, and an assessment of naturalness by the value of the redox potential.

УДК 664.696.1

ДОЦІЛЬНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗЕРНОВИХ ПЛАСТИВЦІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ

**Фоміна І.М., к.т.н., доц., Ізмайлова О.О., асистент
Шурдугайло А., Шурдугайло О.**

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

У статті наведено порівняльну оцінку ярої та озимої пшениці за вмістом вітамінів Р та С для виробництва зернових пластівців підвищеної біологічної цінності, які виготовлені за різними технологіями, де використовуються фізичний та/або біологічний вплив на зерно з метою інтенсифікації утворення в ньому корисних речовин.

Ключові слова: *яра пшениця, озима пшениця, пророщування,*

пшеничні зернові пластівці підвищеної біологічної цінності.

Постановка задачі. Однією з основних культур, які вирощуються на території України є пшениця. Пшениця є джерелом калорій у щоденному харчуванні людини, вона багата на крохмаль, білок, зокрема, незамінні амінокислоти та інші корисні речовини, які необхідні для повноцінного харчування [1]. За даними українського порталу «Latifundist» останні роки валовий збір пшениці збільшився та складає 25.01 млн.т [2]. Серед всіх хлібних злаків це найрозповсюдженіша рослина. У східній частині країни провідна роль належить озимій пшениці, в західній та центральній – ярій пшениці. Останні роки в Україні значно виросли посівні площі озимої пшениці завдяки їй більш високій врожайності, що пов'язано з удосконаленням технології обробки. Озима пшениця, яка нормально перенесла холодну пору року, як правило дає врожай в 2...3 рази вищий за яру пшеницю, хоча, деякі літературні джерела свідчать про те, що яра пшениця володіє більш високими показниками якості [3].

Аналіз останніх досліджень. Продуктам переробки зерна належить провідна роль в забезпеченні харчування населення, так як вони є продуктами щоденного споживання. Серед потенційних джерел місцевої зернової сировини, яка характеризується високим попитом у виробників зернопродуктів, необхідно виділити зерно саме пшениці, посівні площі якої у 2018 році займають 169,8 тис. га [2]. Споживання традиційних зернових продуктів українцями не може в повному обсязі задовольнити потреби організму у вітамінах, мікроелементах, тощо. У зв'язку з тим, що, на сьогоднішній день, існує проблема дисбалансу структури харчування населення, який супроводжується дефіцитом основних груп вітамінів, мінералів та харчових волокон, актуальним є створення зернового продукту з цільної пшениці.

Одним із головних завдань зернопереробної галузі є удосконалення існуючих традиційних технологій продуктів переробки зерна завдяки використанню природних способів підвищення їх біологічної цінності.

Таким продуктом можна вважати пшеничні зернові пластівці підвищеної біологічної цінності (ПЗППБЦ) «Паросток», «Еко-Скарб» та «Бадьорість». Технологія таких пластівців передбачає використання пророщеної пшениці, яка підготовлена різними способами. Технологічна схема виробництва ПЗППБЦ складається з трьох стадій: підготовча, основна та заключна, де останні дві стадії

не відрізняються від традиційних технологій. Підготовча ж стадія зерна при виробництві ПЗППБЦ має деякі відмінності: ПЗППБЦ «Паросток» включає додаткову низькотемпературну обробку (НТО); ПЗППБЦ «Еко-Скарб» - замочування у водному розчині біопрепарату «Байкал ЕМ-1», який складається зі штамів молочнокислих бактерій; підготовка зерна для виробництва ПЗППБЦ «Бадьорість» відрізняється комбінуванням двох попередніх способів підвищення біологічної цінності зерна.

Цікавим до визначення є порівняння ярої та озимої пшениці за вмістом вітамінів Р та С для подальшого її використання в технології пшеничних зернових пластівців підвищеної біологічної цінності.

Мета дослідження полягає у проведенні порівняльної оцінки ярої та озимої пшениці за кількістю вітамінів Р та С в технології пшеничних зернових пластівців підвищеної біологічної цінності.

Основні матеріали досліджень. Об'єктом дослідження було зерно пшениці ярої та озимої врожаю 2016 та 2017 років. Сумарний вміст вітаміну Р визначено завдяки встановленню вмісту поліфенольних сполук колориметричним методом Фоліна – Чокальтеу [4]. Загальний вміст вітаміну С встановлено методом титрування, який оснований на кількісному окисненні аскорбінової кислоти розчином 2,6-діхлорфеноліндофенолята натрію [5].

Спочатку було визначено вміст вітамінів Р та С у зразках ярої та озимої пшениці з сухого та пророщеного зерна (рис. 1).

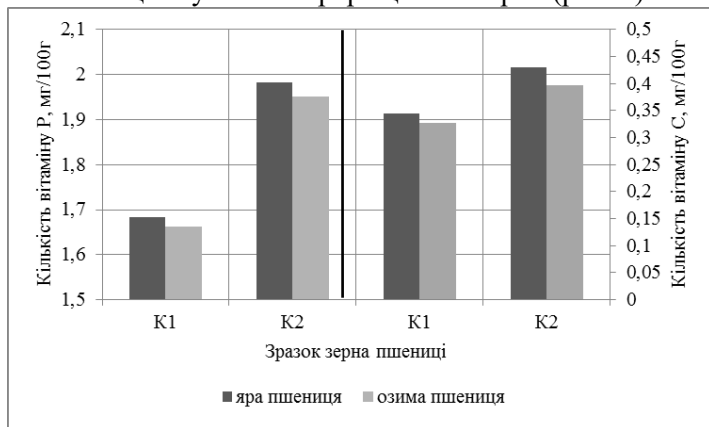


Рис. 1. Вміст вітамінів Р та С у зразках ярої та озимої пшениці з сухого та пророщеного зерна (K1 – сухе зерно ярої та озимої пшениці, K2 – пророщене зерно ярої та озимої пшениці)

Дослідження показали, що у зразку сухого зерна із ярої пшениці кількість вітаміну Р складає 1,66 мг/100 г, із озимої – 1,68 мг/100г; у зразку пророщеного зерна вміст вітаміну Р із ярої пшениці – 1,95 мг/100 г, із озимої – 1,98 мг/100 г. Різниця між вмістом вітаміну Р у зразках ярої та озимої пшениці не перевищує 1,5 %.

Вміст вітаміну С у зразках ярої пшениці з сухого зерна та з пророщеного зерна становить 0,32 мг/100 г, 0,39 мг/100 г відповідно. Вміст вітаміну С у зразках озимої пшениці з сухого зерна складає 0,34 мг/100 г; з пророщеного – 0,43 мг/100 г. Різниця між показниками лежить в діапазоні від 5 до 8 %.

Нами пропонуються різні способи інтенсифікації утворення корисних речовин під час пророщування зерна пшениці: НТО зернової маси перед процесом пророщування та/або використання біопрепарату «Байкал ЕМ-1» на стадії пророщування зерна. Тому було досліджено вміст вітамінів Р та С у зразках зерна ярої та озимої пшениці, яка підготовлена трьома різними способами (рис. 2). Перший спосіб підготовки включає попередню НТО зернової маси перед його пророщуванням; другий спосіб відрізняється тим, що на стадії замочування під час процесу пророщування застосовується біопрепарат «Байкал ЕМ-1»; третій спосіб – поєднання попередніх двох способів підвищення біологічної цінності зерна.

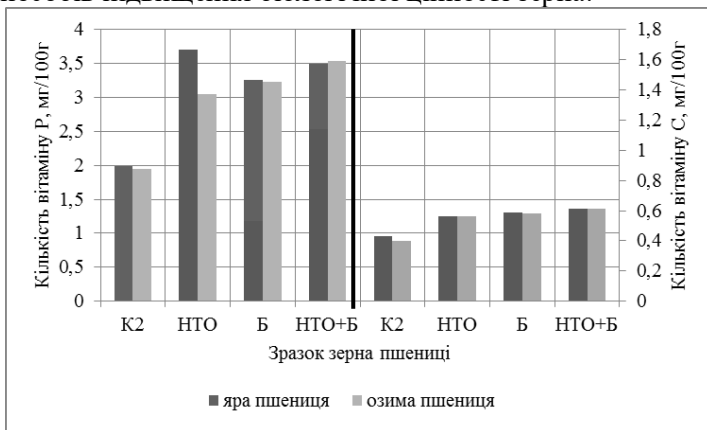


Рис. 2. Вміст вітамінів Р та С у зразках ярої та озимої пшениці з зерна, підготовленого різними способами (К2 – пророщене зерно ярої та озимої пшениці, НТО – пророщене зерно ярої та озимої пшениці з попередньою низькотемпературною обробкою, Б – пророщене зерно ярої та озимої пшениці у розчині біопрепарату

«Байкал ЕМ-1», НТО+Б – пророщене зерно ярої та озимої пшениці у розчині біопрепарату «Байкал ЕМ-1» з попередньою низькотемпературною обробкою)

Визначено, що використання запропонованих способів інтенсифікації утворення корисних речовин є доцільним як у випадку використання ярої так і озимої пшениці, адже кількість вітамінів Р та С у цих зразках більша майже у 2 рази. Порівнюючи зразки зерна ярої та озимої пшениці встановлено, що різниця між вмістом вітамінів Р та С в них не перевищує 1,5 % та 1 % відповідно.

Далі визначено вміст вітамінів Р та С у ПЗППБЦ «Паросток», «Еко-Скарб» та «Бадьорість» після їх виробництва (рис.3, 4).

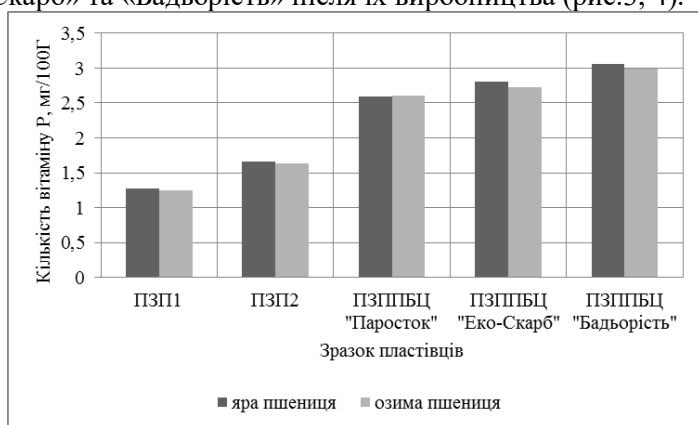


Рис. 3. Вміст вітамінів Р у ПЗППБЦ «Паросток», «Еко-Скарб» та «Бадьорість» з ярої та озимої пшениці

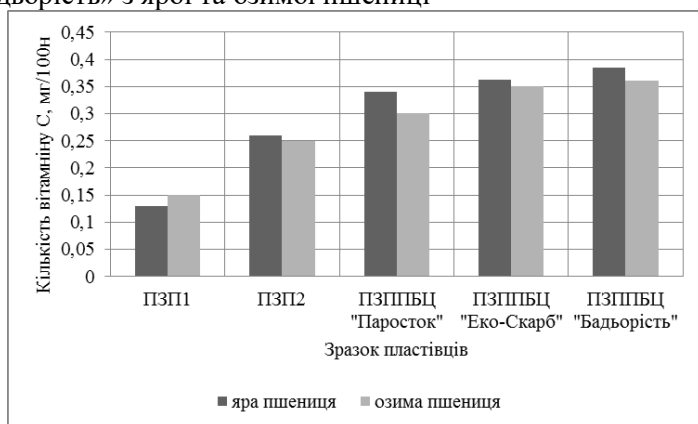


Рис. 4. Вміст вітамінів С у ПЗППБЦ «Паросток», «Еко-Скарб» та «Бадьорість» з ярої та озимої пшениці

та «Бадьорість» з ярої та озимої пшениці (ПЗП1 – зернові пластівці, виготовлені з сухого зерна за традиційною технологією; ПЗП2 – зернові пластівці, виготовлені з пророщеного зерна; ПЗППБЦ «Паросток»; ПЗППБЦ «Еко-Скарб»; ПЗППБЦ «Бадьорість»)

Кількість вітамінів в пластівцях залежить від їх утвореної кількості під час пророщування зерна. Визначено, що вміст вітамінів Р та С у ПЗППБЦ «Паросток», «Еко-Скарб» та «Бадьорість» залишився збільшеним у порівнянні з пластівцями, виготовленими за традиційною технологією та виготовленими з пророщеного зерна без використання нових способів інтенсифікації утворення вітамінів в зерні. Найбільшу кількість вітамінів Р та С в обох випадках, тобто у ПЗППБЦ, виготовлених з ярої та озимої пшениці містять ПЗППБЦ «Бадьорість», що становить 3,06 мг/100 г (вітамін Р), 0,38 мг/100 г (вітамін С) та 2,99 мг/100 г (вітамін Р), 0,36 мг/100 г (вітамін С) відповідно.

Висновки. Результати досліджень показали, що використання стадії НТО зернової маси перед процесом пророщування та/або використання біопрепарату «Байкал ЕМ-1» на стадії пророщування зерна сприяє інтенсифікації утворення вітамінів Р та С під час пророщування у зразках і з ярої і з озимої пшениці.

Список використаних джерел

1. Крупнова О.В. О сопоставлении качества зерна яровой и озимой пшеницы в связи с делением на рыночные классы. Сельскохозяйственная биология: № 1. – 2013. – С., с.15-25.
2. Урожай онлайн 2018. Режим доступу: [<https://latifundist.com/urozhaj-online-2018>].
3. Shewry P.R. Wheat. J. Exp. Bot., 2009, 60: 1537-1553.
4. Фоміна І.М, Івахненко О.О. Визначення поліфенольних сполук в зерні пшениці під час пророщення методом Фоліна-Чокальтеу// Збірник наукових праць ХНТУСГ ім. П.Василенка.- 2012. – № 131.
5. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: [справочное руководство по витаминам и минеральным веществам] / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов, В.А. Кудашева. – М.: Колос, 2002. – 423 с.

Аннотация

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОРАЩИВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОВЫХ ХЛОПЬЕВ ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

В статье представлена сравнительная оценка яровой и озимой пшеницы по содержанию витаминов Р и С для производства зерновых хлопьев повышенной биологической ценности, которые изготовлены по различным технологиям, где используются физическое и/или биологическое воздействие на зерно с целью интенсификации образования в нем полезных веществ.

Ключевые слова: яровая пшеница, озимая пшеница, проращивание, пшеничные зерновые хлопья повышенной биологической ценности.

Abstract

THE EXPEDIENCY OF INTENSIFICATION OF WINTER WHEAT GERMINATION IN THE TECHNOLOGY OF CEREAL FLAKES WITH INCREASED BIOLOGICAL VALUE

The article establishes a comparative assessment of spring and winter wheat according to the content of vitamins P and C for the production of cereal flakes with increased biological value, which are made according to various technologies, which use physical and/or biological effects on the grain to intensify the formation of useful substances in it.

Keywords: spring wheat, winter wheat, germination, wheat cereal flakes with increased biological value.

УДК 663.93.011

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ІНУЛІНОВІСНОГО СУХОГО КАВОВОГО НАПОЮ

**Івчук Н.П., к.т.н., доц., Башта А.О., к.т.н., доц.,
Ущатовський А.О., асистент**

(Національний університет харчових технологій)

Стаття присвячена проблемі отримання нового смако-ароматичного продукту на основі нетрадиційної інуліновмісної сировини. Запропоновано рецептурний склад інуліновмісного сухого

кавового напою. Експериментально досліджено, що для отримання якісного продукту процес обсмажування бульб топінамбуру для виготовлення кавових напоїв необхідно проводити при температурі 180 °C протягом 15 хв.

Вступ. Напої – є невід’ємною складовою раціону харчування людини. Вони здатні втамувати спрагу, тонізувати та приносити задоволення. До тонізуючих напоїв відносяться кавові напої, які користуються особливим попитом серед населення.

У теперішній час в багатьох країнах світу спостерігається тенденція інтенсивного збільшення виробництва кавапродуктів, які виготовляються з усіляких кавазамінювачів, що пояснюється підвищенням попиту споживачів на кавапродукти.

В останні роки поширюються дослідження в галузі виробництва таких напоїв, які б характеризувалися не тільки відсутністю збуджуючих речовин (кофеїну та інших алкалоїдів), а і наявністю біологічно активних речовин (інуліну, клітковини, мікронутрієнтів), які позитивно впливають на функціонування певних систем організму і підсилюють адаптаційні можливості організму. Потреба у створенні дієтичних продуктів з високим вмістом інуліну і фруктанів, що засвоюються організмом людини без участі інсуліну, викликана зростаючим рівнем небезпечних ендокринообмінних захворювань (цукровий діабет, атеросклероз тощо) та вкрай обмеженим асортиментом таких оздоровчих продуктів на вітчизняному ринку.

Аналіз останніх досліджень. Одним із важливих полісахаридів, що має пребіотичні властивості, є інулін. Джерелами інуліну є така рослинна сировина як топінамбур (*Helianthus tuberosus*), якон (*Polymnia sonchifolia*), кульбаба (*Taraxacum officinale*), лопух (*Arctium lappa*), цикорій (*Cichorium intybus*), скорцонера (*Scorzonera hispanica*), жоржина (*Dahlia pinnata*) [1, 2].

Кавові напої – це порошкоподібні суміші, які складаються з обсмажених та розмелених кавових зерен, зерна злакових культур (ячмінь, жито, пшениця, овес), ядер кісточкових плодів, коренеплодів цикорію, бульб топінамбуру тощо [3, 4].

Питання з підготовки коренеплодів цикорію для виготовлення кавових напоїв були ґрунтовно вивчені ще в ХХ столітті. Питаннями з підготовки бульб топінамбуру (висушування, обсмажування) займалися опосередковано, разом з іншою рослинною сировиною.

Метою дослідження є визначення рецептурного складу

оптимальної кількості нетрадиційної інуліновмісної сировини та оптимальних параметрів термічного оброблення бульб топінамбуру для виготовлення кавових напоїв.

Матеріали і методи. Для виготовлення запропонованого сухого напою використовується доступна рослинна сировина – коренеплоди топінамбура, кореневища цикорію, лопуха і кульбаби.

Обсмажування бульб топінамбуру проводили в інтервалі температур 160...180 °С протягом 15...35 хв. За критерії оцінки обсмаженого продукту було обрано такі фізико-хімічні показники як втрати маси продукту при обсмажуванні, вміст екстрактивних речовин водного екстракту, оптична густина водного екстракту та його рН. Також проводилась дегустаційна оцінка водних екстрактів із обсмажених бульб топінамбуру. Визначення фізико-хімічних та органолептичних показників проводили за загально прийнятими методиками [4].

Результати досліджень. Топінамбур (*Helianthus tuberosus* L.), кульбаба (*Taraxacum officinale*), лопух (*Arctium lappa*), цикорій (*Cichorium intybus*) містять потужний комплекс біологічно активних речовин (інулін, пектинові речовини, флавоноїди, вітаміни, макро- та мікроелементи, дубильні речовини тощо), що надають продукту високої харчової цінності та позитивно впливають на процеси травлення, обмін речовин, підсилюють адаптаційні можливості організму.

Процес обсмажування є головною операцією при виробництві всіх кавових напоїв. Перед тим як обсмажувати сировину, її сушать при температурі 50...60 °С, потім подрібнюють на частинки розміром 10...15 мм. Під час обсмажування відбувається ряд фізико-хімічних змін в складі обсмаженого продукту. Спостерігаються зміни смаку, утворення ароматичних речовин, змінюється забарвлення продукту [3, 4].

Для ортимання кавового напою з гарним смаком, задовільними фізико-хімічними властивостями та максимально збереженою кількістю біологічно активних речовин запропоновано використовувати висушені та обсмажені коренеплоди топінамбура та тільки висушенні кореневища цикорію, лопуха і кульбаби.

Результати досліджень процесу обсмажування висушених бульб топінамбуру зображено на рис. 1–4.

Залежність оптичної густини та рН водних екстрактів від тривалості обсмажування бульб топінамбура при температурі 165 °С наведено на рис. 1.

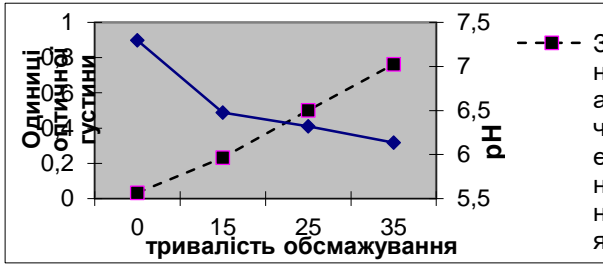


Рис. 1. Зміна оптичної густини та рН водних екстрактів від тривалості обсмажування бульб топінамбура при температурі 165 °С

Залежність вмісту екстрактивних речовин у водному екстракті і втрат маси сировини від тривалості обсмажування бульб топінамбура при температурі 165 °С наведено на рис. 2.

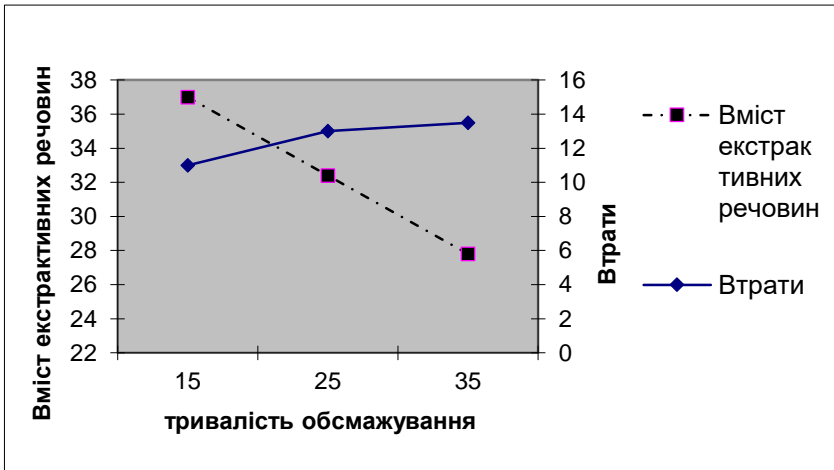


Рис. 2. Зміна вмісту екстрактивних речовин водного екстракту і втрат маси сировини від тривалості обсмажування бульб топінамбуру при температурі 165 °С

За результатами досліджень, які наведені на рис. 1. слідує, що оптична густина досліджуваних екстрактів прямо пропорційно залежить від тривалості процесу обсмажування бульб топінамбуру.

Вміст екстрактивних речовин у продукті, що був обсмажений при

165 °С, має обернено пропорційну залежність до тривалості обсмажування. З рис. 2. видно, що вже при 25 хв обсмажування досліджуваних зразків вміст екстрактивних речовин зменшився на 6...7 %, а при 35 хв обсмажування – на 11 %. Із залежностей наведених на рис. 2. слідує, що втрати маси продукту при обсмажуванні бульб топінambuру при температурі 165 ° С поступово зростають, що можна пояснити втратою вологи і термічним розкладанням органічних речовин. Отже, чим більша тривалість обсмажування тим більшими будуть втрати сировини. За даної температури вони становлять 11...13 %.

Отже, за результатами оцінки фізико-хімічних показників водних екстрактів впливає, що при температурі 165 ° С тривалість термічного оброблення бульб топінambuру знаходиться в межах 20...25 хв.

Залежність вмісту екстрактивних речовин та втрат сировини від тривалості обсмажування бульб топінambuру при температурі 180 °С наведено на рис. 3.

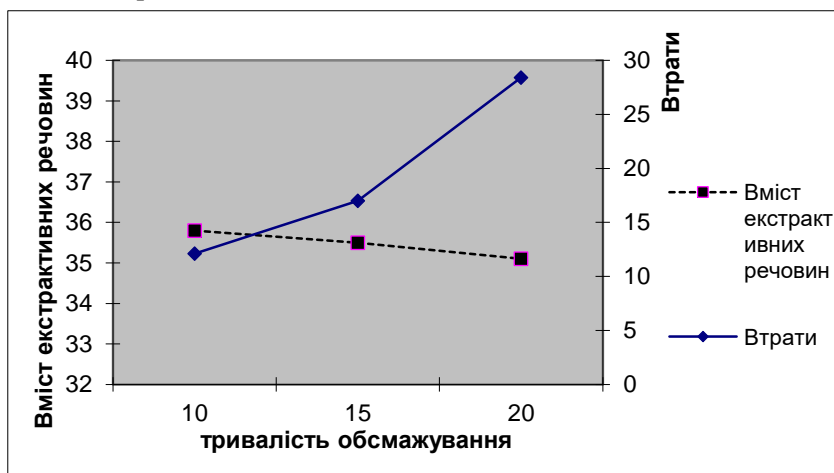


Рис. 3. Зміна вмісту екстрактивних речовин і втрат маси сировини від тривалості обсмажування бульб топінambuру при температурі 180 °С

Залежність рН та оптичної густини водних екстрактів із бульб топінambuру від тривалості обсмажування їх при температурі 180 °С наведено на рис. 4.

З даних, що наведені на рис. 3. і 4. впливає, що вміст екстрактивних речовин і рН досліджуваних зразків знижується зі збільшенням тривалості обсмажування. Зменшення вмісту

екстрактивних речовин можна пояснити розпадом органічних речовин і втратою вологи. Втрати ж навпаки зростають в залежності від тривалості обсмажування. За рис. 3. можна прослідкувати, що після 25 хв обсмажування втрати бульб топінамбуру зростають до 17 %, а після 35 хв. обсмажування – до 30 %. Оптична густина зростає прямо пропорційно тривалості обсмажування, що можна побачити на рис. 4. Зростання оптичної густини можна пояснити утворенням меланоїдинів, гумінових речовин, які утворюються при термічному обробленні бульб топінамбура. Тривалість обсмажування при 180 °С становить 15..17 хв.

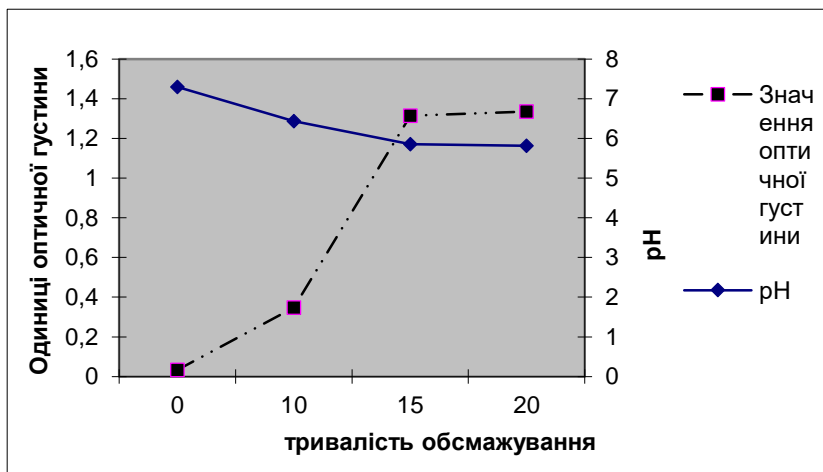


Рис. 4. Зміна оптичної густини і рН водного екстракту від тривалості обсмажування бульб топінамбуру при температурі 180 °С.

Одним зі способів вибору оптимальних параметрів обсмажування кавових напоїв є органолептичний. Критеріями оцінювання органолептичних властивостей обсмаженого продукту було визначено: смак, аромат, колір, консистенція водних екстрактів з нього, які дадуть нам зрозуміти настільки наш напій буде схожим на каву.

Зразки обсмажених при температурах 165 °С і 180 °С продуктів мали рівномірно коричневий колір і приємний аромат. Кількість зразків для дегустації складала – 5 штук: №1 – топінамбур обсмажений при температурі 165 °С і тривалості 15 хв.; №2 – топінамбур обсмажений за температури 165 °С протягом 25 хв.; №3 – топінамбур обсмажений при 165 °С протягом 35 хв., №4 – топінамбур обсмажений за температури 180 °С і тривалості 10 хв.; №5 – топінамбур обсмажений при температурі 180 °С і тривалості 15 хв.

Перед дегустацією зразки продуктів розмелювали, потім зважували по 6 г розмеленого продукту, наважку заливали 100 см³ киплячої води, ставили на вогонь і доводили до кипіння. Далі отриманий екстракт розливали в дегустаційні чашки і визначали їхні органолептичні показники: смак, колір, аромат, консистенцію. Кожний із цих показників оцінювався у балах. У дегустації приймали участь 15 експертів.

Найкращий за своїми органолептичними показниками виявився зразок № 5, тобто продукт, що був отриманий при температурі 180 °С і тривалості обсмажування 15 хв. Він є найближчим за своїми властивостями до кави.

З метою отримання готового продукту, що задовольняє заданим якісним та органолептичним характеристикам, було виготовлено серію пробних виробів з різним співвідношенням інуліновмісної сировини.

Додавання висушених кореневищ кульбаби, цикорію та лопуха визначали, враховуючи максимальний ефект збагачення напою біологічно активними речовинами та органолептичні показники готового напою.

Аналіз пробних виробів показав, що поєднання 70...75 % висушених та обсмажених коренеплодів топінамбура, 15...20 % висушених кореневищ цикорію, 5 % висушених кореневищ кульбаби та 5 % висушених кореневищ лопуха надає готовому виробу приємного смаку та аромату. Готовий напій має коричневий, однорідний за інтенсивністю колір; виражений смак; аромат без стороннього запаху, та задовільні фізико-хімічні показники. При додаванні кореневищ кульбаби та лопуха у кількості більшій ніж по 5 % готовий напій володіє гірким та стороннім післясмаком обраної сировини.

Висновки. Використання обраної інуліновмісної сировини для виробництва сухого кавового напою дозволяє розширити асортимент кавових напоїв із заміників кави, які мають лікувально-профілактичні властивості.

Список літератури

1. Жиркова Е.В. Применение неградиционного сырья в пищевых технологиях / Жиркова Е.В., Малкина В.Д., Чудикова Н.В. / Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №2. – С. 64-66.
2. Bashta A. Yacón and Scorzonera as functional enrichment of food / A. Bashta, N. Ivchuk, O. Bashta // Ukrainian Journal of Food Science. – 2015. – Volume 3. Issue 1. – P. 13 – 23.
3. Костянтинив Т. П. Галка – твой любимый кофейный аромат /Т.

П. Костянтинів //Продукты питания. – 2001. –№ 4. – С. 35-38.

4. Напої кавові розчинні. Загальні технічні умови: ДСТУ 4849:2007 введ.01.01.2009. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. - 1-9 с.

Аннотация

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ИНУЛИНОСОДЕРЖАЩЕГО СУХОГО КОФЕЙНОГО НАПИТКА

Статья посвящена проблеме получения нового вкусо-ароматического продукта на основе нетрадиционного инулиносодержащего сырья. Предложен рецептурный состав инулиносодержащего сухого кофейного напитка. Экспериментально исследовано, что для получения качественного продукта процесс обжаривания клубней топинамбура для изготовления кофейных напитков необходимо проводить при температуре 180 °С в течение 15 мин.

Abstract

SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING INULIN-CONTAINING DRY COFFEE DRINK

This article is devoted to the problem of a new taste aromatic product based on non-traditional inuline-containing raw materials. A prescription composition of inuline-containing dry coffee drink is proposed. It has been investigated experimentally, that in order to get quality product the artichoke tubers roasting process for making coffee drinks should be carried out at 180 °C for 15 minutes.

УДК 634. 75: 577. 3

ВПЛИВ ОБРОБКИ ХІТОЗАНОМ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СВІЖОЇ СУНИЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ Благополучна А.Г., аспірант., Заморська І.Л., к.с.-г.н., доц., Ляховська Н.О., викладач

(Уманський національний університет садівництва)

У статті запропоновано спосіб зберігання свіжих ягід суниці у холодильній камері з попередньою обробкою хітозаном.

Постановка задачі: Суниця садова залишається найбільш

популярною ягідною культурою в Україні. Рівень її споживання і виробництва у сезон становить 70000 тонн, але у міжсезонний період прилавки магазинів на 100 % заповнені імпортованим товаром [1].

Сучасний ринок ягідної сировини вимагає якісний продукт гарного товарного вигляду і тривалого терміну зберігання до реалізації і безпосередньо на полицях [2].

Аналіз останніх досліджень. Подовження терміну зберігання ягід суниці є головною проблемою багатьох підприємств. Хоч на сьогодні суничний ринок – один з найбільш високодохідних серед свіжих фруктів, проте через нізку структуру покривних тканин, підвищену здатність до грибкових та інфекційних захворювань виробники свіжих ягід несуть великі втрати навіть під час короткочасного зберігання [3].

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що застосовується у боротьбі з хворобами, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодовоовочевої продукції [4, 5].

Мета: дослідження впливу різних концентрацій хітозану на фізико-хімічні показники ягід суниці під час зберігання в різних умовах.

Основні матеріали досліджень: Суницю сорту Зенга Зенгана доставляли у споживчій стадії стиглості. Після цього здійснювали обробку ягід розчином низькомолекулярного хітозану з ступенем деацетилювання 75 % та лимонної кислоти з концентраціями 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 %. Для цього хітозан та лимонну кислоту у співвідношенні 1:1 розчиняли у дистильованій воді при температурі 50...55 °С. Розчин охолоджували і проводили обробку суниці шляхом повного занурення ягід масою 500 грамів на 1 хвилину. Оброблену суницю залишали на 4...6 годин до повного висихання. Після чого фасували у тару та закладали на зберігання.

Зберігання проводили у холодильній камері при температурі 0+2 °С у модифікованому газовому середовищі з використанням пакетів з поліетиленової плівки товщиною 30 мікрон та з вільним доступом повітря у перфорованих пластикових контейнерах місткістю 500 г.

Дослідження фізико-хімічних показників проводили через кожні три дні зберігання протягом дванадцяти днів.

Таблиця 1

Фізико-хімічний склад сировини

Масова концентрація, %			Вміст аскорбінової кислоти
сухих розчинних речовин	цукрів	органічних кислот	
11,4	8,8	1,1	68,2

Накопиченню значної кількості сухих розчинних речовин, цукрів, органічних кислот, аскорбінової кислоти сприяли погодні умови та особливості сорту суниці.

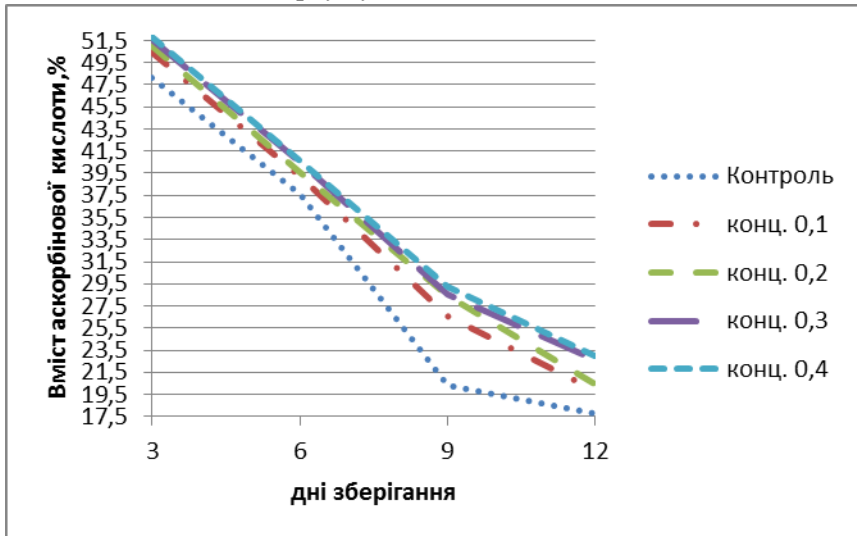


Рис. 1. Втрати аскорбінової кислоти під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря

Вміст аскорбінової кислоти протягом всього терміну зберігання знизився в усіх зразках. Наприкінці зберігання суниці найбільші втрати вітаміну С зафіксовані у контролі, що у 1,2...1,3 рази перевищує показники оброблених ягід.

Таблиця 2

**Фізико-хімічні показники ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря з врахуванням втрат
маси**

Концентрація,%	Масова концентрація,%		
	сухих розчинних речовин	органічних кислот	цукрів
3 дні зберігання			
Контроль	8,4	0,96	6,4
0,1	9,6	0,99	6,8
0,2	9,6	1,03	7,0
0,3	10,2	1,07	7,0
0,4	10,8	1,05	7,6
6 днів зберігання			
Контроль	7,2	0,82	5,8
0,1	8,6	0,86	6,2
0,2	8,5	0,88	6,2
0,3	9,0	0,90	6,5
0,4	9,4	0,94	7,0
9 днів зберігання			
Контроль	6,6	0,66	5,5
0,1	7,3	0,73	5,8
0,2	7,4	0,76	5,8
0,3	8,1	0,75	6,4
0,4	8,0	0,83	6,2
12 днів зберігання			
Контроль	6,3	0,57	4,0
0,1	6,9	0,60	4,9
0,2	7,2	0,62	5,5
0,3	6,8	0,71	5,2
0,4	7,5	0,76	5,8

Тривалість зберігання сприяла зменшенню сухих розчинних речовин, органічних кислот та цукрів. Найбільші втрати спостерігались у контролі.

На третій день зберігання масова концентрація сухих розчинних речовин в оброблених ягодах коливалася в межах 9,6...10,8 %, що у 1,1...1,3 рази більше, ніж у контролі. Така ж тенденція прослідковувалась і з іншими показниками. Так, масова концентрація органічних кислот в оброблених зразках була на рівні

0,99...1,07 %, а в контролі 0,96 %. Масова концентрація цукрів була вищою у 1,0...1,2 рази від контролю. Аналогічна ситуація спостерігалась через шість та дев'ять днів зберігання. Показники оброблених ягід були вищими за контроль.

Наприкінці терміну зберігання масова концентрація сухих розчинних речовин в оброблених ягодах була у 1,5...1,6 рази, а контроль у 1,8 рази меншою за показники до зберігання. Масова концентрація органічних кислот зменшилась проти початкових значень у 1,9 рази у контролі та у 1,4...1,8 разів у ягід з обробкою, а вміст цукрів був на рівні 4,9...5,8 % в оброблених ягід та 4,0 % у контролі.

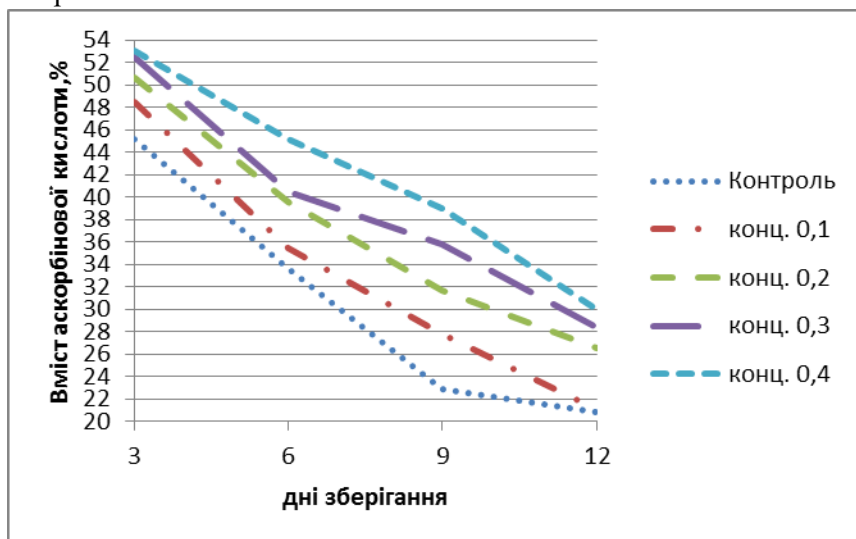


Рис. 2. Втрати аскорбінової кислоти під час зберігання у холодильнику модифікованому газовому середовищі

Вміст аскорбінової кислоти протягом всього терміну зберігання знизився в усіх зразках. Наприкінці терміну зберігання суниці найбільші втрати вітаміну С зафіксовані у контролі, що у 1,1...1,3 рази перевищує показники оброблених ягід.

Таблиця 3

**Фізико-хімічні показники ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі з
врахуванням втрат маси**

Концентрація,%	Масова концентрація,%		
	сухих розчинних речовин	органічних кислот	цукрів
3 дні зберігання			
Контроль	9,8	0,95	7,3
0,1	10,2	1,0	8,2
0,2	10,5	1,08	8,0
0,3	11,0	1,04	7,8
0,4	11,2	1,02	8,8
6 днів зберігання			
Контроль	8,4	0,92	6,8
0,1	9,7	0,96	7,4
0,2	9,3	1,04	7,2
0,3	10,2	1,07	7,6
0,4	10,1	1,0	7,5
9 днів зберігання			
Контроль	7,7	0,84	5,4
0,1	8,0	0,87	6,1
0,2	7,8	0,96	6,2
0,3	8,4	0,95	6,0
0,4	9,6	0,93	6,4
12 днів зберігання			
Контроль	7,3	0,67	4,4
0,1	7,0	0,70	5,1
0,2	7,9	0,72	5,5
0,3	8,0	0,81	5,4
0,4	8,8	0,86	5,6

Протягом зберігання фізико-хімічні показники суниці зменшились у всіх зразках. На третій день зберігання ягід масова концентрація сухих розчинних речовин в оброблених ягід була в межах 10,2...11,2 %, що у 1,0...1,1 рази більше від контролю та у 1,0...1,1 рази менша від показників до зберігання. Масова концентрація органічних кислот коливалася в межах 1,0...1,08 % у ягід з обробкою та 0,95 % у контролі. Масова концентрація цукрів істотно переважала у зразку з концентрацією обробки 0,4 % і

становила 8,6 %, що у 1,2 рази більше від контролю. Така ж ситуація спостерігалась і на дев'ятий та дванадцятий день зберігання.

На шостий день зберігання найвища масова концентрація сухих розчинних речовин зафіксовано у зразку з концентрацією обробки 0,3 % і становила 10,2 %, а найнижча була у контролі 8,4 %. Масова концентрація органічних кислот і цукрів також переважала у зразку з концентрацією обробки 0,3 % і становила, відповідно, 1,07 % та 7,6 %.

Висновки: Післязбиральна обробка розчином хітозану та лимонної кислоти сприяла кращому збереженню фізико-хімічних показників ягід суниці. Встановлено, що з підвищенням концентрації обробки суниці, істотно зменшувались втрати сухих розчинних речовин, органічних кислот, цукрів та аскорбінової кислоти ягід при зберіганні у холодильнику, як з вільним доступом повітря, так і в модифікованому газовому середовищі.

Список літератури

1. Пенцак, Т.Г., & Галяс, А. В. (2016). Підвищення економічної ефективності збуту суниці садової на ринок переробки. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. Серія: Економічні науки, (18, № 2), 113-117.

2. Україна збільшила виручку від експорту полуниці та суниці на 50% , 2017 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://economics.unian.ua>

3. Lugauskas, A., Repečkien, J., Uselis, N., & Rašinskien, A. (2003). Problems on a longtime strawberry growing in one plot. Hortorum Cultus, 2, 59-68.

4. Yuan, G., Chen, X., & Li, D. (2016). Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems. Food Research International, 89, 117-128.

5. Badawy, M. E., & Rabea, E. I. (2011). A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection. International Journal of Carbohydrate Chemistry, 2011.

Аннотация

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ХИТОЗАНОМ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВЕЖЕЙ КЛУБНИКИ ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ

В статье предложен способ хранения свежих ягод клубники в холодильной камере с предыдущей обработкой хитозаном.

Abstract

EFFECT OF CHITOSAN TREATMENT ON PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF FRESH STRAWBERRIES DURING STORAGE

The article proposes a method for storing fresh berries with tubers in a refrigerator with the previous treatment with chitosan.

УДК 664.29.002.5

РОЗРОБКА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Дейниченко Г.В., д.т.н., проф., Гузенко В.В., к.т.н., ст. викл.,
(Харківський державний університет харчування та торгівлі)

Омельченко О.В., к.т.н., доц., Шевченко Г.В.
*(Донецький національний університет економіки і торгівлі
ім. М. Туган-Барановського)*

Стаття присвячена новому підходу до питання технічного оснащення підприємств з переробки пектинвміної сировини в лабораторних та промислових умовах. Розроблені нові пристрої для отримання екстрактів з пектинвмісної сировини в лабораторній практиці для подальшого дослідження та промислового застосування. Описано устрій розробленого обладнання та його принцип роботи.

Постановка проблеми у загальному виді. Якість і тривалість життя сучасної людини ускладнені несприятливою екологічною ситуацією, соціальними проблемами, стресами, уповільненим способом життя, шкідливими звичками. Все це в результаті призводить до зменшення опору організму до впливу навколишнього середовища і зростання числа хронічних захворювань [1].

Харчові волокна, зокрема пектинові речовини, сприяють стимулюванню корисної для людського організму кишкової

мікрофлори, викликаючи активне зростання корисних мікроорганізмів. При цьому, пектинові речовини в чистому вигляді є не засвоюємі вуглеводи, що містяться в продуктах рослинного походження [2, 3].

Сьогодні виробництво і зберігання продовольчих пектиновмісних товарів супроводжується зниженням якості продукції, що реалізовується на ринку споживача. Це, в першу чергу, пов'язано з виробництвом переробними підприємствами рідких або сухих пектинових концентратів, які, крім пектину, містять різноманітні супутні органічні і мінеральні компоненти. Одержання високоякісних пектинових концентратів з низьких собівартістю, потребує створення не тільки сучасних технологічних процесів і рецептури, але й сучасного апаратного оснащення процесу виробництва які відповідали б всім технологічним вимогам, відносно економічності, зручності в обслуговуванні, надійності та екологічності. Тому існує потреба в розробці нового виробничого обладнання для отримання пектинових екстрактів, а також обладнання для дослідження продовольчих товарів рослинного походження, зокрема, пектинових концентратів, для оцінки різних властивостей пектинових речовин, які містяться в них [4, 5].

Мета досліджень. Метою статті є розробка нового обладнання для отримання екстрактів з пектінсодержащего сировини в лабораторних і виробничих умовах.

Основні матеріали досліджень. З метою інтенсифікації процесу отримання пектинових екстрактів з різних видів рослинної сировини і подальшого їх дослідження нами розроблено пристрій для дослідження процесу екстракції рослинної сировини (рис. 1).

Пристрій працює наступним чином. Перед початком проведення кожного дослідження кришку і ємність споліскують дистильованою водою. Водяну сорочку заповнюють проміжною рідиною (дистильована вода) за допомогою патрубку водяної сорочки. У центрі технологічного середовища розміщують перемішувачий елемент, наливають необхідну кількість рідини (дистильована вода) і закривають кришку. Далі в патрубок на кришці вливають необхідну кількість кислоти і розводять її за допомогою магнітної мішалки. Після цього зупиняють перемішування, в патрубок на кришці всипають підготовлену вихідне рослинна сировина, патрубок закривають. Включають магнітну мішалку, що регулюють ручками виставляють необхідну температуру нагрівального елемента, контроль якої здійснюється термопарою, і

включають перемішування на потрібну швидкість. Після закінчення процесу екстрагування в камеру через патрубок на кришці всипається необхідний обсяг нейтралізуючого реагенту, і суміш знову ретельно перемішується на невеликих оборотах. Значення рН розчину контролюють за допомогою датчика кислотності і рН-метра. Після закінчення стадії нейтралізації кришку відкривають, виливають екстракт для подальшого дослідження в іншу ємність, а ємність, де проводився процес, миють і висушують.

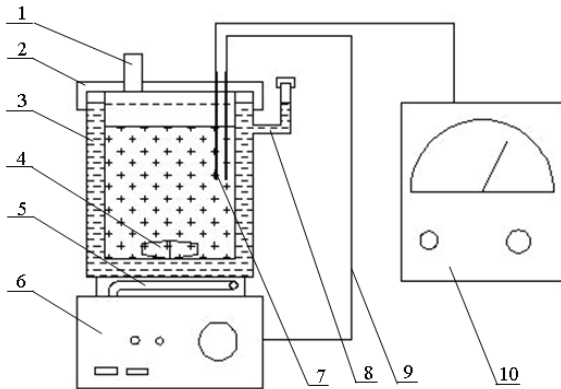


Рис. 1. Принципова схема пристрою для дослідження процесу екстрагування рослинної сировини: 1 – патрубок; 2 – кришка; 3 – ємність з водяною сорочкою; 4 – перемішувачий елемент; 5 – нагрівальний елемент (ТЕН); 6 – магнітна мішалка; 7 – датчик вимірювання значень рН середовища; 8 – патрубок для проміжного теплоносія; 9 – датчик вимірювання температури (термопара); 10 – рН-метр

У запропонованій установці процес екстракції може проходити з додаванням в сировину попередньо підготовленого реагенту, а також з попередніми набряканням у апараті вихідної сировини або без нього [6].

Перевагою розробленого пристрою є наявність водяної сорочки, яку можна використовувати, при необхідності, в якості водяної бані, а також наявність незалежного від основної конструкції, що перемішує елемент, який дозволяє турбулізувати процес гідролізу в різних методах аналізу і контролю якості харчових продуктів.

З метою підвищення енергоефективності екстрагування речовин із різноманітних видів рослинної сировини та подальшого

лабораторного дослідження нами розроблено конструкцію пристрою для екстрагування рослинної сировини в промислових умовах, що схематично зображено на рис. 2.

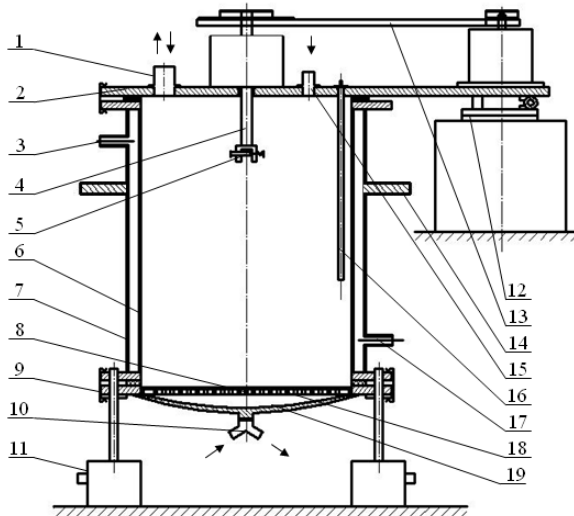


Рис. 2. Пристрій для екстрагування рослинної сировини: 1 – вхідний патрубок; 2 – кришка; 3 – патрубки для виведення теплоносія; 4 – вал; 5 – скріплювальний елемент; 6 – робоча ємність; 7 – кожух обігріву; 8 – фільтрувальний елемент; 9 – притискні скоби; 10 – вихідний патрубок; 11 – підйомно-спусковий механізм; 12 – підйомно-поворотний механізм; 13 – привідний механізм; 14 – опорні лапи; 15 – патрубок тиску; 16 – датчик для вимірювання значень рН; 17 – патрубки для введення теплоносія; 18 – перфороване днище; 19 – рухоме днище

В основу розробки покладено задачу створення пристрою для екстрагування рослинної сировини із забезпеченням ресурсозбереження шляхом кріплення кришки та днища до корпусу притискними скобами з можливістю здійснювати рух підйомно-поворотним та підйомно-спусковим механізмами, закріплення на валу приводу муфтового з'єднання для зміни конструкцій мішалок, що забезпечує зменшення тривалості робочого циклу і витрат ресурсів, інтенсифікацію екстрагування різної рослинної сировини й уніфікацію конструктивних елементів пристрою.

Пристрій для екстрагування рослинної сировини працює наступним чином. До патрубка кожуха обігріву подається теплоносії

(вода), що циркулює і виводиться через патрубок. В середину технологічного середовища завантажується підготовлена подрібнена рослинна сировина, кришка закривається за допомогою підйомно-поворотного механізму та фіксується скобами. До робочої ємності через патрубок надходить необхідна кількість гідролізуючої рідини. Після чого патрубок перекривають, вмикають на необхідну швидкість привід, за допомогою якого починає обертатися вал, на якому прикріплено муфтовим з'єднанням одна з потрібних конструкцій мішалок (лопатева, якірна, пропелерна тощо), що виконує функцію турбулізатора процесу гідролізу-промивки та набрякання рослинної сировини. Після закінчення процесу промивки рослинної сировини, не зупиняючи процес перемішування, через патрубок подається стиснене повітря, під тиском якого промивна рідина проходить крізь фільтрувальний елемент та перфоровану підкладку і виводиться крізь патрубок. Після цього привід вимикається, через патрубок подається необхідна кількість екстрагента і вмикається перемішування для проведення процесу екстрагування на заданій швидкості. Параметри процесів гідролізу та екстрагування є попередньо визначеними за технологічним регламентом і контролюються оператором. Після закінчення процесу екстрагування до камери через патрубок подається необхідний об'єм нейтралізуючого реагента і знову суміш ретельно перемішується на невеликій кількості обертів. Значення рН розчину контролюють за допомогою датчика. Після закінчення стадії нейтралізації отриманий екстракт під тиском виводиться через патрубок у один з виходів трійника. Після цього днище апарата опускається за допомогою підйомно-спускового механізму, в інший вихід трійника патрубку подається рідина, під тиском якої видаляється відпрацьована рослинна сировина з одночасною промивкою фільтрувального елемента 8. Далі цикл повторюється. У випадку необхідності заміни мішалки кришка за допомогою підйомно-поворотного механізму піднімається та повертається на 180°. Далі відбувається заміна однієї мішалки на іншу, що фіксується муфтовим з'єднанням, а кришка повертається у вихідне положення [7].

Висновки. В процесі дослідження конструкцій існуючого лабораторного обладнання запропоновано пристрій, який може бути успішно використаний в харчовій, фармацевтичній і мікробіологічній промисловості при лабораторному дослідженні вуглеводів (пектинових речовин, крохмалю, клітковини і інших харчових волокон), ліпідів,

витаминов и других веществ, которые требуют перевода растворимого вещества в растворитель. Вышеописанное устройство обеспечивает визуальное наблюдение за процессом экстракции необходимых веществ из растительного сырья и за счет небольших габаритов с малым количеством аппаратуры разрешает подобрать необходимые режимы проведения процесса в условиях агрессивной среды с образованием едких паров (кислотных, щелочных).

Список літератури

1. Парахонский А.П. Эндоэкология и проблема пектина / А.П.Парахонский // Успехи естествознания. – 2009. – № 3 – С. 44–45.

2. Ипатова Л.Г. Пищевые волокна в продуктах питания [Текст] / Л.Г.Ипатова и др. // Пищевая промышленность. – 2007. – № 5. – С. 8–10.

3. Дейниченко Г.В. Підбір та розробка нового обладнання для виробництва пектинових концентратів / Г.В.Дейниченко, З.О.Мазняк, В.В.Гузенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2014. – Вип. 152. – С. 144–149.

4. Екстракція рослинної сировини / Ю.І.Сидоров, І.І.Губицька, Р.Т.Конечна, В.П.Новіков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – С. 116–117.

5. Дейниченко Г.В. Теоретические аспекты обработки пектиновых экстрактов: материалы Междунар. науч-практ. конф. / Г.В.Дейниченко, З.О.Мазняк, В.В.Гузенко // Актуальные вопросы современной науки. – Курск, 2012. – С. 248–256.

6. Пат. на корисну модель № 61786 Україна, МПК В01 D11/02, С08 В37/06. Пристрій для дослідження процесу екстракції рослинної сировини / Дейниченко Г.В., Мазняк З.О., Михайленко В.Г., Гузенко В.В.; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харчув. та торгівлі. – № 201101079 ; заявл. 31.01.11 ; опубл. 25.07.11, Бюл. № 14.

7. Пат. на винахід 114819 Україна, МПК В01 D11/02, В01 J19/18. Пристрій для екстрагування рослинної сировини / Дейниченко Г.В., Мазняк З.О., Гузенко В.В., Лихобаба О.В. (Україна) ; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № а201503714 ; заявл. 20.04.15 ; опубл. 10.08.17, Бюл. № 23. – 8 с.

Аннотация

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Статья посвящена новому подходу к вопросу технического оснащения предприятий по переработке пектинсодержащего сырья в лабораторных и промышленных условиях. Разработаны новые устройства для получения экстрактов из пектинсодержащего сырья в лабораторной практике для дальнейшего исследования и промышленного применения. Описаны устройство разработанного оборудования и его принцип работы.

Abstract

DEVELOPMENT OF DEVICES FOR THE PROCESS OF EXTRACING OF PLANT RAW MATERIALS

The article is devoted to a new approach to the issue of technical equipment of enterprises for the processing of pectin-containing raw materials in laboratory and industrial conditions. New devices for obtaining extracts from pectin-containing raw materials in laboratory practice for further research and industrial use have been developed. The device of the developed equipment and its principle of operation are described.

УДК 664.87

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

Гніцевич В. А., д.т.н., проф.

(Київський національний торговельно-економічний університет)

Дейниченко Л.Г., ст. викл.

(Національний університет харчових технологій)

Перекрест В.В., асистент, Гусятник П.В.

*(Донецький національний університет економіки і торгівлі
ім. М. Туган-Барановського)*

У статті представлено результати досліджень мікроструктури молочно-білкових концентратів зі сколотин, отриманих з використанням ягідних пюре у якості коагулянтів. Проведено аналіз отриманих мікрофотографій, зроблено висновок щодо подальшого використання молочно-білкових концентратів у харчових технологіях.

Постановка задачі: За останні роки у світі постійно зростає попит на всі види білків – як рослинних, так і тваринних. Майже всі продукти переробки білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС), а саме білкові концентрати, копреципітати, перміати та ізоляти, відзначаються високими темпами виробництва (10...14 % річних в середньому) [1]. Висока вартість інгредієнтів, отримуваних після переробки БВМС, провокує вітчизняні підприємства до інтенсивної модернізації та швидкого запуску виробництва продуктів з високою додатковою вартістю [2, 3]. Проте, незважаючи на стабільний попит, на сьогоднішній день лише 12,2 % БВМС використовується у харчових цілях, а 22,4 % від всього її обсягу скидається в каналізацію [4].

Базуючись на відомостях щодо різних способів коагуляції білкових речовин та принципів процесу їх осадження, нами було розроблено технологію виробництва молочно-білкових концентратів (МБК), отримуваних шляхом використання органічних кислот дикорослих ягід у процесі осадження білків БВМС [5]. Даний спосіб передбачає використання сколотин у якості джерела незамінних амінокислот, та ягід журавлини та калини у якості їх коагулянтів, а також джерела пектинів, смакових і барвних речовин, що виступатимуть у якості стабілізаторів структури та регуляторів органолептичних показників отримуваної продукції.

Основне призначення розроблених МБК полягає у їх використанні у закладах ресторанного господарства для виробництва напівфабрикатів і готових страв на молочно-білковій основі. Проте для розробки технології виробництва зазначених кулінарних виробів необхідним є дослідження властивостей отриманих концентратів.

Механічні властивості молочних систем, до яких відносяться отримувані МБК, тісно пов'язані з їхньою структурою. Зокрема відомо, що піноутворювальна здатність гліцину обмежується стабільною олігометричною структурою молекул, недостатня гнучкість яких обумовлена дисульфідними зв'язками, а соєві білки характеризуються підвищеним об'ємом і низькою стійкістю піни за рахунок наявності додаткових тіолових груп ($-SH$) [6]. Отже, саме характер структури концентратів буде визначати їх органолептичні характеристики, такі як зовнішній вигляд і консистенція, та структурно-механічні властивості, тобто піноутворювальну або структуроутворювальну здатність, стійкість піни, в'язкість тощо.

При цьому, під впливом таких технологічних факторів як температура та кислотність, а також за наявності у системі

заряджених полісахаридів у вигляді пектинових речовин, що сприяють утворенню комплексів біополімерів з підсиленням гідрофільних властивостей, структура та розчинність білкових молекул суттєво змінюється, що викликає необхідність її ретельного дослідження. Крім того, від інтенсивності фізико-хімічного впливу залежить і рівень деструкції молекул біополімерів, які входять до складу молочних систем.

Отже, з урахуванням особливостей взаємодії пектинових та білкових речовин, а також впливу технологічних факторів на властивості отримуваних концентратів, необхідним є проведення ряду досліджень, що визначають основні характеристики структури МБК.

Мета досліджень: Дослідження мікроструктури МБК зі сколотин, отриманих з використанням ягідних пюре у якості коагулянтів, для визначення напрямків їх подальшого використання у харчових технологіях.

Основні матеріали досліджень: На першому етапі дослідження проводили термічне вакуумне сушіння зразків МБКК при температурі 50°C під вакуумом 0,2 атм. протягом 4 год (рис. 1).

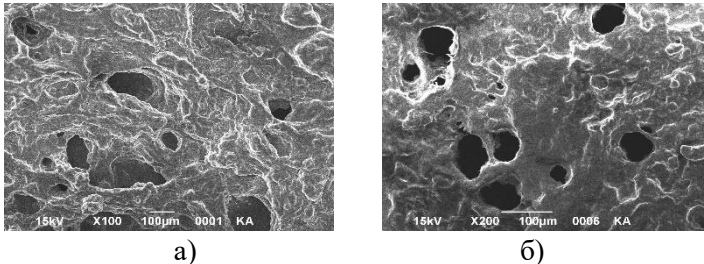


Рис. 1. Мікроструктура МБКК після термічного вакуумного сушіння при збільшенні а) x 100 та б) x 200

На рисунку 1 видно, що тверда фаза МБКК представляє собою цільну кристалічну систему з кавернами та глобулами. Можна побачити, що термічна обробка і низький рівень рН сприяли формуванню однорідної структури продукту, що мало позитивно відобразилось на його органолептичних властивостях.

На великих збільшеннях (рис. 2) можна побачити високий ступень однорідності досліджуваного концентрату. Це може пояснюватись тим, що під час осадження органічні кислоти відщеплюють кальцій від фосфату кальцію, що сприяє розпаду казеїнових міцел до субміцел і отриманню дрібнодисперсних виробів

з «бархатистою» структурою.

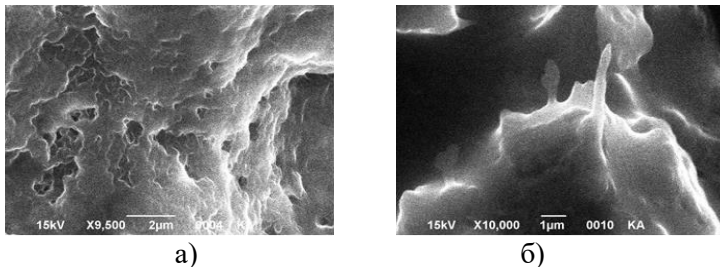


Рис. 2. Мікроструктура МБКК після термічного вакуумного сушіння при збільшенні а) $\times 9\,500$ та б) $\times 10\,000$

На другому етапі дослідження проводили криогенне сушіння шляхом обробки зразка рідким азотом, з подальшим витриманням у камері мікроскопа за низького вакууму до повного випаровування води.

На макрорівні (рис. 3) видно частково впорядковану кристалічну структуру, пори та глобули, що свідчать про значну кількість вологи у вихідному зразку.

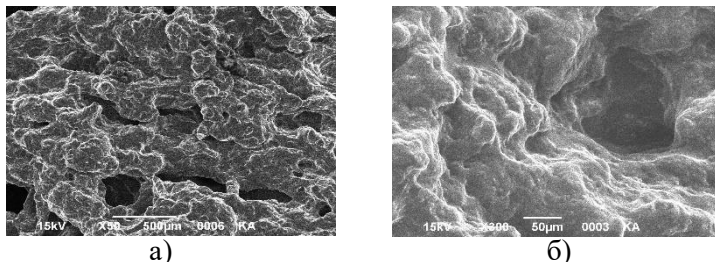
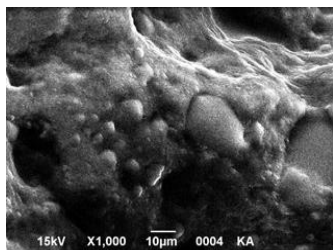


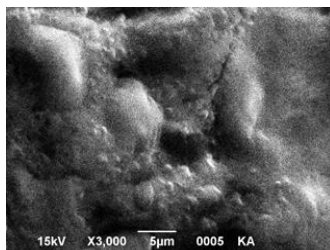
Рис. 3. Мікроструктура МБКК після криогенного сушіння при збільшенні а) $\times 50$ та б) $\times 300$

На мікрорівні (рис. 4) спостерігається чергування гладких та зернистих ділянок мікронного рівня (0,3...5 мкм), що імовірно свідчить про високі в'язко-еластичні властивості протеїнової плівки. Це, у свою чергу, дозволяє припустити, що отримувані харчові системи характеризуються здатністю утворювати стійкі піни.

Термічне вакуумне та криогенне сушіння зразків МБКЖ проводили за аналогічних МБКК умов. На отриманих фотографіях (рис. 5) видно, що тверда фаза МБКЖ також представляє собою цільну кристалічну систему з кавернами та глобулами, що є характерним для білкових згустків.

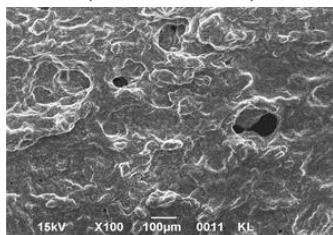


а)

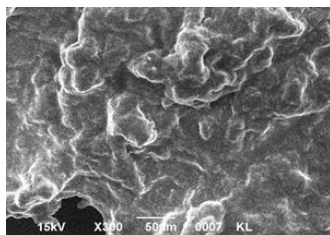


б)

Рис. 4. Мікροструктура МБКК після криогенного сушіння при збільшенні а) x 1 000 та б) x 3 000



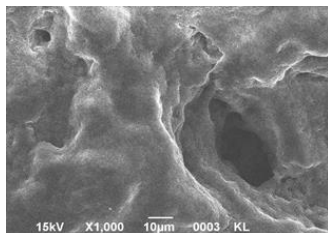
а)



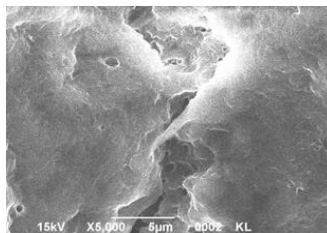
б)

Рис. 5. Мікροструктура МБКЖ після термічного вакуумного сушіння при збільшенні а) x 100 та б) x 300

На великих збільшеннях (рис. 6) видно, що МБКЖ також характеризується високим ступенем однорідності структури, що має забезпечувати отримання тонкодиспергованої структури кулінарних виробів на його основі.



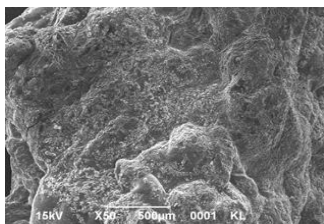
а)



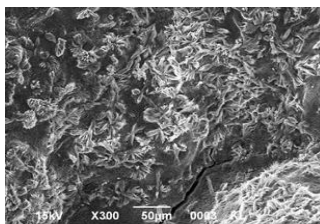
б)

Рис. 6. Мікροструктура МБКЖ після термічного вакуумного сушіння при збільшенні а) x 1 000 та б) x 5 000

Дослідження зразків МБКЖ після криогенного сушіння вказують на значні відмінності структури від МБКК. На макрорівні (рис. 7) у зразків МБКЖ пори відсутні, іноді наявні тріщини.



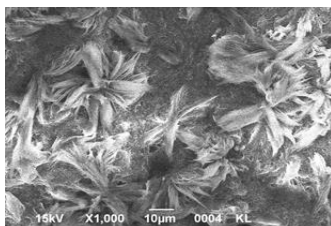
а)



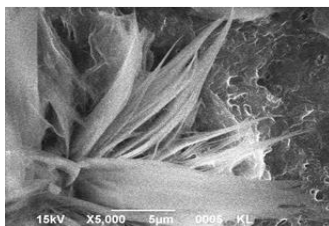
б)

Рис. 7. Мікроструктура МБКЖ після криогенного сушіння при збільшенні а) x 50 та б) x 300

При цьому на макрорівні (рис. 8) спостерігаються ділянки з пелюстками, волокнами та області із субмікронною пористістю. Отримані дані свідчать про високу крихкість структури МБКЖ та недоцільність застосування даного типу концентратів для утворення пінних та емульсійних систем.



а)



б)

Рис. 8. Мікроструктура МБКЖ після криогенного сушіння при збільшенні а) x 1000 та б) x 5000

Отримані результати буде використано для розробки та впровадження технологій ряду кулінарних страв та виробів на основі МБКЖ та МБКК. Враховуючи гладкість і зернистість структури МБКК, слід зазначити, що доцільним буде його використання для виготовлення «бархатистої» та однорідної збитої десертної продукції. Щодо МБКЖ, пелюстки і волокна, якими характеризується його структура, вказують на раціональність використання цього концентрату для створення середніх та крупних виробів заданої форми – сирників, запіканок та пудингів.

Висновки: Отримані мікрофотографії та їх подальший аналіз дозволяють зробити висновок про високі структурно-механічні властивості МБК зі сколотин, отриманих з використанням ягідних

пюре у якості коагулянтів. Згідно отриманих даних, доцільним є використання МБКК для виробництва збитої десертної продукції та МБКЖ для виготовлення формових страв і виробів.

Список літератури

1. Tage A. Morten Fenger Whey Book 2014 / A. Tage // The Global Market for Whey and Lactose Ingredients 2014–2017 / 3A Business Consulting. – August, 2014. – 146 p.

2. Евдокимов И.А. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты [Текст] / И.Евдокимов, А.Храмцов, П.Мертин // Молочная промышленность. – 2015. – № 5. – С. 36–41.

3. Гніцевич В.А. Аналіз і перспективи використання білково-вуглеводної молочної сировини в Україні [Текст] / В.А.Гніцевич, Т.І.Юдіна // Матер. міжнар. наук.-практ. конф-ї «Глобалізаційні виклики розвитку національних економік», 19 жовтня 2016 р. / відп. ред. А.А.Мазаракі. – Київ : КНТЕУ, 2016. – 1190 с.

4. Донская Г.А. Антиоксидантные свойства молочной сыворотки [Текст] / Г.А.Донская, Е.В.Захарова // Молочная промышленность. – 2010. – № 9. – С.72–73.

5. Гницевич В.А. Технология и биологическая ценность молочно-белковых копреципитатов [Текст] / В.А.Гницевич, Т.И.Юдина, Л.Г.Дейниченко // Товары и рынки. – 2016. – № 2. – С.148–158.

6. Студенникова О.Ю. Пенообразующие свойства растительных белков [Текст] / О.Ю.Студенникова, Е.Н.Бурыгина, В.В.Колпакова // Кондитерское производство. – 2010. – № 6. – С. 27–29.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ»

В статье представлены результаты исследований микроструктуры молочно-белковых концентратов из пахты, полученных с использованием ягодных пюре в качестве коагулянтов. Проведен анализ полученных микрофотографий, сделан вывод о дальнейшем использовании молочно-белковых концентратов в пищевых технологиях.

Abstract

STUDY OF THE STRUCTURE OF MILK-PROTEIN CONCENTRATES

The article presents the results of studies of the microstructure of milk-protein concentrates from buttermilk, obtained using berry puree as coagulants. The analysis of the obtained micrographs was carried out, the conclusion was made about the further use of milk-protein concentrates in food technologies.

УДК 539.3

МОДЕЛЮВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ НА МІЦНІСТЬ

Сичов А.І., к.т.н., доц., Сичова Т.О., к.т.н., доц.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

У статті розглядається використання різних моделей оболонок для розрахунків міцності при проектуванні обладнання переробних і харчових виробництв. В розрахунках застосовується безмоментна теорія оболонок, моментна теорія оболонок Кірхгофа-Лява та теорія оболонок з урахуванням деформацій поперечного зсуву. Надаються вид визначальної системи рівнянь та метод розв'язку. Наведені результати розрахунків міцності циліндричних оболонкових елементів обладнання.

Постановка проблеми та її актуальність. При проектуванні обладнання переробних і харчових виробництв широко використовуються оболонкові конструкції. В розрахунках на міцність цих конструкцій необхідно вибрати, яку модель оболонок або теорію оболонок використовувати. В інженерних розрахунках оболонкових елементів обладнання переробних і харчових виробництв, які знаходяться під тиском, згідно ДСТУ, застосовуються формули безмоментної теорії оболонок [1,2]. В наукових дослідженнях міцності оболонкових конструкцій, в яких зроблено аналіз розподілу напружень по довжині та товщині оболонок, використовуються моментна теорія оболонок Кірхгофа-Лява та теорія оболонок з урахуванням поперечного зсуву [3,4,5]. При проектуванні

обладнання розглядається розрахунки обладнання на продуктивність (визначається основні геометричні розміри – довжини, радіуси елементів) та розрахунки обладнання на міцність (визначається товщина стінок елементів). Вибір моделі оболонки залежить від співвідношення геометричних параметрів та фізичних параметрів матеріалу оболонок. Так безмоментну теорію оболонок використовують для «довгих» оболонок подалі від краю оболонки [1,2]. Моментна теорія оболонок Кірхгофа-Лява застосовується для «коротких» та «довгих» тонких оболонок ($h/R \approx 1/20 \div 1/10$) [1,2]. Теорію оболонок з урахуванням поперечного зсуву використовують для «коротких» та «довгих» оболонок середньої товщини ($h/R \approx 1/10 \div 1/5$), для тонких оболонок, які виготовлені з матеріалу з малим модулем зсуву, або для багат шарових тонких оболонок [3,4,5].

Розглянемо постановку задачі для осесиметрично навантажених оболонок обертання з урахуванням поперечного зсуву [3,4,5].

Для точки оболонки задано систему координат (ξ_1, ξ_2, ζ) . Координата ξ_1 – це координата вздовж твірної оболонки, ξ_2 – координата в окружному напрямку, ζ – координата в напрямку нормалі до поверхні оболонки. Навантаження, яке діє на оболонку, є осесиметричним. Це розподілене навантаження p_1, p_3 та зосереджені по краям кільцеві сили $n_{11}^0, n_{11}^L, q_1^0, q_1^L$ і моменти m_{11}^0, m_{11}^L .

Передбачається, що при деформуванні оболонки перетини оболонки залишаються прямолінійними, але не є перпендикулярними до деформованої серединної поверхні оболонки. Товщина оболонки при деформуванні не змінюється. Ці гіпотези розширюють відомі гіпотези Кірхгофа-Лява.

Запишемо кінематичні співвідношення:

$$\mathbf{G}\boldsymbol{\gamma} = \mathbf{L}\mathbf{E}, \quad \mathbf{G}\mathbf{E}_1 = \partial_1 \mathbf{u} + \mathbf{G}_1 \mathbf{u}, \quad \mathbf{E}_2 = \mathbf{G}_2 \mathbf{u}, \quad (1)$$

де вектори $\boldsymbol{\gamma}, \mathbf{E}, \mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2, \mathbf{u}$ та матриці $\mathbf{G}, \mathbf{G}_1, \mathbf{G}_2, \mathbf{L}$ визначаються по формулам:

$$\boldsymbol{\gamma}^T = [\gamma_{11}, \gamma_{22}, 2\gamma_{13}], \quad \mathbf{E}^T = [(\mathbf{G}\mathbf{E}_1)^T, \mathbf{E}_2^T],$$

$$\mathbf{E}_1^T = [\alpha_{11}, \beta_{11}, \gamma_1], \quad \mathbf{E}_2^T = [\alpha_{22}, \beta_{22}], \quad \mathbf{u}^T = [v_1, w_1, v_3],$$

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{G}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & k_1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -k_1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\mathbf{G}_2 = \begin{bmatrix} \phi_1 & 0 & k_2 \\ 0 & \phi_1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{L} = \begin{bmatrix} 1 & \zeta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \zeta \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Тут α_{11}, α_{22} – відносні подовження елемента оболонки у напрямках ξ_1, ξ_2 ; β_{11}, β_{22} – зміни кривин елемента оболонки у напрямках ξ_1, ξ_2 ; A_1, A_2 – параметри Ляме; k_1, k_2 – головні кривини; ν_1, ν_3 – переміщення точки серединної поверхні оболонки у напрямках ξ_1, ζ ; w_1 – кут загального повороту перетину оболонки при деформуванні; $\phi_1 = A_2^{-1} \partial_1 A_2$ – коефіцієнт; $\partial_1(\dots) \equiv A_1^{-1} \partial_1(\dots) / \partial \xi_1$; γ_1 – кут зсуву.

Рівняння рівноваги будуть мати вигляд:

$$\partial_1 \mathbf{T}_1 + \mathbf{L}_1 \mathbf{T}_1 + \mathbf{L}_2 \mathbf{T}_2 + \mathbf{p} = \mathbf{0}, \quad (3)$$

де вектори $\mathbf{T}_1, \mathbf{T}_2, \mathbf{p}$ та матриці $\mathbf{L}_1, \mathbf{L}_2$ визначаються по формулам:

$$\mathbf{T}_1^T = [n_{11}, m_{11}, q_1], \quad \mathbf{T}_2^T = [n_{22}, m_{22}], \quad \mathbf{p}^T = [p_1, 0, p_3],$$

$$\mathbf{L}_1 = \begin{bmatrix} \phi_1 & 0 & k_1 \\ 0 & \phi_1 & -1 \\ -k_1 & 0 & \phi_1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{L}_2 = \begin{bmatrix} -\phi_1 & 0 \\ 0 & -\phi_1 \\ -k_2 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Тут n_{11}, n_{22} – мембранні сили, q_1 – поперечна сила, m_{11}, m_{22} – згинальні моменти.

До рівнянь (1)-(4) додаються кінематичні та статичні граничні умови при $\xi_1 = \xi_1^0$ та $\xi_1 = \xi_1^L$.

Запишемо фізичні рівняння:

$$\mathbf{G}\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{C}^* \mathbf{G}\boldsymbol{\gamma},$$

$$\mathbf{G}\mathbf{T}_1 = \mathbf{C}_{11} \mathbf{G}\mathbf{E}_1 + \nu \mathbf{C}_{12} \mathbf{E}_2,$$

$$\mathbf{T}_2 = \nu \mathbf{C}_{21} \mathbf{G}\mathbf{E}_1 + \mathbf{C}_{22} \mathbf{E}_2, \quad (5)$$

де вектор $\boldsymbol{\sigma}$ та матриці $\mathbf{C}^*, \mathbf{C}, \mathbf{C}_{11}, \mathbf{C}_{12}, \mathbf{C}_{21}, \mathbf{C}_{22}$ визначаються по формулам:

$$\boldsymbol{\sigma}^T = [\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{13}],$$

$$\mathbf{C}^* = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \kappa \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} h & 0 \\ 0 & h^3/12 \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$C_{11} = \begin{bmatrix} C & 0 \\ 0 & \kappa Gh \end{bmatrix}, \quad C_{12} = \begin{bmatrix} C \\ \theta \end{bmatrix}, \quad C_{21} = [C \quad \theta], \quad C_{22} = C,$$

де E – модуль пружності матеріалу, ν – коефіцієнт Пуассона, h – товщина оболонки, κ – коефіцієнт, що коректує розподілення напруження зсуву по товщині оболонки ($\kappa = 5/6$).

Розв'язувальна система рівнянь має вид:

$$\partial_1 Y = A(Y) + B, \quad (7)$$

де $Y^T = [T_1^T, u^T]$ – вектор основних невідомих.

$$A(Y) = \begin{bmatrix} -L_1 - \nu L_2 C_{21} C_{11}^{-1} G & -L_2 (C_{22} - \nu^2 C_{21} C_{11}^{-1} C_{12}) G_2 \\ C_{11}^{-1} G & -G_1 - \nu C_{11}^{-1} C_{12} G_2 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$$B = \begin{bmatrix} -P \\ -\theta \end{bmatrix}.$$

Рівняння (1)-(8) відповідають задачі теорії оболонок Кірхгофа-Лява. Для задачі теорії оболонок з урахуванням поперечного зсуву рівняння мають такий же вид при умові, що матриця G приймається одиничною.

Для розв'язку отриманої крайової задачі використовуються метод дискретної прогонки з ортогоналізацією розв'язків на кроці по координаті С.К.Годунова.

Розглянемо розрахунок на міцність циліндричного елемента обладнання [6]. Розрахунковою схемою циліндричного елемента буде жорстко закріплена по краю циліндрична оболонка, яка навантажена внутрішнім тиском. На Рис. 1 показано розподіл напружень $\bar{\sigma}_x = \sigma_x / (pR/h)$, $\bar{\sigma}_\varphi = \sigma_\varphi / (pR/h)$ по товщині в перерізі оболонки з максимальним рівнем напружень. Таким перерізом буде переріз на краю оболонки, де оболонка жорстко закріплена. Результати отримані для трьох моделей оболонок: по моментній теорії оболонок Кірхгофа-Лява (суцільна лінія), по безмоментній теорії оболонок (пунктирна лінія) та по теорії оболонок з урахуванням поперечного зсуву (штрих-пунктирна лінія).

Безмоментна теорія оболонок дає результат тільки для безмоментної області оболонки вдалі від краю оболонки. Рівень максимальних напружень отриманих для моделі оболонки з урахуванням поперечного зсуву нижче ніж рівень максимальних напружень для оболонки Кірхгофа-Лява. Цей ефект можна пояснити тим, що модель оболонки з урахуванням поперечного зсуву більш гнучка ніж модель оболонки Кірхгофа-Лява, за рахунок додаткового

урахування кута зсуву.

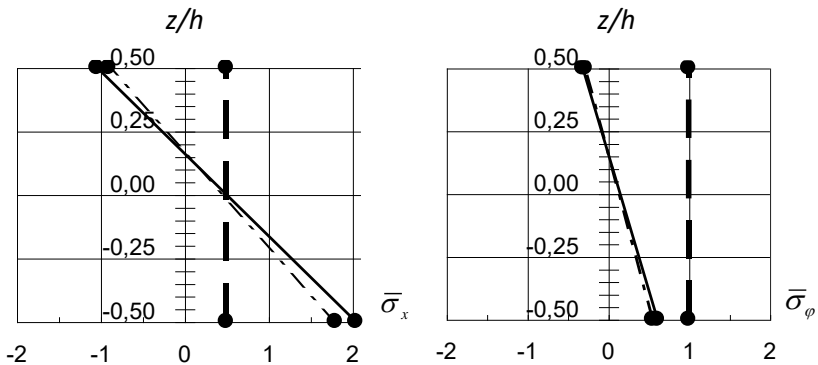


Рис. 1. Розподіл напружень $\bar{\sigma}_x$, $\bar{\sigma}_\varphi$ по товщині в перерізі оболонки з максимальним рівнем напружень

Висновки: 1) При розрахунках на продуктивність вибір основних геометричних розмірів необхідно співвідносити з моделями оболонок в розрахунках на міцність, тому що оболонка є «довгою» або «короткою» чи тонкою або середньої товщини в залежності не тільки від товщини оболонки а і в залежності від величин основних геометричних розмірів (довжина, радіус).

2) Використання безмоментної теорії оболонок дає можливість оцінити кількісно величини напружень в безмоментній області, але не показує якісний розподіл напружень на краях оболонки. Якісний розподіл напружень дає моментна теорія оболонок Кірхгофа-Лява або теорія оболонок з урахуванням поперечного зсуву.

3) Модель оболонки з урахуванням поперечного зсуву є більш гнучкою за рахунок додаткового урахування кута зсуву переріза оболонки при деформуванні у порівнянні з моделлю оболонки по моментної теорії. Це дає більш низький рівень напружень в небезпечному перерізі оболонки. Таким чином теорія оболонок з урахуванням поперечного зсуву дає більш точний розподіл напружень в оболонці.

4) Використання різних моделей оболонок при проектуванні обладнання переробних і харчових виробництв дає змогу більш повно та більш раціонально використовувати можливості обладнання по міцності.

Список літератури

1. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. М.:Машиностроение, 1983. – 447 с.
2. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.
3. Пелех Б.Л. Теория оболочек с конечной сдвиговой жесткостью. – Киев: Наукова думка, 1973. – 248 с.
4. Галишин А.З., Шевченко Ю.Н. К расчету термоупругого напряженного состояния оболочек вращения средней толщины // Прикладная механика. – 2008. – Вып. 44, № 5. – С. 58-67.
5. Сычев А.И., Сычева Т.А. Расчеты оболочечных элементов оборудования перерабатывающих и пищевых производств на прочность в условиях нелинейного деформирования // Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ. – 2009. – Вип. 88. – С. 82-88.
6. Сичов А.І., Сичова Т.О. Розрахунки на міцність оболонкових елементів обладнання переробних і харчових виробництв з метою підвищення ефективності їх роботи. Інженерія переробних і харчових виробництв. – Харків, ХНТУСГ, 2016. – №2 – С.48-51.

Аннотация

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ РАСЧЕТАХ НА ПРОЧНОСТЬ

В статье рассматривается применение различных моделей оболочек для расчетов прочности при проектировании оборудования перерабатывающих и пищевых производств. В расчетах используется безмоментная теория оболочек, моментная теория оболочек Кирхгоффа-Лява и теория оболочек с учетом деформаций поперечного сдвига. Представлен вид разрешающих уравнений и метод решения. Приводятся результаты расчетов прочности цилиндрических оболочечных элементов оборудования.

Abstract

MODELING EQUIPMENT OF PROCESSING AND FOOD MANUFACTURES FOR STRENGTH CALCULATIONS

In article it is considered use of various models of shells for calculating the strength in the design of equipment for processing and food manufactures. The momentless theory of shells, the moment theory of Kirchhoff-Love shells and the shell theory with shear deformations for calculations is used. Generalized final equalizations and method of solution are presented. Results of strength calculations for cylindrical shell elements of equipment are resulted.

УДК [67.05:664]:658.56:519.237.8

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

Сукманов В.А., д.т.н., проф.

(Сумского национального аграрного университета)

Разработаны логические основы и математический аппарат метода оценки качества оборудования, как задачи автоматической классификации объектов. Предложен новый подход к решению проблемы оценивания и сравнения качества различных объектов, в том числе и пищевого технологического оборудования, который основан на сформированных логических основах и предлагаемом методе количественной оценки качества изделия или продукта. Методологические принципы нового метода оценки качества измеряемых объектов базируются на основе построения таксонов и разбиение множества объектов по группам уровней качества в виде решения задачи автоматической классификации объектов на основе кластерного анализа. Для оценки качества группировки оцениваемой продукции в таксоны разработан критерий F. Разбиение множества машин или изделий на классы сведено к максимизации критерия F посредством вариации состава таксонов. Реализация разработанного метода позволяет строго математически измерять качество оцениваемых объектов по совокупности всех характеризующих его свойств.

Ключевые слова: оценка качества, квалиметрия, логические основы, кластерный анализ, таксономия.

Постановка проблемы. Расширение номенклатуры выпускаемого технологического оборудования и создание инновационных технологических процессов приводит к возрастанию роли квалиметрии - науки об измерении и количественной оценке качества продукции [1].

Датой ее манифестации можно считать 1968 г., когда в журнале «Стандарты и качество» появилась программная статья ученых во главе с Г. Г. Азгальдовым и А. В. Гличевым, в которой говорилось о появлении науки об измерении и оценке качества продукции [2,3].

За прошедшие годы произошло становления и развитие данного научного направления, однако до настоящего времени не разработаны критерии, которые бы свидетельствовали об

объективности полученных количественных оценок. Более того, многочисленные работы свидетельствуют о противоречиях, имеющих место в теории квалиметрии [4,5], что вынуждает искать принципиально новые подходы в решении вопросов оценивания качества продукции, подходы, которые бы опирались на современное понимание философии, логики и методологии оценивания [6-8], современный математический аппарат [9,10].

Анализ проблем, присущих квалиметрическим методам оценивания качества продукции [7,8] приводит к пониманию того, что объективная количественная оценка качества сложных изделий проблематична и дальнейшие усилия целесообразно сосредоточить на разработке новых логических основ процесса оценивания качества и сведению процесса оценки качества к задаче классификации оцениваемых объектов в некие совокупности (кластеры), содержащие совокупность моделей изделий или оборудования, с равноценным значением уровня их качества [10-13].

Цель работы – разработка логических основ и математического аппарата метода оценки качества оборудования, как задачи автоматической классификации объектов.

Изложение основного материала исследований. Объект исследования – категория «качество» в формальном математическом ее понимании. Используемые методы: квалиметрия, кластерный анализ, таксономия, распознавание образов.

Методические аспекты оценки качества. В методическом отношении получение количественной оценки качества рассматривается как задача косвенного измерения, где искомое значение измеряемой величины рассчитывается на основании априори известной зависимости между этой величиной и непосредственно измеряемыми величинами, ее формирующими.

Специфические особенности решения этой задачи в случае качества предопределяются в первую очередь абстрактным характером самого предмета измерения. В наиболее полезной применительно к нуждам измерения формулировке, качество промышленного оборудования трактуется как совокупность его свойств, обуславливающих пригодность удовлетворять при приемлемых условиях определенные потребности в соответствии с назначением.

Из этого определения явствует, что, будучи совокупностью свойств и вместе с тем характерной индивидуальной особенностью, качество должно рассматриваться как овеществление единства

множества свойств или свойство, отражающее множество свойств. В формальной математической транскрипции качество представляет собой многомерный объект, однако - в отличие от ситуации обычного косвенного измерения, где искомая величина связана с формирующими ее непосредственно измеряемыми величинами заранее известной зависимостью, - не существует никаких логически обоснованных или эмпирически оправданных соображений, которые предопределили бы или хотя бы подсказали вид и структуру зависимости, описывающей качество в связи со свойствами, и тем обеспечивающей получение скалярного значения, меры, показателя качества. Отсутствие однозначного, "естественного" соотношения, описывающего качество, создает возможность различных его определений, и соответственно получение различных значений качества при неизменных значениях свойств.

Вторым обстоятельством, обуславливающим существенное отличие процедуры измерения качества от классической схемы косвенного измерения, является неизбежная разнотипность свойств формирующих качество, т.е. наличие среди них наряду с количественно измеримыми также свойств, допускающих только качественную оценку. (Здесь и далее в соответствующем контексте "качественное" имеет смысл антонима "количественного"). Эти свойства не имеют "естественных" числовых значений и потому их использование в вычислительных выражениях исключено. Принципиальную возможность формального преобразования нечисловых значений в числовые и, следовательно, количественного измерения неколичественных величин предоставляет математическая (репрезентационная) теория измерений [10,11]. Однако применимость таким образом полученных числовых значений в роли операндов тех или иных математических соотношений (например, возможность сравнения по значению, сложения и т.д.) зависит от специфики измеряемых свойств. Поскольку измеренные значения являются исходными для вычисления качества, их присутствие существенно отражается на конструкции выражения, описывающего качество.

Еще одной существенной особенностью качества как предмета измерения является уровень его многомерности. Всякая продукция сама по себе обладает множеством свойств, большая часть которых участвует в формировании качества. Кроме того, в зависимости от вида продукции это количество может многократно возрасти за счет свойств, возникших в результате взаимодействия со средой, в

которой продукция используется (потребляется) и персоналом, обеспечивающим ее использование [3.12]. В частности, всплеск многомерности типичен для промышленного оборудования - объекта нашего исследования.

Таким образом, рассмотрение основных элементов процедуры измерения качества продукции, отталкивающееся от методического сходства ее с классической процедурой косвенного измерения, свидетельствует, что сама возможность получения количественной оценки качества, ее особенности и значение предопределяются математическими сущностями, которые сопоставляются упомянутым элементам.

Однако в теоретических исследованиях проблем квалиметрии [3,6] внимание на этих важных концептуальных моментах не концентрируется, и соответствующие элементы структуры алгоритма получения показателей качества рассматриваются поверхностно, без подробностей. В результате создается неверное впечатление о, будто бы фундаментальной состоятельности получаемой меры качества и маскируются проблемы, возникающие при практическом использовании алгоритма.

Характерный образец такого описания выглядит следующим образом [3].

В рамках формального аксиоматического подхода дается определение меры i -го свойства как отображения этого свойства на множество вещественных чисел. Обозначив меру символом μ , свойство - q , качество - Q и множество вещественных чисел - R , можно записать это определение в виде

$$\mu_i : q_i \rightarrow R, \text{ где } \{q_i\} \leq Q, i = [1, n].$$

Иными словами, здесь показатель свойства трактуется как отображение, приписывающее свойству некое числовое значение без уточнения семантики полученного результата.

Далее вводится понятие свертывания показателей свойств как операции их объединения, агрегирования, осуществляемого по тому или иному закону. Постулируется, что мера качества продукции получается в результате свертывания мер свойств. Из последующего изложения выясняется, что для всех реалистических ситуаций оценивания качества, соотношение свертывания в общем случае представляет собой скалярное произведение вектор-функций весомости и показателей свойств

$$\tilde{\mu} = \left(l(\vec{\lambda}_i), f(\vec{\mu}_i) \right) \quad (1)$$

Здесь $\tilde{\mu}$ - мера качества ($\tilde{\mu}_i: Q \rightarrow R, Q=Uq_i$); μ_i - мера свойства; f - функция меры; λ_i - параметр весомости; l - функция весомости. На этом изложение принципиальных моментов, относящихся к измерению качества, по существу ограничивается, и дальше следует описание технических, технологических и т. п. проблем.

В таком освещении процесса измерения качества, внимание сосредоточено на "голой" идее оцифровки свойств и принципиальной схеме функционала качества, но остается вне рассмотрения вопрос о математической совместимости - возможностях и условиях использования, - полученных в результате измерения чисел-значений свойств и вычислительного выражения, в котором они фигурируют. Вместе с тем, эта согласованность является одним из важнейших факторов, формирующих архитектуру алгоритма оценки качества, поскольку необходимость ее обеспечения существенно влияет на логику алгоритма.

Исходя из изложенных соображений и обстоятельств, рассмотрим основные математические компоненты процедуры измерения качества более подробно.

Логические основы и математический аппарат измерения свойств. Из определения качества продукции явствует, что само представление о качестве, а значит и его количественная оценка приобретает смысл только в системе "объект - субъект". В нашем случае объектом является промышленное оборудование (техническая система) и в роли субъекта выступает не специалист-эксперт в буквальном смысле оценивающий качество конкретного оборудования, а потребитель продукции, т.е. физическое или юридическое лицо (группа лиц), для удовлетворения потребностей которого предназначена оцениваемая продукция.

Ситуация оценки качества возникает в результате взаимодействия двух факторов: исходящей от субъекта потребности в оценке с одной стороны, и с другой - возможности ее осуществить, эмпирической основой которой являются органически присущие свойствам объекта различия в проявлениях, материализующиеся в совокупности градаций каждого свойства. Мнение субъекта об этих градациях придает им аксиологическую окрашенность, т.е. позволяет

описывать отношения между градациями в утверждениях типа "лучше - хуже", "плохой - посредственный - хороший", тем самым овеществляя фрагменты оценки качества.

Как известно, многие свойства, участвующие в формировании качества не обладают естественным количественным описанием и могут быть охарактеризованы только качественно, иными словами, имеют лишь качественные значения. Однако использование этих свойств в роли операндов в структуре соотношения свертывания (1) требует приписывания им числовых значений, т.е. преобразования качественных значений в количественные. По своему смыслу подобное преобразование есть ни что иное, как измерение качественной величины. Принципы и условия корректного измерения количественных и качественных признаков (свойств) обосновываются и анализируются в математической (репрезентационной) теории измерений [10,11,15]. Центральная идея этой теории заключается в представлении (репрезентации) эмпирических отношений между объектами соответствующими числовыми отношениями. Характер этого соответствия, его предпосылки и особенности являются предметом исследования теории. Измерение формализуется здесь следующим образом. Предполагаются заданными подлежащие оцениванию (измерению) объекты V_i , на множестве которых $V_3 = \{V_1, \dots, V_n\}$ определено, имеет смысл некоторое отношение R_3 . Таким отношением может быть сопоставление значений – «больше», «равно» и т.п., - арифметическая операция, и т.д. В частности, в квалиметрии измеряемыми объектами являются градации качественных и значения количественных свойств, а наиболее простое отношение порождается их аксиологической окрашенностью, вследствие которой на любой паре градаций-значений может быть указано предпочтение. В этом случае R_3 является отношением предпочтения - обозначим его f : отношение $V_i f V_j$ имеет место только тогда, когда V_i "лучше" V_j . Поскольку множество V_3 состоит из эмпирических объектов и отношение R_3 также определено эмпирически, их совокупность, т.е. множество V_3

вместе с определенным на нем отношением R_3 именуется эмпирической системой с отношением (ЭСО) $-V_3 = \langle V_3, R_3 \rangle$. Отношение, связывающее пару элементов множества, называется бинарным. В общем случае R_3 может быть k -м отношением ($k \geq 2$), а на множестве V_3 может существовать более одного отношения.

Процесс измерения каждому элементу $V_i \in V_3$ ставит в соответствие число, его характеризующее. В результате получается множество чисел, осмысленность которых зависит от того сохраняется ли между ними отношение, идентичное тому, что существует между их прообразами в ЭСО. С точки зрения математики, сущность измерения эмпирической системы с отношением заключается в получении соответствующей ей числовой системы с отношением (ЧСО) $U_3 = \langle V_3, R_3 \rangle$, которую образуют множество чисел

$$U_3 = \{f(V_1), \dots, f(V_n)\}$$

и определенное на нем отношение R_3 . Областью определения числовой системы по умолчанию предполагается множество вещественных чисел R . Соответствие между U_3 и U_3 устанавливается с помощью гомоморфного отображения ЭСО в ЧСО, т.е. такого отображения f , что $[f(V_i), f(V_j)] \in R_3$ только тогда, когда $(V_i, V_j) \in R_3$.

Совокупность элементов определяющих акт измерения - триада $\langle U_3, f, U_3 \rangle$ - называется шкалой. Любое измерение можно выполнить лишь при условии, что для него существует шкала. Для распространенных типов эмпирических систем с отношениями соответствующие им шкалы известны, в общем же случае отыскание подходящей шкалы является одной из задач теории измерений. Эта задача решается исходя из априори известного множества естественных эмпирических отношений, присущих измеряемому свойству. Определение шкалы складывается в ходе решения 3-х

проблем - представления, единственности, адекватности. Их происхождение обусловлено следующими обстоятельствами.

Чтобы измерить конкретную ЭСО, следует прежде всего решить вопрос о возможности это сделать, т.е. установить существование ЧСО $U_{\text{ч}}$, в которую гомоморфно отображается $U_{\text{э}}$. Обоснование измеримости данной ЭСО составляет первую проблему теории измерений - проблему представления.

Отображение $U_{\text{э}} \rightarrow U_{\text{ч}}$ условиями гомоморфизма определяется не единственным образом. В общем случае существует множество ЧСО $U_{\text{ч}}^k, k=1,2,\dots$, в которые гомоморфно отображается данная ЭСО. Любая ЧСО этого множества $U_{\text{ч}}^{(i)}$ может быть трансформирована в другую ЧСО $U_{\text{ч}}^{(j)}$ с помощью определенного вида преобразований. Иными словами, все ЧСО этого множества являются взаимно однозначными отображениями друг друга. Отыскание вида преобразования, обуславливающего принадлежность конкретной $U_{\text{ч}}$ к совокупности ЧСО, гомоморфных данной ЭСО $U_{\text{э}}$, является содержанием второй проблемы теории измерений - проблемы единственности. Допустимое преобразование характеризует тип шкалы, так что решение проблемы единственности идентифицирует тип шкалы. Все шкалы одного типа эквивалентны в том отношении, что они без искажения воспроизводят отношения заданной эмпирической системы.

К числу преобразований, идентифицирующих основные типы шкал относятся:

$\phi(x)=x$ - тождественное преобразование;

$\phi(x)=ax, x>0$ и $\phi(x)=x+b$ - преобразования подобия и сдвига;

$\phi(x)=ax+b$ - линейное преобразование;

$\forall (x_i, X_j \in X_{\text{ч}})(X_i > X_j) \Rightarrow (\phi(X_i) > \phi(X_j))$ - монотонное

преобразование;

$\forall (x_i, X_j \in X_c)(X_i = X_j) \Rightarrow (\phi(X_i) = \phi(X_j))$ - взаимно-

однозначное преобразование.

Соответствующие этим преобразованиям типы шкал будут охарактеризованы ниже.

В связи с проблемой единственности находится и представление о силе шкалы: чем малочисленнее множество ЧСО, в которые гомоморфно отображается данная ЭСО, тем более сильной считается шкала, в которой она измерима, и наоборот. Приведенный перечень допустимых преобразований соответствует упорядоченности шкал от "сильных" к "слабым".

В конечном счете, числа полученные в результате измерения не являются самоцелью, но предназначены для использования в математических соотношениях, где над ними производятся различные операции. Законны ли эти действия, соответствуют ли результатам их применения представления, имеющие смысл в исходной ЭСО U_3 ? Ответ на подобные вопросы составляет содержание третьей проблемы теории измерений - проблемы адекватности.

Корректность применения тех или иных математических операций во многом зависит от типа измерительной шкалы, и потому представление о типе шкалы позволяет единообразно классифицировать измерения как количественных, так и качественных признаков. Приведенные выше допустимые преобразования специфицируют следующие наиболее распространенные типы шкал.

Тожественному преобразованию соответствует абсолютная шкала, обеспечивающая измерения количественных свойств. Здесь результат измерения имеет неизменное значение во всех ЧСО.

Преобразованиями подобия и сдвига определяются, соответственно шкала отношений и шкала разностей. ЭСО в этих шкалах допускают количественное описание, а множества эквивалентных ЧСО отличаются тем, что в шкале отношений ЧСО переводятся друг в друга путем умножения на число большее 0, тогда как в шкале разностей множество ЧСО, гомоморфных данной ЭСО, связаны между собой операцией сложения с числом.

Линейному преобразованию соответствует шкала интервалов. ЭСО этой шкалы обладает количественным описанием, а на множестве гомоморфных ей ЧСО сохраняется отношение разностей

числовых значений. Действительно, пусть элементам V_1, V_3, V_2, V_4 данной ЭСО в некоторой числовой системе $U_{\text{ч}}^{(i)}$ соответствуют значения $f(V_1), f(V_3), f(V_2), f(V_4)$, а в другой числовой системе $U_{\text{ч}}^{(i)}$, в которую также отображается $U_{\text{э}}$ - значения $f(f(V_1)), \dots, f(f(V_4))$, где $\phi(x) = ax + b, a > 0$ - линейное преобразование. Тогда

$$\frac{\phi(f(V_1)) - f(f(V_2))}{\phi(f(V_3)) - f(f(V_4))} = \frac{a * (f(V_1)) - a * (f(V_2))}{a * (f(V_3)) - a * (f(V_4))} = \frac{f(V_1) - f(V_2)}{f(V_3) - f(V_4)}$$

Шкалы, эмпирические системы которых допускают естественное количественное описание, относятся к категории "сильных" шкал.

Порядковая шкала определяется монотонным преобразованием. Здесь ЭСО представляет собой множество элементов, с установленным на нем отношением предпочтения, позволяющим упорядочить элементы по степени (уровню) предпочтительности. Это отношение применимо к объектам, обладающим и количественными и качественными градациями. Числа-результаты измерений в этой шкале отражают только порядок, существующий на объектах-преобразах, и никакого иного смысла не несут. Следовательно, для этих чисел любые операции, кроме операции сравнения значений, неприменимы.

Взаимно-однозначному преобразованию соответствует номинальная шкала. Как и предыдущая, эта шкала позволяет измерять и количественные и качественные признаки. Эмпирическая система этой шкалы - множество элементов, представляющее собой объединение нескольких подмножеств (групп, классов), каждое из которых состоит из тождественных, неразличимых между собой объектов. Определенное на множестве отношение - сравнение пар элементов на совпадение-несовпадение. В ЧСО всем элементам, принадлежащим к одному классу, сопоставляется одно и то же число, так что каждое из подмножеств отображается в единственное числовое значение: измерение состоит в разбиении исходного множества объектов на классы эквивалентности. Вне отношения "равно - не равно", числа-результаты измерения никакого смысла не

имеют. Шкалы, позволяющие измерять качественные признаки, относятся к категории "слабых" шкал.

Содержательно понятие "сила" шкалы характеризует степень многообразия отношений $U_{\text{ч}}$, корректность применения которых к результатам измерения гарантируется теорией измерений [14,15]. Чем "сильнее" шкала, тем больше это многообразие, и наоборот. Так результаты измерений в абсолютной шкале можно использовать в роли операндов в любых математических операциях, поскольку в этом случае для пары чисел имеют смысл понятия суммы, произведения и т.д. Иными словами, множество отношений, допустимых в числовой системе этой шкалы, позволяет иметь все, что в состоянии дать любая другая шкала. В остальных шкалах множества определенных на числовых системах отношений являются подмножествами множества отношений абсолютной шкалы. В числовых системах "слабых" шкал, какие-либо вычислительные операции не определены вообще: числа полученные в порядковой шкале изоморфны рангам - номерам позиций в упорядоченной по предпочтению последовательности элементов ЭС, а в номинальной шкале числа имеют смысл имен и любые арифметические действия над ними - кроме сравнения на совпадение - бессмысленны. Вообще, если обозначить множество отношений символом \mathcal{R} с соответствующим шкале индексом, то

$$\mathcal{R}_a \supset \mathcal{R}_p, \quad \mathcal{R}_o \supset \mathcal{R}_{\text{и}} \supset \mathcal{R}_n \supset \mathcal{R}_H, \quad (2)$$

Неприменимость того или иного отношения к числам - результатам измерения в конкретной шкале обусловлена двумя причинами: нарушением принципа единственности, проявляющемся в том, что вывод, полученный с использованием чисел, измеренных в конкретной ЧСО $U_{\text{ч}}^{(i)}$, не сохраняет силы для соответствующих чисел в другой ЧСО $U_{\text{ч}}^{(i)}$, полученной из первой допустимым преобразованием, или нарушением принципа адекватности, заключающемся в том, что числа-результаты измерений в ЧСО $U_{\text{ч}}$ используются в роли операндов отношений, не имеющих прообразов в соответствующей ЭСО $U_{\text{э}}$ [10,11]. Возникновение любой из этих ситуаций, предопределяет некорректность результатов полученных с

использованием измеренных чисел. Во избежание таких последствий, методы обработки данных должны быть согласованы с применяемыми измерительными шкалами так, чтобы полученные с помощью этих методов результаты были инвариантны относительно соответствующих преобразований и допускали интерпретацию в терминах эмпирических отношений.

Опираясь на идеи и утверждения теории измерений, вернемся к задаче количественной оценки качества в стандартной квалиметрической постановке на более детальном уровне рассмотрения, чтобы уточнить подход к ее практическому решению. Как упоминалось, одним из ключевых допущений этой постановки является постулирование общего вида (1) функционала качества (соотношение свертывания). Пренебрегая несущественной для целей рассмотрения общностью, это выражение можно записать в виде, четко выявляющем суть интересующих нас вопросов

$$\tilde{\mu} = \sum_{i=1}^n (\lambda_i * \mu_i) \quad (3)$$

где $\{\lambda_i\}$ - множество коэффициентов весомости; $\{\mu_i\}$ - множество показателей (мер) свойств.

Симметричное вхождение элементов двух множеств в слагаемые соотношения свертывания отражает двойственную природу квалиметрической оценки качества: $\{\lambda_i\}$ формализует иерархию предпочтений, интересов, целей субъекта, $\{\mu_i\}$ - структуру присущих свойствам объекта различий в интенсивности проявления. Происхождение λ_i обеспечивает возможность их определения в виде адекватном назначению, тогда как μ_i являются результатами измерений, и следовательно возможность их использования в математическом выражении (3) зависит от шкал, в которых выполнялись измерения соответствующих свойств. Соотношение свертывания (3) является математической моделью, множество операций на которой эквивалентно многообразию отношений, определенных на абсолютной шкале. Поэтому подстановка в (3) числовых значений свойств, измеренных в естественных шкалах, отличающихся от абсолютной, ведет к получению неверного, некорректного с точки зрения теории

измерений результата вычислений - значения качества. Вместе с тем априори известно, что среди свойств, формирующих качество, обязательно присутствуют качественные свойства, измеренные значения которых вообще нельзя использовать в вычислительных операциях.

Таким образом, при практической реализации предлагаемой теоретической квалиметрической схемы измерения показателя качества, возникает фундаментальное противоречие математического характера - несовместимость соотношения свертывания (функционала качества) с неизбежным разнообразием типов шкал, применяемых для измерения значений свойств формирующих качество.

При сохранении неизменной цели - измерения показателя качества продукции, существует два потенциально приемлемых способа устранения этого противоречия:

- 1) трансформировать в абсолютную шкалу все отличные от этого типа шкалы измерения свойств формирующих качество;
- 2) изменить метод определения показателя качества так, чтобы не использовать вычислительное соотношение для "сведения" множества свойств в качество.

В первом случае концептуальная схема подхода к измерению качества продукции сохраняется неизменной. Другой способ устранения противоречия предполагает радикальное изменение ортодоксальной схемы, обращение к принципиально иной идее обобщения совокупности свойств в качество. В силу принципа "меньше изменения - меньше издержки их реализации" более приемлемым выглядит первый способ. Однако рациональный выбор предпочтительной возможности должен исходить из оценки прежде всего осуществимости, и лишь затем трудоемкости реализации вариантов. Рассмотрим первый способ под этим углом зрения. Из изложенных выше элементов теории измерений явствует, что трансформация типа шкалы не представляет каких-либо затруднений в случае перехода от шкалы более "сильной" к менее "сильной", т.е. искусственного "ослабления" шкалы, которое всегда возможно в силу соотношения (2). Однако противоположное изменение измерительной шкалы, т.е. ее "усиление" осуществимо лишь при условии пополнения множества отношений, определенных на ЧСО конкретных шкал. Исходя из требования сохранения адекватности трансформированной шкалой, это расширение означает необходимость соответствующего расширения множества

эмпирических отношений. Поскольку последнее предопределяется эмпирической природой предмета измерения, то произвольно расширено быть не может, и значит "усиление" естественных шкал измерения не осуществимо.

Следовательно, алгоритм количественного измерения качества, опирающийся на использование вычислительного соотношения, описывающего зависимость качества от свойств, не позволяет получить достаточно корректное относительно теории измерений значение (показатель, меру) качества.

Таким образом, анализ математических компонент предлагаемой теоретической квалиметрией процедуры оценки качества продукции свидетельствует о целесообразности ее практического применения лишь для практических инженерных целей и задач и требует соблюдения определенных ограничений и упрощений.

В условиях отсутствия работоспособной теоретически оправданной процедуры определения качества, решение задач практической квалиметрии выполняется на основе упрощенных представлений о качестве. Направленность упрощений многообразна и касается как качества, так и способов его определения. Наиболее характерными являются: ограничение множества формирующих качество свойств только количественно измеримыми, рассмотрение в роли качества отдельных свойств, введение различных видов показателей качества, и т.п.

Формально основные положения и методы практической квалиметрии промышленной продукции регламентированы нормативно [16], однако отсутствие четкой границы допустимых упрощений в сочетании с произволом в выборе вида и структуры функционала качества и многообразием свойств позволяют именовать показателями качества столь различные по смыслу, размерностям и значениям математические сущности, что возможность какого-либо их сопоставления - естественная и обязательная для одноименных атрибутов разных объектов, например, масс, размеров, и т.п. - здесь принципиально исключена. Фактически такая свобода ведет во многих случаях к профанации идеи квалиметрической оценки. Придание должного уровня практической квалиметрии требует разработки и использования единого, концептуально и математически обоснованного алгоритма измерения качества продукции с целью его аттестации.

Как показано выше, противоречия формального и

концептуального характера свидетельствуют, что описание зависимости качества продукции от формирующих его свойств с помощью вычислительного выражения не позволяет корректно определить численное значение качества. Поскольку некорректность возникает в результате применения вычислительного соотношения, для ее устранения следует заменить это соотношение приемом, позволяющим найти численное значение качества как функцию свойств, не прибегая к вычислениям.

Концептуальная схема и математические средства получения объективизированной меры качества. Единственным альтернативным вычислению способом получения эмпирически обоснованных численных значений является измерение. Следовательно, необходимое для корректного определения качества изменение стандартного квалиметрического алгоритма оценки, заключается в замене функционала качества (соотношения свертывания) (1) операцией измерения. Служащая методической основой алгоритма оценки ортодоксальная схема косвенного измерения "измерение - вычисление" приобретает при этом вид "измерение - измерение". Проблемы связанные с первичными измерениями и подходы к их решению обсуждены выше. Рассмотрим теперь характерные особенности вторичного измерения. Прежде всего остановимся на структуре объекта измерения. Она представляет собой множество несвязанных друг с другом значений свойств, что резко отличает это измерение от первичного, где в роли объекта выступает единичный предмет или признак (свойство). Сама по себе многомерность не является препятствием для измерения. В теории измерений формализовано представление о многомерном измерении, как одновременном измерении множества n свойств с помощью одномерных шкал [17]: по существу любое косвенное измерение - измерение многомерное. Однако проблема состоит в том, что новая производная шкала с соответствующей ЧСО, которая в обычном косвенном измерении возникает на основе одномерных шкал, связанных известным соотношением, здесь создана быть не может, и вместе с тем, результатом единичного измерения должно быть, как обычно, единственное числовое значение. Последнее возможно лишь при условии, что еще на эмпирическом уровне множество формирующих качество свойств рассматривается как индивидуализированный объект.

С использованием введенных ранее обозначений, эмпирическую систему, служащую областью определения

вторичного измерения, можно описать следующим образом

$$V_{\mathfrak{z}} = \left\{ V_j \right\}_{j \in J}, \text{ где } V_j = \left\{ q_i \right\}_{i \in I}, I = [i, n], J = [i, m]. \quad (4)$$

Здесь m - число элементов эмпирической системы, n - число свойств формирующих качество. Эти определения приписывают всем упоминаемым множествам свойства конечности и счетности. Подчеркнем, что поскольку речь идет о вторичном измерении, все свойства уже измерены, т.е. имеют численные значения, так что $\{q\} \ddot{\in} \{m\}$.

В соответствии со стандартным подходом, для выполнения измерения необходимо указать шкалу, в которой оно может быть реализовано. Такой шкалой может оказаться либо одна из рассмотренных выше основных шкал, либо, - если подходящей шкалы среди известных не найдется, - ее придется строить, последовательно решая проблемы представления, единственности, адекватности. Для выяснения этого вопроса следует идентифицировать имеющуюся ЭСО $U_{\mathfrak{z}} = \langle V_{\mathfrak{z}}, R_{\mathfrak{z}} \rangle$: если окажется, что $U_{\mathfrak{z}}$ совпадает с ЭСО какой-либо из основных шкал, то искомая шкала найдена. Природа элементов $V_{\mathfrak{z}}$ уже известна (4), что позволяет установить допустимые на этом носителе отношения $R_{\mathfrak{z}}$.

Поскольку элементы $V_{\mathfrak{z}}$ являются множествами, допустимые отношения на $V_{\mathfrak{z}}$ идентичны отношениям, существующим на множествах [10.11]. В совокупности этих отношений можно выделить два подмножества: отношения-сопоставления и отношения-операции. Первое подмножество состоит из включения $X \subset Y$ и эквивалентности $X = Y$, во второе входят пересечение $X \cap Y$, объединение $X \cup Y$ и разность X / Y . Формальные определения перечисленных отношений имеют вид:

$$\begin{aligned} (X \subset Y) &= (\forall x)(x \in X \Rightarrow x \in Y); (X = Y) = (X \subset Y \wedge X \supset Y); \\ (X \cap Y) &= (\forall x)(x \in X \wedge x \in Y); (X \cup Y) = (\forall x)(x \in X \vee x \in Y); \\ (X / Y) &= (\forall x)(x \in Y \wedge x \notin X) \end{aligned}$$

Как видно из описания $V_{\mathfrak{z}}$ (4) его элементы $\{q_i\}$ равнозначны по определению, вследствие чего все отношения-

операции неприменимы как нарушающие равнозначность (о чем свидетельствуют их определения), а отношение включения по той же причине никогда не выполняется. Таким образом, единственным действующим отношением, существующим на эмпирической системе-области определения вторичного измерения, является отношение эквивалентности. Эта вырожденность множества отношений, формально допустимых на $V_{\mathcal{E}}$, является еще одной важной особенностью вторичного измерения.

Отношение эквивалентности порождает разбиение множества элементов V_j на совокупность подмножеств, каждое из которых состоит из неразличимых q_i . Такую структуру ЭСО имеет

номинальная шкала и следовательно при измерении качества следует использовать на этапе вторичного измерения именно эту шкалу.

Как упоминалось выше, результаты измерения в этой шкале являются не более чем числовыми маркерами - "названиями" соответствующих классов эквивалентности и никакой иной интерпретации не допускают. Иначе говоря, вторичное измерение, фиксируя существование разных значений качества, не позволяет что-либо утверждать о предпочтительности того или иного значения. Эта особенность обусловлена двойственной, объект - субъектной природой оценки качества, вкладом объекта в которую являются различия в проявлении качества, а вкладом субъекта - приписывание этим различиям аксиологической направленности, порождающей структуру предпочтений. Как видно, измерение само по себе воспроизводит только объективную составляющую оценки качества.

Однако применяемая при этом номинальная шкала, будучи инвариантной относительно произвольного взаимно однозначного преобразования измеренных значений, допускает использование в роли носителя ЧСО любого подмножества множества R вещественных чисел. Эта особенность измерительной шкалы обеспечивает субъекту свободу действий, достаточную для того, чтобы четко выразить иерархию своих интересов и предпочтений, а также ввести масштабирование измеренных значений.

Произвол в выборе чисел-имен классов эквивалентности, позволяет назначить их так, чтобы естественная упорядоченность на числовой оси отражала структуру представлений субъекта о ценности соответствующих эмпирических проявлений, овеществляя тем самым субъективную составляющую оценки качества. С точки

зрения теории измерений, взаимодействие объективного и субъективного начал оценки качества приводит к "усилению" естественной для вторичного измерения номинальной шкалы до шкалы порядковой.

Еще одним следствием свободы определения значений числовой системы является возможность идентификации результатов измерения качества указанием единиц измерения. Желательность представления результата измерения в форме размерного числа, в случае качества - атрибута, присущего различным эмпирическим объектам, - усугубляется необходимостью сравнивать разнородные объекты по выраженности этого атрибута (подобно тому, как это делается для веса, объема, и т.п.), что осуществимо только при одинаковых масштабах измерения.

В роли прототипа-аналога единицы масштаба качества естественно использовать представление о сорте, применяемое, как известно, для количественной характеристики качества многих относительно несложных промышленных изделий бытового назначения. В этом случае числовая система соответствующей единицы измерения - назовем ее квалитетом - определена на подмножестве множества N натуральных чисел. Измеряя значение качества промышленных изделий любого уровня сложности в единицах квалитета, разумно полагать структуру предпочтений такой же как и для сорта - меньшим численным значениям квалитета соответствует более высокое качество. Корректность, с точки зрения теории измерений такой системы количественного описания качества, обеспечивается свойствами номинальной шкалы.

Таким образом, замена в канонической схеме алгоритма оценки качества вычислительной процедуры вторичным измерением продуцирует меру (значение, показатель) качества согласованную с представлением о нем, как множестве свойств, явно отражающую двойственную объект - субъектную природу оценки и обладающую стандартной атрибутикой результата измерения.

Эти особенности полученного значения дают основание утверждать, что предлагаемая схема алгоритма оценки позволяет корректно выполнить измерение качества.

Рассмотрим теперь вопросы практической реализации модифицированного алгоритма. Новые моменты возникают лишь в связи с вторичным измерением. Для его осуществления необходимо конкретизировать измерительную шкалу, установив на множестве существующих объектов, качество которых оценивается, классы

эквивалентности и присвоив последним соответствующие качества. Располагая этой шкалой, можно в дальнейшем измерить качество любого вновь поступившего, обладающего конкретным множеством $\{q_i\}$ значений свойств объекта, отнеся его к одному из существующих качеств.

Оба этапа вторичного измерения - и конкретизация шкалы, и определение качества - реализуются методами не технического, но математического происхождения. Необходимые для этого средства и подходы излагаются в разделе прикладной математики, занимающемся распознаванием образов (РО).

В соответствии с типизацией постановок задач принятой в РО [14], проблема объективной конкретизации измерительной шкалы представляет собой задачу автоматической классификации (синонимы - РО с самообучением, классификация с самообучением, таксономия, кластерный анализ), в которой предполагается заданным (указанием совокупности свойств) множество объектов, и требуется разбить его на некоторое - в общем случае априори неизвестное - число подмножеств (классов, групп) так, чтобы объекты, попавшие в один класс, были в определенном смысле схожи друг с другом.

Поскольку в нашем случае все свойства $\{q_i\}$ полагаются равновесными, одинаково влияющими на качество, можно говорить об отыскании некоторого "естественного" разбиения, когда принадлежность к классу определяется наибольшим числом общих значений свойств, и ни одно из них в отдельности не обуславливает отнесение к конкретному классу. В геометрическом представлении качество отображается точкой в n -мерном пространстве n свойств, и понятие "естественного" разбиения предполагает выделение в роли класса компактной группы совокупностей свойств, и, наоборот, разнесенность в признаковом пространстве группировок совокупностей свойств, принадлежащих к различным классам.

В литературе описано большое число подходов к решению задач таксономии [14]. Это многообразие связано с тем, что здесь важную роль играет специфика конкретной задачи. Успешность решения зависит от выбора метода, согласованного с механизмом порождения данных. Исходя из этих соображений, нами предлагается следующий подход к решению поставленной задачи.

На множестве V_{Ω} рассматривается множество всевозможных

разбиений $\gamma_v: \gamma_v = \bigcup_{k=1}^m \gamma_v^k$, где γ_v^k - множество разбиений V_\ominus на k групп.

Пусть

$$W^k \in \gamma_v^k, W^k \in \gamma_v^k, W^k = \{W_1, \dots, W_i, \dots, W_k\}; U_{i=1}^k W_i = V_\ominus, i \neq j,$$

$W_i \cap W_j = 0, i, j = [1, k]$: множество W_i представляет собой i -ю группу объектов в разбивке W^k .

Каждому набору $W^k \in \gamma_v^k$ соответствует вполне определенный набор свойств $M^k = \{M_1, \dots, M_k\}$, являющийся разбиением на k подмножеств множества $\{\{\mu_1\}\}: \bigcup_{i=1}^k M_i = \{\{\mu_1\}\}; M_i \cap M_j = 0, i \neq j, i, j = [1, k]$: $M^k \in \gamma_\mu^k \subseteq \gamma_\mu$, где γ_μ^k - множество всевозможных разбиений на k подмножеств

множества множеств свойств $-\gamma_\mu = \bigcup_{k=1}^n \gamma_\mu^k$. Разбиению M^k можно неоднозначно сопоставить набор множеств таксонов T_1, \dots, T_k в пространстве значений свойств, удовлетворяющий следующим условиям:

$$\begin{aligned} M_i &\subseteq T_i \\ T_i \cap T_j &= 0, i \neq j; i, j = [1, k] \\ T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_k &\subseteq \{\{\mu_1\}\}. \end{aligned}$$

Для описания таксонов T_1, \dots, T_k используется некоторый класс функций Φ . По существу, Φ - язык описания таксонов. В этой роли можно использовать линейные функции, кусочно-линейные, логические и т.д., в том числе и класс функций произвольной природы. Обозначим $\omega^k = \{T_1, \dots, T_k\}$ - конкретный набор k таксонов, записанных с помощью функций класса Φ , и

$\Omega^k = \{\omega^k\}$ - множество этих k - наборов - $\Omega = \bigcup_{k=1}^m \Omega^k$.

Задача таксономии состоит в нахождении $\omega^* \in \Omega$, максимизирующего некий критерий качества группировки F : $F(\omega^*) = \max F(\omega)$. Набор ω^* однозначно определяет разбивку

$M^* \subset \gamma_\mu$ на множестве значений свойств, а M^* соответствует одна

и только одна разбивка ω^* множества V_γ . Таким образом, в классе функций Φ с помощью критерия F определяются наилучшие разбивки множества V_γ на группы эквивалентности. В большей или меньшей степени критерий F должен формально отражать "схожесть" множеств значений свойств, попадающих в один таксон.

В качестве функций описания таксонов используется класс логических функций. Исходя из описанных ранее резонов, постулируется, что формирующие качество свойства измерены либо в порядковой, либо в одной из количественных шкал, т.е. свойства измеренные в номинальной шкале в исследуемой ЭСО отсутствуют.

Логические функции описания таксонов конструируются следующим образом. Для каждого из свойств q_i рассматривается множество несовпадающих значений или градаций этого свойства на множестве $\{q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik}\}$. Здесь k - число различных значений свойства q_i , причем $k \in m$. Предполагается, что это множество упорядочено, т.е. $q_{i1} < q_{i2} < \dots < q_{ik}$. Полученное таким образом

множество обозначается $D_i = \{q_{ij} \mid q_{i1} \leq q_{ij} \leq q_{ik}\}$. Вводится понятие

простейшего множества d_i , определенного на D_i . Для свойства измеренного в порядковой шкале, простейшие множества включают в себя одну или несколько смежных градаций D_i , т.д.

$d_i = \{q_{ij} \mid q_{ij} \in D_i \wedge q_{ip} \leq q_{ij} \leq q_{ir}\}$, где $(1 \leq p < r \leq k)$. Для количественного свойства простейшие множества представляют

собой интервалы $d_i = \{q_{ij} \mid q_{ip} \leq q_{ip} \leq q_{ij} \leq q_{ir}\}$, где $(1 \leq p < r \leq k)$.

Пусть $v \in V_3$ и d_i - некоторое простейшее множество на D_i . Вводится понятие элементарной высказывательной функции (ЭВФ), которая определяется так

$$I(v, d_i) = 1, \text{ если } q_i \in (v)d_i, \text{ и } I(v, d_i) = 0, \text{ если } q_i(v) \notin d_i.$$

Как видно, d_i является множеством истинности ЭВФ $i(v, d_i)$.

Обозначив $D = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ - множество свойств формирующих качество, можно определить на нем конъюнкцию (логическое произведение) длины n

$$S(v, D) = \bigwedge_{i=1}^n I(v, d_i) = I(v, d_1) \wedge I(v, d_2) \wedge \dots \wedge I(v, d_n).$$

В случае, когда множество D является множеством истинности конъюнкции $S(v, D)$, оно представляет собой таксон подмножества элементов $\tilde{V}_3 \subset V_3$ таких, что $\{v \in \tilde{V}_3 \mid S(v, D) = 1\}$.

С усложнением "конфигурации" таксонов может быть использована более сложная логическая функция - дизъюнкция (логическая сумма)

$$L(v, D) = \bigvee_{j=1}^1 S_j(v, D_j) = S_1(v, D_1) \vee S_2(v, D_2) \vee \dots \vee S_l(v, D_l)$$

Здесь $D = D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_l$, l - длина дизъюнкции.

Для описания таксонов используются функции, удовлетворяющие условию: для $i = [1, n]$ обозначим d_i^r - простейшее множество на свойстве q_i входящее в r -ю конъюнкцию S_r дизъюнкции L ($1 \leq r \leq l$); тогда $d_i = d_i^1 \cup \dots \cup d_i^l$ должно быть также простейшим множеством по этому свойству в соответствующей шкале.

Показано, что в классе таких логических функций возможно

достаточно полное и хорошо интерпретируемое описание таксонов.

Применительно к проблемам вторичного измерения, использование логических функций существенно упрощает решение задачи второго этапа - измерение качества нового объекта: оно овеществляется простым сравнением функции $S(v, D_0)$ этого объекта с соответствующими функциями существующих таксонов и отнесением его к классу, на котором $S(v, D_0) = 1$.

И в заключение рассмотрим критерий выделения компактных группировок множеств значений свойств. В качестве исходного принимается предположение об отсутствии областей повышенной концентрации элементов V_3 в пространстве значений свойств и, следовательно, равномерном их распределении в этом пространстве.

Каждой дизъюнкции L приписывается вероятность ее выполнения, которая определяется следующим образом. Пусть имеется конъюнкция S и $L_i(v, d_i)$ - ЭВФ по i -му свойству, входящая в S . Если q_i - порядковое свойство (ранжирование), принимающее на множестве V_3 k_0 значений, и d включает k_1 смежных значений, то вероятность выполнения $L_i(v, d_i)$

составляет $p_s^i = k_1 / k_0$. Для количественного свойства

$d_i = [\mu_{i \min}^1, \mu_{i \max}^1]$ и если размах значений i -го признака на V_3

составляет $[\mu_{i \min}^0, \mu_{i \max}^0]$, то искомая вероятность

$p_s^i = [\mu_{i \min}^1 - \mu_{i \max}^1] / [\mu_{i \min}^0 - \mu_{i \max}^0]$. Полная вероятность

овеществления конъюнкции S равна $p_s = p_s^1 * p_s^2 * \dots * p_s^n$ и

вероятность выполнения дизъюнкции $L = S_1 \vee S_2 \vee \dots \vee S_1$

определяется стандартной формулой "включений и исключений".

С другой стороны, имеется вполне конкретное число элементов v множества V_3 , для которых утверждение истинно.

Если обозначить это число m_L , то $v_L = m_L / m$ является

фактической частотой выполнения дизъюнкции L на V_3 . Тогда $f(L) = v_L - p_L$ - превышение частоты выполнения L над априорной вероятностью. Постулируется, что чем больше $f(L)$, тем больше оснований рассматривать T_L - множество истинности L - как таксон, а подмножество элементов из V_3 , на котором истинно L - в качестве класса. Исходя из этих соображений, $f(L)$ рассматривается как характеристика обоснованности выбора таксона вне связи его с другими таксонами. Однако, как упоминалось, качество разбиения множества на компактные подмножества зависит не только от "плотности" структуры отдельных таксонов, но и от удаленности этих таксонов друг от друга. Это обстоятельство находит свое отражение в критерии группировки.

Пусть имеется пара таксонов T_1, T_2 , которые описываются дизъюнкциями L_1, L_2 . На этой базе конструируется конъюнкция S_{12} , удовлетворяющая следующим условиям:

а) множество истинности S_{12} включает в себя множества истинности L_1 и L_2 ;

б) S_{12} имеет наименьшую вероятность $p_{S_{12}}$ среди всех конъюнкций, удовлетворяющих условию а).

При объединении таксонов T_1, T_2 в единый таксон конъюнкция S_{12} описывает таксон лучшего качества. Вводится также величина $\Delta(L_1, L_2) = (p_{L_1} + p_{L_2}) / p_{S_{12}}$, индицирующая ухудшение качества таксона, обусловленное его укрупнением, т.е. объединением таксонов T_1, T_2 в один. $\Delta(L_1, L_2)$ характеризует взаимное расположение таксонов T_1, T_2 , отдавая предпочтение паре, минимизирующей - при прочих равных условиях - эту величину.

В роли общего критерия качества разбиения множества элементов на два подмножества используется соотношение

$$F(L_1, L_2) = f(L_1) + f(L_2) - \Delta(L_1, L_2)$$

и разбиении V_3 на большее 2-х число классов применяется метод перебора по всем парам таксонов. В этом случае, в роли критерия качества группировки используется среднее значение F

$$F(L_1, L_2, \dots, L_k) = (1/n_p) * \sum F(L_i, L_j)$$

Здесь $n_p = k(k-1)/2$ - число всевозможных пар классов.

Задача разбиения V_3 на классы сводится, таким образом, к максимизации критерия F посредством вариации состава таксонов.

Выводы. Разработаны методологические принципы нового метода оценки качества измеряемых объектов на основе построения таксонов. Разбиение множества объектов по группам уровней качества произведено путем автоматической классификации объектов на основе кластерного анализа. Для оценки качества группировки оцениваемой продукции в таксоны разработан критерий F . Разбиение множества машин на классы сведено к максимизации критерия F посредством вариации состава таксонов. Реализация разработанного метода позволяет строго математически измерять качество оцениваемых объектов по совокупности всех характеризующих его свойств.

Дальнейшие исследования в данном направлении целесообразно сосредоточить на разработке соответствующих программных продуктов, позволяющих реализовать предложенные логические основы процесса оценивания качества и выполнять разбиение массива оцениваемых объектов на соответствующие кластеры.

Список литературы

1. Anatoli I. Dashchenko. Manufacturing Technologies for Machines of the Future: 21st Century Technologies. Springer Science & Business Media, 6 дек. 2012 г. - : 820 p.
2. Азгальдов Г.Г., Гличев А.В. и др. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции // Стандарты и качество. – 1968. – № 1. – С. 34–35.
3. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (Основы квалиметрии). - М.: Экономика, 1982. - 256 с.
4. Azgaldov, G.G. and Kostin, A.V. "Applied Qualimetry: its

Origins, Errors and Misconceptions", Benchmarking: An International Journal, 2011, Vol. 18 Iss: 3, pp.428 – 444.

5. Гареева Г. Р. Ошибки современных методик оценивания качества / Г. Р. Гареева (Г. Р. Гузаирова), Д. А. Гайнанов // Управление экономикой: методы, модели, технологии: VI всерос. науч. конф. с междунар. участием. – Уфа: УГАТУ, 2006. – Ч.1. – С. 188–193.

6. A.S. Lobanov. The basic concepts of qualimetry. Scientific and Technical Information Processing. April 2013, Volume 40, [Issue 2](#), pp. 72–82.

7. Субетто А. И. Квалиметрия : малая энциклопедия / А. И. Субетто. — Вып. 1. — СПб. : ИПЦ СЗИУ — фил. РАНХиГС, 2015. — 244 с.

8. Бойко Т. Г. Проблеми класичної методології кваліметрії / Бойко Т. Г. // Метрологія та прилади. – 2010. – № 4. – С. 66–70.

9. Згуровский М. З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения: [монография] / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К.: Наукова думка, 2005. – 744 с.

10. [Terence](#) Tao. An Introduction to Measure Theory. Providence, R.I.: American Mathematical Society. 2011, p. 249.

11. Nik Weaver. Measure Theory and Functional Analysis. [World Scientific](#). 2013, p. 212.

12. Васильев Н. А. Теоретические основы обеспечения качества сложных технических систем. Основные научные проблемы качества / Васильев Н. А., Обносков Б. В., Строителей В. Н. // Морская радиоэлектроника. – 2010. – № 1 (31). – С. 42–48.

13. Вятчин Д. А. Нечёткие методы автоматической классификации. — Минск: Технопринт, 2004. — 219 с.

14. Christopher M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics). Springer. 2006, P. 738.

15. Пфанцангль И. Теория измерений. М.: Мир. 1976, 248с.

16. Бойко Т. Г. Вимоги для нормування методик кваліметричного оцінювання / Бойко Т. Г. // Вимірювальна техніка і метрологія. – 2010. – № 71. – С. 125–132.

17. Высоцкий В.С. О сравнении шкал.- В кн.: Прикладной многомерный статистический анализ. М.: Наука. 1975.

Анотація

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАСИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОБЛАДАННЯ

Розроблено логічні основи і математичний апарат методу оцінки якості обладнання, як завдання автоматичної класифікації

об'єктів. Запропоновано новий підхід до вирішення проблеми оцінювання і порівняння якості різних об'єктів, в тому числі і харчового технологічного обладнання, який заснований на сформованих логічних засадах і запропонованому методі кількісної оцінки якості виробу або продукту. Методологічні принципи нового методу оцінки якості вимірюваних об'єктів базуються на основі побудови таксонів і розбиття множини об'єктів за групами рівнів якості у вигляді рішення задачі автоматичної класифікації об'єктів на основі кластерного аналізу. Для оцінки якості угруповання оцінюваної продукції в таксоні розроблений критерій. Розбиття множини машин або виробів на класи зведено до максимізації критерію за допомогою варіації складу таксонів. Реалізація розробленого методу дозволяє строго математично вимірювати якість оцінюваних об'єктів за сукупністю всіх характеризують його властивостей.

Ключові слова: оцінка якості, кваліметрія, логічні основи, кластерний аналіз, таксономія.

Abstract

AUTOMATIC CLASSIFICATION OF OBJECTS WHEN ASSESSING THE QUALITY OF EQUIPMENT

The logical foundations and mathematical apparatus of the method of assessing the quality of equipment, as the task of automatic classification of objects, have been developed. A new approach is proposed to solve the problem of evaluating and comparing the quality of various objects, including food processing equipment, which is based on the formed logical foundations and the proposed method for quantifying the quality of a product or product. The methodological principles of the new method of assessing the quality of measured objects are based on the construction of taxa and the splitting of a set of objects into groups of quality levels in the form of solving the problem of automatic classification of objects based on cluster analysis. A criterion has been developed to assess the quality of the grouping of the products assessed in taxa. The division of a multitude of machines or products into classes is reduced to maximizing the criterion by varying the composition of taxa. The implementation of the developed method allows one to strictly mathematically measure the quality of the evaluated objects by the totality of all the properties characterizing it.

Keywords: quality assessment, qualimetry, logical foundations, cluster analysis, taxonomy.

ЗМІСТ

Богомолів А.В., Ірклиєнко В.І. НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ	5
Ольшанський В.П., Бурлака В.В., Сліпченко М.В. ПРО КОНТАКТНУ ВЗАЄМОДІЮ ДЕЯКИХ ОВОЧІВ З ГРУНТОМ	13
Ольшанський В.П., Богомолів О.В., Богомолів О.О. ПРО ПЕРЕТВОРЕННЯ УДАРОМ ЗАДЕМПФОВАНОЇ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ В ОСЦИЛЯТОР	18
Спольник А.І., Калиберда Л.М., Гайдусь А.Ю. О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СВЕКЛОРЕЗНЫХ НОЖЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ И КАРБОНИТРАЦИИ	31
Ольшанський В.П., Богомолів О.В., Богомолів О.О. ПРО УДАРНУ ВЗАЄМОДІЮ ВАЖКОГО ТВЕРДОГО ТІЛА З ПРУЖНИМ ПІВПРСТОРОН	38
Богомолів О.В., Лук'янов І.М., Машко В., Шмуляк А. ВПЛИВ ПРУЖНОСТІ СТРІЧКИ ТА ТЕРТЯ У СТРІЧКОВО- БАРАБАННОМУ МЕХАНІЗМІ НА РАБОТОЗДАТНІСТЬ ЕЛЕВАТОРІВ	47
Богомолів О.В., Ільїн В.І., Ільїна Н.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ ДОМШОК ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ З ВІДХОДІВ СПОСОБОМ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ НА ГІРАЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ	53
Машкін М.І., Бредихін В.В., Денисенко С.А., Могутова В.Ф., Богомоліва В.П. АКТИВАЦІЯ ЗАКВАСКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТУ – РЯЖЕНКИ	61
Сліпченко М.В. ДО ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ В ПЕВМОСЕПАРУЮЧОМУ ПРИСТРОЇ ВІБРОВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА	68
Кісь В.М., Денисенко С.А., Кісь О.В. ПРОБЛЕМИ НАКОПИЧЕННЯ І ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ВЕЛИКИХ МІСТ УКРАЇНИ	74
Лук'янов І.М., Кісь Л.В., Бурда Н.В., Осика А.Н., Кротов Е.О. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЯГОВОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕНТОЧНО- БАРАБАННЫХ МЕХАНИЗМОВ НОРИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЛЕНТ	78

Мезенцев В.А., Бредихин В.В., Черняев А.А., Ильина Н.А., Кобызева Л.Н., Безуглая О.Н.	
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЦ НА ТОЛЩИНУ СЕМЕННОЙ ОБОЛОЧКИ У СЕМЯН НУТА	90
Шаніна О.М., Мінченко С.М.	
АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД БЕЗГЛУТЕНОВОГО ПАРОВОГО ХЛІБА	100
Пузік Л.М., Пузік В.К., Рожков А.О.	
ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО	105
Шаніна О.М., Дугіна К.В.	
ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ТА РАЦІОНАЛЬНОЇ МАСОВОЇ ЧАСТКИ КОНЦЕНТРАТИВ ТВАРИННИХ БІЛКІВ В ТЕХНОЛОГІЇ КРУПІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ	113
Гавриш Т.В., Шаніна О.М., Галясний І.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІСАХАРИДНОЇ ТА БІЛКОВОЇ ДОБАВКИ НА ГІДРАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕЗГЛУТЕНОВОГО БЕЗДРІЖДЖОВОГО ТІСТА	119
Господаренко Г.М., Любич В.В., Железна В.В., Улянич І.Ф.	
ЯКІСТЬ ХЛІБА З БОРОШНА ВИЩОГО СОРТУ РІЗНИХ СОРТІВ І ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТИ	124
Коркач Г.В., Крусир Г.В.,	
ДОСЛІДЖЕННЯ НАТУРАЛЬНОСТІ ВАФЕЛЬНИХ ВИРОБІВ З СИНБІОТИКАМИ	130
Фоміна І.М., Ізмайлова О.О., Шурдугайло А., Шурдугайло О.	
ДОЦІЛЬНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗЕРНОВИХ ПЛАСТИВЦІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ	137
Івчук Н.П., Башта А.О., Ущাপовський А.О.	
ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ІНУЛІНОВІСНОГО СУХОГО КАВОВОГО НАПОЮ	143
Благополучна А.Г., Заморська І.Л., Ляховська Н.О.	
ВПЛИВ ОБРОБКИ ХІТОЗАНОМ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СВІЖОЇ СУНИЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ	150
Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Омельченко О.В., Шевченко Г.В.	
РОЗРОБКА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	157
Гніщевич В. А., Дейниченко Л.Г., Перекрест В.В., Гусятник П.В.	
ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТИВ	163
Сичов А.І., Сичова Т.О.	
МОДЕЛЮВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ НА МІЦНІСТЬ	170
Сукманов В.А.	
АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ	176

Наукове видання

**ВІСНИК
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Випуск 194

**"Сучасні напрямки технології та механізації процесів
переробних і харчових виробництв"**

Вісник включений у перелік фахових
видань ВАК України

Відповідальний за випуск: Заїка В.П.

Підписано для друку 26.10.2018 р.
Формат 60x84 1/16.
Папір офсетний. Друк офсетний.
Умов.друк.арк. 11. Ум.вид.арк. 13.

Тираж: 100 прим.
Замовлення № _____

ХНТУСГ, 61002, м. Харків-2, вул. Алчевських 44.

Надруковано у ТОВ «ПЛАНЕТА-ПРИНТ»
61002, м. Харків, вул. Багалія, 16
ЄДРПОУ 31235131 від 19.12.2000 р.

