



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

15

Харчова ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2014

УДК 664(04) (082)

Висвітлені результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Редакційна колегія:

А.І. Соколенко	доктор технічних наук, професор — головний редактор;
В.М. Таран	доктор технічних наук, професор — заступник головного редактора;
С.В.Токарчук	кандидат технічних наук, доцент — відповідальний секретар;
Л.Ю. Арсеньєва	доктор технічних наук, професор;
О.Ф. Буляндра	доктор технічних наук, професор;
А.О. Заїнчковський	доктор економічних наук, професор;
А.П. Ладанюк	доктор технічних наук, професор;
В.М. Логвін	доктор технічних наук, професор;
Н.С. Скопенко	доктор економічних наук, професор;
Т.Л. Мостенська	доктор економічних наук, професор;
В.І. Оболкіна	доктор технічних наук, старший науковий співробітник;
В.А. Піддубний	доктор технічних наук, професор;
Т.П. Пирог	доктор біологічних наук, професор;
І.О. Сінгаєвський	доктор економічних наук, професор;
М.П. Сичевський	доктор економічних наук, професор;
О.П. Сологуб	доктор економічних наук, професор;
О.Ю. Шевченко	доктор технічних наук, професор;
Є.В. Штефан	доктор технічних наук, професор.

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 7 від 16 квітня 2014 р.

Адреса редакції: 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Тел.: (044) 287-92-45, 287-94-21
E-mail: tmipt_xp@ukr.net

© НУХТ, 2014

Комп'ютерна верстка *О.В. Компанієць*

Підп. до друку 00.00.2014 р. Формат 70×100/16. Обл.-вид. арк. 23,5.
Ум. друк. арк. 14,19. Наклад 100 прим. Вид. № . Зам. № .

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу
масової інформації № 7252, серія КК, видане 29 квітня 2003 р.

Зміст

ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина і матеріали

Полумбрик М.О., Іщенко В.М., Сірик А.О., Костюк В.С., Полумбрик О.М.
Альгірати в харчових технологіях 6

Іванченко К.В. Вплив способів одержання червоних столових
виноматеріалів на їх якість 13

Ткаченко Д.О., Шиян П.Л., Зубченко В.С., Косів Р.Б. Аналіз мікрофлори
зернової сировини та способи її пригнічення у спиртовому виробництві 17

Вербицький Б.І., Луцик Ю.П., Левківська Т.М. Коефіцієнти
вологоперенесення моркви 23

Ємельянова Н.О., Мукоїд Р.М., Чумакова О.В., Білокур Л.О., Скидан В.О.
Зміни хімічного складу при солодородженні рису 28

Роман Т.О., Мазуренко О.Г., Дубівко А.С., Бибич О.Г., Захаров В.В.
Фізико-біохімічні зміни при старінні клітин шампіньона 32

Технології: дослідження, застосування та впровадження

Іванов С.В., Шиян П.Л., Булій Ю.В. Використання механотронних підсистем
в процесі вилучення та концентрування органічних домішок спирту 36

Каліновська Т.В., Вайсєро О.О., Кохан О.О., Оболкіна В.І. Дослідження
функціональних властивостей гідроколоїдів з метою застосування у виробництві
цукеркових мас 42

Дюкарева Г.І., Гасанова А.Е., Дьяков О.Г. Моделювання рецептури бісквіта
із заданими показниками якості 49

Криворотько В.М., Максименко І.Ф., Білик О.А., Піддубний В.А.
Впливи фізико-хімічних параметрів на мікрофлору харчових середовищ 55

Тележенко Л.М., Кашкано М.А. Розробка технології кулінарних виробів з каш зі збалансованим складом	61
Хіврич Б.І., Роздобудько Б.В. Фактори, що впливають на синтез діоксиду сірки в пиві	67
<i>Екологічні аспекти</i>	
Кошова В.М., Куц А.М., Лубяной М.О. Чисте довкілля — додатковий прибуток	72
<i>ПРОЦЕСИ І ОБЛАДНАННЯ</i>	
<i>Процеси харчових виробництв</i>	
Марценюк О.С., Шевченко О.Ю., Малежик І.Ф., Зав'ялов В.Л. Кафедра процесів і апаратів харчових виробництв нухт. Досягнення наукової школи професора В.М. Стабнікова	78
Мирончук В.Г., Підгорний В.В. Оцінка середньої товщини шару міжкристалного розчину на полідисперсних кристалах цукру в процесі центрифугування цукрових утфелів	85
Гонта І.А., Гіджеліцький В.М., Максименко І.Ф. Перехідні процеси в вакуумних технологіях стабілізації продукції	90
Кулінченко В.Р., Каптановський Д.В. Теплообмін на пористих структурах	94
Гончаренко Б.М., Лобок О.П., Борисенко Д.Д. Автоматичне керування стабільністю горіння при розмірному електроерозійному обробленні деталей дугою	100
Світлик А.М., Прохоров О.М. Динаміка руху двухфазних систем в капілярі	107
Мироненко С.М., Бут С.А., Бойко О.О. Особливості процесів пророщування ячменю	110
<i>Обладнання та устаткування</i>	
Пушанко М.М., Верхола Г.Л., Верхола Л.А. Теплова обробка стружки з морожених буряків	116
Якимчук М.В., Мироненко С.М. Дослідження мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмо-приводом на базі використання пропорційних регуляторів тиску	121
Гавва О.М., Беспалько А.П., Токарчук С.В. Алгоритм вибору оптимальної структури фасувально-пакувальної машини для в'язкої харчової продукції	128
<i>Пакування: розробки, дослідження, переробка</i>	
Кривопляс-Володіна Л.О., Валиулін Г.Р., Легун А.В. Аналіз динамічних процесів в системі активних лотків-живильників блістерних машин	136

Керування виробничими процесами

Євтушенко О.В., Коваленко С.Д. Удосконалення методів управління охороною праці на підприємствах харчової промисловості 141

Лобок О.П., Гончаренко Б.М., Слезенко А.М. Огляд методів та областей аналітичного конструювання оптимальних регуляторів для стаціонарних і нестаціонарних багатовимірних об'єктів керування 149

Хіврич О.В., Володченкова Н.В., Литвиненко А.М. Вибір показників і критерію ефективності функціонування системи управління цивільним захистом населення і територій при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій 159

Енергетика та виробничі процеси

Криворотько В.М., Васильківський К.В., Соколенко А.І. Рекуперація механічної енергії в машинах циклічної дії 160

Дудко С.Д. Розрахунок коефіцієнта теплового випромінювання димових газів у каналі печі з циклотермічною нагрівною системою 165

Чагайда О.А. Енергетичні трансформації в газорідних системах 170

Економіка

Величко А.Є., Маслова І.В. Науково-методичні підходи до формування нормативних систем на виробництві молочних продуктів і морозива 177

ALGINATES IN FOOD TECHNOLOGIES

M. Polumbryk, V. Ishchenko, A. Siruk, V. Kostyuk, O. Polumbryk

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Alginates Alginates production Gel formation Thickening Thermostable gels	The alginates production, its properties and application in food has been discussed. Inclusion of alginates in food materials allows to eliminate radionuclides decrease sodium level and have beneficial effect on human health. The technological aspects of alginates application in food as gel forming agents, thickeners and in capsulants (probiotics essential fatty acids etc) has been discussed. Alginates can increase storage time of confectionary products due to unique water binding ability.
Article history: Received Received in revised form Accepted	
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net	

АЛЬГІНАТИ В ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

М.О. Полумбрик, В.М. Іщенко, А.О. Сірик, В.С. Костюк, О.М. Полумбрик

Національний університет харчових технологій

Розглянуті отримання, властивості і використання альгінатів у харчових технологіях. Включення альгінатів до складу харчових продуктів сприяє виведенню радіонуклідів, зменшенню рівня натрію і позитивно впливає на здоров'я людини. Обговорені технологічні особливості застосування альгінатів у харчових продуктах в якості драглеутворювачів, згущувачів та інкапсулянтів.

Ключові слова: альгінати, виробництво альгінатів, драглеутворення, загущення, термостабільні драгли.

Вступ. Термін альгін, альгінат — загальна назва солей альгінової кислоти, в тому числі Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ , а також пропіленгліколь альгінату (ПГА) [1–5]. Альгінат був відкритий Е. Стенфордом в 1881 р, а початок його комерційного виробництва припадає на 1929 рік [1–3]. Альгін міститься у всіх бурих морських водоростях (*Phaeophyta*) у формі нерозчинних у воді змішаних солей, в основному кальцію, і в меншій мірі магнію, калію та натрію [1]. Основними біологічними функціями альгінатів у морських водоростях є надання міцності та гнучкості в умовах водного середовища. Найбільш важливими джерелами альгінатів вважаються водорості видів *Macrocystis pyrefera*, *Ascophyllum nodosum*, а також *Laminaria* [1,2,4,5].

Мета досліджень — аналіз властивостей і використання альгінатів у харчовій промисловості.

Матеріали та методи. Альгінати — лінійні полімери, що містять фрагменти β -D-мануранової кислоти (M), зв'язані в положенні β -(1,4), і α -L-гулуранової кислоти (G),

зв'язані в положенні β -(1,4). Таким чином, альгірати — це негативно заряджені полімери, подібні до ДНК. Структура цих полісахаридів представляє собою послідовність, складену із фрагментів трьох типів: змінні M_x й G_y блоки — найбільш гнучкі фрагменти, а також GG й MM блоки зі ступенем полімеризації більше 20 (рис. 1).

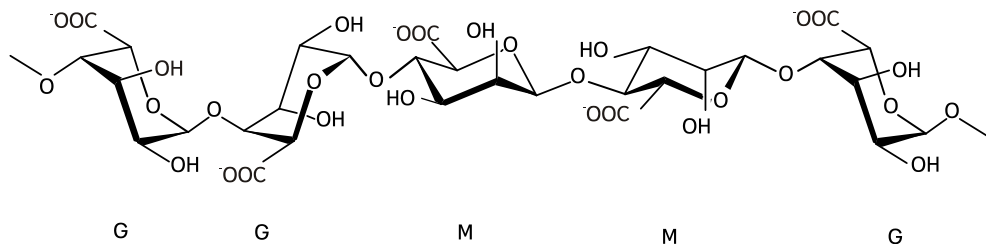


Рис. 1. Конформація альгіратів

Фізичні властивості цих полімерів у водному середовищі залежать не тільки від співвідношення G/M, але й від розподілу цих складових у полімерному ланцюзі. Звичайно G/M співвідношення становить 1,45–1,85 [1]. Діаксіальне зв'язування в G–G блоках призводить до ускладнення обертання навколо глікозидного зв'язку, що зумовлює міцність цих фрагментів [1,2].

Найбільш важливою властивістю альгіратів є селективне зв'язування катіонів дво-валентних металів, що є рушійною силою утворення драглів, а також того, що перехід золь/гель в альгіратах незалежний від температури. У присутності катіонів Ca^{2+} , Ba^{2+} і Sr^{2+} G–фрагменти утворюють зони зв'язування, чого не відбувається в присутності Mg^{2+} [1,2,5]. Фрагменти мануронові кислоти й змішані G–M блоки практично не впливають на драглеутворення. У табл. 1 наведено співвідношення різних блоків залежно від джерела одержання. Найбільш міцні гелі утворюються у випадку *Laminaria hyperborea*. Формування драглів альгіратів зумовлено утворенням конформації типу «яєчного лотка» (рис. 2) [1,2,6]. Швидкість драглеутворення в присутності катіонів металів змінюється в ряді $Mg^{2+} < Ca^{2+} < Sr^{2+} < Ba^{2+}$ [1].

Таблиця 1. Вміст основних фрагментів альгіратів у різних морських водоростях

Тип водорості	MM, %	MG+GM, %	GG, %
<i>Laminaria hyperborea</i> (стовбур)	18	24	58
<i>Laminaria hyperborea</i> (листя)	36	38	26
<i>Laminaria digitata</i>	39	32	29
<i>Eclonia maxima</i>	38	34	28
<i>Macrocystis pyrifera</i>	40	40	20
<i>Lessonia nigrescens</i>	43	34	23
<i>Ascophyllum nodosum</i>	56	18	26
<i>Laminaria japonica</i>	48	34	18
<i>Durvillea antarctica</i>	58	26	16
<i>Durvillea potatorum</i>	69	16	15

Споживання альгіратів покращує здоров'я людини шляхом зменшення швидкості розщеплення їжі в кишечнику, позитивного впливу на його мікрофлору, поліпшення бар'єрної функції слизової оболонки кишечника [1–5]. Альгінат відноситься до розчинних харчових волокон, у результаті його засвоєння зменшується рівень глюкози й холестеролу крові

[6,7]. Крім того, споживання альгінатів надає відчуття насиченості і у такий спосіб зменшує почуття голоду. Низькомолекулярні альгінати володіють пребіотичним ефектом, збільшуючи популяцію біфідобактерій і зменшують рівень патогенних мікроорганізмів [1]. Зростання кількості фрагментів β -D-мануранової кислоти поглиблює цей ефект. Поліаніонний характер уранових кислот впливає на мінеральний баланс в організмі людини. Споживання альгінатів сприяє виведенню радіонуклідів ^{90}Sr й ^{137}Cs з організму, а також зменшенню рівню Na, що зумовлює зниження артеріального тиску [3,6].

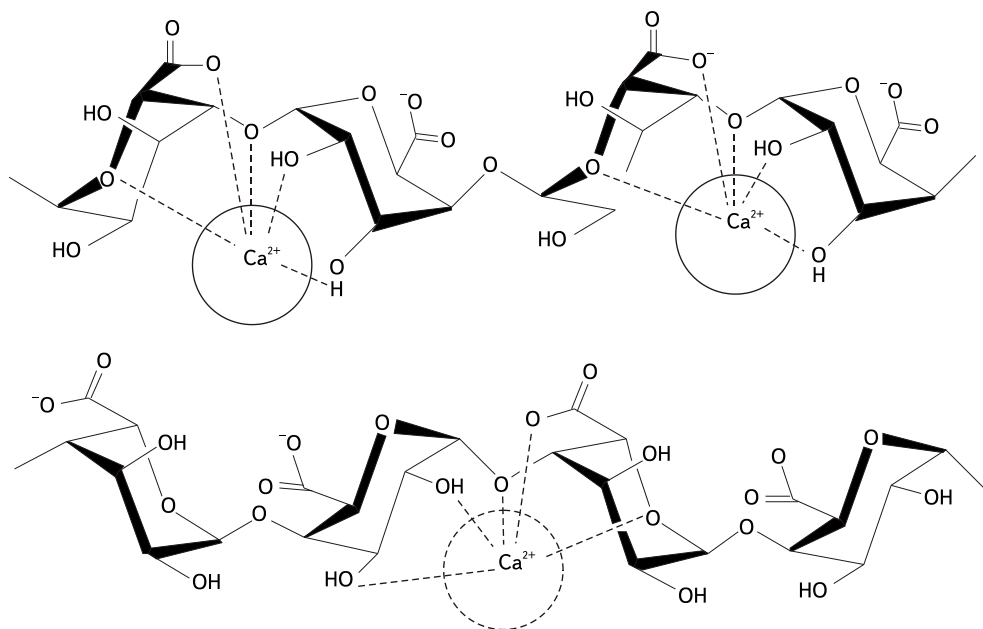


Рис. 2. Конформація «ячного лотка» молекули альгінату кальцію

Джерелом практично всіх альгінатів є водорості. Їхнє культивування залишається досить дорогим, що значно гальмує промислове використання альгінатів. Світове виробництво цих сполук становить близько 40 тис. тонн у рік, 30 % з яких застосовується в харчовій промисловості [3].

Експертний комітет з використання харчових добавок (JECFA) FAO рекомендує в пункті допустима середньодобова доза споживання альгінатів натрію, калію, кальцію й амонію вказувати «не приводиться», що є найбільш безпечним рівнем у токсикологічній класифікації. Для ПГА середньодобова доза споживання становить до 70 мг/кг ваги [2,5].

Джерелом більшості морських водоростей, що застосовуються в екстракції, є *Macrocystis*, *Laminaria Ascophyllum*, які поширені на узбережжі США, Канади, Південної Америки, Європи, Африки і Японії [1]. В Індії основним джерелом альгінатів є бурі морські водорості *Sargassum*, вміст даного полісахариду в яких коливається в межах від 5,3 до 16,6 % за сухими речовинами [1,2,5,8].

Для виробництва альгінатів використають два процеси. У першому, процесі Гріна водорості спочатку демінералізують 0,3 % розчином HCl, потім пульверизують й обробляють двічі водним розчином соди (2–8 %), після чого тверді речовини подрібнюють [6]. Продукт розбавляють водою й поступово осаджують. Фільтрат нагрівають до 50 °C, пропускають крізь фільтр-прес і змішують з 10–12 % водним хлоридом кальцію, у результаті чого утворюється альгінат кальцію, що накопичується на поверхні. Нижній шар, що містить розчинні солі, органічні й інші матеріали, відділяють [5]. Альгінат кальцію освітлюють 10 % водним розчином гіпохлориту натрію, промивають і змішують з 5 % HCl.

Оброблена альгінова кислота ретельно промивається водою з метою повного вилучення кальцію. Очищену альгінову кислоту, як правило, конвертують в необхідну сіль за допомогою відповідного карбонату, оксиду або гідроксиду, потім подрібнюють і пакують [5].

Інший процес передбачає початкове вилужування, необхідне для видалення солей і інших домішок без ушкодження водоростей, що проводиться за допомогою 0,8–1 % CaCl_2 [5,8]. Після промивання водою матеріал змішують з 5 % HCl і знову промивають, потім обробляють 4 % розчином соди при температурі 40 °C протягом 2–3 годин. Далі суспензію розбавляють водою й освітлюють H_2O_2 або озоном і потім центрифугують, в'язкий розчин обробляють адсорбентом, а потім осаджують за допомогою HCl . Отриману альгінову кислоту промивають спочатку водою, а потім етанолом для вилучення домішок, а потім сушать. Альгінова кислота характеризується відносно низькою стійкістю. Для одержання розчинного у воді й стабільного продукту альгінову кислоту переводять у відповідні солі за допомогою карбонатів, оксидів або гідроксидів [5].

Альгінати тривалий час застосовуються в харчових технологіях і дозволені для використання в багатьох країнах світу. Альгінова кислота, альгінат натрію, калію, кальцію й амонію, а також пропіленгліколь альгінат відносяться до харчових добавок (від E400 до E405, відповідно) [1,2,5,8].

Унікальною властивістю альгінатів є їхня здатність утворювати термостабільні драглі, які утворюються при кімнатній температурі внаслідок взаємодії Ca^{2+} й альгінатів у кислому середовищі. Для повного використання драглеутворюючого потенціалу необхідно до додавання кальцію повністю гідратувати альгінат [1,2]. Драглеутворення альгінату проходить як за дифузійним типом, що передбачає змішування гідратованого альгінату з розчинною кальцієвою сіллю (як правило CaCl_2), так і шляхом внутрішнього зв'язування із застосуванням погано розчинної у воді солі (частіше CaSO_4) і введенням секвестрантів, таких як фосфати й цитрати [1,2,5].

Альгінати знайшли застосування в технології хлібопекарських продуктів і БКВ. Так, зокрема, вони є важливими компонентами для одержання верхкових кремів, забезпечуючи стабільність під час випікання, а також при заморожуванні/таненні [1,2]. Альгінати гальмують перехід вологи із фруктових начинок усередину тіста, сприяючи стабільності продукту при випіканні [1,2]. Пектин і кальцій, які звичайно присутні у фруктах, володіючи синергічним ефектом, сприяють утворенню гелів. Загущення тіста є прикладом іншого застосування альгінатів. Вони сприяють зменшенню текучості, що полегшує проведення операцій з подібним тестом. Крім того, підвищена вологоутримуюча здатність альгінатів є додатковою перевагою [1,5].

Десертні желе — інший приклад успішного використання альгінатів для драглеутворення в кислому середовищі [2]. Вихідний продукт представляє суху суміш із альгінатом, сполуками кальцію, секвестрантом, буфером і ароматизатором [2]. Ця суміш розчиняється в холодній воді і протягом декількох хвилин утворюється желе. Сполуки кальцію, які містяться у водопровідній воді, можуть сприяти передчасному драглеутворенню. Тому в цілому ряді випадків необхідно вносити в рецептурний склад секвестрант. Подібним чином застосовують альгінат у шоколадних мусах швидкого готування, отриманих із сухих сумішей [1,2]. Альгінат стабілізує збиту піну мусу, а також впливає на утворення структури продукту. У випадку одержання мусу із сухої суміші використовується властивість альгінату утворювати драглі у холодній воді, а в мусах швидкого приготування секвестрант не вноситься і його функції виконує молоко [1,2].

Крім драглеутворення іншими важливими властивостями альгінатів вважається здатність виконувати функції загущувача і стабілізатора [1,2,5,8]. Загущення є результатом обмеженого зшивання молекул альгінату за допомогою Ca^{2+} . Так, альгінат застосовується в соусах для сирів з метою збільшення в'язкості [2]. Особливо важливим є надання соусу липкості, необхідної для того, щоб він залишався на поверхні продукту, наприклад у макаронах. В'язкі, із значним вмістом фрагментів β -D-мануранової кислоти альгінати використовуються як загущувачі. Необхідною умовою є відсутність катіонів кальцію, що сприяють небажаному драглеутворенню [2].

Розчинні у воді альгірати діють як стабілізатори в системах, які містять часточки або краплі жирів, дисперговані у воді [1,2,5,8]. Такі системи включають водно-жирові емульсії, наприклад у морозиві й приправах для салатів, а також тверді речовини, дисперговані у воді, зокрема у фруктових соках. Стабілізує дія альгіратів полягає в запобіганні розділенню фаз шляхом збільшення в'язкості водної фази й утворення заряджених шарів на поверхні [1,2,8]. Таким чином, часточки й краплі відштовхуються одне від одного, що гальмує злипання й розділення фаз [1,2,8].

Морозиво вважають першим прикладом застосування альгіратів у харчовій промисловості [1,2,8]. Внесення альгіратів зменшує розмір кристалів льоду, а також дозволяє одержати рівну текстуру. Альгірат попереджає синерезис і гальмує танення морозива [1,2]. У морозиві, як і в інших молочних продуктах, відносно високий зміст кальцію. Тому застосовується суміш альгірату й фосфату натрію, який слугує секвестрантом, що гальмує небажане драглеутворення [2].

Включення альгіратів у водну фазу харчових емульсій, зокрема соусів і приправ для салатів, дозволяє збільшити густину і стабілізувати їх, запобігаючи поділу фаз [2]. У нейтральних системах необхідна присутність альгірату натрію, у той час як у кислотних середовищах кращим вибором є ПГА [2], у якому більше, ніж в інших альгіратах виражені кислотні властивості і тому саме він застосовується в кислотних продуктах, таких як йогурти і фруктові соки.

У харчових продуктах із рН, нижче 3,5, що становить рК_a альгінової кислоти, практично всі альгірати є малоефективними загущувачами або стабілізаторами [2,4]. Внаслідок зменшення рН середовища альгірат частково протонується, втрачаючи негативний заряд. При подальшому зменшенні рН, нижче 3,5 альгінова кислота починає осаджуватись. На відміну від всіх інших альгіратів ПГА зберігає свої функціональні властивості навіть у умовах підвищеної кислотності, оскільки естерифіковані групи не протонуються [2,5].

ПГА одержують за допомогою реакції альгінової кислоти із пропіленоксидом [1,2,5]. Присутність ліпофільної естерної групи зумовлює більш виражені властивості емульгатора для ПГА, а також зменшення драглеутворення в присутності катіонів Ca²⁺ внаслідок низької швидкості взаємодії [1,5]. Цей альгірат зберігає невеликий негативний заряд навіть при зменшенні рН нижче 2,75 і може взаємодіяти в присутності Ca²⁺ з білками, які до досягнення ізоелектричної точки мають деякий негативний заряд [1,5]. Саме тому ПГА застосовується для стабілізації протеїнів у кислому середовищі, зокрема в йогуртах, і стабілізації м'якоти багатьох напоїв. ПГА також є ефективним загущувачем і стабілізатором у майонезі й приправах для салатів з низьким рН [2]. Крім того, ПГА стабілізує піну в деяких видах пива внаслідок взаємодії із протеїнами. ПГА як стабілізатор також застосовують в алкогольних напоях на основі молока [2].

Альгірати використовують у спредах з низьким вмістом жирів з метою одержання заданої текстури й стійкої емульсії [1,2,8]. Альгірат стабілізує текстуру й утворює слабкі драглі, які подібні до жирів. Тому для цієї мети застосовують альгірати з великим вмістом фрагментів β-D-мануронової кислоти [1,2].

У молочних продуктах альгірати слугують загущувачами і драглеутворювачами, зокрема в морозиві, йогурті, консервованих вершках, шоколадному мусі, молочному шейку й сирі [9,10]. Оскільки молоко містить відносно велику кількість катіонів кальцію, у систему для забезпечення необхідної гідратації альгірату додається секвестрант. У іншому випадку шар гелю буде утворюватись на поверхні негідратованого альгірату — феномен, який має назву «риб'ячі очі». Як секвестранти звичайно застосовуються фосфати або цитрати натрію. Інший шлях зменшення взаємодії з кальцієм — нагрівання молока, оскільки при цьому білки більш міцно зв'язуються з кальцієм. При температурі вище 70 °С утворюють міцні міцели, і альгірат гідратується без взаємодії з кальцієм. При охолодженні утворюють альгіратні драглі. Іншими словами, молочні драглі можна одержати без внесення добавок [10].

Збільшити термін придатності ряду хлібопекарських і борошняних кондитерських виробів, включаючи хліб, мафіни, печиво й кекси можливо при внесенні в рецептуру альгіратів [1,2,5,8].

Ці полісахариди, завдяки своїм гідрофільним властивостям, зв'язують й утримують велику кількість води, забезпечуючи м'якість кінцевого продукту протягом тривалого зберігання. Вологоутримуюча здатність альгінатів є головною причиною їхнього застосування в технології безглютенового хліба і БКВ [2]. Вважається, що альгінат приймає участь в утворенні тривимірних полімерних сіток, гальмуючи ретроградацію крохмалю і таким чином збільшує термін зберігання [1,2]. У цих продуктах як правило використовують суміш альгінату і ксантану або к-карагенану, здатних підтримувати текстуру продуктів під час тривалого зберігання [5].

Здатність альгінатів утворювати тонкий шар гелю на поверхні харчових компонентів застосовується з метою зменшення втрат вологи, збільшення бар'єрних властивостей і контролювання форми [1,2,5,7,8]. У тісті кексів з начинкою вони запобігають проникненню вологи всередину виробу. Альгінати також застосовуються в айсингах для запобігання злипанню з обгорткою й утворення тріщин. Нерозчинні альгінатні плівки широко застосовуються з метою захисту замороженої риби від окиснення й втрати вологи [5]. Вони також можуть виконувати функції своєрідного адгезива, що допомагає прикріпити листи й спеції до поверхні шматочків м'яса. Деякі водорозчинні альгінати використовують як носії аромату, наприклад ментолу.

Альгінати застосовуються для готування крупно подрібненого яловичого фаршу, необхідного в технології м'ясних продуктів із зменшеним вмістом жирів [5,11,12]. Наявність альгінатів дозволяє поліпшити текстуру, однак у меншому ступені, ніж карагенан, хоча останній має тенденцію до більшої втрати вільної вологи після виготовлення і повторного нагрівання виробів [11]. Якість продуктів із застосуванням яловичого фаршу, приготовленого з альгінатом і камеддю рожкового дерева, однакова із продуктом, виробленим за участі суміші ι - і κ -карагенанів [12].

Висновки. Багато років альгінати слугують ефективними інкапсулянтами різних харчових компонентів, зокрема пробіотиків, ароматизаторів, есенціальних жирних кислот в умовах помірного драглеутворення. Зокрема, інкапсульовані в альгінатах пробіотичні бактерії додаються до молочних продуктів — сирів і йогуртів [2,5].

Альгінати застосовуються як компоненти в інших харчових продуктах. Так, альгінатні капсули імітують ікру [2,13]. Крім того, гранули альгінатів слугують для прикрасення страв. Наприклад, штучні пташині гнізда й риб'ячі плавці з альгінатів багато років служать прикрасою ресторанних страв [2].

Крім харчових технологій альгінати широко використовують в інших областях, особливо в медицині і фармацевтичній промисловості як наповнювачі, які слугують для доставки лікарських препаратів, у перев'язувальних матеріалах, для одержання відбитків зубів тощо [1,5,8]. Перевагою альгінатів при їхньому використанні в таблетках є властивість зберігати драглеподібний стан в умовах зниженого рН середовища, характерного для шлунку [3,5]. Перев'язувальні матеріали на основі альгінату кальцію використовують у лікуванні діабетичних виразок ніг. Крім позитивного ефекту цього полісахариду для лікування ран, катіони Ca^{2+} відіграють важливу роль у гомеостазі шкіри, будучи модуляторами розмноження й розподілу кератиноцитів [3,5]. Альгінати володіють імуногенним ефектом, вони є корисними в ряді патологій респіраторних захворювань [1,3,5].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Food polysaccharides and their applications*. 2th edition. Edited by A.M. Stephen, G.O. Philips, P.A. Williams, 2006. — CRC Press: Boca Raton. — 752 p.
2. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Edited by A. Imeson, 2010. —Wiley—Blackwell: Oxford. — 368 p.
3. *Rinaudo, M.* Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials // M. Rinaudo. — Polym. Internat. — 2007. — v. 57, — p. 397–430.
4. *Draget, K.I.* Chemical, physical and biological properties of alginates and their biomedical implications // K.I. Draget, K. Taylor. — Food Hydrocoll. — 2011. — v. 25, — p. 251–256.

5. Venugopal, V. Marine Polysaccharides: food applications. / V .Venugopal CRC Press: Boca Raton, 2011. — 372 p.
6. MacArtain, P. Nutritional Value of Edible Seaweeds // P. MacArtain, I.R. Christopher, M. Brooks et. al. — *Nutr. Rev.* — 2007. — v. 65, — p. 535–543.
7. Perez–Mateos, M. Carrageenans and alginate effects on properties of combined pressure and temperature in fish mince gels // M. Perez–Mateos, T. Solas, P. Montero. — *Foods Hydrocoll.* — 2002. — v. 16, — p. 225–233.
8. *Handbook of dietary fiber*. Edited by S.S. Cho and M.L. Dreher, 2001. — Marcel Dekker. N.Y. — 894 p.
9. Schaller–Povolny, L.A. Viscosity and freezing point of a reduced fat ice cream mix as related to inulin content // L.A. Schaller–Povolny, D.E. Smith. — *Milchwissenschaft–Milk Sci. Int.* — 2001. — v. 56, — p. 25–29.
10. Meyer, D. Inulin as texture modifier in dairy products // D. Meyer, S. Bayarri, S. Tarrega et. al. — *Food Hydrocoll.* — 2011. — v. 25, — p. 1881–1890.
11. Brewer, M.S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality: a review // M.S. Brewer. — *Meat Sci.* — 2012. — v. 91, — p. 385–395.
12. Weilin, K. Textural and physicochemical properties of low–fat, precooked ground beef patties containing carrageenan and sodium alginate // K. Weilin, J. T Keeton — *J. Food Sci.* — 1998. — v. 63, — p. 571–574.
13. *US Patent 6291010 (B1)*. — Process for obtaining sturgeon caviar analog, and product thus obtained. Pivovarov P.P., Pertsevov F.V., Pozo C.R., Palacios I.G. Transucrania (Іспанія). 18.09.2001.

АЛЬГИНАТЫ В ПИЩЕВИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**М.О. Полумбрик, В.Н. Ищенко, А.О. Сирьк,
В.С. Костюк, О.М. Полумбрик**

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрено получение, свойства и использование альгинатов в пищевых технологиях. Включение альгинатов в состав пищевых продуктов способствует выведению радионуклидов, уменьшению уровня натрия и благотворно влияет на здоровье человека. Обсуждены технологические особенности применения альгинатов в пищевых продуктах в качестве гелеобразователей, загустителей и инкапсулянтов.

Ключевые слова: альгинаты, производство альгинатов, гелеобразование, загущение, термостабильные гели.

УДК 663.252

EFFECTS OF METHODS OF PRODUCING RED TABLE WINE MATERIALS ON THEIR QUALITY

K. Ivanchenko*SB «Crimean Agrotechnological University» NULES of Ukraine*

Key words:	ABSTRACT
Termovinification of pulp Phenolic, and dyeing substances Polymeric and monomeric forms of phenolic substances	Based on the studies found that termovinification of pulp gave almost the same content of phenolic compounds compared to the fermentation of pulp (control). In the control, there is the predominance of monomeric flavonoids, as in the first version of polymeric flavonoids, which is connected with the terms of the pulp maceration. Infusion of pulp until obvious signs of fermentation gives the values of all components of the test is significantly lower than in the control and in the first sample. The tasting showed that the highest score was a control sample. Wine materials had full harmonious taste and a expressed varietal aroma. Wine materials obtained by termovinification had a slightly lower tasting grade then control, they had some excess tannins. The taste had some boiled tones. Wine materials produced of of pulp with infusion had the lowest tasting grade. Technology for producing wine using termovinification will increase the productivity of the area in the red fermentation process at existing facilities.
Article history: Received 8.11.2013 Received in revised form 19.02.2014 Accepted 25.02.2014	
Corresponding author: baxus74@mail.ru	

ВПЛИВ СПОСОБІВ ОДЕРЖАННЯ ЧЕРВОНИХ СТОЛОВИХ ВИНМАТЕРІАЛІВ НА ЇХ ЯКІСТЬ

К.В. Іванченко*ПФ «Кримський агротехнологічний університет» НУБіП України*

В статті приведені дослідження впливу різних способів мацерації м'язги на фенольний комплекс червоних виноматеріалів. Встановлено, що термічна обробка м'язги сприяє накопиченню у виноматеріалах фенольних речовин та антоціанів та дає виноматеріали близькі за дегустаційною оцінкою до виноматеріалів отриманих бродінням м'язги.

Ключові слова: *термовиніфікація м'язги, фенольні та фарбувальні речовини, полімерні та мономерні форми фенольних речовин.*

Вступ. Червоні столові вина представляють особливий тип вина зі специфічними для нього органолептичними властивостями. Вони мають високу біологічну активність і містять велику кількість вітамінів, ферментів, лецитинів, мінеральних та інших речовин корисних для організму [1].

У виробництві червоних столових вин головним технологічним завданням є забезпечення сприятливих умов для вилучення з твердих частин винограду і збереження у вині фенольних (фарбувальних і дубильних) та ароматичних речовин. Ці речовини потрібні для формування типових властивостей червоних столових вин: їх кольору, букету та смаку.

Технологічний запас фарбувальних речовин у винограді повинен бути не менше 600 мг/дм³ при загальному вмісті фенольних речовин 2000 мг/дм³ [2,3]. Вилучення фенольних та ароматичних речовин з м'язги відбувається в результаті екстрагування.

Мета досліджень. Проводилася порівняльна оцінка виноматеріалів приготованих методом класичного бродіння м'язги, короткочасного настоювання м'язги з підброджуванням і методом термовиніфікації м'язги.

При проведенні мацерації досліджували у виноматеріалах вміст: фенольних речовин, полімерних і мономірних форм фенольних речовин, фарбувальних речовин.

У виноматеріалах визначалися показники загальноприйнятими в ґнохімії методами. [4, 5]

Методика досліджень. Вуглеводно-кислотний склад винограду, використовованого при постановці експерименту, наведено в табл. 1. За показниками вуглеводно-кислотного складу виноград відповідав вимогам, що пред'являються до винограду, як сировини для виробництва червоних столових виноматеріалів.

Таблиця 1. Показники вуглеводно-кислотного складу винограду

Сорт винограду	Масова концентрація, г/дм ³		рН сусла	ГАП*	ПТЗ*
	цукрів	титруємих кислот			
Мерло	210	7,2	3,2	2,7	215

ГАП — глюкоацідометричний показник; ПТЗ — показник технічної зрілості

Досліди проводилися по двох варіантах, представлених в табл. 2.

Таблиця 2. Схема проведення експерименту

Варіанти	Спосіб мацерації м'язги
Контроль	Зброджування на м'язги 50 % цукрів
1 варіант	Термовиніфікація (+55 °С)
2 варіант	Настоювання м'язги до бродіння

Термовиніфікацію м'язги проводили з її нагріванням до 55 °С, подальшим самоохолодженням і пресуванням. Загальна тривалість контакту сусла з твердими елементами ягоди складала близько 18 годин.

Настоювання м'язги проводили до появи видимих ознак бродіння — спливання шапки м'язги. При настоюванні проводили 3-х кратне перемішування м'язги. Загальна тривалість контакту сусла з твердими елементами ягоди складала близько 36 годин.

Контролем було зброджування м'язги на 50 % цукрів. Загальна тривалість контакту сусла з твердими елементами ягоди складала близько 4-х діб.

Результати досліджень. В отриманих за різними схемами виноматеріалах проводили визначення показників. Перед аналізами проводили відстоювання на дріжджових осадах на протязі 30 днів з подальшою декантацією. Дані наведені в табл. 3.

Аналіз даних наведених в табл. 3 показав, що перший варіант у порівнянні з контролем мав практично однакову кількість фенольних речовин. В контролі спостерігається переважання мономірних флавоноїдів, а в першому варіанті полімерних флавоноїдів, що пов'язаний з умовами мацерації м'язги.

Настоювання м'язги до прояву явних ознак бродіння дає значення усіх досліджуваних компонентів значно нижче, ніж в контролі і в 1 варіанті.

Таблиця 3. Фенольний комплекс виноматеріалів при різних режимах мацерації

Варіант	Масова концентрація, г/дм ³			
	Фенольних речовин	Полімерних флавоноїдів	Мономерних флавоноїдів	Антоціанів
контроль	2,55	1,68	0,87	0,31
Варіант 1. Термовиніфікація (+ 55 °С)	2,69	2,01	0,68	0,33
Варіант 2. Настоювання м'язги до початку активного бродіння	1,82	1,16	0,66	0,27
НСР _{0,5}	0,26	0,24	0,07	0,02

Термічна обробка м'язги дає виноматеріали змістом мономерних форм флавоноїдів близьких з настоюванням м'язги до початку активного прояву бродіння.

В отриманих виноматеріалах проведена дегустаційна оцінка. Фізико-хімічні показники виноматеріалів та їх дегустаційна оцінка наведені в табл. 4.

Таблиця 4. Фізико-хімічні показники виноматеріалів та їх дегустаційна оцінка

Варіант	Фізико-хімічні показники				Дегустаційний бал
	Об'ємна доля спирту, %	Масова концентрація, г/дм ³ :			
		цукрів	титруємих кислот	летких кислот	
контроль	12,6	2,5	7,0	0,24	7,73
Варіант 1. Термовиніфікація (+55 °С)	12,7	2,4	7,0	0,26	7,70
Варіант 2. Настоювання м'язги до початку активного бродіння	12,5	2,9	7,0	0,25	7,62
НСР _{0,5}	0,24	0,01	—	0,43	0,03

Дегустаційна оцінка показала, що найвищий бал мав контрольний зразок. Виноматеріали мали повний гармонійний смак та виражений сортовий аромат

Виноматеріали одержані термовиніфікацією м'язги мали дегустаційний бал дещо нижче контролю, вони мали зайву танініність. В смаку відчувалися легкі уварені тони.

Виноматеріали з м'язги, підданої настоюванню мали найменший дегустаційний бал. Не дивлячись на видиму типовість по забарвленню, вони мали невиразний, простий смак, з мало вираженими сортовими особливостями.

Висновки. Таким чином у результаті досліджень встановлено, що термічна обробка м'язги дає виноматеріали близькі за дегустаційною оцінкою до виноматеріалів отриманих бродінням м'язги та сприяє накопиченню у виноматеріалах фенольних речовин та антоціанів. Технологія

одержання виноматеріалів із застосуванням термовинифікації дозволить збільшити продуктивність ділянки проведення бродиння за «червоним» способом на існуючих виробничих потужностях.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Валуйко Г.Г.* Технология виноградных вин / Г.Г. Валуйко. — Симферополь: Таврида, 2001. — 624 с.
2. *Современные способы производства* виноградных вин / Г.Г. Валуйко, Д. Цацков, Д. Кадар и др. ; под. ред. проф. Г.Г. Валуйко. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 328 с.
3. *Виноградов, В.А.* Интенсификация экстракции фенольных и красящих веществ из кожицы винограда с помощью низкочастотного вибрационного воздействия / В.А. Виноградов, В.А. Загоруйко, А.Ю. Макагонов // Сб. научн. Трудов НИВиВ «Магарач». — Т. XXXVIII.-2008. — С.128—131.
4. *Методы теххимического контроля* в виноделии / под ред. В.Г. Гержиковой. — Симферополь: Таврида, 2002. — 260 с.
5. *Рекомендации по технологическому* и хозяйственному использованию интродуцированных сортов винограда/ Валуйко Г.Г., Трошин Л.П., Шольц Е.П. и др. — Ялта, ИВиВ «Магарач», 1983. — 72с.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ КРАСНЫХ СТОЛОВЫХ ВИНМАТЕРИАЛОВ НА ИХ КАЧЕСТВО

К.В. Иванченко

ЮФ «Крымский агротехнологический университет» НУБиП Украины

На основании проведенных исследований установлено, что термовинификация мезги дала практически одинаковое содержание фенольных веществ по сравнению с брожением мезги (контролем).

В контроле наблюдается преобладание мономерных флавоноидов, а в первом варианте полимерных флавоноидов, что связано с условиями мацерации мезги. Технология получения виноматериалов с применением термовинификации позволит увеличить производительность участка проведения брожения по красному способу на существующих мощностях.

Ключевые слова: термовинификация мезги, фенольные и красящие вещества, полимерные и мономерные формы фенольных веществ.

УДК 663.53.531

THE ANALYSIS OF GRAIN RAW MATERIALS MICROFLORA AND THE METHODS OF ITS DEPRESSING IN ETHANOL PRODUCTION

D. Tkachenko, P. Shiyan, V. Zubchnko*National University of Food Technologies***R. Kosiv***Lviv Polytechnic National University***Key words:**

Grain raw material
Microflora
Ethanol production
Treatment by infra-red radiation
Low temperature rarefaction

ABSTRACT

In the article the results of research of infra-red radiation influence in the process of producing ethanol from starch-containing raw materials.

The composition of microflora of the corn samples from different regions of Ukraine was analysed. The influence of the preceding corn treatment by infra-red radiation on the microbiological purity of grain was investigated. It has been determined that combination of treatment by infra-red radiation with low temperature rarefaction makes it possible to decrease substantially the microbiological pollution of corn grain used in the ethanol production with the use of amyloid raw materials. The investigations have shown that pre-infrared processing and low-temperature flash allows 26–35 % reduction in microbiological purity of corn. The data obtained show that the use of infrared processing capacity of 40 kW for 95 allows to reduce the temperature of the cooking corn mash for 5–10 °C.

Article history:

Received 17.03.2014
Received in revised form
30.03.2014
Accepted 4.04.2014

Corresponding author:

stlk2209@bigmir.net

АНАЛІЗ МІКРОФЛОРИ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ ТА СПОСОБИ ЇЇ ПРИГНІЧЕННЯ У СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Д.О. Ткаченко, П.Л. Шиян, В.С. Зубченко*Національний університет харчових технологій***Р.Б. Косів***Національний університет «Львівська політехніка»*

Проаналізовано склад мікрофлори зразків кукурудзи з різних регіонів України. Проведено дослідження впливу попереднього інфрачервоного (ІЧ) оброблення кукурудзи на мікробіологічну чистоту зерна. Встановлено, що поєднання ІЧ-оброблення разом з низькотемпературним розварюванням дає змогу значно зменшити мікробіологічну забрудненість зерна кукурудзи в процесі виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини.

Ключові слова: зернова сировина, мікрофлора, спиртове виробництво, ІЧ-оброблення, низькотемпературне розварювання.

© Д.О. Ткаченко, П.Л. Шиян, В.С. Зубченко, Р.Б. Косів, 2014

Вступ. Аналіз стану спиртової галузі України окреслює перед науковцями та промисловістю, особливо за умов ринкової економіки, нові завдання. У першу чергу це завдання розробки та впровадження принципово новітніх, ефективних технологічних прийомів, які забезпечуватимуть зниження енерговитрат та сприятимуть економії ресурсів з метою зниження собівартості кінцевої продукції.

Важливими показниками якості зернової сировини для спиртового виробництва є не тільки технологічні, а також мікробіологічні показники. На перероблення до спиртових підприємств надходить зернова сировина, яка містить велику кількість сторонніх мікроорганізмів, життєдіяльність яких безпосередньо впливає на перебіг технологічних процесів виробництва, показники напівпродуктів та якість готової продукції. Найбільш небезпечними в спиртовому виробництві під час перероблення крохмалевмісної сировини є такі групи мікроорганізмів [5]:

- кислотоутворюючі бактерії — утилізують цукри з утворенням органічних кислот, за рахунок чого відбувається зниження рН середовища, а це в свою чергу призводить до інактивації ферментів амілазної дії та зниження біосинтетичної активності дріжджів;

- спороутворюючі анаеробні бактерії — утворюють масляну кислоту, яка навіть в малих кількостях згубно діє на життєдіяльність дріжджових клітин;

- спороутворюючі нітридоутворюючі бактерії — відновлюють нітрати до нітритів, які є отруйними для дріжджів;

- аспорогенні протеолітичні бактерії — гальмують процеси життєдіяльності дріжджів, утворюють леткі сполуки неприємного запаху, які погіршують якість кінцевого продукту;

- плісеневі гриби — можуть утворювати мікотоксини, які руйнуються за температур вище 200 °С та є дуже шкідливими.

Виходячи з того, що виробництво етилового спирту — це умовно—стерильний процес, а зернова сировина є безперечно основним джерелом інфекції у виробничому процесі при впровадженні енергозберігаючої технології водно-теплової обробки крохмалевмісної сировини, питання мікробіологічної чистоти виробництва набуває вагомого значення [1,2]. Якщо за традиційного високотемпературного (температури від 135 до 160 °С) розварювання зернової сировини за рахунок дії температури та тиску гинула переважна кількість мікроорганізмів, то за умов низькотемпературного (температури від 75 до 95 °С) оброблення дослідження ефективних способів пригнічення мікрофлори сировини є актуальним завданням.

Останнім часом набуло широкого розповсюдження використання ІЧ-оброблення зернової сировини, кормопродуктів, круп та борошна [3,4]. Дослідженнями доказано, що завдяки ІЧ-обробленню в зернових та кормових продуктах знижується кількість сторонньої мікрофлори. Враховуючи це, можна припустити, що використання ІЧ-оброблення сировини спиртового виробництва дасть змогу покращити мікробіологічний стан зерна, що в свою чергу приведе до зниження небажаних наслідків життєдіяльності сторонніх мікроорганізмів під час спиртового зброджування.

Мета досліджень. Метою роботи було проведення аналізу мікрофлори зерна кукурудзи, яке використовують спиртові заводи у різних регіонах України, а також дослідження використання ІЧ-оброблення для пригнічення розвитку та знешкодження сторонніх мікроорганізмів.

Методика досліджень. Оскільки на сьогодні значну частку сировинного ринку зернових культур для спиртового виробництва складає кукурудза, то об'єктами досліджень було обрано п'ять зразків кукурудзи зі спиртових заводів різних областей України. Вологість кукурудзи визначали стандартним методом [6, а крохмалістість поляриметричним методом [7]. З метою встановлення кількісного та якісного складу мікрофлори, зразки зерна висівали на ряд елективних поживних середовищ [5].

Для ІЧ-оброблення використовували апарат барабанного типу «Мікронізатор-НИЗИНА» з джерелом інфрачервоного випромінювання потужністю від 5 до 50 кВт, який призначено для волого—теплової обробки зернової сировини. В дослідях для усіх зразків потужність була однаковою і становила 40 кВт, а тривалість оброблення — 95 с. Як контроль використовували зразки зерна кукурудзи, які не піддавали дії ІЧ-оброблення. Контрольні та

оброблені ІЧ–випромінюванням зразки подрібнювали за допомогою лабораторного млина. Одержаний помел зерна кукурудзи характеризувався 92 % проходом крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Наважки помелів досліджуваних зразків розводили стерильною водопровідною водою при гідромодулі 1:3 (співвідношення помел : вода) та витримували впродовж 24 годин за температури 30 °С. Для визначення зміни ступеня забруднення кислотоутворюючими бактеріями до та після ІЧ-оброблення визначали наростання кислотності у кількості см³ розчину NaOH концентрацією 1 моль / дм³ на 20 см³ суспензій. Крім того зразки суспензій кукурудзи контрольні та оброблені ІЧ-випромінюванням підігрівали до температур 75,80,85, 90,95 °С з витримкою за кожною визначеною температурою впродовж 20, 40,60, 90 та 120 хв. Після витримки для визначення загальної кількості мікроорганізмів, яка залишилась після оброблення проводили висів на м'ясопептонний агар.

Результати показників зразків кукурудзи наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика зразків кукурудзи

№ зразка	Назва регіону	Показники		Вміст окремих фракцій, %		
		Вологість, %	Крохмалистість, %	ціле зерно	биті зерна	сміттєві домішки
1	Київська область	13,1	61,1	70,7	28,3	1,0
2	Вінницька область	13,5	62,3	73,0	26,4	0,6
3	Тернопільська область	13,8	59,7	75,7	23,8	0,5
4	Львівська область	13,6	61,3	66,7	31,4	1,8
5	Житомирська область	14,2	59,5	68,9	29,6	1,5

Наведені результати показують, що вологість та крохмалистість досліджених зразків кукурудзи з різних областей майже не відрізняються, але вміст окремих фракцій (кількість битих зерен та сміттєвої домішки) дещо коливається.

Одержані дані мікробіологічних досліджень за зміною кількісного та якісного складу мікрофлори кукурудзи наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Кількісний та якісний склад мікрофлори зернової сировини

№ зразка	Загальна кількість мікроорганізмів, КУО/г	Основні групи мікроорганізмів, КУО / г			
		Кислотоутворюючі бактерії	спороутворюючі бактерії	плісеневі гриби	дріжджі
1	2,8 · 10 ⁵	2,1 · 10 ⁴	2,4 · 10 ⁴	4,7 · 10 ²	5,2 · 10 ¹
2	2,25 · 10 ⁵	1,8 · 10 ⁴	1,6 · 10 ⁴	3,3 · 10 ²	3,7 · 10 ¹
3	1,72 · 10 ⁵	1,2 · 10 ⁴	1,1 · 10 ⁴	1,4 · 10 ²	0,5 · 10 ¹
4	3,89 · 10 ⁵	3,5 · 10 ⁴	2,8 · 10 ⁴	6,2 · 10 ²	8,3 · 10 ¹
5	3,22 · 10 ⁵	3,1 · 10 ⁴	2,8 · 10 ⁴	5,1 · 10 ²	6,4 · 10 ¹

Кількісний та якісний склад мікрофлори зразків зерна кукурудзи (табл. 2) показує, що загальна кількість мікроорганізмів була меншою у тих зразках, для яких був характерний низький вміст сміттєвих домішок і битих зерен. Найбільшу кількість мікроорганізмів 3,89 · 10⁵ КУО / г спостерігали в зразку № 4, що містив найбільше сміттєвих домішок і

пошкодженого зерна, що майже у 2,2 рази більше, порівняно зі зразком № 3, в якому визначені показники були найнижчими.

Зміни ступеня забруднення зразків кукурудзи кислотоутворюючими бактеріями до та після ІЧ-оброблення наведено у таблиці 3. Одержані результати також показали, що найбільше наростання кислотності 0,92 визначено у зразку № 4, для якого був характерний найбільший вміст як загальної кількості мікроорганізмів, так і кислотоутворюючих бактерій. Більше наростання кислотності в зразках необробленого зерна у порівнянні з зразками кукурудзи після ІЧ-оброблення можна пояснити частковим знешкодженням кислотоутворюючих бактерій у результаті дії інфрачервоного випромінювання.

Таблиця 3. Наростання кислотності в суспензіях зерна

№ зразка	Наростання кислотності в суспензіях зерна, см ³ 1 н. NaOH на 20 мл суспензії	
	Необробленого	Після ІЧ-оброблення
1	0,52	0,26
2	0,43	0,18
3	0,34	0,11
4	0,92	0,44
5	0,71	0,37

Для подальшого етапу досліджень було вибрано зразок кукурудзи № 4, який характеризувався найбільшою кількістю загальної мікрофлори, а також окремих груп мікроорганізмів. Зміна загальної кількості мікроорганізмів у зразку кукурудзи залежно від температури та тривалості термообробки показана на рис. 1. Зміна загальної кількості мікроорганізмів у цьому ж зразку кукурудзи після попереднього ІЧ-оброблення залежно від температури та тривалості термообробки показана на рис. 2. Одержані результати підтверджують припущення щодо кращого ефекту пригнічення та знешкодження мікрофлори зерна кукурудзи при поєднанні попереднього ІЧ-оброблення з подальшим нагрівом та витримкою за температур, які використовують під час низькотемпературного розварювання крохмалевмісної сировини. Загальна кількість мікроорганізмів за найменшої витримки (20 хв.) знизилась на 26–35 % незалежно від температури. Зі збільшенням температури до 95 °С та тривалості оброблення до 120 хв. досягається максимальний ефект і життєдіяльними залишається лише близько 3 % мікрофлори.

Порівнюючи одержані результати, можна стверджувати, що для покращання мікробіологічних показників спиртового виробництва перспективним способом є поєднання

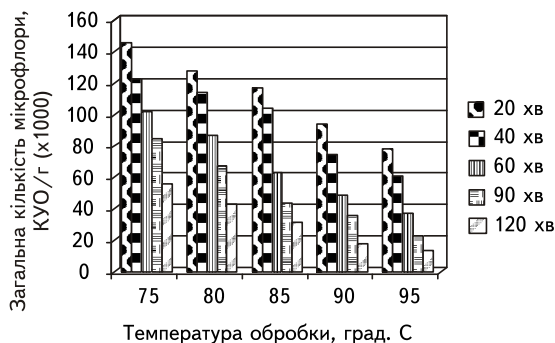


Рис. 1. Залежність кількості мікроорганізмів від температури та тривалості обробки

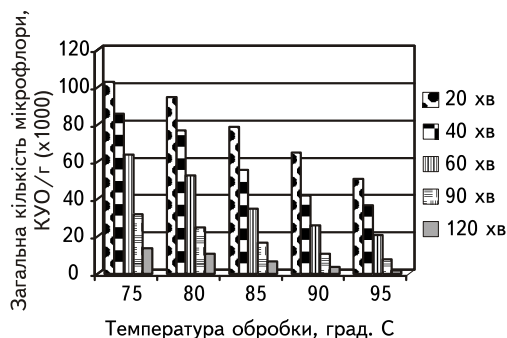


Рис. 2. Залежність кількості мікроорганізмів після ІЧ-оброблення від температури та тривалості обробки

ІЧ-оброблення разом з низькотемпературним розварюванням, при цьому температуру в апаратах гідроферментативного розварювання можна знизити на 5–10 °С.

Висновки. За результатами проведених досліджень аналізу мікрофлори зерна кукурудзи у різних регіонах України показано, що загальна кількість мікроорганізмів більшою мірою залежить від вмісту у зерні пошкоджених зерен та сміттєвих домішок. Встановлено, що поєднання ІЧ-оброблення разом з низькотемпературним розварюванням дає змогу на 26–35 % знизити мікробіологічну забрудненість зерна кукурудзи в процесі виробництва етилового спирту з крохмалевмісної сировини. Одержані дані дають змогу стверджувати, що попереднє ІЧ-оброблення в процесі гідроферментативного оброблення зернової сировини дає змогу знизити температуру розварювання на 5–10 °С .

ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика [Текст] : моногр. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. — К. : ВД «Асканія», 2009. — 424 с.
2. *Технологія спирту* [Текст] / В.О. Марінченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін.; ред. В.О. Марінченка. — Вінниця: Поділля—2000, 2003. — 496 с.
3. Сумина Л.И. Исследование процесса получения суслу из ИК-обработанного зерна ячменя / Л.И. Сумина, Л.Н. Крикунова // Производство спирта и ликеро-водочных изделий — 2007.— № 4. — С.18–21.
4. Филатов В.В. Тепловая обработка зерна при инфракрасном энергоподводе / В.В. Филатов, В.В. Вкирдяшкин, Р.Р. Азизов // Хранение и переработка сельхозсырья — 2008.— № 5. — С.34–37.
5. *Руководство по микробиологическому контролю спирто-дрожжевого производства*. УкрНИИспиртбиопрод— К. : ВД «Харчова та переробна промисловість», 1995. — 67с.
6. ДСТУ 4864–2007 Сировина крохмалевмісна для спиртового виробництва. Методи визначання вологості. Держспоживстандарт України, К., 2008, С.18.
7. ГСТУ 46.045–2003 Зерно. Методи визначення умовної крохмалистості, зі зміною № 1 – 2007.

АНАЛИЗ МИКРОФЛОРЫ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ И СПОСОБЫ ЕЕ УГНЕТЕНИЯ В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Д.О. Ткаченко, П.Л. Шиян, В.С. Зубченко

Национальный университет пищевых технологий

Р.Б. Косив

Национальный университет «Львовская политехника»

В статье приведены результаты исследований ИК-обработки кукурузы на протекание процессов при производстве этилового спирта из крахмалсодержащего сырья.

Проанализирован состав микрофлоры образцов кукурузы из разных регионов Украины. Проведены исследования влияния предварительной ИК-обработки кукурузы на микробиологическую чистоту зерна. Установлено, что сочетание ИК-обработки вместе с низкотемпературным развариванием дает возможность значительно уменьшить микробиологическую загрязненность зерна кукурузы в процессе производства этилового спирта из крахмалсодержащего сырья.

Ключевые слова: *зерновое сырье, микрофлора, спиртовое производство, ИК-обработка, низкотемпературное разваривание.*

THE COEFFICIENTS OF WATER TRANSFER IN CARROT

B.I. Verbitsky, Yu.P. Lutsik, T.M. Levkivska

National University of Food Technologies

Key words:

Drying
Coefficients of diffusion
Thermodiffusion
Effusion and Thermoefusion
Capillary conductivity
Thermogradient coefficient

ABSTRACT

The coefficients of capillary diffusion and thermodiffusion, relative coefficient of thermodiffusion, coefficient of capillary conductivity, the coefficients of effusion and thermoefusion all depending on water contents have been determined for a carrot. The changes in mass characteristics are analyzed during the process of drying. The coefficients of effusion and thermoefusion were calculated taking to the account the fact that thermodynamic forces of water transfer are the functions of water content and temperature, and from the sorption isotherms it is followed, that partial pressure of water vapor is the function of the same parameters. The coefficients of capillary diffusion and thermodiffusion, coefficient of capillary moisture flow for the defined values were calculated from the distribution of micropores by radii. It is shown that during the process of carrot drying internal moisture flow occurs mainly in the form of capillary moisture and only at the small values of water content in the form of vapor effusion one

Article history:

Received 23.09.2013
Received in revised form
3.12.2013
Accepted 10.12.2013

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

КОЕФІЦІЄНТИ ВОЛОГОПЕРЕНЕСЕННЯ МОРКВИ

Б.І. Вербицький, Ю.П. Луцик, Т.М. Левківська

Національний університет харчових технологій

В статті наведені визначені для моркви коефіцієнти капілярної дифузії і термодифузії, відносний коефіцієнт термодифузії, коефіцієнт капілярної провідності, коефіцієнти ефузії і термоефузії в залежності від вмісту вологи. Уточнений механізм процесу сушіння моркви.

Ключові слова: морква, сушіння, коефіцієнти дифузії, термодифузії, ефузії та термоефузії, капілярна вологопровідність, термоградієнтний коефіцієнт.

Вступ. Науково обґрунтований вибір способу і режимів сушіння овочів зокрема моркви не можливий без визначених коефіцієнтів волого перенесення. Коефіцієнти волого перенесення також необхідні для розрахунку сучасних сушильних установок, умов зберігання продуктів. Масообмінні характеристики овочів в тому числі і моркви вивчені недостатньо, що і обумовлює актуальність проблеми.

© Б.І. Вербицький, Ю.П. Луцик, Т.М. Левківська, 2013

Мета досліджень. За експериментально отриманими ізотермами сорбції парів води морквою [1] за запропонованою нами методикою [2], були визначені деякі коефіцієнти молекулярного волого перенесення (коефіцієнти капілярної дифузії a_m і термодифузії a_m^T , відносний коефіцієнт термодифузії δ , коефіцієнт капілярної провідності k_v , коефіцієнти ефузії a_e і термoeфузії a_e^T тощо).

Внутрішнє волого перенесення у моркві в області адсорбційної вологи, як і у інших овочах, що відносяться до колоїдних капілярно пористих матеріалів, здійснюється дякуючи ефузії вологи у вигляді пари. Перенесення вологи обумовлено молекулярною течією пари по мікро капілярах, характерних для моркви за даних умов. При цьому молекули пари рухаються у мікро капілярі незалежно одна від одної відтворюючи так званий молекулярний пучок.

Результати досліджень. Термодинамічні сили волого перенесення є функціями волого вмісту u і температури T . Парціальний тиск пари у мікрокапілярах, виходячи з ізотерми сорбції є функцією цих же величин, отже $p / \sqrt{T} = Z(u, T)$. Тоді коефіцієнти ефузії a_e і термічної ефузії a_e^T можна розрахувати за формулами

$$a_e = \frac{1,064r_e}{\rho_0} \sqrt{\frac{\mu}{R}} \left(\frac{\partial Z}{\partial u} \right)_T \quad \text{і} \quad a_e^T = \frac{1,064r_e}{\rho_0} \sqrt{\frac{\mu}{R}} \left(\frac{\partial Z}{\partial T} \right)_u, \quad (1)$$

де r_e — ефективний радіус мікропор, m — молярна маса води, R — універсальна газова стала [3]. Отримані за (1) коефіцієнти ефузії a_e для моркви представлені на рис. 1.

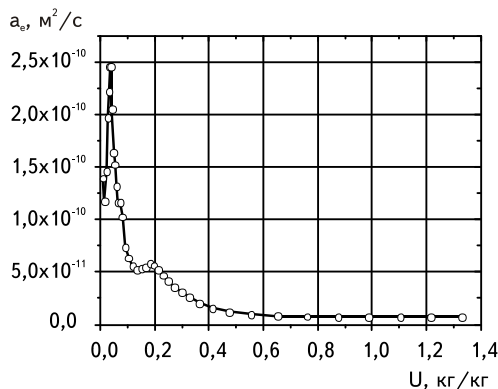


Рис. 1. Залежність коефіцієнта ефузії a_e моркви при температурі $T = 293K$ від волого вмісту

Як видно з рис. 1, при зростанні волого вмісту моркви до $u \approx u_m$ коефіцієнти ефузії a_e збільшуються і максимум кривої відповідає кількості вологи, що адсорбується в мономолекулярному шарі u_m . Другий значно менший максимум відповідає кількості вологи, що адсорбується в полі молекулярному шарі u_n . При зростанні волого вмісту u моркви до більших за u_n значень коефіцієнти ефузії a_e різко зменшуються. Отже в цій області волого вмістів ефузійне перенесення вологи втрачає свою переважну роль.

Отримані за (1) коефіцієнти термічної ефузії a_e^T для моркви представлені на рис. 2. Коефіцієнт термічної ефузії a_e^T при малих волого вмістах до $u \approx 0,2$ кг/кг практично дорівнює нулю для всіх досліджених температур, і далі зростає із збільшенням температури і волого вмісту.

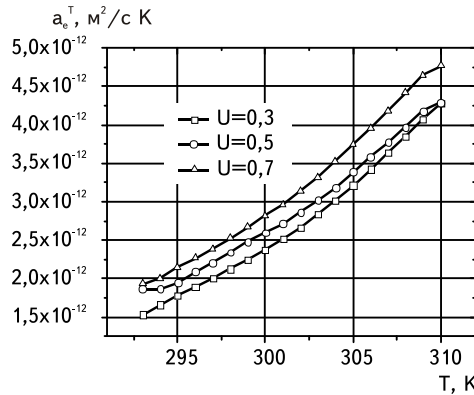


Рис. 2. Залежність коефіцієнта термічної ефузії a_e^T для волого вмістів 0,3 кг/кг, 0,5 кг/кг, 0,7 кг/кг від температури

Зміна температури спричиняє більший вплив на зміну a_e^T ніж зміна волого вмісту. Термічна ефузія незначна порівняно з ефузією пари (чисельні значення коефіцієнтів термічної ефузії a_e^T на два порядки менші за коефіцієнти ефузії a_e).

Знаючи розподіл мікропор $f(r)$ за радіусами r у матеріалі, коефіцієнт поверхневого натягу води γ і його залежність від температури ($\frac{d\sigma}{dT}$), коефіцієнт в'язкості води η за певної температури, густину абсолютно сухого зразка моркви $\rho_0 = 947,4$ кг/м³ [4,5], і вважаючи, що стінки капілярів повністю змочуються ($\cos\theta = 1$) за [3] за формулами

$$a_m = \frac{\sigma \cos\theta}{4\eta r^2 f(r)} \int_0^{r_{\max}} r^2 f(r) dr, \quad a_m^T = \frac{\rho \cos\theta d\sigma}{4\rho_0 \eta r dT} \int_0^{r_{\max}} r^2 f(r) dr; \quad k_{\psi} = \frac{\rho^2}{8\eta} \int_0^{r_{\max}} r^2 f(r) dr \quad (2)$$

знаходили коефіцієнти дифузії a_m , термодифузії a_m^T і коефіцієнти капілярної k_{ψ} провідності моркви для певних значень її волого вмісту. Відносний коефіцієнт термодифузії δ знаходили взявши відношення a_m^T до a_m .

Розраховані за (2) значення a_m , a_m^T та δ показані на рис. 3.

Як видно з рис. 3 при $T = 293K$ при низькому волого вмісті моркви (до $u \approx 0,2$ кг/кг) дифузія вологи в мікро капілярах відбувається в основному за рахунок ефузії пари і коефіцієнти дифузії a_m досить малі і не перевищують значень $4 \cdot 10^{-8}$ м²/с. В області волого вмістів, які відповідають вологі полі молекулярної адсорбції і капілярній вологі, a_m зростає майже лінійно до значення $6,0 \cdot 10^{-8}$ м²/с при $u \approx 0,6$ кг/кг і дуже різко (на два порядки) при наближенні до максимального гігроскопічного волого вмісту. Перенесення вологи у моркві за рахунок термодифузії незначне порівняно з дифузією (коефіцієнти дифузії a_m на 4–5 порядків більші за коефіцієнти термодифузії a_m^T для будь-яких значень волого вмісту). При наближенні до максимального гігроскопічного волого вмісту спостерігається зростання a_m^T . Всі ці зміни $a_m = f(u)$ і $a_m^T = f(u)$ та їх зростання можна пояснити тим, що при $u > u_n$ у моркві відбувається конденсація пари у капілярах значно більших радіусів, що призводить

до виникнення іншого механізму внутрішнього волого перенесення. Це підтверджується і порівнянням ходу кривих $a_e = f(u)$ (рис. 1) і $\delta = f(u)$ (рис. 3). Оскільки практичний інтерес з точки зору технології сушіння моркви, являють собою волого вмісти від максимального гігроскопічного до $U = 0,163$ кг/кг ($W = 14\%$ — кінцева вологість висушеної моркви) то легко бачити, що вирішальну роль при цьому відіграє капілярне перенесення вологи.

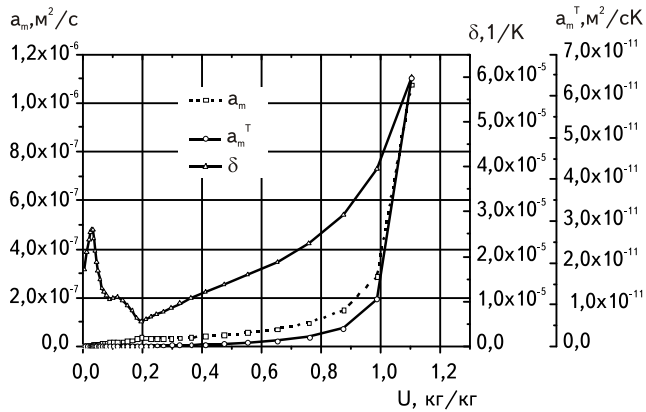


Рис. 3. Залежності коефіцієнти дифузії a_m , термодифузії a_m^T , та відносного коефіцієнта термодифузії δ для моркви при температурі $T = 293K$ від волого вмісту

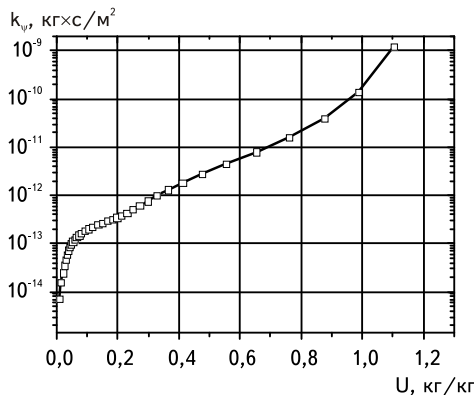


Рис. 4. Залежність коефіцієнта капілярної провідності k_{ψ} моркви при температурі $T = 293K$ від волого вмісту

Розраховані значення коефіцієнтів капілярної провідності k_{ψ} моркви для певних значень її волого вмісту показані на рис. 4. Коефіцієнт капілярної провідності k_{ψ} в досліджуваній області волого вмістів збільшується майже на 6 порядків, тому зручніше подати залежність $k_{\psi} = f(u)$ в логарифмічному масштабі. Легко бачити, що в області волого вмістів моно молекулярної адсорбції k_{ψ} , залишаючись за величиною досить малим, стрімко зростає. Тут вирішальну роль відіграє перенесення вологи ефузією у вигляді пари по мікро капілярах. При досягненні волого вмісту u_m

нахил кривої $k_{\psi} = f(u)$ стає меншим. Таке зростання k_{ψ} відбувається до $u \approx 0,6$ кг/кг (k_{ψ} в цій області волого вмістів є показниковою функцією u). Це можна пояснити тим, що при таких u пара починає конденсуватися на стінках капілярів і збільшується доля перенесення вологи в них за рахунок капілярної провідності. При волого вмістах $u > 0,6$ кг/кг капіляри майже повністю заповнені вологою і k_{ψ} дуже різко зростає до значення $6 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Кг}}{\text{Кг}}$ при максимальному гігроскопічному волого вмісті.

Висновки. Визначені залежності коефіцієнтів капілярної дифузії α_m , термодифузії α_m^T і відносного коефіцієнту термодифузії d і коефіцієнта капілярної провідності k_{ψ} моркви від волого вмісту. Визначені для моркви залежності коефіцієнта ефузії α_e від волого вмісту і термоефузії α_e^T від волого вмісту і температури. Показано, що внутрішнє переміщення вологи у моркві при сушінні в основному відбувається у вигляді капілярної вологи і тільки при малих волого вмістах ($u < 0,2$ кг/кг) деякою мірою за рахунок ефузії пари.

ЛІТЕРАТУРА

1. Филоненко Г.К. Сушка пищевых растительных материалов / Г.К. Филоненко, М.А. Гришин, Л.М. Гольденберг — М.: Пищевая промышленность, 1971. — 439с.
2. Микроразовая структура макаронных изделий с нетрадиционным сырьем и влияние ее на внутреннее влагоперемещение / В.Г. Юрчак, Ю.П. Луцки, Б.И. Вербицкий та ін. // Пищевая технология. — 2003. — № 5. — С.68–70.
3. Лыков А.В. Теплообмен: справочник / А.В. Лыков. — М.: Энергия, 1972. — 560 с.
4. Kumar S. Physical and Thermal Properties of Carrots during Drying / S. Kumar, S. Arora // The Institution of Engineers (India), IET journal, Agricultural ENGG. — 2009. — vol.90. — PP.37–41.
5. Lozano J. E. Shrinkage, Porosity and Bulk Density of Foodstuffs at Changing Moisture Contents / J. E. Lozano, E. Rotstein, M. J. Urbicain // Journal of food science. — 1983. — vol.48. — p.1497.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЛАГОПЕРЕНОСА МОРКОВИ

Б.І. Вербицкий, Ю.П. Луцки, Т.М. Левковская

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены определенные для моркови коэффициенты капиллярной диффузии и термодиффузии, относительный коэффициент термодиффузии, коэффициент капиллярной проводимости, коэффициенты эффузии и термоэффузии в зависимости от влагосодержания. Уточнен механизм процесса сушки моркови.

Ключевые слова: морковь, сушка, коэффициенты диффузии и термодиффузии, эффузии и термоэффузии, капиллярная влагонепроводимость, термоградиентный коэффициент.

CHANGES IN CHEMICAL COMPOSITION DURING RICE MALTING

N. Emelyanova, R. Mukoid, E. Chumakova, L. Bilokur

National University of Food Technologies

V. Skidan

Rice Research Institute at Ukrainian Academy of Agrarian Sciences

Key words:	ABSTRACT
Malt Malting Gluten Protein Extract content Amine nitrogen Maltose Humidity Acidity	Technological processes during the manufacture of rice malt, which will be used in the production of gluten-free products, and the changes in the chemical composition during rice malting were studied. Weight and moisture of dry malt with sprouts and also weight and moisture of malted grains and sprouts separately were measured during the research. According to the obtained results losses of dry matter were calculated. In laboratory wort extractives content was determined by using densimeter, content of reducing substances was measured with the help of iodometric method, content of amine nitrogen was determined by copper method, acidity was measured by using direct titration of sodium hydrate solution with phenolphthalein and color was determined by colorimetric titration with iodine solution. With the help of obtained results the influence of temperature of rice germination on the technological characteristics of malt was determined.

Article history: Received 17.09.2013 Received in revised form 6.12.2013 Accepted 10.12.2013
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net

ЗМІНИ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПРИ СОЛОДОРОЩЕННІ РИСУ

Н.О. Ємельянова, Р.М. Мукоїд, О.В. Чумакова, Л.О. Білокур

Національний університет харчових технологій

В.О. Скидан

Інститут рису НААН

Досліджено технологічні процеси при виготовленні рисового солоду, який буде застосовуватись у виробництві безглютенових продуктів і вивчено зміни хімічного складу рису при солодородженні. В процесі дослідження перевіряли повноту оцукрювання, визначали екстрактивність за допомогою пікнометра, вміст редуруючих речовин — йодометричним методом, вміст амінного азоту — мідним способом, кислотність — прямим титруванням з фенолфталеїном та колір — колориметричним титруванням.

Ключові слова: *солод, солодородження, глютен, білок, екстрактивність, аміний азот, мальтоза, вологість, кислотність.*

Вступ. В теперішній час людство все частіше зустрічається з целіакією — вродженим захворюванням, яке пов'язане з непереносимістю білка злаків — глютену.

Глютен — це особлива фракція рослинного білка. Він робить багато продуктів смачними: додає хлібу м'якість і рихлість, тісту — тягучість, супи і соуси робить густими і насиченими. Але людям з особливою хворобою — целіакією споживати продукти, що містять глютен, не можна. Під впливом глютену руйнуються ворсинки тонкого кишечника, через які відбувається всмоктування їжі, у результаті чого порушується засвоєння харчових речовин.

Білки мають в своєму складі 4 фракції: альбуміни — білки, що розчинні у воді, глобуліни — нерозчинні в чистій воді, але розчинні в слабких розчинах солей, проламіни — група білків, нерозчинних у воді, але добре розчинних у 60–80 % етилового спирті і глютеліни, які розчинні у слабких лужних розчинах.

Дві останні фракції і носять назву «глютен» [1]. Продукти, що не мають глютену, вважаються безпечними для хворих на целіакію.

Мета досліджень. Забезпечення хворих на целіакію безглютеновими харчовими продуктами є дуже важливою медико-соціальною проблемою.

Розробленням безглютенових продуктів для профілактичного і лікувального харчування займаються вчені багатьох країн. Але такі розробки стосуються використання борошна з аглутенових злаків: кукурудзи, рису, гречки та ін. В той же час відомо, що при пророщуванні зерно збагачується біологічно-активними речовинами. В результаті дії гідролітичних ферментів в 3–4 рази збільшується вміст цукрів, в 4–6 разів — вміст вільних амінокислот, в тому числі в 3–4 рази незамінних. При цьому зерно збагачується вітамінами, ферментами, фітогормонами [2].

Не викликає сумніву, що використання пророщеного зерна (солоду) для виготовлення лікувально-дієтичних харчових продуктів, в тому числі і для хворих на целіакію, надасть можливість значно підвищити ефективність від їх вживання.

Даних про проведення досліджень, присвячених виготовленню рисового солоду, в спеціальній літературі нами не знайдено. Тому метою роботи було вивчення змін хімічного складу рису при його солодоращенні.

Методика досліджень. Дослідження технологічних процесів при виготовленні солоду проводили з вітчизняними сортами рису Онтаріо, Серпневий, Віконт. Зерно названих сортів одержували від Інституту Рису НААН.

Відомо, що технологія солоду складається з наступних стадій: замочування зерна, пророщування замоченого зерна, сушіння свіжопророщеного солоду [3].

Зразки зерна рису замочували повітряно-водняним способом: поперемінно по 6–8 годин витримували в воді температурою 18–20 °С (водяна пауза) і без води (повітряна пауза) до вологості 40 ± 2 %.

В процесі роботи з'ясувалось, що зерно рису дуже повільно набирає вологу у порівнянні з іншими злаками. Так, як при виробництві солоду ячмінне зерно до вологості 42–44 % замочують не більше 2-х діб, пшеницю, жито — 1 добу, то рис, для досягнення потрібної вологості, приходиться замочувати не менше 3-х діб.

Пророщували замочене зерно рису в лабораторній солодоростильній установці при температурі 18 °С протягом 8 діб.

Свіжопророщений солод сушили на лабораторній сушарці при поступовому підвищенні температури повітря від 40 до 60 °С. Вологість солоду доводили до 6–8 %.

З одержаного солоду готували затори, перевіряли повноту оцукрювання, визначали екстрактивність з допомогою пікнометра, вміст редуруючих речовин — йодометричним методом, вміст амінного азоту — мідним способом, кислотність — прямим титруванням з фенолфталеїном, колір — колориметричним титруванням розчину йоду [3].

Результати аналізу солоду, пророщеного при 18 °С рису сорту «Онтаріо» представлені в таблиці, з якої видно, що при солодоращенні зерна рису досить інтенсивно під дією ферментів, що утворюються в проростаючому зерні проходять гідролітичні процеси. В результаті гідролізу крохмалю збільшується вміст редуруючих речовин, гідролізу білкових речовин — вміст амінного азоту, до певної міри збільшується кислотність і колір суслу.

Названі зміни хімічного складу проводяться до збільшення найважливішого показника солоду — екстрактивності, яка тісно пов'язана з показником — термін оцукрювання. Цей показник проростаючого зерна є свідком амілолітичної активності. Одержані результати показують, що ще на четверту і п'яту добу пророщування рису ця активність невелика: крохмаль недостатньо оцукрився, екстрактивних речовин в суслі небагато і екстрактивність солоду невисока. Але при подальшому пророщуванні зерна амілолітична активність росте, затори вже оцукрюються і екстрактивність солоду збільшується. При цьому збільшується і вміст продуктів гідролізу зерна: редуруючих речовин, амінного азоту.

Найкращі значення вмісту цих речовин має рисовий солод після пророщування протягом 7 діб. Одержані результати дають право стверджувати, що пророщувати рис потрібно 7–8 діб.

Зміни технологічних показників при солодоращенні рису сорту «Онтаріо»

№	Показники	Тривалість солодоращення, діб				
		4	5	6	7	8
1	Вологість, %	42,8	42,5	42,3	42,0	41,8
2	Оцукрення, хв.	не оцукр.	не оцукр.	у фільтраті	у фільтраті	фільтраті
3	Екстрактивність, %					
	– на ПСР	53,8	55,7	58,23	59,4	59,34
	– на СР	58,6	61,0	63,57	65,3	64,36
4	Мальтоза, г					
	– в 100 мл сусла	4,1	4,96	5,13	5,81	5,64
	– в 100 г солоду	37,5	45,7	47,3	53,9	51,6
5	Амінний азот, мг					
	– в 100 мл сусла	6,58	8,12	9,1	10,64	10,92
	– в 100 г солоду	10,18	74,8	83,8	98,85	91,56
6	Кислотність, см ³ розчину NaOH _{конц.} 1,0 моль/дм ³					
	– на 100 мл сусла	0,7	0,7	0,78	0,93	0,93
	– на 100 г солоду	6,4	6,45	7,18	8,6	8,49
7	Колір, см ³ розчину йоду конц., 0,1 моль/дм ³					
	– на 100 мл сусла	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	– на 100 г солоду	6,4	6,45	6,44	6,5	6,5

Результати досліджень. Уважне вивчення отриманих результатів показує, що зміни хімічного складу при солодоращенні рису дуже подібні до змін при солодоращенні ячменю [4]. Тільки ячмінне зерно для одержання солоду замочують біля 2–х діб і пророщують 6–7, а рис потрібно замочувати 3–4 доби і пророщувати після цього 7–8 діб. Подібні результати одержані нами також при солодоращенні інших сортів рису: Агат, Віконт, Преміям, Престиж, Серпневий, Україна 96.

Висновки. В процесі роботи виявилась ще одна особливість рисового зерна: солод з нього «важко» оцукрюється на відміну від ячмінного, який оцукрюється майже повністю вже на п'яту добу солодоращення. Таку особливість можна пояснити особливостями хімічного складу крохмалю рису, в якому превалює амілопектин, а в ячмінному значно більший вміст амілози.

При проведенні досліджень виявились особливості процесів замочування і пророщування зерна рису, які необхідно враховувати при розробленні Технологічної інструкції на виробництво рисового солоду.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Алпатьева, Н.В.* Пролаminy и целиакия / Н.В. Алпатьева, И.П. Гаврилюк, Н.А. Леонтьева, Л.С. Орешко и др. // Аграрная Россия. — 2004. — №6. — С.42–47.
2. *Технологія солодових екстрактів*, концентратів квасного суслу і квасу / Н.О. Емельянова, Н.Я. Гречко, В.Н. Кошова, В.Х. Суходол. — Київ, ГСДО, 1994. — 152 с.
3. *Мелетьев, А.Є.* Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підручник / А.Є. Мелетьев, С.Р.Тодосійчук, В.М. Кошова. — Вінниця: Нова Книга, 2007. — 392 с.
4. *Домарецький, В.А.* Технологія солоду і пива / В.А. Домарецький. — Київ: «Фірма ИНКОС», 2004. — 432 с.

ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИ СОЛОДОРЩЕНИИ РИСА

Н.О. Емельянова, Р.М. Мукоид, О.В. Чумакова, Л.О. Белокур

Национальный университет пищевых технологий

В.О. Скидан

Институт риса НААН

Исследованы технологические процессы при изготовлении рисового солода, который будет применяться в производстве безглютеновых продуктов и изучены изменения химического состава риса при солодоращении. В процессе исследования проверяли полноту осахаривания, определяли экстрактивность с помощью пикнометра, содержание редуцирующих веществ — йодометрическим методом, содержание аминного азота — медным способом, кислотность — прямым титрованием с фенолфталеином и цвет — колориметрическим титрованием.

Ключевые слова: солод, солодоращение, глютен, белок, экстрактивность, аминный азот, мальтоза, влажность, кислотность.

PHYSICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES AT MUSHROOM CELLS

T. Roman, A. Masurenko, A. Dubyvko, A. Bybych, V. Zakharov

National University of Food Technologies

Key words:

Fungal cells
Mushroom
Metabolism
Protein

ABSTRACT

This article is dedicated to the topic in order to establish the optimum storage conditions of storage of fresh mushrooms in the process of further processing. As the research materials were selected premium grade white mushrooms. The studies were conducted in a scientific laboratory with a digital microscope MIKMED–1 and chemical reagent indicator of methylene blue. Since mushrooms are at the same time to the kingdom of plants and animals, the structure of fungal cell is a particular their mutual inclusion. Therefore, you must isledovat the product carefully, using the difference to the study of cell caps and stems. Due to the lack of study of this product, authors have conducted research designed in the laboratory and the results obtained suggest that the significant differences in the structure of the cells of the material affects the quality of the product is recycled.

Article history:

Received 10.09.2013
Received in revised form 6.11.2013
Accepted 13.11.2013

Corresponding author:

tasichkasonechko@gmail.com

ФІЗИКО-БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ ПРИ СТАРІННІ КЛІТИН ШАМПІНЬОНА

Т.О. Роман, О.Г. Мазуренко, А.С. Дубівко, О.Г. Бибич, В.В. Захаров

Національний університет харчових технологій

Метою даної роботи було встановлення оптимальних умов зберігання свіжих грибів до процесу їх подальшої переробки. У якості дослідної сировини було вибрано білі шампінйони вищого сорту. Дослідження проводились в науковій лабораторії за допомогою цифрового мікроскопа MIKMED–1 та хімічного реагенту-індикатора метиленової сині.

Ключові слова: *грибна клітина, шампінйон, метаболізм, білки.*

Вступ. Будова грибної клітини є особливою, їй властиві як рослинні так і тваринні включення. Клітинна стінка містить [1] 80–90% полісахаридів, що зв'язані з білками і ліпідами. Крім того до її складу входять поліфосфати і меланіни (Рис. 1). Скелетні компоненти клітинної стінки складаються з хітину або целюлози.

У цитоплазмі клітин грибів присутні рибосоми, мітохондрії, апарат Гольджі і ядра. Протопласт грибів оточений цитоплазматичною мембраною. Між клітинною стінкою та цитоплазматичною мембраною розташовуються мембранні структури, що мають вид численних бульбашок.

© Т.О. Роман, О.Г. Мазуренко, А.С. Дубівко, О.Г. Бибич, В.В. Захаров, 2013



Рис.1. Будова грибної клітини

Мітохондрії грибів схожі з мітохондріями рослин, але відрізняються від них деякими деталями будови [2]. У цитоплазмі присутні мікротільця – округлі або овальні мембранні структури. У клітині гриба знаходиться від 1 до 20–30 ядер. Їх розмір зазвичай близько 2–3 мкм. Ядра грибів мають типову будову. Вони оточені оболонкою з двох мембран. У нуклеоплазмі міститься ядерце і хромосоми. При митотическом розподілі ядра ядерна оболонка часто зберігається.

У клітинах грибів присутні численні включення [3]: гранули глікогену, краплі ліпідів, вуглеводи, харчові волокна, ненасичені жирні кислоти, полі- і дисахариди, вітаміни, мікро- і макроелементи. У вакуолях знаходяться гранули білків.

Не дивлячись на те, що гриби відносяться до окремого класу живих організмів, на даний момент часу ще не розроблено досконалої технології їх оброблення та зберігання.

Метою дослідження є встановлення оптимального способу зберігання грибів до процесу їх подальшого оброблення. У ході дослідження ми спостерігали за перебігом процесу старіння і відмирання клітин в різних навколишніх умовах.

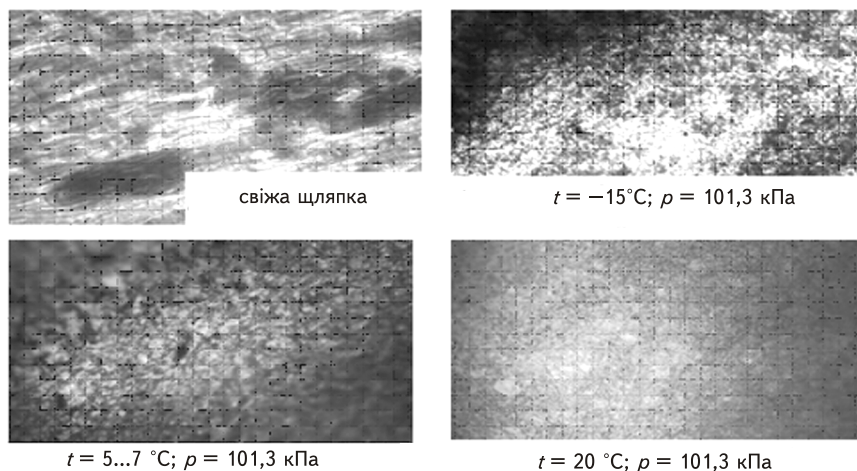


Рис.2. Зміна структури шляпки

Методика дослідження. Для досліду взяли свіжі шампінйони вищого сорту. Один молодий свіже зрізний гриб (рис. 2) ми прийняли як еталонний. Решту грибів ми розділили на 3 групи (перша зберігалася в морозильній камері, друга в холодильнику, третя при кімнатній температурі у добре вентиляованій лабораторії) і зберігали насипом протягом семи днів. Щоденно ми робили зріз одного гриба з кожної групи, прослідкували зміну структури і за допомогою метиленової сині визначили відсоток загиблих клітин.

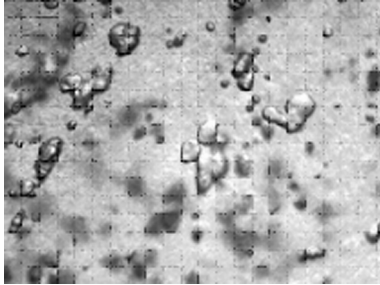


Рис. 3. Краплини води, що була зв'язана в клітинах

Першу групу грибів ми помістили у відкрите середовище, з температурою повітря -15°C та тиском 1 атмосфери. У таких умовах вся вода (клітинна та міжклітинна) кристалізувалася. (Рис. 3). При цьому ми побачили, що структура шляпки та ніжки істотно змінилася, що пов'язано з розривом клітинної мембрани внаслідок різкого розширення клітинної води. При розморожуванні грибів ми бачимо миттєве псування, процес гниття відбувався також миттєво. Окрім того разом з вологою при розморожуванні видаляються всі поживні речовини, тому при подальшому обробленні таких грибів отримуємо чисту клітковину, що не має поживної цінності. Тобто зберігання грибів при температурі нижче нуля є недоцільним.

Другу групу грибів ми зберігали при температурі $5-7^{\circ}\text{C}$ і атмосферному тиску. В таких умовах вода не кристалізується але процес метаболізму максимально сповільнюється. На сьомий день ми мали майже 80 % загиблих клітин. Тобто ми встановили, що в даних умовах гриби можуть зберігатись не більше 1 тижня.

Третю групу ми зберігали при кімнатній температурі ($20^{\circ} - 2^{\circ}\text{C}$). В таких умовах процес старіння і відмирання клітин відбувався в три етапи. На першому етапі (0-48 год) руйнування клітин незначне отже досліджуваний продукт має високий показник якості. На другому етапі, що триває від 48 до 96 процес відмирання клітин в результаті розриву клітинної стінки відбувається стрімко і неконтрольовано. На третьому етапі (після 96 год. зберігання) гриб стає непридатним для подальшого використання, у зв'язку з надвисоким містом в ньому загиблих клітин. Оскільки метаболізм проходив природнім шляхом, клітини гинули від нестачі поживних речовин, вільна вода швидко випаровувалася, гриби почали всихати і з часом гнити.

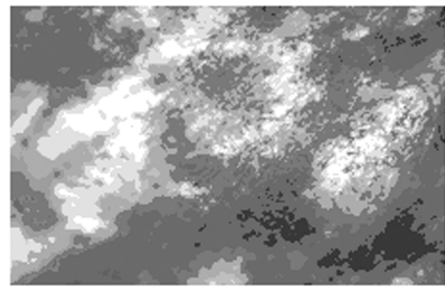
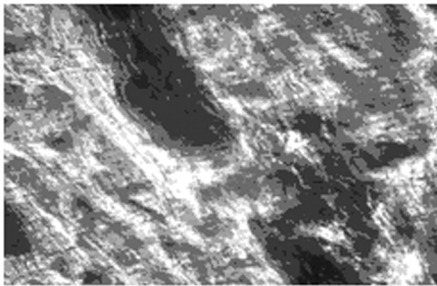


Рис. 4 а) Структура шляпки свіжого шампіньона

Рис. 4 б) Структура ніжки свіжого шампіньона

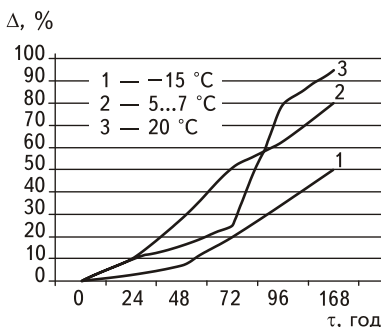


Рис. 6. Графік відмирання клітин в шляпці шампіньона

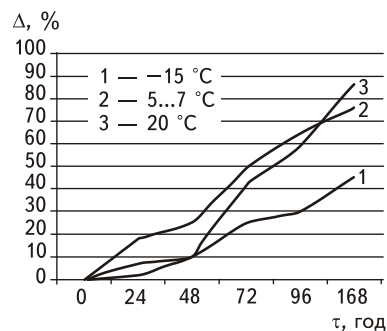


Рис. 5. Графік відмирання клітин в ніжці шампіньона

Висновки: На підставі аналізу отриманих даних випливає, що руйнування клітин в ніжці та шляпці гриба проходить з різною інтенсивністю. Клітини шляпки руйнуються швидше ніж клітини ніжки; це пояснюється різною структурою ніжки і шляпки (Рис. 4 а,б).

У ході дослідження було встановлено граничні межі зберігання гриба шампінйона при різних температурах (Рис. 5,6).

Було визначено що при температурі -15°C зберігання грибів недоцільне, при температурі $5-7^{\circ}\text{C}$ оптимальний термін зберігання до 96 годин, а в нормальних умовах ($20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$) до 72 годин.

Отже, якщо подальша обробка шампінйонів буде проведена на протязі 2–3 діб після збору, доцільним є зберігання в нормальних умовах. Таким чином при зберіганні грибів в нормальних умовах ми отримуємо продукт не нижчої якості ніж при зберіганні тих самих грибів у холодильній камері, при цьому не затрачуючи додаткові ресурси (електроенергії на охолодження тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов 2003 / З. Э. Беккер.— 230 с. — ISBN 5–211–00132–Х.М.: Изд-во Моск. ун-та.

2. Дворнина А.А. Базиальные съедобные грибы в искусственной культуре / А.А. Дворнина. — Кишинев: Штиинца, 1990. — 112 с.

3. Лебедева Л.А. Определитель шляпочных грибов / Л.А. Лебедева. — М.:1999. — 291с.

ФИЗИКО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ СТАРЕНИИ КЛЕТОК ШАМПИНЬОНА

Т.А. Роман, А.Г. Мазуренко, А.С. Дубивко, А.Г. Бибич, В.В. Захаров
Национальный университет пищевых технологий

Данная статья посвящена теме хранения целью установления оптимальных условий хранения свежих грибов к процессу их дальнейшей переработки. В качестве исследовательской сырья были выбраны белые шампиньоны высшего сорта. Исследования проводились в научной лаборатории с помощью цифрового микроскопа МИКМЕД-1 и химического реагента-индикатора метиленовой сини. Так как грибы относятся одновременно к царству растений и животных, строение грибной клетки является особой их обоюдное включение. Таким образом необходимо исследовать данный продукт тщательно, применив различия к изучению клеток шляпки и ножки. В связи с недостатком изученности данного продукта, авторами были проведены исследования в лабораторных условиях и полученные результаты позволяют утверждать, что существенные различия в строении клеток исследуемого материала сказываются на качестве уже переработанного продукта.

Ключевые слова: *грибная клетка, шампиньон, метаболизм, белки.*

THE USE OF MECHATRONICS SUBSYSTEMS IN THE PROCESS OF EXTRACTION AND CONCENTRATION OF ORGANIC IMPURITIES ALCOHOL

S. Ivanov, P. Shiyani, Y. Buliy

National University of Food Technologies

Key words:

Mechatronics subsystem
Rectification
The organic impurities
Managed cycles
Column
Mass-transfer

ABSTRACT

The authors of the proposed technical solution for the creation and use of mechatronics subsystem for organizing managed cycles of rectification. It is established that the implementation of electro-mechanical and pneumo-electronic management system allows you to maintain separate movement phases under the continuous supply of the column of liquid and steam flows, to increase the surface area of contact of phases by 20 %, to extend the time of contact of phases to achieve the phase equilibrium between liquid and steam, increase the efficiency of mass transfer and bring efficiency of real plates to the effectiveness of the theoretical. The aldehydes and esters are allocated in full volume, the degree of extraction of higher alcohols and methanol will increase by 38 %, the concentration ratio of the head of admixtures increases by 25 %, higher alcohols 40 %, methanol by 37 %.

Article history:

Received 12.02.2014
Received in revised form 12.03.2014
Accepted 25.02.2014

Corresponding author:

buliy@tiser.kiev.ua

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНОТРОННИХ ПІДСИСТЕМ В ПРОЦЕСІ ВИЛУЧЕННЯ ТА КОНЦЕНТРУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОМІШОК СПИРТУ

С.В. Іванов, П.Л. Шиян, Ю.В. Булій

Національний університет харчових технологій

Експериментально обґрунтовано доцільність використання механотронних підсистем в брагоректифікаційних установках. Технічне рішення дозволяє забезпечити роздільний рух рідинної і парової фаз при безперервній подачі потоків, здійснювати керовані цикли затримки та переливу рідини, подовжити інтервал їх контакту, підвищити ефективність вилучення ключових домішок спирту на 38 % та зменшити витрати грюючої пари на 40 %.

Ключові слова: механотронна підсистема, ректифікація, органічні домішки, керовані цикли, колона, масообмін.

© С.В. Іванов, П.Л. Шиян, Ю.В. Булій, 2014

Вступ. Одним із основних споживачів енергоносіїв в агропромисловому комплексі України є спиртова галузь, зокрема, процеси брагоперегонки та ректифікації спирту. В НУХТ проводяться системні дослідження, направленні на розробку енергозберігаючих брагоректифікаційних установок (БРУ) з ступеневим перепадом тиску по окремим елементам установки. Їх використання дозволило зменшити витрати енергоносіїв на брагоректифікацію в середньому на 32 % і забезпечити конкурентоспроможність товарного етанолу як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку. Розроблено та налагоджено серійне виробництво вітчизняних БРУ, в результаті чого Україна перетворилась в експортера цього обладнання.

Питанням енерго- та ресурсозбереження присвячена велика кількість наукових праць видатних вчених [1]. В НУХТ (раніше КТІХП) під керівництвом професора Стабнікова В.М. була заснована всесвітньо відома наукова школа по створенню високоефективних масообмінних контактних пристроїв ректифікаційних колон. Вперше були проведені дослідження фазової рівноваги в бінарних та багатоконпонентних системах при атмосферному тиску та тиску, нижчого за атмосферний, запропоновані методи розрахунку конструкцій контактних пристроїв для барботажного і струменевого режимів, вивчені оптимальні умови їх дії (відстань між тарілками, швидкість пари у вільному перерізі колон та в щілинах контактних елементів, їх розміри, розташування та ін.), приведена порівняльна характеристика ефективності їх роботи.

Професор Циганков П.С. разом із учнями заснував наукову школу по розробці енерго- та ресурсозберігаючих БРУ підвищеної одиничної потужності. Під його керівництвом вперше була розроблена і впроваджена у виробництво технологія розгонки головної фракції етилового спирту. Використання інноваційної технології дозволило збільшити вихід ректифікованого спирту з 94...96 до 98,0...98,5 %, а органічні домішки відбирати у вигляді естеросивушного концентрату в кількості 0,1–0,2 %. На кафедрі процесів і апаратів під керівництвом професора Тарана В.М. розроблені теоретичні основи циклічної ректифікації. Її використання дозволяє підвищити ефективність роботи контактних пристроїв в період подачі пари і зменшити її витрати [2]. Роботи видатних вчених КТІХП отримали всесвітнє визнання, а їх монографіями і підручниками користуються фахівці не тільки в Україні, а і за її межами.

Продовжуючи традиції і використовуючи багаторічну практику та напрацьований досвід старших поколінь, фахівці НУХТ проводять системні дослідження, спрямовані на розробку і створення енерго- та ресурсозберігаючих БРУ підвищеної потужності для виробництва харчового, технічного спирту та паливного біоетанолу. Роботи в галузі теорії і практики ректифікації, виконані в університеті, були відзначені Державною премією України в галузі науки і техніки.

Процеси перегонки бражки та очистки етилового спирту від летких органічних домішок є завершальною стадією спиртового виробництва. При загальному вмісті домішок у спирті-сирці 0,3–0,5 % в їхньому складі ідентифіковано понад 50 сполук, які відносять до однієї із груп хімічних речовин: альдегідів і кетонів, естерів, вищих спиртів (сивушного масла) та органічних кислот. Серед ключових домішок спирту найбільшу концентрацію мають оцтовий, пропіоновий, мурашиний, масляний та кротоновий альдегіди, кетони — акролеїн, діацетил, ацетон, оцтовометилловий, оцтовоетилловий, масляноетилловий, діетилловий, пропіонметилловий, пропіонетилловий, ізомасляноізобутиловий ефіри, ізопропіловий, пропіловий, ізобутиловий, бутіловий, аміловий, ізоаміловий, метилловий, гексилловий, гептиловий спирти, оцтова, масляна, ізомаляна, валеріанова, ізовалеріанова, пропіонова кислоти, а також аміни — метиламін, диметиламін, триметиламін, етиламін, диетиламін, триетиламін та ін. Більшість з них є токсичними і можуть негативно впливати на якість товарного спирту.

Ефективність вилучення і концентрування летких органічних сполук залежать від багатьох чинників: кількості колон і схеми їх об'язки паровими та рідинними потоками, організації відбору вторинних і побічних продуктів із зон їх максимального концентрування, їх кількості, температури та тиску в колонах, ефективності контактних масообмінних пристроїв, способів контактування фаз на поверхні тарілок тощо.

При застосуванні традиційних способів очистки спирту від домішок на типових БРУ деякі з них зазвичай в незначних кількостях залишаються присутніми в товарному спирті. Для більш повного їх видалення в схеми БРУ крім основних ректифікаційних колон включають додаткові — сивушну, розгінну та колону кінцевої очистки. На рис. 1 схематично

показано рух основного продукту, напівпродуктів та відходів брагоректифікації по БРУ, їх вміст вказаний у відсотках від абсолютного алкоголю (а.а.) бражки.

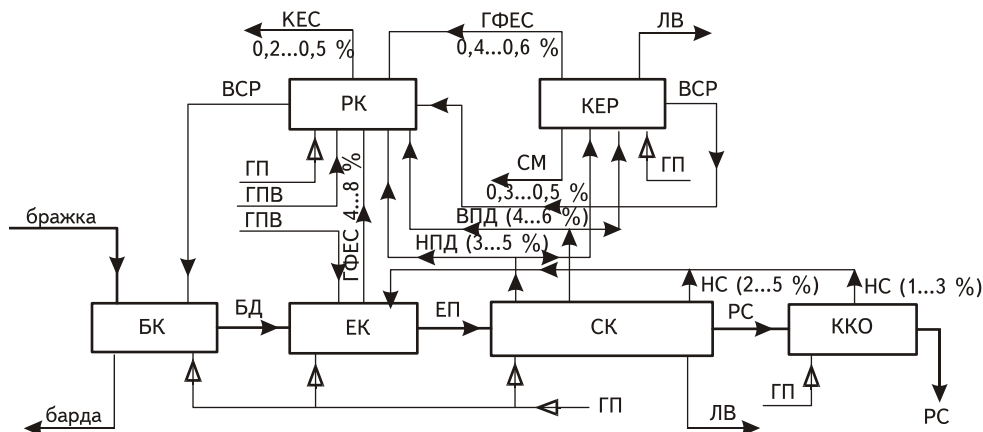


Рис. 1. Схема руху спиртовмісних потоків, збагачених леткими органічними домішками, по елементам БРУ

Умовні позначення:

БК — бражна колона; ЕК — епіюраційна колона; СК — спиртова колона; ККО — колона кінцевої очистки; РК — розгінна колона; КЕР — колона екстрактивної ректифікації; БД — бражний дистилат; ЕП — епіурат; РС — ректифікований спирт; ГФЕС — головна фракція етилового спирту; КЕС — концентрат естеро-сивушний; ЛВ — лютерна вода; ВСР — водно-спиртова рідина; ГП — гріюча пара; ГПВ — гаряча пом'якшена вода; СМ — сивушне масло; НПД — нижні проміжні домішки; ВПД — верхні проміжні домішки; НС — непастеризований спирт.

Основними елементами тарілчастих колонних апаратів є контактні пристрої, які повинні відповідати наступним вимогам: забезпечувати на поверхні тарілки запас рідини (рідинної затримки), досягнення необхідної роздільної здатності при зміні навантаження по пару або рідині, малий гідравлічний опір паровому потоку, мінімальне винесення рідини з нижніх тарілок на верхні, можливість роботи апарата в різних адіабатичних умовах.

Перші колонні апарати циклічної дії без переривання подачі рідинної та парової фаз були впроваджені у виробництво співробітниками кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства разом із спеціалістами ТОВ «Техінсервіс-процес» [3]. Для організації керованих циклів ректифікації в процесі розділення багатокомпонентної суміші авторами запропоновано використати у складі БРУ механотронні підсистеми на основі пневмоелектроавтоматики. Суть ідеї полягає у тому, що при проектуванні брагоректифікаційного обладнання ректифікаційні колони повинні утворювати органічні цілісні електро-механо-пневмо-електронні технічні системи, що включають електронно-комп'ютерну апаратуру автоматизованого управління циклами затримки та переливу рідини, контролювати та підтримувати техно-логічних параметрів процесу масообміну в заданих межах.

Мета досліджень. Метою роботи було дослідження ступеню вилучення та кратності концентрування ключових органічних домішок спирту в процесі розгонки спиртовмісних фракцій при використанні механотронної підсистеми для керування циклами ректифікації, розробка функціональної схеми автоматизації БРУ з використанням пневмоострову МРА/СРХ, побудова алгоритмів та розробка програмного забезпечення механотронної підсистеми управління процесами масообміну в БРУ на основі пневмоелектроавтоматики.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводились у виробничих умовах Чуднівської філії ДП «Житомирський лікєро-горілчаний завод». В даній роботі об'єктом досліджень було обрано розгінну колону (РК), в якій відбуваються процеси виділення та

очистки етилового спирту із спиртовмісних фракцій, найбільше збагачених леткими токсичними домішками, що входять до складу головної фракції етилового спирту, погонів із конденсаторів бражної та спиртової колон, конденсатора сепаратора вуглекислого газу, спиртовловлювачів і сивушного спирту.

Для досягнення поставлених задач експериментальна РК була оснащена мікропроцесорною пневматикою фірми FESTO (стандартними пневмоциліндрами двобічної дії типу DNT 63-50-PPV-A), зв'язаною через рухомі тяги з клапанами, які по чергово відкривали та закривали переливні отвори парних і непарних за порядком розташування тарілок за заданим алгоритмом, та сучасними комп'ютерно-інтегрованими засобами (рис. 2). Управління клапанами та роботою пневмоциліндрів, контроль технологічних параметрів (температури, тиску) відбувався за допомогою автоматичних датчиків, сигнал з яких передавався на мікропроцесорний контролер.

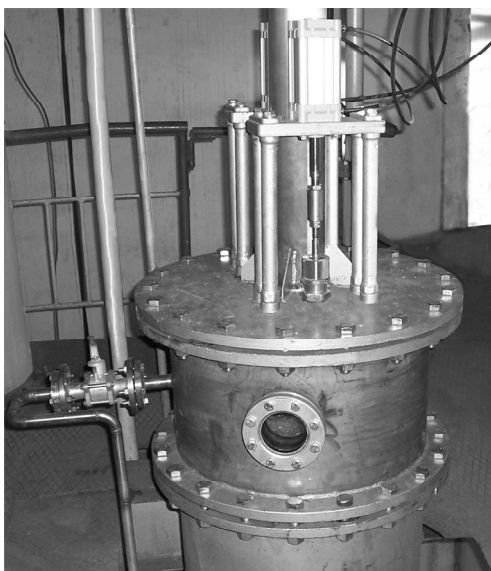


Рис. 2. Реалізація механотронної підсистеми для управління процесами масообміну в розгінній колоні

Результати досліджень ступеню вилучення та кратності концентрування ключових летких органічних домішок спирту в процесі розгонки спиртовмісних фракцій з використанням типової та керованої ректифікації приведені в таблиці 1 і представлені на рис. 3.

Експериментально доведено, що при використанні механотронної підсистеми в процесі розгонки спиртовмісних фракцій альдегіди та естери (головні домішки) видаляються в повній мірі, ступінь видалення (α) вищих спиртів (верхніх проміжних домішок) та метанолу (кінцевих домішок) зростає на 38 %. При цьому кратність концентрування (β) головних домішок — альдегідів та естерів зростає на 25 %, вищих спиртів — на 40 %, метанолу — на 37 %.

При включенні в схему БРУ РК вихід ректифікованого етилового спирту збільшувався на 3,5...3,7 %, його показники відповідали нормативним для спирту «Люкс», а показники утвореного КЕС - вимогам технічних умов.

Таблиця 1. Ступінь вилучення ключових органічних домішок спирту в умовах типової та керованої ректифікації

Назва органічних домішок	Концентрація, мг/дм ³			Ступінь вилучення (α)
	погони живлення	кубова рідина	КЕС	
етанол, видима концентрація, % об.	82,0	5,0	68,0	16,4
Типова ректифікація:				
альдегіди	605,0	7,0	10235	86,4
естери	637,7	8,0	13467	79,7
сивушне масло	27307,9	1293,0	272626	21,1
метанол, %	0,026	0,0016	1,75	16,2
Керована ректифікація:				
альдегіди	605,0	сліди	13591,2	макс.
естери	637,7	сліди	17905,2	макс.
сивушне масло	27307,9	793,0	462079	34,4
метанол, %	0,026	0,0010	2,66	26,0

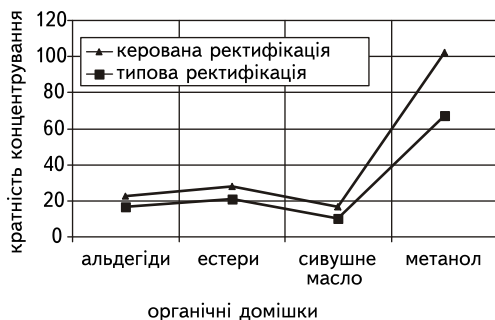


Рис. 3. Кратність концентрування (β) ключових органічних домішок спирту в умовах керованої і типової ректифікації

рідини на тарілці залежить від концентрації летких органічних сполук у живленні, тому визначається дослідним шляхом. Безперервна подача гріючої пари дозволяє ліквідувати різкі коливання тиску в кубовій частині РК та дефлегматорі, які мали місце в типових колонних апаратах циклічної дії.

Отримані результати досліджень дозволили зробити висновок про доцільність використання механотронних підсистем на основі пневмоелектроавтоматики у виробничих умовах для забезпечення роботи бражної, епюраційної та спиртової колон в режимі керованої ректифікації. Реалізація запропонованого технічного рішення передбачає включення в пневматичну схему БРУ пневмоострову 32МРА для регулюювання та контролю роботи пневмоприводів за допомогою мікропроцесорного контролера М340. Система управління включає в себе щит, в якому розташований контролер, і комп'ютер. Контролер М340 включає процесор, мережевий модуль, блоки аналогових і дискретних входів/виходів. На комп'ютері виконана умовна візуалізація технологічного процесу та надані необхідні засоби управління процесом. Для створення програмного управління пневмоциліндрами використано програмне середовище Unity Pro. Текст програми розроблений на двох мовах — FBD та ST.

Для віддаленого управління виконавчим механізмом з пневмоциліндрами та збору інформації від дискретних датчиків про їх положення через послідовний інтерфейс зв'язку, простоти монтажу пневматичної системи управління на об'єкті за рахунок підключення виконавчих механізмів шлангами через швидко роз'ємні з'єднання щита управління в системі автоматизації передбачено використання стандартної електропневматичної шафи серії ЕРСВ-RIO-MPA-32/32 з типом інтерфейсу зв'язку Profibus-DP з блоком підготовки повітря.

Перспективним напрямком роботи є проведення досліджень ефективності запропонованої технології при її використанні у технологічних процесах перегонки зрілої бражки і очистки ректифікованого етилового спирту.

Висновки. Використання механотронних підсистем на основі пневмоелектроавтоматики в брагоректифікаційних установках дозволяє в повній мірі видаляти головні домішки, підвищити ступінь вилучення вищих спиртів сивушного масла та метилового спирту на 38 %, скоротити витрати гріючої пари на процес розгонки спиртовмісних фракцій на 40 % при збереженні високої якості товарного спирту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і «Асканія», 2009. — 424 с.
2. Патент на винахід 60565 В01D 3/00 Україна. Спосіб перетікання рідини на тарілках колонних масообмінних апаратів / Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б.; заявники та власники Малета В.М., Щуцький І.В., Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б. - № 2002129940; заявл. 10.12.2002; опубл. 15.10.2003, Бюл. № 10/2003.

3. Патент на винахід 89874 B01D 3/00 Україна. Спосіб переливу рідини по тарілках колонного апарата у процесі масообміну між паром та рідиною / Дмитрук А.П., Черняхівський Й.Б., Дмитрук П.А., Булій Ю.В. - № 200807767; заявл. 06.06.08; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5/2010.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНОТРОННЫХ ПОДСИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ИЗЪЯТИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК СПИРТА

С.В. Иванов, П.Л. Шиян, Ю.В. Булий

Национальный университет пищевых технологий

Експериментально обоснована целесообразность использования механотронных подсистем в брагоректификационных установках. Техническое решение позволяет обеспечить раздельное движение жидкостной и паровой фаз при непрерывной подаче потоков, осуществлять управляемые циклы задержки и перелива жидкости, продлить интервал их контакта, повысить эффективность извлечения ключевых примесей спирта на 38 % и сократить расход греющего пара на 40 %.

Ключевые слова: механотронная подсистема, ректификация, органические примеси, управляемые циклы, колонна, массообмен.

RESEARCHING FUNCTIONAL PROPERTIES BY HYDROCOLLOIDS FOR PRODUCTION OF CANDY MASS

T. Kalinovska, O. Vaysero, O. Kokhan, V. Obolkina

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Viscosity Hydrocolloid Synergism Solution Candy mass	Aim is to studying by the viscosity of model solutions of hydrocolloids and their complex mixtures for forecasting the impact of functional properties, depending on the production technology of candy mass. Researching functional properties by hydrocolloids for production of candy mass The results of studies of the dynamic viscosity of solutions of gummiarabic, pectin, gelatin, gum gelan and their synergistic combinations depending on technological factors (duration of hydration, temperature, active acidity, adding syrups). The results of these studies can be used in the confectionery industry and in the development of a new range of candy mass.
Article history: Received 17.12.2013 Received in revised form 11.03.2014 Accepted 18.03.2014	
Corresponding author: tk_88@ukr.net	

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОКОЛОЇДІВ З МЕТОЮ ЗАСТОСУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКЕРКОВИХ МАС

Т.В. Каліновська, О.О. Вайсеро, О.О. Кохан, В.І. Оболкіна

Національний університет харчових технологій

Наведено результати досліджень динамічної в'язкості розчинів гуміарабіку, пектинів, желатинів, геланової камеді та їх синергічних комбінацій в залежності від технологічних факторів (тривалості гідратації, температури, активної кислотності, додавання сиропів). Результати даних досліджень можуть бути застосовані у кондитерській промисловості при розробленні нового асортименту цукеркових мас.

Ключові слова: в'язкість, гідроколоїд, синергізм, розчин, цукеркові маси.

Вступ. На сьогоднішній день якість кондитерських виробів, які виробляються на Україні суттєво зросла, розширився асортимент продукції. Це, насамперед, пов'язано зі стрімким впровадженням інноваційних технологій та нового прогресивного обладнання, застосування нових інгредієнтів.

В останні роки розширився асортимент харчових добавок, які мають істотний вплив на органолептичні та структурно-механічні властивості продуктів. Зазвичай, технологічні та функціональні добавки використовуються для збільшення терміну зберігання, підвищення харчової цінності, забезпечення та поліпшення необхідних функціональних властивостей, а також отримання оригінальної структури продукту. Разом з тим, постійно зростає інтерес до властивостей добавок щодо здоров'я людини, а також задоволення економічної доцільності для застосування їх у виробничій практиці.

Поглибленим вивченням властивостей харчових добавок, їх безпекою для здоров'я, механізмах драглеутворення, досвіді практичного застосування займаються численні інститути харчових інгредієнтів Центральної та Східної Європи, Азії, Латинської Америки, Сполучених Штатів Америки. Однак, наявність величезної кількості добавок супроводжується виникненням труднощів, пов'язаних з вибором конкретної добавки з безлічі подібних для практичного застосування в певних технологіях на існуючому обладнанні підприємств. Тому, робота присвячена дослідженням властивостей певної добавки або їх комбінації в залежності від технологічних параметрів і режимів є актуальною та своєчасною.

Завдання та мета досліджень. Під час розробки раціональних технологій цукерок було поставлено завдання створення нового конкурентоспроможного асортименту виробів, забезпечення ефективності технологічного процесу та умов для його максимальної механізації. Для цього потрібне удосконалення технологій цукеркових мас з збивною та помадною структурою стійкою до механічного впливу під час формування методом екструзії.

Метою роботи є дослідження в'язкості модельних розчинів гідроколоїдів та їх сумішей для прогнозування впливу функціональних властивостей залежно від технологічних факторів під час приготування цукеркових мас.

Матеріали та методи досліджень. Як об'єкт дослідження використовували високометоксильовані пектини («Андре пектин») типу APC 105, отриманий способом екстракції цитрусової шкірки і стандартизований сахарозою зі ступенем етерифікації 58 % і пектин типу APA 167B, отриманий способом екстракції яблучних вичавок з додаванням буферних солей і стандартизований сахарозою зі ступенем етерифікації 62 %; гуміарабік ІНСТАНТГАМ (INSTANTGUM) АВ, ВА; желатин, отриманий зі свинячих шкір «TROBAS GELATIN B.V.» (Нідерланди) типу А з міцністю драглю 220, 240 Bloom; геланову камідь.

Для створення оптимальних поєднань та співвідношень гідроколоїдів проводили дослідження в'язкості модельних розчинів гідроколоїдів та їх сумішей з концентрацією 1 % за допомогою капілярного віскозиметра ВПЖ-4 при різних технологічних умовах.

Результати досліджень. На властивості полісахаридних та білкових гелів та процес драглеутворення впливають різні чинники, в тому числі молекулярна структура, молярна маса, концентрація розчинів, температура, тривалість гідратації, значення рН.

Відомо, що в'язкість залежить від ступеня полімеризації (молекулярної маси) і форми та гнучкості розчиненого полімерного ланцюга. Лінійні полісахариди утворюють високов'язкі розчини при низьких концентраціях, коли високорозгалужені молекули стикаються значно рідше і утворюють менш в'язкий розчин за того ж ступеня полімеризації [1].

За хімічною природою гідроколоїди представлені двома видами біополімерів — полісахаридами і білками, особливості будови яких визначають індивідуальну специфіку поведінки кожного з них у гідрофільному середовищі при різних умовах. Саме завдяки цій специфіці можна говорити про можливість управління реологічними властивостями харчових систем з метою формування заданої консистенції або текстури харчового продукту.

Гуміарабік являє собою сильно розгалужений високомолекулярний полісахарид арабіногалактан, який утворює малов'язкі водні розчини. Арабіногалактан, з'єднаний з білковим каркасом утворює арабіногалактопротеїнову фракцію (AGP). Полісахаридна фракція є лінійним ланцюгом, що складається з β -1,3-зв'язаних залишків галактози. У позиції 1,6 ланцюг розгалужується, причому бічні ланцюги складаються з галактози і арабінози. Рамноза, глюкуронова кислота і метілглюкуронова кислота присутні на кінцевих ділянках арабіногалактанової (AG) фракції [2].

Найважливішою властивістю пектинів є лінійна структура їх молекул, що складається із залишків α -D-полігалактуронової кислоти, зв'язаних по 1,4 — зв'язках [3].

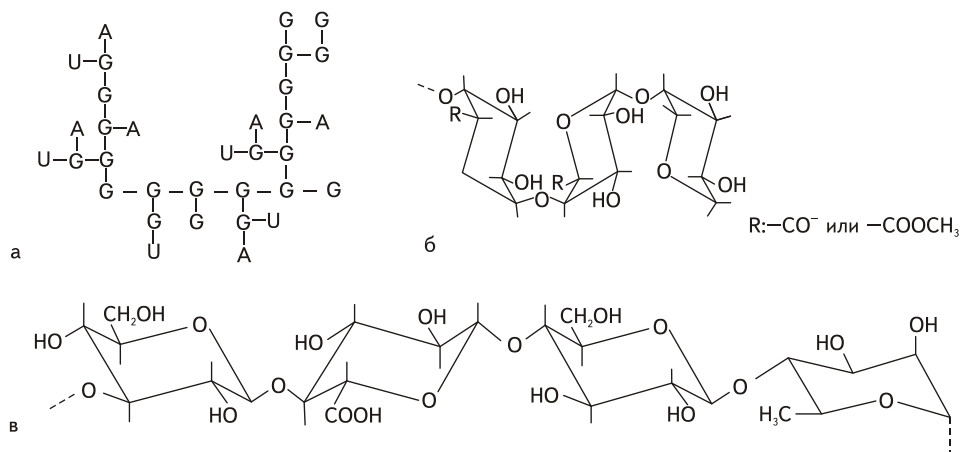


Рис. 1. Первинна структура полімерних ланцюгів полісахаридів:
а — гуміарабік, б — пектин, в — геланова камедь

Геланова камедь є аніонним полісахаридом, який продукується бактеріями *Sphingomonas elodea* при аеробній ферментації. Молекула гелана лінійна і складається з мономерів β -D-глюкопіраноз, β -D- глюкуронопіранозила і α -L-рамнопіранозила в молярному відношенні 2:1:1 [4].

Желатин — білковий продукт тваринного походження, що представляє собою суміш лінійних поліпептидів з різною молекулярною масою (50 000—70 000) та їх агрегатів з молекулярною масою до 300000.

У таблиці 1 наведено дані досліджень впливу тривалості гідратації при температурі 20 °C на зміну динамічної в'язкості 1 %-х розчинів пектину, гуміарабіку, геланової камеді та желатину. Встановлено, що найбільша в'язкість та її підвищення з часом відбувається у розчинах геланової камеді, що, ймовірно, пов'язано з більшою лабільністю структури його макромолекул.

Також було встановлено, що найменшу початкову динамічну в'язкість при 20 °C має гуміарабік, що можна пояснити його розгалуженою полісахаридною структурою, що призводить до утворення розчинів з низькою в'язкістю та желатин, який завдяки особливостям хімічної будови може розчинятися тільки при підвищенні температури.

Протягом 3 годин вистоювання в'язкість розчинів гуміарабіку збільшилась в 3,7–4,15 рази, розчинів пектину — в 1,2–1,4 рази, розчинів желатину — в 1,25–1,65 рази, розчину геланової камеді — в 2 рази. Збільшення динамічної в'язкості впродовж гідратації пояснюється процесом набухання гідроколоїдів за рахунок їх пористої структури.

Таблиця 1. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів під час їх гідратації

Назва гідроколоїдів	Динамічна в'язкість, η , мПа·с					
	Тривалість гідратації при температурі 20 °C, с-60					
	0	15	30	60	120	180
Гуміарабік АВ	1,16	1,21	3,20	3,49	4,07	4,82
Гуміарабік ВА	1,12	1,14	3,24	3,54	3,83	4,13
Пектин яблучний	5,53	6,40	6,69	6,72	6,89	7,82
Пектин цитрусовий	5,59	5,89	6,18	6,47	6,62	6,77
Желатин 220 Bloom	4,09	4,19	4,24	4,38	4,53	4,68
Желатин 240 Bloom	3,76	3,86	3,91	4,05	4,34	4,63
Геланова камедь	10,11	10,22	11,3	12,11	13,32	20,31

Одним з важливіших технологічних процесів приготування збивних та помадних цукеркових мас є приготування цукрово-патокового сиропу, який передбачає його уварювання при високих температурах. Тому були проведені дослідження зміни динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів та їх сумішей залежно від температури у разі нагрівання та охолодження. Результати досліджень представлені на рисунку 2.

Аналіз отриманих даних показав, що у разі нагрівання розчину гуміарабіку до 30–40 °С в'язкість збільшувалась, при подальшому нагріванні до 90 °С — зменшувалась. Це ймовірно зумовлено процесом набухання гуміарабіку при 30–40 °С, а під час подальшого нагрівання в'язкість зменшувалась внаслідок його поступового розчинення полісахариду.

Під час охолодження в інтервалі температур 70–30 °С в'язкість розчину практично не змінювалась.

В'язкість розчину пектину при температурі 20–30 °С підвищувалась, що теж пояснюється набуханням пектину, під час подальшого нагрівання в'язкість зменшувалась. При охолодженні розчину в'язкість поступово зростає, починається процес драглеутворення, тобто між молекулами утворюються поперечні міжмолекулярні зв'язки.

Желатиновий драгль являє собою сітку з поліпептидних ланцюгів з зонами зчеплення. У нагрітому розчині желатину потрійні спіралі знаходяться в дезорганізованому стані, при охолодженні такого розчину спіральні області відновлюються. Драглеутворення є наслідком часткового формування потрійних спіралей. Загально визнано, що зони зчеплення (потрійні спіралі) стабілізуються ланцюговими водневими зв'язками [4].

У розчині желатину в'язкість при нагріванні незначно зростає, а при охолодженні до 40 °С в'язкість розчину максимальна. Відомо, що драглеутворення желатину відбувається при охолодженні внаслідок переходу клубків молекул до спіралей з подальшою їх агрегацією.

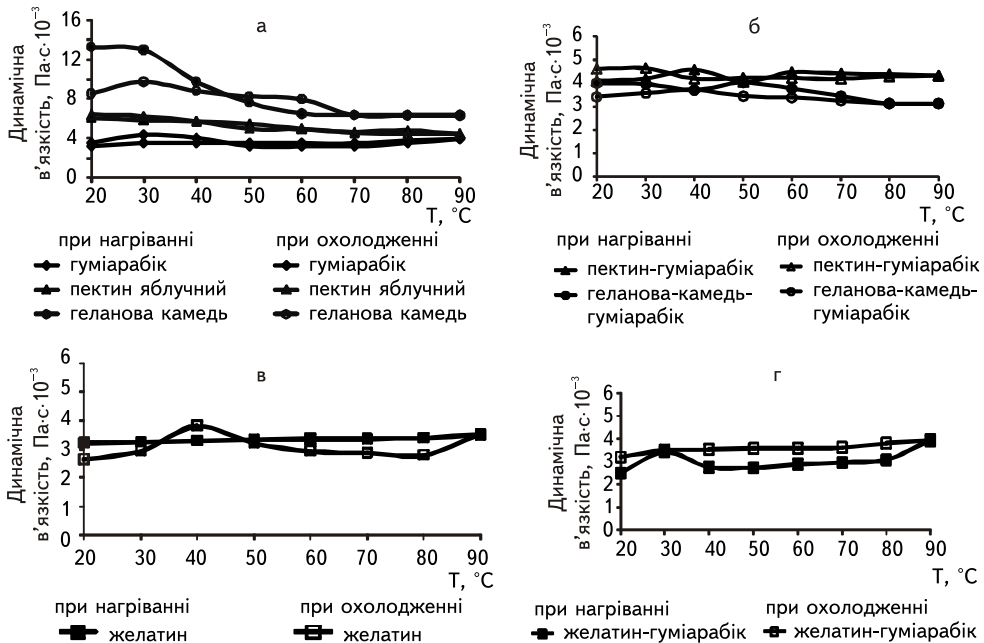


Рис. 2. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів та їх сумішей залежно від температури при нагріванні та охолодженні

Розчин геланової камеді має найбільшу в'язкість з усіх досліджуваних гідроколоїдів. При нагріванні розчину в'язкість зменшується майже у 2 рази, при охолодженні — зростає. Пік максимальної в'язкості при охолодженні спостерігається при 30 °С.

Молекули геланової камеді, як і желатину, мають форму спіралі, і при охолодженні утворюють гелі. При високих температурах молекули утворюють довільні конформації, які при охолодженні знову переходять у впорядковані спіралі та агрегуються з утворенням гелю.

При дослідженні комбінованих 1 % розчинів гідроколоїдів (при дозуванні компонентів 1:1) спостерігали наступні результати. В'язкість розчину пектин-гуміарабік при нагріванні збільшувалась, а при охолодженні зменшувалась, при чому вона була меншою, порівняно з розчином пектину.

У розчинах геланова камедь-гуміарабік динамічна в'язкість при нагріванні зменшувалась, при охолодженні підвищувалась, але вона була істотно меншою, при порівнянні з розчином геланової камеді. Також слід відмітити, що з додаванням гуміарабіка до геланової камеді підвищувалась розчинність останньої.

Що стосується розчину желатин-гуміарабік, його в'язкість збільшувалась при нагріванні, а при охолодженні зменшувалась, але порівняно з розчином желатину в'язкість при охолодженні дещо зростає (рис. 2 г).

Для аналізу зміни в'язкості розчинів залежно від активної кислотності проводили відповідні дослідження 1%-х розчинів гідроколоїдів, результати яких представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів в залежності від рН

Назва гідроколоїду	рН розчину	рІ	Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с							
			при рН							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Гуміарабік АВ	7,35	—	2,91	3,49	3,23	2,94	3,20	3,20	3,20	3,20
Пектин яблучний	3,80	—	4,94	4,94	5,23	5,23	6,11	6,25	6,14	6,09
Желатин 220 Bloom	6,32	4,09	3,51	4,38	4,09	3,51	3,22	3,51	3,22	3,80
Желатин — гуміарабік	6,88	3,52	2,42	2,78	2,93	3,52	3,64	3,93	4,11	4,42
Пектин — гуміарабік	4,12	—	3,79	4,08	4,23	4,38	5,54	4,67	4,38	4,67
Геланова камедь	8,30	—	драгль				446,75	133,17	47,54	29,82
Геланова камедь — гуміарабік	7,63	—	5,99	4,28	3,99	4,85	4,28	3,42	4,56	4,56

Аніонні полімерні молекули гідроколоїдів мають більшу в'язкість, порівняно з неіонними полімерами однакової молекулярної маси. Це є наслідком того, що їх молекулярні клубки розширюються завдяки внутрішньомолекулярним електростатичним відштовхуванням. Додавання електроліту або зміна рН з метою зменшення ступеня дисоціації заряджених груп призводить до ущільнення клубків і значного падіння в'язкості.

Однак, необхідно відзначити, що геланова камедь проявляє нетипову поведінку, що проявляється в підвищенні в'язкості розчину при зниженні активної кислотності.

Що стосується желатину, він проявляє амфотерні властивості, оскільки в амінокислотах присутні групи різної природи. У кислому середовищі желатин несе позитивний заряд, а в лужному — негативний [4].

Ізоелектрична точка (рІ) відповідає значенню рН, при якому молекула желатину нейтральна і тому в електричному полі не переміщається. При цьому значенні рН кількість позитивних зарядів на групах NH^{3+} дорівнює числу негативних зарядів на групах COO^- .

В ізоелектричній точці показники, що характеризують технологічні властивості желатину мають або мінімальні (здатність до набухання, в'язкість, здатність до драглеутворення), або максимальні (мутність, міцність гелю, здатність до піноутворення, синерезис) значення, що необхідно враховувати при дослідженні взаємодії желатину з аніонними полімерами, такими як гуміарабік.

Електростатичні взаємодії між гідроколоїдами можуть призвести до комплексної коацервації, яка включає взаємодію двох полімерів — аніонного і катіонного. Молекули

гуміарабіка мають у своєму складі фрагменти уронових кислот, заряджені негативно (дзета–потенціал дорівнює приблизно 20 мВ). Знак заряду желатину залежить від ізоелектричної точки, при значеннях рН нижче 4,09 желатин заряджений позитивно, тобто при даному рН між желатином і гуміарабіком утворюється коацерват, тоді як вище цього значення рН розчин залишається прозорим.

Утворення коацервату простежується за зміною в'язкості розчину, де видно, що в'язкість утвореного коацервата менше відповідної в'язкості, де не утворюється коацерват. Зниження в'язкості при утворенні коацервата пояснюється втратою гідрофільними колоїдами притаманної їм гідратації.

Одним з основних методів варіювання структури цукристих кондитерських виробів є використання комбінації різних цукрів: сахарози, глюкози, фруктози і різних кукурудзяних сиропів. Як вже зазначалося, технологічний процес приготування збивних і помадних цукеркових мас передбачає виготовлення цукрово-патокового сиропу, тому проводилися дослідження впливу цукрового, глюкозного і глюкозо-фруктозного сиропів на в'язкість гідроколоїдів. При проведенні модельних дослідів додавали 10 % сиропу до 1 % розчину гідроколоїдів, тому що додавання більшої кількості сиропу сильно підвищує в'язкість розчинів, що ускладнює проведення досліджень. Результати досліджень наведені у таблиці 3.

Таблиця 3. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів в залежності від додавання сиропів

Назва гідроколоїду	Розчин гідроколоїдів без цукру		З додаванням 10 % цукрового сиропу		З додаванням 10 % сиропу ІГ-42		З додаванням 10 % сиропу ГФС-10	
	рН	Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с	рН	Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с	рН	Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с	рН	Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$, Па·с
Гуміарабік АВ	7,35	3,49	7,15	3,84	7,30	3,49	7,20	3,67
Желатин 220 Bloom	6,32	4,09	6,86	4,68	6,51	4,24	6,62	3,92
Желатин – гуміарабік	6,88	2,52	6,86	3,22	6,96	4,13	6,84	4,07
Геланова камідь	8,3	10,22	7,72	12,33	7,66	11,68	7,55	11,36
Геланова камідь – гуміарабік	7,63	3,51	7,27	3,99	7,29	3,65	7,21	3,51

Дослідженнями встановлено, що найбільше збільшує в'язкість в розчинів гуміарабіку, желатину, геланової камеді та комбінації геланова камідь — гуміарабік сироп цукрози, а розчину желатину — гуміарабік-сироп ІГ–42, що буде враховано в подальших дослідженнях.

Висновки. Отже, за результатами досліджень зроблено висновок, що при створенні збивної структури цукеркових мас, що формуються методом екструзії, найбільш раціональними є поєднаннями гідроколоїдів желатин — гуміарабік. На нашу думку, при комбінації гідроколоїдів желатин — гуміарабік збільшується в'язкість та створюється можливість утворення агрегативної стійкої системи збивних цукеркових мас, що дає можливість формувати цукерки методом екструзії.

При виробництві неглазурованих помадних цукерок, які формуються відливанням перспективним є комбінація гідроколоїдів геланова камедь — гуміарабік. Такий висновок зроблений завдяки тому, що при поєднанні цих гідроколоїдів несуттєво збільшується в'язкість у процесі гідратації та під впливом температури, що є важливим на стадії отримання помади та формування виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Филлипс Г.О. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс; пер. с англ. А.А. Кочетковой, Л.А. Сарафановой. — СПб.: ГИОРД, 2006. — 536 с.

2. Аймесон А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / А. Аймесон; пер. с англ. С.В. Макарова. — СПб.: Профессия, 2012. — 408 с.
3. *Silvia, Coelho* Nanostructure of polysaccharide complexes / Silvia Coelho, Susana Moreno-Flores, Jose L. Toca-Herrera, Manuel A.N. Coelho, M. Carmo Pereira, Sandra Rocha / *Journal of Colloid and Interface Science*, 2011, 363, p. 450–455.
4. Нечаев А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцева. — М.: Колос, 2001. — 256 с.
5. *Феннема О.Р.* Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема; пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 1040 с.
6. *Мак Кенна Б.М.* Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б.М. Мак Кенна; — пер. с англ. Ю.Г. Базарновой. — СПб.: Профессия, 2008. — 480 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГИДРОКОЛОИДОВ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНФЕТНЫХ МАСС

Т.В. Калиновская, О.А. Вайсеро, Е.А. Кохан, В.І. Оболкіна

Национальный университет пищевых технологий

Приведены результаты исследований динамической вязкости растворов гуммиарабика, пектинов, желатина, гелановой камеди и их синергических комбинаций в зависимости от технологических факторов (длительности гидратации, температуры, активной кислотности, добавления сиропов).

Результаты данных исследований могут быть применены в кондитерской промышленности при разработке нового ассортимента конфетных масс.

Ключевые слова: *вязкость, гидроколлоид, синергизм, раствор, конфетные массы.*

УДК 664.64.016:664.681

MODELING BISCUIT RECIPE WITH TARGET INDICATORS OF QUALITY

G. Dykareva, A. Gasanova, O. D'yakov

Kharkov State University of Food Technology and Trade

Key words:

A biscuit with elamin and steviozide
Quality indicators
Mathematical methods of modeling
Optimum recipe

ABSTRACT

In this article We have considered the issues of biscuit recipe modeling for cookies, enriched with iodine due to elamin and with the reduced amount of the sugar replaced by a natural sweetener steviozide with the target indicators of quality for a ready-made product. Furthermore, the rational meanings of the biscuit recipe (there have been regarded such factors of variation as steviozide, sugar, flour and starch) on the basis of the mathematical modeling method are determined. The criteria of optimization are: organoleptical assessment, a part of moisture mass, viscosity, a part of sugar mass (calculating method). The target method of mathematical modeling allows us to receive the optimum concentration of flour, starch, sugar and steviozide for providing high organoleptical, physical, chemical, structural and mechanical quality indicators of a biscuit with elamin and steviozide. The received data has been checked carrying out additional experiments which have proved their optimum.

Article history:

Received 15.09.2013
Received in revised
form 5.12.2013
Accepted 11.12.2013

Corresponding author:

Vanilla0688@rambler.ru

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРИ БІСКВІТА ІЗ ЗАДАНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ

Г.І. Дюкарева, А.Е. Гасанова, О.Г. Дьяков

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Розглянуто питання моделювання рецептури бісквіта, збагаченого йодом завдяки еламіну та зі зменшеною кількістю цукру, заміненого природнім підсолоджувачем — стевіозидом, із заданими показниками якості готового продукту. Застосований метод математичного моделювання дозволив одержати оптимальні концентрації борошна, крохмалю, цукру та стевіозиду в рецептурі бісквіта.

Ключові слова: бісквіт з еламіном та стевіозидом, показники якості, математичні методи моделювання, оптимальна рецептура.

Вступ. Виробництво бісквіта та виробів із нього, які займають особливе місце серед борошняних кондитерських виробів, останніми роками демонструє динаміку зростання та розвитку. Підвищення якості бісквіта функціонального призначення є невід'ємною складовою цього розвитку та актуальною проблемою сьогодення. Підвищення якості бісквітів здійснювали використанням мікробного полісахариду ксампану та поліміксану [1], безглютенових видів борошна [2], ламінарії, карагінану [3] та ін. Нами було запропоновано використання еламіну

© Г.І. Дюкарева, А.Е. Гасанова, О.Г. Дьяков, 2013

та стевіозиду, що дозволило б підвищити якість виробів завдяки збагаченню їх йодом з еламіну та заміною значної кількості цукру на природній підсолоджувач зі стевії — стевіозид. Кількість та співвідношення інгредієнтів рецептури значно впливають на показники якості та споживні характеристики готових виробів. Із погляду на це доцільно проводити визначення раціональних значень рецептури бісквітів на основі сучасних методів дослідження до яких у першу чергу відносяться методи математичного моделювання [4]. Проте, беручи до уваги складність взаємозв'язків між вхідними та вихідними змінними готового продукту, що не дає повною мірою використати основні фізико-хімічні закони, та певну невизначеність параметрів сировини, що буде перероблятися, математичну модель розробки рецептури доцільно будувати на основі регресійних співвідношень. Використання даної моделі дає можливість знайти співвідношення між вхідними та вихідними змінними продукту, що розробляється, які в середньому правильно відтворюють ці залежності. Крім того, за рахунок використання сучасної теорії планування експерименту, що полягає в проведенні цілеспрямованих дослідів, можна зменшити кількість експериментів [5].

Загальне вирішення цієї проблеми, зменшення кількості експериментів, складається з трьох етапів. На першому етапі шляхом проведення цілеспрямованих експериментів знаходять об'єктивні залежності між компонентами рецептури готового продукту й тими значеннями, що являють собою показники якості. Визначення цих залежностей дає можливість отримати математичну модель процесу. Отримана модель дає перше уявлення щодо наявності зв'язків між вхідними (рецептура) та вихідними (показники якості) параметрами бісквіта з еламіном та стевіозидом.

На другому етапі досліджень шляхом використання методів багатокритеріальної оптимізації на основі здобутої математичної моделі знаходять значення рецептури майбутнього продукту, які дозволяють максимально наблизитись до бажаних значень показників якості.

На останньому етапі остаточно перевіряють знайдені параметри рецептури на відповідність установленим показникам якості й за необхідності проводять корегування. Це необхідно для уточнення показників органолептичного спрямування, тому що можливі деякі відхилення остаточних показників якості порівняно з початковими вимогами.

Метою досліджень є моделювання рецептури бісквіта з еламіном та стевіозидом із заданими показниками якості за допомогою побудови математичної моделі та знаходження відповідних аналітичних залежностей між вхідними та вихідними показниками готового продукту.

Методика досліджень. Із погляду на попередні дослідження, у яких авторами визначалась раціональна кількість вхідних компонентів, та спираючись на наші дослідження, було вирішено як, фактори варіювання та їх дозування обрати: x_1 — стевіозид 0,09...0,18 %, x_2 — цукор 0...27 %, x_3 — борошно 16...22 %, x_4 — крохмаль 2,5...5 %. Ці дані були відібрані на основі методу експертного аналізу відомих (діючих) рецептур, аналізу певних літературних джерел та органолептичних показників. Також на основі аналізу показників якості бісквіта було відібрано показники, що дають найбільше уявлення щодо готової продукції, яку б ми хотіли отримати. Як параметри оптимізації було взято такі величини: y_1 — органолептична оцінка, y_4 — масова частка вологи, які нормуються вимогами РСТ УССР 1466-90 «Бисквиты. Технические условия»; y_2 — в'язкість (було обрано тому, що, у першу чергу, на нашу думку, вхідні компоненти будуть впливати саме на в'язкість тіста), y_3 — масова частка цукру (розрахункова), яка надає переваги зразкам зі зниженою його кількістю (обрано саме тому, що завданням наших досліджень є формування якості бісквіта зі зниженою кількістю цукру). Попередніми дослідженнями встановлено раціональну концентрацію еламіну 0,8 %, яку буде незмінно внесено в усі зразки.

Для опису залежностей між вихідними змінними та вхідними параметрами було обрано квадратичну модель виду:

$$M_i(x_1, x_2, x_3, x_4) = a_{1,i} + a_{2,i}x_1 + a_{3,i}x_2 + a_{4,i}x_3 + a_{5,i}x_4 + a_{6,i}x_1^2 + a_{7,i}x_2^2 + a_{8,i}x_3^2 + a_{9,i}x_4^2 + a_{10,i}x_1x_2 + a_{11,i}x_1x_3 + a_{12,i}x_1x_4 + a_{13,i}x_2x_3 + a_{14,i}x_2x_4 + a_{15,i}x_3x_4, \quad (1)$$

де $a_{i,j}$ — коефіцієнти математичної моделі; $i = 1...4$ означає відношення до конкретних показників якості готового продукту.

Використання моделі виду (1) дає можливість знайти, у певному розумінні, найкращі сполучення щодо показників якості.

Для визначення коефіцієнтів моделі шляхом проведення повного факторного експерименту необхідно побудувати таблицю, яка складається з 49 дослідів. У цій таблиці відтворюються всі можливі сполучення між вхідними змінними, а також можуть додаватися й інші точки, які мають певний науковий інтерес. Із метою зменшення кількості дослідів як план експерименту було обрано D-оптимальний насичений план який складається з 15 дослідів. Він не передбачає перевірку всіх комбінацій вхідних величин, як план повного факторного експерименту, але за точністю відтворення математичної моделі наближається до нього. Таблиця плану експерименту має такий вигляд:

Таблиця плану експерименту

Фактор варіювання	Номер досліду														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X_1	-1	1	1	1	1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	0
X_2	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	0	1	-1	1	-1	1	0
X_3	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	0	-1	-1	1	1	0
X_4	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0

Як вхідні змінні в таблиці використовуються кодовані значення, які знаходяться з виразу:

$$X_i = \frac{x_i - \frac{x_{i \max} + x_{i \min}}{2}}{\frac{x_{i \max} - x_{i \min}}{2}}, \quad (2)$$

де $i = 1...4$ означає відповідну вхідну змінну.

За допомогою перетворення (2) діапазон вхідних змінних дорівнює $(-1; 1)$ і дає можливість швидко попередньо оцінити коефіцієнти математичної моделі.

Після визначення таблиці експерименту на її основі створюється матриця експерименту F , яка враховує обраний вид математичної моделі. У кожній точці експерименту проводилось не менше двох вимірювань із метою зменшення впливу похибок вимірювання. Для подальшого обчислення коефіцієнтів моделі брали середнє значення проведених вимірювань.

Визначення коефіцієнтів моделі проводилося за формулою:

$$a = (F^T F)^{-1} F^T Y, \quad (3)$$

де Y — матриця даних експерименту.

Таким чином для даного процесу виготовлення бісквіта було отримано чотири моделі виду (1) для кожного показника якості готового продукту. Кожний показник якості готового продукту може бути описаний відповідними співвідношеннями, де як змінні використовуються вхідні параметри рецептури.

Проведемо попередній аналіз процесу виробництва на основі здобутої моделі. Завданням аналізу є визначення вхідних сукупностей рецептури, за яких можливе досягнення заданого значення показників якості.

Знайдемо для кожної вихідної величини таку сукупність вхідних параметрів, які забезпечують задане її значення. Знаходження такої сукупності буде проведено на основі знайденої моделі (1). Критерієм знаходження сукупності вхідних змінних x_i буде наступне рівняння:

$$x_i = (y_i - q_i)^2 \rightarrow \min_{x_i \in x_D}, \quad (4)$$

де y_i — значення i -ї вихідної величини; x_D — дозволений діапазон зміни вхідних величин; q_i — бажане значення показників якості.

Бажаними значеннями показників якості бісквітів нами були обрані наступні: y_1 — 28,5 б, y_2 — 1,56 Па·с, y_3 — 25 г, y_4 — 26 %. Показник якості y_1 , що характеризує органолептичну оцінку, для зручності, був виражений у балах.

Попередній аналіз експериментальних даних за формулою (4) показав, що немає загальної області, у якій можна буде задовольнити значення показників якості готового продукту. Перевірка визначення сукупностей вхідних величин, що забезпечують максимальне значення вхідних показників готового продукту, здійснювалася програмою Maximize пакета MathCAD [6]. Треба шукати відповідний компроміс між цими областями для прийняття рішення щодо обраних значень рецептури.

Після знаходження аналітичних залежностей між показниками якості та вхідними параметрами процесу необхідно за заданими показниками знайти відповідні сполучення параметрів процесу виробництва, які б давали можливість найбільшого наближення до заданих показників якості.

Одним із сучасних методів, який використовується для рішення цієї задачі є метод багатокритеріальної оптимізації [7;8]. Вибір виду найкращого критерію зумовлений особливостями виготовлення бісквіта. У більшості випадків використовують критерій найменших квадратів, який забезпечує найкраще наближення до заданих величин. Тому було обрано наступний критерій, який має вигляд:

$$q = k_i (y_i - y_{is})^2, \quad (5)$$

де y_i — показник якості, значення якого визначається за результатами обчислення математичної моделі; y_{is} — заданий показник якості відповідного параметра; k_i — коефіцієнти вагомості які дозволяють досліднику виділяти окремі показники серед загальної кількості всіх показників якості.

Обраний критерій (5) має широке використання, тому що він дає можливість наблизитись до заданого значення без урахування можливих великих відхилень від певних значень на малому інтервалі коливань.

Проте проведений попередній аналіз результатів математичного моделювання показав, що найкращі значення, які відповідають критеріям якості, не відповідають єдиному сполученню вхідних параметрів процесу виробництва. Тому необхідно «згорнути» ці критерії в один комплексний, який дозволять максимально наблизитись до заданих значень.

Щодо загальної постановки завдання до даного процесу виготовлення бісквітів, то вона має наступне формулювання: необхідно одночасно мінімізувати чотири критерії показників якості готової продукції з урахуванням критерію (5), який забезпечить мінімальне відхилення від заданих показників:

$$q_i(X) \rightarrow \min_{X \in \Omega}, i = 1, K, 4, \quad (6)$$

де $q(X)$ — загальний критерій якості; Ω — множина дозволених рішень щодо використання критеріїв.

Під множиною дозволених рішень розуміють усі можливі сполучення вхідних показників, які можуть бути реалізовані під час створення нової рецептури. Вибір загального

критерію якості зумовлений загальними вимогами до готового продукту. Аналіз здобутих даних показав, що всі вихідні дані мають різний порядок і тому необхідно привести їх до відносних значень одного порядку. Як критерій наближення, що дозволяє «згорнути» усі чотири критерії до одного, буде обрано критерій, який відповідає вимогам методу найменших квадратів і має наступний вираз:

$$Q(X) = \sum_{i=1}^4 [(Q_i(X) - q_i) / q_i]^2 \cdot k_i, \quad (7)$$

де $Q_i(X)$ — значення i -го показника, що обчислюється за математичною моделлю; q_i — необхідне значення показника якості щодо вимог до даного готового продукту.

Вагові коефіцієнти k_i дозволяють більш точно наблизити окремі показники якості готового продукту до наперед заданих значень. Вони також дають можливість урахувати окремі вимоги, що можуть висуватися до показників готового продукту та оперативно змінюватися.

Остаточно формула, за якою будуть визначатися параметри технологічного процесу, має вигляд:

$$c = \text{Min}(Q, X), \quad (8)$$

де c — значення вектора параметрів технологічного процесу, які забезпечують виконання (8); X — вектор вхідних змінних процесу, що визначає рецептуру.

Для знаходження рецептурного складу X використовується стандартна програма Minimize пакета MathCAD.

Результати досліджень. Знайдені шляхом математичного моделювання значення параметрів рецептури бісквіта: $x_1 = 0,13$ г; $x_2 = 16,4$ г; $x_3 = 21,07$ г; $x_4 = 4,22$ г. Здобути значення були перевірені під час проведення додаткових експериментів, які дали можливість упевнитись в їх оптимальності. Вони були остаточно підтверджені та є рекомендованими значеннями для даного виробництва бісквіта, який отримав назву «Здоров'я» та пройшов апробацію в ресторані «Julien Franzois» (м. Париж).

Висновки. Таким чином встановлено, що для забезпечення високих органолептичних, фізико-хімічних та структурно-механічних показників якості бісквіта з еламіном та стевіозидом, із розрахунку на 100 г сировини, раціональним є використання борошна пшеничного вищого гатунку — 24,54 %; меланжу — 53 %; стевіозиду — 0,16 %; цукру — 16 %; крохмалю — 5 %; еламіну — 0,8 %; солі — 0,5 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Авілочева І.В.* Нове в технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів / І.В. Авілочева, О.В. Самохвалова // Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, — Х.: ХДУХТ. — 2011. — С. 63.
2. *Бистріка І.В.* Вплив крохмалю на якість безглютенових бісквітних напівфабрикатів / І.В. Бистріка, К.Г. Іоргачова // Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, — Х.: ХДУХТ. — 2011. — С. 64.
3. *Технологія функціонального призначення йододефіциту: монографія* / /А.А. Мазаракі, М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко, П.О. Карпенко, С.М. Пересічна та ін.; За ред. д-ра техн. наук, проф. М.І. Пересічного. — 2-ге вид., переробл. та допов. — К.: КНТЕУ, 2012. — 1116 с.
4. *Методи и организация экспериментов* / Под ред. проф. К.П. Власова. — Х.: Гуманитарный центр, 2002. — 256 с.
5. *Дрейпер Н.* Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. — М.: Вильямс, 2007. — 912 с.
6. *Льяконов В.П.* Mathcad 11/12/13 в математике: справочник В.П. Льяконов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 928 с.

7. *Расстригин Л.А.* Современные принципы управления сложными объектами / Л.А. Расстригин. — М.: Сов. Радио, 1980. — 232 с.

8. *Штойер Р.* Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: пер. с английского / Р. Штойер. “ М.: Радио и связь, 1992 — 504 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ БИСКВИТА С ЗАДАНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА

Г.И. Дюкарева, А.Э. Гасанова, А.Г. Дьяков

Харьковский государственный университет питания и торговли

Рассмотрены вопросы моделирования рецептуры бисквита, обогащенного йодом благодаря эламину и с уменьшенным количеством сахара, замененного природным подсластителем – стевииозидом, с заданными показателями качества готового продукта. Примененный метод математического моделирования позволил получить оптимальные концентрации муки, крахмала, сахара и стевииозида в рецептуре бисквита.

Ключевые слова: бисквит с эламином и стевииозидом, показатели качества, математические методы моделирования, оптимальная рецептура.

УДК 621.798, 536.7

EFFECT OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF THE MICROFLORA FOOD MEDIA

V.M. Kryvorotko, I. Maksymenko, O. Bilyk, V.A. Piddybnii
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Synthesis Micro-organisms Temperature Fluid The phase transition pressure	Analysis performed influences physical and chemical parameters on the state of media, mass ratios of substances in them with the assessment of the causes and the possibilities of achieving the lethal effects. Latest in most cases linked to thermal stress whose existence is programmable and provides the current technologies and rates of change of temperature. The effect on the microflora have a double nature, which relates directly to the temperature itself and the changes that occur in this environment. Depending on the properties of liquid environments different variants of phase transitions of the most media or cell sap microorganisms. Obviously, the consequences of such phase transitions related to mass transfer processes. The issues of state media in vacuum and high pressures for rigid packaging.
Article history: Received 1.05.2013 Received in revised form 5.12.2013 Accepted 12.12.2013	
Corresponding author: mif63@i.ua	

ВПЛИВИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА МІКРОФЛОРУ ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩ

В.М. Криворотько, І.Ф. Максименко, О.А. Білик, В.А. Піддубний
Національний університет харчових технологій

Виконано аналіз впливів фізико-хімічних параметрів на стан мікроорганізмів в середовищах, масових співвідношень речовин в них з оцінкою причин і можливостей досягнення летальних ефектів. Останні у більшості випадків пов'язуються з термошоками, існування яких програмується і передбачається окремими діючими технологіями та швидкостями зміни температур. При цьому впливи на мікрофлору мають подвійний характер, що стосується безпосередньо самої температури і змін, які при цьому відбуваються в середовищах.

Ключові слова: синтез, мікроорганізми, температура, середовище, фазовий перехід, тиск.

Вступ. Прояви температурних шоків супроводжують окремі складові технологій мікробіологічних і харчових виробництв. Наприклад, при задаванні дріжджів у потік освітленого сула для його зброджування існує певна різниця температур змішуваних потоків. Помітні перепади температур середовищ також супроводжують синтез мікроорганізмів, виноробство, технології молочних виробництв тощо [1, 2].

© В.М. Криворотько, І.Ф. Максименко, О.А. Білик, В.А. Піддубний, 2013

Однак теоретичне підґрунтя термічних та інших шоків практично відсутнє у їх впливах на фізико-хімічні характеристики середовищ і опосередкованих впливах на мікроорганізми.

Мета досліджень. У зв'язку з викладеним до числа задач цього дослідження віднесено аналіз загального теоретичного підґрунтя стосовно переходів до різних станів термодинамічної рівноваги середовищ за змін температур з оцінкою впливів на динаміку мікробіологічних перетворень середовищ, синтез біомаси або цільових речовин. Хоча наявність температурних шоків є загально визнаною, однак межі їх впливів часто залишаються не повністю визначеними. Відомим і важливим їх проявом, який фіксується у виробництві, є лаг-фаза як наслідок перехідних процесів. При цьому діапазони її присутності можуть знаходитись в межах температур від нуля до +30...35 °С і більше, наприклад, для термофілів з перебігом у часі від кількох хвилин до кількох діб.

Для дріжджів цукроміцетів оптимальна температура життєдіяльності складає +28...32 °С, тому можливий діапазон D_t для них в промислових умовах може наблизитися до +30 °С. Разом з тим мікроорганізми психрофіли продовжують свою життєдіяльність і за від'ємних температур.

Для оцінки перспектив існування лаг-фази доцільно одержати кількісні характеристики впливів таких факторів, як температурний діапазон, швидкість зміни температури і час перебування середовищ з мікроорганізмами при різних температурах. Очевидно, що це ж стосується і середовищ з мікроорганізмами у зоні від'ємних температур.

Методика досліджень. Реакція мікроорганізмів на зниження температури середовищ залежить від глибини охолодження останніх. Очевидно, що сповільнення масообмінних процесів зі зниженням температури завершується їх припиненням у зв'язку з переходом до стану твердої фази середовища або клітинного соку мікроорганізмів. В останньому випадку можливим є досягнення летальних ефектів. Подібні режими мають місце в технологіях холодної обробки вина, виноматеріалів, соків тощо, але при цьому їх метою є хімічні перетворення, вилучення певних складових, вилучення зависей тощо. Зважаючи на обмеженість інформації про цілеспрямовані дослідження впливів охолодження середовищ з метою досягнення летальних ефектів, слід вказати на досвід заморожування зброденої тиражної суміші в пляшках в технологіях виробництва шампанського класичним методом. Не обговорюючи особливості перебігу окремих етапів за вказаного методу все ж вкажемо на 100 відсотковий летальний ефект, якому відповідають заключні операції ремюажу і дегоржажу.

Наведений аналіз приводить до висновку про доцільність пошуку причин відгуку мікроорганізмів середовищ на зміни фізико-хімічних параметрів останніх. Викладені умови і відмінності стосуються рідинних середовищ, для яких влаштування змін температур технічно є цілком досяжним.

Інший варіант може стосуватися технологій на основі охолодження середовищ під час адіабатного кипіння при їх вакуумуванні. Поєднання режимів адіабатного кипіння середовищ і використання ВЧ і НВЧ електромагнітних полів забезпечують швидкісне охолодження і нагрівання середовищ.

Більш глибока обробка рідинних середовищ з мікроорганізмами від'ємними температурами можлива лише за присутності в середовищі розчинених речовин, що супроводжується наявністю осмотичних тисків і температурних депресій.

Склад розчину впливає на клітини мікроорганізмів і всяка зміна властивостей середовищ супроводжується переведенням клітин до нових термодинамічних параметрів для досягнення нового рівноважного стану.

В залежності від властивостей рідинних середовищ можливими є три варіанта їх охолодження:

– *Варіант перший:* середовище переходить у тверду фазу, а клітинний сік мікроорганізмів фазовий стан не змінює;

– *Варіант другий:* середовище зберігає рідинний стан, а клітинний сік мікроорганізмів переходить до твердого фазового стану;

– *Варіант третій:* і середовище і клітинний сік мікроорганізмів переходять до твердого стану.

Хоча відмінності наведених варіантів є очевидними, однак їх наслідки співпадають і це співпадіння має прояв у припиненні масообміну.

Інший важливий результат стосується можливостей летальних ефектів. Останні однозначно присутні, а їх прояви, швидше за все, слід віднести на взаємодію оболонок клітин з утворюваними кристалами як всередині клітин, так і зовні. Можливо програмувати, що зовнішня деструкція оболонок клітин буде збільшуватися зі зростанням рівня отвердіння середовища. У випадках внутрішнього кристалоутворення деструкція оболонок клітин менше залежить від рівня отвердіння середовища і може відбуватися й за його рідинного стану.

У випадку фазових переходів середовищ в жорстких упаковках і при їх повному заповненні рідинною фазою температурні зміни супроводжуються змінами тисків, пов'язаними з об'ємним розширенням. При зниженні температур середовищ нижче 0 °C і здійсненні фазового переходу тиски в герметизованих об'ємах зростають, що також означає присутність подвійних ефектів впливів.

Зміни тисків в герметизованих об'ємах у своїй дії на мікробіологічні об'єкти супроводжуються об'ємними напруженими станами і підвищенням тиску в них до значень тиску у середовищі у заданій координаті. Це означає досягнення стану термодинамічної рівноваги і підвищення розчинності газової фази по обидві сторони оболонок клітин.

Зважаючи на досвід зброджування цукровмістких середовищ за тисків, що помітно перевищують атмосферний, слід прийти до висновку щодо головного чинника летальних ефектів, роль якого належить явищу фазового переходу.

Розвиток технологій вакуумного пакування стосується значної номенклатури виробів харчової промисловості.

Продукт, фасований в первинну оболонку вакуумується з наступною герметизацією. Влаштування вакуумної камери здійснено таким чином, що зниження тиску відбувається як у середині, так і зовні оболонки. Зниження тиску від атмосферного до того, що відповідає технічним можливостям пристрою, супроводжується зниженням температури та кипінням середовища і цей процес у першому наближенні можливо вважати адіабатним. Зміна термодинамічних параметрів у вакуумованій камері відображується залежністю

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}, \quad (1)$$

де T_1 і P_1 та T_2 і P_2 — відповідно початкові і кінцеві температури та тиски у вакуумній камері; k — показник адіабати.

Зниження температури до значення T_2 може бути достатньо помітним, однак вплив на температуру об'єкта вакуумування при цьому обмежений за умовою теплообміну з вакуумованим газовим середовищем, а основне охолодження середовища досягається за рахунок випаровування частини його вологи.

Разом з тим сучасні технічні можливості дозволяють швидкоплинно створювати навколо виробів кондитерської, хлібопекарної продукції тощо газовий об'єм підвищеного або атмосферного тиску з від'ємними температурами з наступним вакуумним упакуванням. При цьому можливо мати джерело стиснутого повітря (газу) з температурою навколишнього середовища. Наші попередні дослідження показали можливість досягнення у герметизованій камері від'ємних температур (у межах до $-15...-30$ °C) за рахунок двоступінчастого зниження тисків. Важливо, що температурні перепади від показників навколишнього середовища у $+20...+25$ °C до вказаних від'ємних досягаються за 2...3 секунди. Подальша пауза-витримка у часі дає підстави розраховувати на те, що мікрофлора на поверхні продукту і пакувальних матеріалах реагуватиме на дію вказаних низьких температур.

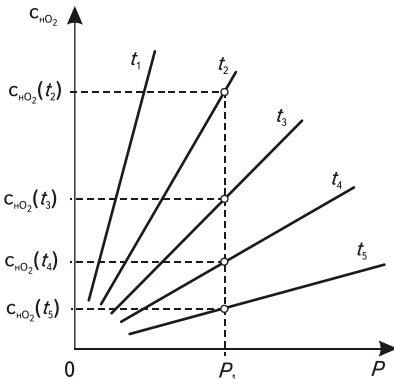
Однак при цьому слід оцінювати величину кінцевого тиску у камері з оброблюваним продуктом. З першого погляду здається, що з метою охолодження продукції доцільно здійснити вакуумування камери. Позитивний результат при цьому можливий у випадку

адіабатного випаровування вологої фракції продукту або напою. Проте за обмеженої вологості продукції або за її відносно обмеженої температури генерування пари вологої фракції стає помітно обмеженим. У зв'язку з цим розв'язання задачі можливо шукати на шляху створення у камері газових середовищ підвищених тисків але з обмеженими і навіть від'ємними температурами. В окремих випадках можливим могло би бути двостадійне оброблення з чергуванням охолодження і вакуумування.

Аналіз сучасних технологій вакуумного пакування продукції і пакування в модифіковані газові середовища приводить до висновку про майже повну придатність обладнання до впровадження і використання температурозмінних методів обробки продукції.

Масообмін і енергообмін між середовищем і мікробною клітиною оцінюються значною кількістю хімічних реакцій, розпадом одних і синтезом інших речовин, зустрічними матеріальними потоками тощо. При цьому в загальній оцінці системи перебувають у стані термодинамічної рівноваги, порушення якої за рахунок певного чинника викликає у відповідності до принципу Ле Шательє реакцію у напрямку досягнення нового рівноважного стану. Новий рівноважний стан може бути коротко- або довготривалим. Наприклад, технології синтезу хлібопекарських дріжджів дають приклад оцінки впливів температурних режимів. За температур культивування дріжджів 9...10 °С погодинний приріст біомаси досягає 10...12 %, а підвищення температури середовища до номінальної для цукроміцетів дозволяє досягти 17...19 % вказаного приросту. Очевидно, що такий результат досягається за рахунок наближення температури до оптимальної для дріжджів-цукроміцетів. Однак при цьому інші життєво важливі показники не повинні створювати обмежень в прирості біомаси. Адже аеробний синтез потребує присутності у культуральному середовищі розчиненого кисню. Проте підвищення температури середовища помітно знижує показник розчинності O_2 , який відображується законом Генрі:

$$C_{H_2O} = kP,$$



Загальний вид графіка залежності сталої насичення кисню від температури і парціального тиску O_2 в газовій фазі

де C_{H_2O} — стала насичення середовища; k — константа Генрі, яка визначається фізико-хімічними властивостями рідинної і газової фаз і температурою середовища; P — парціальний тиск кисню в газовій фазі.

Для оцінки впливу зміни температур звернемося до графічного представлення закону Генрі на рисунку. У відповідності до нього маємо співвідношення

$$t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5 \quad (2)$$

і при цьому залежності сталої насичення $c_{H_2O} = c_{H_2O}(t)$ не лінійні.

Для обраного значення P_1 перехід середовища від температури t_2 до t_3 супроводжується зменшенням сталої насичення на величину

$$\Delta c_{H_2O} = c_{H_2O}(t_2) - c_{H_2O}(t_3). \quad (3)$$

Швидкоплинна зміна температури середовища у вказаних межах означає порушення стану термодинамічної рівноваги, проте не у явному вигляді. За безперервної аерації середовища приріст біомаси супроводжується відповідним рівнем споживання кисню в такому ж безперервному режимі. Це означає, що насичення рідинної фази розчиненим киснем може не досягатися, як і порушення умови термодинамічної рівноваги.

Однак зростання температури середовища від t_2 до t_3 буде мати вторинний наслідок, прояв якого відображується залежністю

$$\frac{dM_{O_2}}{d\tau} = k_m F (c_{n, O_2} - c_{пл, O_2}), \quad (4)$$

де $\frac{dM_{O_2}}{d\tau}$ — швидкість розчинення кисню; τ — час перебігу процесу; M_{O_2} — маса розчиненого кисню; k — коефіцієнт масопередачі; F — поверхня поділу фаз; $c_{n, O_2} - c_{пл, O_2}$ — рушійний фактор масопередачі; $c_{пл, O_2}$ — плинна концентрація розчиненого кисню.

Саме зміна величини $c_{пл, O_2}$ у відповідь на зміну температури приведе систему до нового зменшеного значення $dM_{O_2}/d\tau$. Обов'язковим відгуком системи на зниження $dM_{O_2}/d\tau$ буде зменшення приросту біомаси. Про швидкоплинність такого переходу говорять дані Плевако Е.А. [3], за якими зниження концентрації розчиненого кисню від стану насичення до нуля за концентрації дріжджів 40 г/л досягається за 15 секунд. Це означає в кінцевому результаті зниження приросту біомаси за одиницю часу. Окрім того у зв'язку з певною інерційністю процесів масообміну між клітиною і середовищем можливою стає ситуація браку на кисень в середовищі, наслідком чого мікроорганізми хоча б тимчасово переналаштовуються на анаеробний тип дихання. Результатом останнього буде зниження виходу біомаси дріжджів, який обраховується по масі використаної цукровмісткої сировини.

Висновок. Виконаний аналіз стосовно впливів фізико-хімічних факторів на мікроорганізми, які супроводжують харчову продукцію, технології їх одержання або синтез мікроорганізмів приводить до висновку про доцільність наукових пошуків в оцінці впливів термодинамічних параметрів середовищ. При цьому значення має не лише глибина входження в незрівноважений стан, а і швидкість переходу до нового стану термодинамічної рівноваги. У зв'язку з цим термодинамічні переходи і перетворення слід оцінювати первинними явищами, а відгуки на них мікроорганізмів — умовно вторинними.

Поєднання в оцінках впливів змінних термодинамічних параметрів, ефектів підвищення і зниження тисків на рівнях вакуумування дозволяють прогнозувати їх перспективність для організації технології подовженого зберігання продукції харчових виробництв.

Особливі наслідки слід очікувати у випадках фазових переходів за утворення парової фази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Енергетичні імпульси в харчових технологіях / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, А.А. Палаш, І.Ф. Максименко // Наукові праці НУХТ. — № 47. — 2012. — С. 73–78.
2. Соколенко А.І. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, В.О. Сукманов; під ред. д-ра техн. наук, проф. А.І. Соколенка. — К.: Фенікс, 2011. — 536 с.
3. Плевако Е.А. Технология дрожжей / Е.А. Плевако. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 300 с.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА МИКРОФЛОРУ ПИЩЕВЫХ СРЕД

В.М. Криворотько, І.Ф. Максименко, Т.А. Билык, В.А. Поддубный
Национальный университет пищевых технологий

Выполнен анализ влияния физико-химических параметров на состояние сред, массовых соотношений веществ в них с оценкой причин и возможностей

достижения летальных эффектов. Последние в большинстве случаев связываются с термошоками, существование которых программируется и предусматривается действующими технологиями и скоростями изменения температур. При этом влияния на микрофлору имеют двойной характер, который касается непосредственно самой температуры и изменений, которые при этом происходят в средах.

В зависимости от свойств жидкостных сред возможны различные варианты фазовых переходов самих сред или клеточного сока микроорганизмов. Очевидно, что последствия таких фазовых переходов касаются массообменных процессов. Рассматриваются вопросы состояния сред в условиях вакуумирования и повышенных давлений в случаях жестких упаковок.

Ключевые слова: синтез, микроорганизмы, температура, среда, фазовый переход, давление.

УДК 641.56 : 641.13

DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF CULINARY PRODUCTS ON THE BASIS OF PORRIDGES WITH BALANCED COMPOSITION

L.N. Telezhenko, M.A. Kashkano

Odessa national academy of food technologies

Key words:

Grain puddings
Mathematical modeling of recipes
Balanced composition
Polycomponent products

Article history:

Received 27.09.2013

Received in revised

form 19.02.2014

Accepted 24.02.2013

Corresponding author:

ABSTRACT

The paper presents the technology of culinary products on the basis of porridges, specifically grain puddings, received with the help of mathematical modeling. The sequence of technological operations is determined as the result of the analysis of recipe composition and component properties. It is shown, that developed culinary products have balanced composition, high nutrient value and consumer attributes due to combination of different kinds of grains and additional components.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ З КАШ ЗІ ЗБАЛАНСОВАНИМ СКЛАДОМ

Л.М. Тележенко, М.А. Кашкано

Одеська національна академія харчових технологій

Наведено технології кулінарних виробів з каш, а саме — круп'яних запіканок, для розробки яких застосоване математичне моделювання. Встановлена послідовність основних технологічних операцій приготування запіканок на основі аналізу рецептурного складу та властивостей інгредієнтів. Показано, що розроблені кулінарні вироби мають збалансований склад, підвищену харчову цінність та високі споживчі властивості за рахунок комбінування різних видів круп та додаткових інгредієнтів.

Ключові слова: *круп'яні запіканки, математичне моделювання рецептур, збалансований склад, полікомпонентні продукти.*

Вступ. Відомо, що одним з основних принципів раціонально харчування наряду з такими, що передбачають баланс енергії, а також дотримання режиму харчування, є задоволення потреби організму в певній кількості та співвідношенні основних харчових речовин [1]. Для різних груп населення існують спеціально розроблені норми фізіологічних потреб харчових речовин та енергії, що базуються на наукових даних фізіології, біохімії, дієтології та інших галузях медичної науки. Встановлено, що оптимальним для практично здорової людини є співвідношення білків, жирів та вуглеводів, близьке до 1:1:4. Це

© Л.М. Тележенко, М.А. Кашкано, 2013

співвідношення найбільш сприятливе для максимального задоволення як пластичних, так і енергетичних потреб організму людини [2].

Незмінним залишається переконання в тому, що різноманітність їжі — це запорука здоров'я. Комбінація різних продуктів краще за все забезпечує організму доставку необхідних для нього харчових речовин. До того ж, часто процеси засвоєння та обміну мікрокомпонентів різко активуються в присутності інших харчових речовин, іноді декількох [1]. Саме тому одним з основних напрямків в галузі здорового харчування є виробництво продуктів, що мають полікомпонентний склад і включають як основні нутрієнти, так і мікронутрієнти, до яких належать вітаміни і мінеральні речовини. Створення зазначеної групи продуктів є актуальним, оскільки за рахунок багатокомпонентного складу досягається найбільш повне забезпечення організму фізіологічно корисними речовинами в необхідній кількості.

Оскільки раціон сучасної людини включає, як правило, харчові продукти складного рецептурного складу, цей фактор визначає розвиток самостійного напрямку — проектування складних багатокомпонентних продуктів харчування [3, 4]. При розробці нових рецептур велике значення має можливість моделювання споживчих характеристик готових виробів, прогнозування їхньої біологічної безпеки, якості та функціонально-технологічних властивостей з урахуванням явища синергізму.

Особливе місце в раціоні людини на протязі тривалого часу займають злакові продукти та страви з круп. Користь злаків та продуктів їхньої переробки зумовлена багатим хімічним складом, насамперед, високим вмістом складних вуглеводів і клітковини. В складі цих культур сконцентрована значна кількість рослинного білка, вітамінів (особливо вітамінів групи В і Е) і мінеральних речовин, таких як кальцій, цинк, залізо, марганець та ін. [5].

Продукти переробки зерна — крупи широко використовують в кулінарії для приготування різних перших та других страв. Традиційними кулінарними стравами з цих продуктів є каші. Незважаючи на користь каш, асортимент виробів з цих страв обмежений, наприклад, в технології харчування представлено дев'ять видів запіканок, які відрізняються, в першу чергу, круп'яною основою, що є монокомпонентною для всіх варіантів, та додатковими інгредієнтами [6]. Отже дані вироби мають незбалансований за основними компонентами хімічний склад та невисоку біологічну цінність (більшість білків круп неповноцінні). Таким чином, очевидним є необхідність розширення асортименту запіканок шляхом розробки рецептур і технології виробництва, які дозволять отримати вироби зі збалансованим складом та підвищеною біологічною цінністю. Крім того, при розробці технології кулінарних страв та виробів із заданими властивостями особливу увагу слід приділяти органолептичним показникам готової продукції, що мають важливе, зазвичай першочергове, значення для споживачів.

Метою роботи стала розробка технології виробництва багатокомпонентних кулінарних виробів з каш із заданою харчовою цінністю та високими споживчими властивостями.

Задачі досліджень:

- проектування рецептурного складу полікомпонентних запіканок з круп;
- визначення технологічних режимів кулінарної обробки круп'яних запіканок в залежності від набору сировини;
- проведення аналізу показників харчової цінності та споживчих властивостей запіканок, виготовлених за розробленими та традиційними рецептурами.

Розробка рецептур запіканок на полікомпонентній круп'яній основі зі збалансованим складом була вирішена шляхом комп'ютерного проектування за принципами лінійного програмування в табличному процесорі Excel [7]. Це дозволило досягти заданого співвідношення білків та вуглеводів (що було цільовою функцією програмування) при бажаному вмісті рецептурних інгредієнтів (зазначених у вигляді обмежень).

Для перших спроектованих рецептур було запропоновано набір інгредієнтів, аналогічних для стандартної запіканки на круп'яній основі без наповнювачів («Запіканка пшенична» № 419). Однією з умов проектування було розширення компонентного складу

сировини. В обмеженнях на рецептурний вміст інгредієнтів вказували інтервал, що є характерним для стандартної рецептури. Таким чином, було отримано декілька рецептур, дві з яких наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Рецептури полікомпонентних запіканок, отримані шляхом проектування

Інгредієнти	Обмеження на рецептурний вміст, %	Масова частка в рецептурі, %	Обмеження на рецептурний вміст, %	
			Рецептура № 1	Рецептура № 2
Гречана крупа	25,0...30,0	28,0	-	-
Рисова крупа	20,0...25,0	23,4	-	-
Пшоно	18,0...23,0	19,5	30,0...35,0	33,2
Пшенична крупа	-	-	20,0...25,0	21,5
Кукурудзяна крупа	-	-	10,0...16,0	12,9
Яйце сире	23,0...29,0	23,6	23,0...29,0	26,4
Масло вершкове	3,0...5,0	3,5	3,0...5,0	4,0
Цукор	2,0...3,0	2,0	2,0...3,0	2,0

Наступний етап роботи був технологічним та передбачав приготування запіканок за розробленими рецептурами. Основними операціями при цьому були варіння в'язких каш з декількох круп, подальше уведення рецептурних інгредієнтів та запікання. Враховуючи те, що різні види круп неоднаково швидко набухають та розварюються, тривалість гідротермічної обробки круп, які було взято за основу, визначали шляхом встановлення зміни їхньої твердості в процесі варіння. Доведення продукту до готовності відповідало часу, при якому значення твердості крупи ($^{\circ}\Phi$) було нульовим (рис. 1).

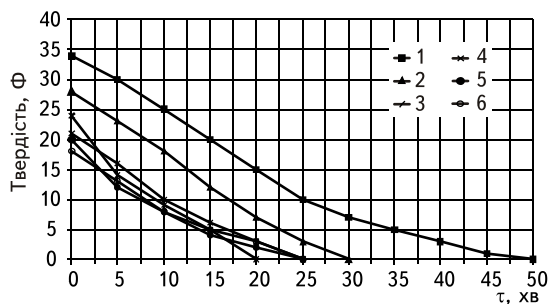


Рис. 1. Зміна твердості круп в процесі гідротермічної обробки:

- 1 – перлова крупа, 2 – пшенична крупа «Артек»,
3 – рисова крупа, 4 – гречана крупа,
5 – кукурудзяна крупа, 6 – пшоно

Аналіз тривалості процесу гідротермічної обробки круп було проведено за допомогою стрічкового планування (діаграми Ганта), що дозволило визначити час та послідовність закладки компонентів. Таким чином, технологія виробництва запіканок за наведеними рецептурами передбачала варіння круп до отримання в'язких каш ($T = 96...98^{\circ}\text{C}$, $\tau_1 = 25$ хв для рецептури № 1, $\tau_2 = 30$ хв для рецептури № 2), подальше уведення збитих сирих яєць, масла вершкового і цукру, змащування поверхні яйцем та запікання ($T = 180...190^{\circ}\text{C}$, $\tau_1 = 30$ хв для рецептури № 1, $\tau_2 = 35$ хв для рецептури № 2).

Незважаючи на досягнення збалансованості хімічного складу за основними нутрієнтами та корегування амінокислотного складу страв, запіканки, приготовлені за рецептурами № 1 та № 2, мали ненасичені смакові властивості та невиразну структуру, характерну для монокомпонентних виробів. Тому, наступним етапом при проектуванні рецептур було

розширення сировинної бази за рахунок смакових компонентів, що нададуть стравам органолептичної привабливості. У якості таких компонентів нами було обрано: горіхи (кедровий горіх, мигдаль, арахіс) та цукати (з лимону, дині, імбиру). Для покращення зовнішнього вигляду та біологічної цінності запіканок в склад однієї з рецептур було включено куркуму, як джерело фосфору, заліза, йоду, вітамінів С, В₂, В₃, К. З метою отримання запіканок з виразною структурою було запропоновано включення до складу продукту перлової крупи, що містить значну кількість розчинної клітковини (β-глюканів), та зберігає форму зерен при тривалому варінні. В результаті виконання заданих обмежень щодо рецептурного вмісту компонентів та хімічного складу виробів було отримано ще дві рецептури (таблиця 2).

Таблиця 2. Скореговані рецептури запіканок, отримані шляхом проектування

Інгредієнти	Обмеження на рецептурний вміст, %	Масова частка в рецептурі, %	Обмеження на рецептурний вміст, %	Масова частка в рецептурі, %
	Рецептура № 3 Запіканка «Золотиста»	Рецептура № 4 Запіканка «Зерниста»	Рецептура № 4 Запіканка «Зерниста»	Рецептура № 4 Запіканка «Зерниста»
Пшоно	23,0...28,0	28,0	-	-
Гречана крупа	15,0...20,0	19,7	-	-
Рисова крупа	10,0...15,0	12,0	-	-
Перлова крупа	-	-	25,0...30,0	27,5
Пшенична крупа	-	-	20,0...25,0	22,7
Кукурудзяна крупа	-	-	8,0...15,0	8,0
Яйце сире	23,0...29,0	27,0	23,0...29,0	28,0
Імбир	4,0...6,0	5,0	-	-
Масло вершкове	3,0...5,0	4,0	3,0...5,0	3,5
Куркума	0,5...1,0	1,0	-	-
Кедровий горіх	-	-	5,0...8,0	6,0
Цукор	3,0...4,0	3,0	3,0...4,0	4,0
Ванільний цукор	0,2...0,3	0,3	0,2...0,3	0,3

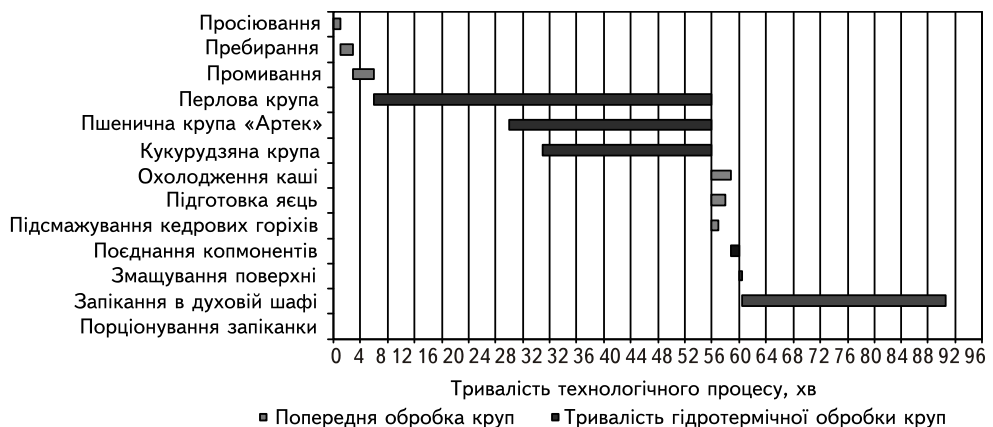


Рис. 2. Технологічний процес приготування запіканки «Зерниста» за діаграмою Ганта

До наведених скорегованих рецептур запіканок входять крупи, які потребують різного часу приготування, що визначило порядок закладання інгредієнтів. Так, перлова крупа на відміну від інших потребує найбільш тривалої гідротермічної обробки (рис. 1). Отже, технологічний процес за рецептурою № 4 передбачає наступний порядок уведення компонентів при приготуванні та подальші технологічні операції (рис. 2). Згідно з наведеною

діаграмою тривалість приготування запіканки «Зернистої» складає 91 хвилину, що несуттєво відрізняється від традиційної технології (довше на 20 хвилин).

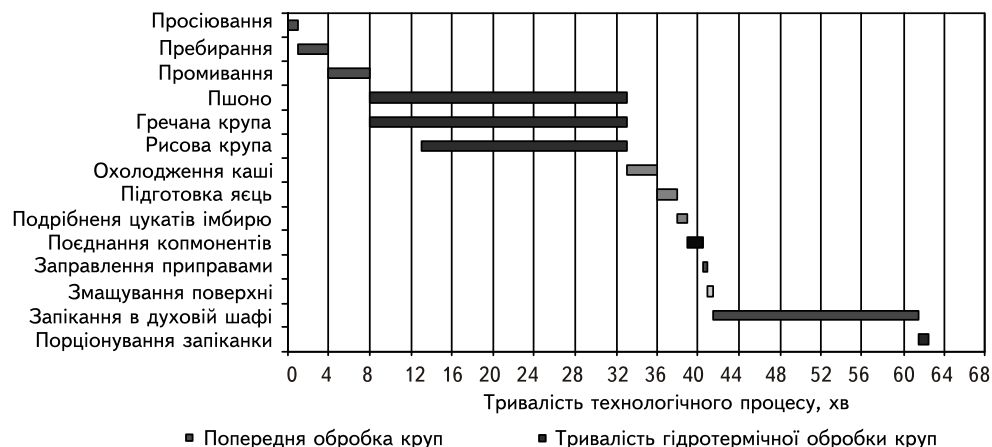


Рис. 3. Технологічний процес приготування запіканки «Золотиста» за діаграмою Ганта

Технологічний процес приготування запіканки «Золотиста» (рис. 3) потребує меншої тривалості виготовлення продукту (63 хвилини), за рахунок наявності у рецептурному складі круп, які швидше доходять до готовності.

Необхідно відмітити, що окрім досягнення збалансованості за основними нутрієнтами, виготовлені запіканки мають високі органолептичні показники, формування яких забезпечують додаткові специфічні компоненти. Так, включення до рецептури запіканки «Золотистої» пшона, куркуми та цукатів з імбиру надає готовому виробу жовтувато-золотистого кольору. Крім того, особливе значення має полідисперсна структура виробів за рахунок поєднання різних за розмірами часток сировинних інгредієнтів. Неоднорідна за розмірами структура запіканки «Зерниста» зумовлена наявністю в рецептурі перлової крупи, що зберігає форму зерен після тривалої гідротермічної обробки. Уведення незначної кількості (6 %) обсмаженого кедрового горіха до рецептури запіканки надає специфічного аромату і повноти смаку. Незначна масова частка ваніліну (0,3 %) сприяє утворенню витонченого аромату, зберігаючи аромат природної сировини, трансформований під впливом кулінарної обробки.

Для порівняння харчової цінності запіканок, виготовлених за розробленими та традиційними рецептурами, було проведено аналіз вмісту основних нутрієнтів та розраховане їхнє співвідношення. З таблиці 3 видно, що запіканки, приготовлені за рецептурами № 419 та № 421 незбалансовані за хімічним складом та несуттєво відрізняються за калорійністю.

Таблиця 3. Харчова та енергетична цінність розроблених запіканок

Запіканка	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Б:Ж:В	Енергетична цінність, ккал
Запіканка пшенична № 419	6,0	7,2	47,5	1:1,2:6,8	279,3
Запіканка рисова з гарбузом № 421	8,4	8,1	51,1	1:1:6,3	310,4
Запіканка «Золотиста»	12,5	8,1	50,7	1:0,6:4	325,7
Запіканка «Зерниста»	10	9,9	41	1:1:4	293,1
Запіканка «Золотиста» + сметана (30 г 15 % жирності)	13,3	12,6	51,8	1:0,9:4	373,8

Запіканка «Зерниста» має абсолютно збалансований склад завдяки оптимальному підбору інгредієнтів та введенню в рецептуру додаткового джерела жирів — кедрових горіхів. Харчова цінність запіканки «Золотиста» може бути скорегована при подачі страви за рахунок сметани або соусу. Розрахунок показав, що при додаванні сметани (15 % жирності, 30 г/порцію)

незбалансованість за складом жиру повністю компенсується. Крім того, необхідно відмітити, що собівартість розроблених запіканок є невисокою: вартість набору сировини для виготовлення запіканок «Золотиста» та «Зерниста» складає 0,65 та 1,46 грн/порцію (250 гр) відповідно.

Висновки. Розроблено технологію полікомпонентних круп'яних запіканок підвищеної харчової цінності шляхом визначення сумісності рецептурних інгредієнтів, їхнього кількісного підбору шляхом комп'ютерного проектування рецептур та встановлення послідовності технологічних операцій. Встановлено, що час технологічного процесу приготування запіканок на основі декількох видів круп несуттєво відрізняється від тривалості приготування монокомпонентних виробів (в середньому триваліше на 20 хв для запіканки «Зернистої»). Визначені основні органолептичні показники якості розроблених запіканок та відзначено, що отримані кулінарні вироби мають високі споживчі властивості за рахунок поєднання різних круп та введення додаткових специфічних інгредієнтів. Проведений аналіз вмісту та співвідношення основних нутрієнтів показав, що розроблені запіканки мають збалансований склад та належать до групи середньокалорійних продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Скурихин И.М.* Все о пище с точки зрения химика / И.М. Скурихин, А.П. Нечаев. — Высшая школа, 1991. — 288 с.
2. *Позняковский В.М.* Физиология питания / В.М. Позняковский, П.Е. Влощинский, Т.М. Дроздова. — СУИ, 2007. — 352 с.
3. *Reinivuo H.* Harmonisation of recipe calculation procedures in European food composition databases // H. Reinivuo, S. Bellb, M-L. Ovaskainen // Journal of Food Composition and Analysis. — 2009. — Vol. 22. — P. 410–413.
4. *Калачев А.А.* Новые белковые комбинированные продукты как результат моделирования / А.А. Калачев, П.А. Ушаков, А.Н. Кузнецов, Е.А. Калачева // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 4. — С. 76–79.
5. *Казаков Е.Д.* Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. — М.: Агропромиздат, 1989. — 368 с.
6. *Ратушный А.С.* Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / А.С. Ратушный, Л.А. Старостина, Н.С. Алекаев и др. — М.: Экономика, 1982. — 720 с.
7. *Тележенко Л.М.* Математичне моделювання композиційного складу сухих сумішей для виготовлення сніданків / Л.М. Тележенко, М.А. Кашкано // Харчова наука і технологія. — 2012. — № 4 (21). — С. 28–32.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КАШ СО СБАЛАНСИРОВАННЫМ СОСТАВОМ

Л.Н. Тележенко, М.А. Кашкано

Одесская национальная академия пищевых технологий

Приведены технологии кулинарных изделий из каш, а именно — крупяных запеканок, для разработки которых применено математическое моделирование. Установлена последовательность основных технологических операций приготовления запеканок на основе анализа рецептурного состава и свойств ингредиентов. Показано, что разработанные кулинарные изделия имеют сбалансированный состав, повышенную пищевую ценность и высокие потребительские свойства за счет комбинирования различных ингредиентов.

Ключевые слова: *крупяные запеканки, математическое моделирование рецептур, сбалансированный состав, поликомпонентные продукты.*

УДК 663:44

FACTORS AFFECTING THE SYNTHESIS OF SULPHUR DIOXIDE IN BEER

B.I. Hivrich, B.V. Rozdobudko*National University of Food Technologies*

Key words:	ABSTRACT
Beer Fermentation Sulfur dioxide Yeasts	The influence of different yeast, and basic technological factors on the content of sulfur dioxide in beer. Established that yeast actively synthesizing sulfur dioxide in the first 3–5 days of fermentation. At the stage of fermentation, the content of sulfur dioxide may be virtually no variable or decrease. Increased concentrations of wort leads to higher content of sulfur dioxide in beer, with the greatest synthesis of sulfur dioxide occurs within solids concentration of 10 % to 12 %, while increasing the concentration of solids in the original wort decreases the intensity of synthesis. Dry yeast synthesize smaller amount of sulfur dioxide. By increasing the concentration of yeast cells in the wort of 15 million/ml to 25 million/ml and increase the degree of aeration of wort oxygen in the range of 4 to 12 mg/l leads to a decrease in the synthesis of sulfur dioxide in beer.
Article history: Received 1.03.2014 Received in revised form 25.03.2014 Accepted 2.04.2014	
Corresponding author: boris_rozdobudko@ukr.net	

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СИНТЕЗ ДІОКСИДУ СІРКИ В ПИВІ

Б.І. Хіврич, Б.В. Роздобудько*Національний університет харчових технологій*

Проведено дослідження впливу різних рас дріжджів, а також основних технологічних факторів на вміст діоксиду сірки в пиві. Встановлено, що дріжджі активно синтезують діоксид сірки в перші 3–5 днів зброджування суслу. На стадії доброджування пива вміст діоксиду сірки може залишатися практично без змін або зменшуватися.

Збільшення масової частки сухих речовин початкового суслу призводить до підвищення вмісту діоксиду сірки в пиві, при чому найбільше синтезується діоксиду сірки в межах масової частки сухих речовин від 10 % до 12 %, а при збільшенні масової частки сухих речовин в початковому суслі інтенсивність синтезу зменшується. Сухі дріжджі при зброджуванні сусла синтезують меншу кількість діоксиду сірки в порівнянні з рідкими дріжджами.

Ключові слова: пиво, бродіння, діоксид сірки, дріжджі.

Вступ. На смак і аромат пива впливає великий спектр сполук: вищі спирти, ефіри, альдегіди, сірковмісні речовини та ін. Вони також є невід'ємною частиною пива, а якщо їх вміст перевищує поріг відчуття, то вони надають напою небажаний смак і аромат.

© Б. В. Роздобудько, Б. І. Хіврич, 2014

Діоксид сірки (SO_2) за класифікацією смаків і ароматів пива, прийнятих Європейською пивоварною конвенцією (англ. скорочено EBC) має індекс 0710, який характеризує запах «запалюючого сірника» [1]. За міжнародною класифікацією харчових добавок SO_2 відносять до групи консервантів з порядковим номером E220. Зазвичай вміст його в пиві становить менше 10 мг/дм³. Поріг відчуття в пиві у вільному стані становить біля 7 мг/дм³, а в зв'язаному — 25 мг/дм³[1,2].

Необхідність контролювання і регулювання вмісту SO_2 в пиві пов'язана, з одного боку з тим, що невелика його кількість позитивно впливає на органолептичні показники пива, надає йому відчуття свіжості, пригнічує небажані ферментативні процеси, що можуть відбуватися під час зберігання пива [2]. Завдяки антиоксидантним властивостям SO_2 стабілізує напій, зв'язуючи розчинений кисень і деякі карбонільні сполуки, в тому числі альдегіди Штрекера, які впливають на смакову стабільність під час зберігання пива. З іншого боку, SO_2 при вмісті значно більшому порогу відчуття негативно впливає на органолептичні показники напою.

Основна кількість SO_2 в пиві, як відомо [3], утворюється під час головного бродіння внаслідок асиміляції дріжджовою клітиною сульфатів, які в основному надходять в сусло з водою (150–200 мг/дм³). Встановлено [4], що збільшення вмісту іонів сульфату в суслі, за рахунок внесення солей сірчаної кислоти, які містять аніони SO_4^{2-} , в тому числі MgSO_4 , не має значного впливу на підвищення вмісту SO_2 . Проте доведено, що вагомий вплив має кількісний склад таких амінокислот як метіонін, цистеїн, трионін та сирін в суслі [4]. Особливістю біосинтезу SO_2 в пиві є те, що він має загальний шлях утворення з іншою важливою сірководнею сполукою сірководнем (H_2S), який має дуже низький поріг відчуття — 4 мкг/дм³, і неприємний аромат, характерний запаху «тухлих яєць» [2,3]. Обґрунтовано [5], що різні режими затирання по різному впливають на амінокислотний склад сусла і тим самим на кількість SO_2 в пиві. Найбільш сприятливим до накопичення цієї сполуки виявився режим, коли пропускають цитолітичну і протеолітичну паузи, а затирання починають з 62 °С. Очевидно, це пояснюється глибиною ферментативних процесів і меншою кількістю накопичення в суслі сірководнею амінокислот, що змушує дріжджову клітину під час бродіння використовувати внутрішні механізми асиміляції сульфатів із сусла для накопичення необхідної кількості відповідних амінокислот.

Відомо, що на вміст SO_2 в пиві істотно впливає не лише якісний і кількісний склад амінокислот, а й такі технологічні фактори як ступінь аерації, концентрація початкового сусла, фізіолого-біохімічні властивості раси дріжджів, кількість їх внесення в сусло перед бродінням та ін. [2,3,6]. Проте в науковій літературі цим питанням приділено не достатньо уваги, саме тому важливим є дослідження впливу різних рас дріжджів, а також основних технологічних факторів на вміст SO_2 в пиві.

Мета дослідження. Встановлення основних факторів, що впливають на синтез діоксиду сірки в пиві.

Матеріали та методи досліджень. Сусло зброджували з використанням рас дріжджів: Rh, 124, 163, Saflager W 34/70. Вміст SO_2 визначали дистиляційним методом, а концентрацію дріжджів за допомогою камери Горяєва. Вміст кисню визначали на приладі Digoх 6.

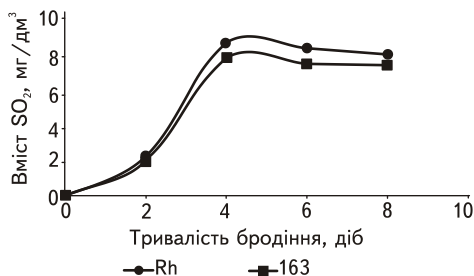


Рис. 1. Графік зміни вмісту SO_2 залежно від тривалості бродіння і раси дріжджів

Результати досліджень. Першим етапом експериментальної роботи було проведення досліджень по визначенню динаміки зміни вмісту SO_2 під час зброджування сусла двома расами дріжджів: Rh і 163. Ці раси рекомендовані для використання в пивоварінні і характеризуються як глибокозброджуючі з високим ступенем редукції діацетилю та накопиченням вищих спиртів. Два зразки сусла з масовою часткою CP біля 12 % готували в однакових умовах і зброджували при температурі від 12 °C до 13 °C протягом 8 діб. Вміст SO_2 дистиляційним методом [7]. Динаміку зміни вмісту SO_2 залежно від тривалості бродіння і раси дріжджів наведено на рис.1.

Результати дослідження показали, що дріжджі активно синтезують SO_2 в перші 3–5 діб зброджування сусла, тобто в період від стадії «забілу» до стадії «високих завитків». На першій стадії бродіння («забіл») синтез SO_2 очевидно, пригнічується внаслідок високої концентрації метіоніну. На другій стадії активно ростуть і розмножуються дріжджі («низькі завитки») і зниження вмісту метіоніну в суслі ініціює кількість утворення SO_2 . На третій стадії («високі завитки»), де ріст дріжджів сповільнюється, продовжується незначне накопичення SO_2 внаслідок зменшення активності сульфідредуктази дріжджової клітини. Досліджувані раси дріжджів синтезують SO_2 в межах від 7,8 мг/дм³ до 8,4 мг/дм³. Подальша динаміка зміни вмісту SO_2 на стадії доброджування, залишатися практично без зміни, або може зменшуватися на 10–15 % внаслідок видалення SO_2 з діоксидом вуглецю і утворення сполук з леткими карбонілами.

В зв'язку з тим, що фізико-хімічні показники сусла, в тому числі кількісний склад амінокислот, в певні міри залежать від масової частки CP в ньому, тому наступним етапом було проведення досліджень по визначенню вмісту SO_2 в пиві залежно від масової частки CP початкового сусла при зброджуванні його різними расами дріжджів (Rh, 124, 163, Saflager W 34/70). Сусло, отримане за високогустинною технологією, розводили водою до різної масової частки CP і зброджували дріжджами з розрахунку 15–16 млн. клітин на 1 мл сусла протягом 8 діб при температурі 12–13 °C.

Вміст SO_2 залежно від масової частки CP в початковому суслі і раси дріжджів наведено в табл.1.

Таблиця 1. Вмісту SO_2 залежно від масової частки CP в початковому суслі і раси дріжджів

Масова частка CP, %	Вміст SO_2 , мг/дм ³			
	Раса Rh	Раса 124	Раса 163	Раса W 34/70
8	2,0	2,2	2,3	0,6
10	3,9	2,7	3,0	0,7
12	8,1	8,2	7,8	1,1
14	12,5	9,8	11,0	2,3
16	18,1	16,5	17,0	4,4

Як видно з таблиці, зі збільшенням масової частки CP в початковому суслі підвищується вміст SO_2 в пиві. Слід відмітити, що найбільше синтезується SO_2 в межах масової частки CP від 10 до 12 %. При масовій частці CP 12–16 %, інтенсивність синтезу зменшується. Слід відзначити, що сухі дріжджі раси W 34/70 синтезують приблизно в чотири рази менше SO_2 в порівнянні з іншими расами.

Оскільки в літературних джерелах існують розбіжності по інтенсивності синтезу SO_2 , залежно від кількості внесених дріжджів [8,9], було доцільним дослідити вплив різної кількості внесених дріжджів на вміст SO_2 в пиві для різних рас дріжджів. Для цього сусло з масовою часткою CP 12 % (середня концентрація сусла) зброджували при температурі 12–13 °C протягом 8 діб. Зміну вмісту SO_2 залежно від кількості внесених дріжджових клітин в початкове сусло для різних рас дріжджів наведено на рис.2.

Як видно з графіка, всі раси дріжджів при збільшенні кількості клітин в суслі від 10 млн/см³ до 25 млн/см³ синтезують меншу кількість SO_2 . Найбільше зменшується синтез

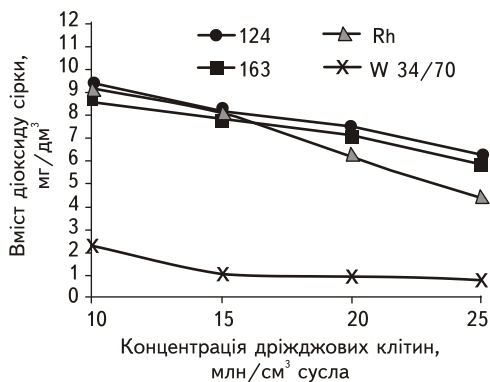


Рис. 2. Графік зміни вмісту SO_2 залежно від концентрації дріжджових клітин в початковому суслі і раси дріжджів

що зі збільшенням CP в початковому суслі дріжджова клітина потребує більшу кількість кисню. Якщо кисню буде недостатньо або навпаки забагато, то це може призвести до зміни в синтезі кількості побічних продуктів бродіння. Тому наступним етапом було визначення впливу ступеня аерації на вміст розчинного SO_2 в пиві. Для цього середньої концентрації суслу, виготовлене в однакових умовах, аерували до різного ступеня насичення киснем (4, 8 і 12 мг/дм^3) і зброджували расою Rh при температурі від 12°C до 13°C протягом 8 діб. Зміну вмісту SO_2 залежно від ступеня аерації початкового суслу наведено на рис. 3.

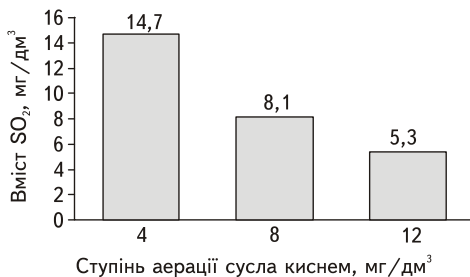


Рис. 3. Діаграма зміни вмісту SO_2 залежно від ступеня аерації початкового суслу

Як видно з рисунка ступінь аерації початкового суслу киснем суттєво впливає на вміст SO_2 в пиві після головного бродіння. Зі збільшенням ступеня аерації кількість SO_2 зменшується, що підтверджує дані літератури [9] про те, що більшість факторів, які пригнічують активність дріжджів сприяють збільшенню вмісту SO_2 в пиві. Очевидним також залишається факт, що ступінь аерації суслу, так само вагомо впливає на вміст SO_2 в пиві як і масова частка CP в початковому суслі.

Висновки. Отже, на основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що:

1. Дріжджі активно синтезують SO_2 в перші 3–5 діб бродіння суслу. На стадії доброджування вміст SO_2 може залишатися практично не змінним або зменшуватися на 10–15 % внаслідок видалення його з діоксидом вуглецю і утворення сполук з леткими карбонілами.
2. Збільшення масової частки CP початкового суслу призводить до підвищення вмісту SO_2 в пиві, при чому найбільше синтезується SO_2 в межах масової частки CP від 10 % до 12 %, а при подальшому збільшенні масової частки CP інтенсивність синтезу SO_2 зменшується. При використанні сухих дріжджів синтезується значно менше SO_2 по відношенню до рідких дріжджів.
3. При збільшенні концентрації дріжджових клітин в суслі від 15 млн/мл до 25 млн/мл інтенсивність синтезу SO_2 зменшується.

4. Зі збільшенням ступеня аерації суслу від 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ кількість SO₂ в пиві зменшується.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бэмфорд Ч.* Новое в пивоварении / Ч. Бэмфорд ; пер. с англ. И.С. Горожанкиной, Е.С. Боровиковой. — СПб.: Профессия, 2007. — 520 с. ISBN 978–5–93913–157–5.
2. *Меледина, Т.В.* Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация // Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин. — СПб. : ИД «Профессия», 2011. — 220 с. — ISBN 978–5–904757–16–8.
3. *Annemüller, G.* Gärung und Reifung des Bieres / G. Annemüller, Hans–J. Manger. — Berlin : VLB–Fachbъcher, 2013. — 872 S. — ISBN 978–3–921690–73–4.
4. *Duan W.* A Parallel Analysis of H₂S and SO₂ Formation by Brewing Yeast in Response to Sulfur-containing Amino Acids and Ammonium Ions / W. Duan, .–A. Roddick, V- Higgins / J. of the American Society of Brewing Chemists. — 2004. — № 62(1). — P. 35 — 41.
5. *Вишняков И.Г.* Повышение стабильности светлого пива путем регулирования серосодержащих компонентов : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов» / Вишняков Игорь Григорьевич ; Санкт–Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищевых технологий. — СПб, 2009. — 15 с.
6. *Back, W.* Ausgewahlte Kapitel der Brauereitechnologie / W. Back — Nurnberg : Hans Carl –Fachverlag , 2008. — 392 S. — ISBN 9–783–41800–8.
7. *Ермолаева Г.А.* Справочник работника лаборатории пивоваренного предприятия / Г. А. Ермолаева. — СПб. : Профессия, 2004. — 536 с. — ISBN 5–93913–055–0.
8. *Nakatani K.* Kinetic analysis of ester formation during beer fermentation / K. Nakatani, N. Fukui, K. Nagami, M. Nishigaki // Journal of the American Society of Brewing Chemists. — 1991. — №4. — S. 152–157.
9. *Nordlуv H.* Formation of sulfur dioxide during beer fermentation / H. Nordlуv. — Proceedings of the Congress — European Brewery Convention. — 1985. — P. 291–298.
10. *Кунце, В.* Технология солода и пива / В. Кунце; пер. с нем. Г.В. Даркова, А.А. Куреленкова. — СПб. : Профессия, 2009. — 1064 с. — ISBN 978–5–93913–162–9.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СИНТЕЗ ДИОКСИДА СЕРЫ В ПИВЕ

Б.И. Хиврич, Б.В. Роздобудько

Национальный университет пищевых технологий

Проведено исследование влияния различных рас дрожжей, а также основных технологических факторов на содержание диоксида серы в пиве.

Установлено, что дрожжи активно синтезируют диоксид серы в первые 3–5 суток сбраживания суслу. На стадии дображивания пива, содержание диоксида серы может оставаться практически без изменений, или уменьшаться. Увеличение массовой доли сухих веществ начального суслу приводит к повышению содержания диоксида серы в пиве, причем наибольшее количество диоксида серы синтезируется в рамках массовой доли сухих веществ от 10 % до 12 %, а при дальнейшем увеличении массовой доли сухих веществ в начальном сусле интенсивность синтеза уменьшается. Сухие дрожжи при сбраживании суслу синтезируют меньшее количество диоксида серы по сравнению с жидкими дрожжами. При увеличении концентрации дрожжевых клеток в сусле от 15 млн/мл до 25 млн/мл, а также при увеличении степени аэрации суслу кислородом от 4 мг/дм³ до 12 мг/дм³ уменьшается синтез диоксида серы в пиве.

Ключевые слова: пиво, брожения, диоксид серы, дрожжи.

CLEAN ENVIRONMENT – EXTRA PROFIT

V. Koshova, A. Kuts, M. Lubyanyo

National University of Food Technologies

Key words:

Spent grain
Drying
Physicochemical composition
Physicochemical composition

ABSTRACT

The current methods or processing of the treatment of spent grain as a waste of beer production were analyzed. We investigated the grains from different types of unmalted raw materials: rice semolina, barley and corn flour. Residual brewer's yeasts were added (15 % vol.) into all kinds of pellets for insuring of biological regulatory. The wet pallets were dried in the turbulent dryer, the performance of which was regulated by turns of spent grain dewatering press. The temperature of dryer agent was 160 °C inlet, in the zones of drying it was 83 °C, than 90 °C and 87 °C and 105 °C outlet. The different amounts of steam were spent for the production of the pallets with a given humidity (12 % max.). That amounts were depend from physic and chemical composition of the original grains. The largest expenditure of steam required from drying grains with corn flour, but in this case the quality of product as fat and crude oil protein content was higher. The minimum cost of a couple was dried pure malt grains, but also the quality of the product was lowest. Cost couples increased with the numbers of revolutions of the press push-ups, which is due to the large quantities of wet spent grain.

Article history:

Received 4.07.2013
Received in revised
form 4.12.2013
Accepted 11.12.2013

Corresponding author:

anatolykuts@ukr.net

ЧИСТЕ ДОВКІЛЛЯ – ДОДАТКОВИЙ ПРИБУТОК

В.М. Кошова, А.М. Куц, М.О. Лубяной

Національний університет харчових технологій

Проаналізовані сучасні способи переробки пивної дробини, як високотонажного відходу виробництва пива. Запропоновано висушувати її на турбулентній сушарці з подальшим гранулюванням. Встановлено, що більш якісні гранули при мінімальних витратах пари отримуються із чисто солодової або солодово-рисової дробини з додаванням до неї перед висушуванням 15 % залишкових пивних дріжджів.

Ключові слова: пивна дробина, висушування, фізико-хімічний склад, залишкові пивні дріжджі

Вступ. Пивна дробина — осад, що утворюється після фільтрування затору під час виробництва пива. Це натуральний екологічно чистий продукт з високим вмістом протеїну, високоякісний корм для відгодівлі худоби.

Дробина має густу консистенцію грубо розмеленого зерна із світло-коричневим кольором, солодкувата на смак та із солодовим запахом. В ній залишається біля 75 % білкових речовин і 80 % жиру, що міститься у затираємих солоді і несолоджених матеріалах [2, 4].

Сезонність в роботі пивоварних компаній з піками виробництва, що приходяться на весняно-літній період, призводять до накопичення великих об'ємів пивної дробини. В середньому на 1000 дал виробленого пива утворюється біля 2,5 т пивної дробини вологістю 86 % і відповідно щорічно на пивоварному заводі середньої потужності у відходи йде до 35 тис. т дробини. За таких масштабів вміле і дбайливе використання відходів та побічних продуктів виробництва може дати не тільки відчутний дохід переробникам цих відходів, але і суттєво усунути загрозу забруднення навколишнього середовища.

Тому розробка ефективних способів її використання і переробки є актуальною проблемою пивоваріння.

Використання дробини у свіжому вигляді пов'язане з низкою труднощів. По-перше, сира дробина швидко закисає і пліснявіє, по-друге, транспортування її до місця споживання проблематичне та коштовне. Одночасно на полігонах пивоварних заводів за сезон накопичується до сотні тисяч тон пивної дробини. Це суміш рослинних і мікробних білків, простих і складних вуглеводів, органічних кислот та інших речовин, що складена на відкритих майданчиках і яка вже на третій день починає виділяти у біосферу отруйні продукти гідролізу і гниття, в тому числі такі отруйні гази як скатол, індол, аміак. Хімічні продукти розпаду, поступово проникаючи у ґрунт, отруюють ґрунтові води, внаслідок чого землі стають непридатними для господарського використання на багато років (причому з непередбачуваними екологічними наслідками) [2, 4].

Максимально підвищити цінність кормових добавок, що випускаються в даний час з дробини, можна шляхом вдосконалення способів її переробки, яких є достатньо багато.

До одного із найбільш перспективних відноситься біоферментація із застосуванням закваски Леснова, завдяки якій за рахунок додатково утвореного мікробного білку зростає як білкова складова дробини, так і енергетична цінність одержаного корму. Технологія приготування добавок із застосуванням закваски Леснова включає твердофазну ферментацію, що у стислі терміни протягом 8...12 год. забезпечує значне зростання в них протеїнової складової. Внаслідок ферментації в оброблюваній сировині знижується вміст клітковини при одночасному збільшенні кількості кормових одиниць, перетравного білку, легкозасвоюваних вуглеводів і водорозчинних вітамінів [8].

Іншим способом переробки дробини є зниження в ній вмісту клітковини. Корми з великим вмістом клітковини придатні для відгодівлі тільки жуйних тварин, травна система яких містить спеціальні ферменти і мікрофлору, що здатні гідролізувати та асимілювати целюлозу. При відгодівлі свиней, птахів, хутрових і свійських тварин є обмеження щодо вмісту клітковини в раціонах їх живлення. Тому збалансувати за білком корм на основі пивної дробини вдається тільки добавкою м'ясного або рибного борошна, що не містять целюлозу [8].

Для виходу пивної дробини на ринок повноцінних комбікормових продуктів пропонується створення виробництва дріжджового кормового концентрату на продуктах гідролізу клітковини, вуглеводах і органічних кислотах. Такий процес передбачає:

- ферментативну обробку дробини;
- механічне відділення нерозчинного залишку (кека);
- вирощування аеробних кормових дріжджів на розчинних вуглеводах і органічних кислотах;
- флотацію і згущування сепарацією отриманої дріжджової біомаси;
- сумісне сушіння згущеної біомаси з сирими залишками дробини;
- анаеробне перероблення залишкових ХПК, азоту і фосфору.

Постадійний матеріальний баланс процесу розрахований на вихідний потік 8000 кг дробини/год. вологістю 75 % дозволяє отримати на виході біля 1500 кг високобілкового продукту за годину з вологістю 10 % і вмістом білку 45 %. Така технологія за повної утилізації дробини дає комбінований концентрат корму з високими показниками за кормовою цінністю, що може бути використаний як основа раціонів для відгодівлі всіх видів сільськогосподарських тварин і птахів.

Пивну дробину з вологістю не більше 60 % можна консервувати у чистому вигляді. Під час силосування пивної дробини високої вологості для зменшення останньої до силосної маси можна додавати солому, полову чи зелену масу злакових або бобових. Силосують пивну дробину в облицьованих заглиблених або напівзаглиблених траншеях та у спеціальних сховищах-траншеях із цегли, збірного залізобетону, бутового каменю чи у поліетиленових рукавах-ємностях [3].

Для консервування пивної дробини природної вологості або віджатої до 60 % рекомендується застосовувати як біологічний консервант закваску, виготовлену на основі ампліолітичного молочнокислого стрептокока. Для внесення закваски у дробину з концентрату готують робочий розчин. Для чого ретельно розмішують і розводять водою у співвідношенні 1 дм³ закваски на 10 дм³ води. Отриману робочу суміш вносять у пивну дробину рівномірно, розбризкуючи по всьому об'єму. Норма внесення препарату — 1 дм³ робочого розчину на 1 т пивної дробини [9].

Останнім часом пивну дробину все частіше додають в дієтичні продукти харчування, хлібобулочні, макаронні, кондитерські, м'ясні і молочні вироби. Але в цьому випадку її попередньо висушують і перемелюють на борошно, застосовуючи різні технології [6–8].

Одержане борошно багате на білок і целюлозу, містить основні мікроелементи (кальцій, фосфор, марганець, залізо, мідь), жирні кислоти, вітаміни Е і Р. Харчова і біологічна цінність борошна із пивної дробини дозволяє замінювати ним 10...15 % пшеничного борошна під час виготовлення хлібобулочних виробів. Із збільшенням частки дробини підвищується водопоглинальна здатність тіста і тривалість його піднімання, а стійкість у часі зменшується. Завдяки цьому в тісто потрібно вводити додаткову кількість води, що сприяє збільшенню виходу хліба і економії пшеничного борошна. Готові вироби за органолептичними і фізико-хімічними показниками практично не відрізняються від виробів, виготовленими за традиційними технологіями [6].

Під час теплової обробки пивна дробина переробляється практично без залишку. Система ефективна, економічна і є джерелом енергії безпечним для навколишнього середовища. Метод теплової утилізації забезпечує перетворення пивної дробини із відходів виробництва у цінний матеріал. З 1 т вихідної сирової дробини із залишковою вологістю біля 80 % можна отримати майже 1МВтЧгод. теплової енергії. Сира дробина із фільтраційного апарату передається до стрічкового пресу безперервної дії, де вона механічно зневоднюється до вмісту в ній сухих речовин близько 42 % і тому стає біологічно стабільною. Пивна дробина після віджимання придатна для спалювання як горючий матеріал в спеціальній печі без додаткової обробки. Одержану енергію у вигляді насиченої пари або гарячої води застосовують у виробничому процесі. Утворену золу завдяки її специфічному складу можна використовувати як добавку до добрив, що спрощує її реалізацію [2].

Одержану після пресування воду можна спрямувати на очисні споруди для біологічного очищення або повторно використати під час затирання зернопродуктів. При анаеробній обробці пресової води утворюється метановмісний газ, який можна використовувати як додаткове паливо в процесі спалювання.

Відповідно потреба у таких зовнішніх джерелах енергії, як природний газ, мазут або вугілля суттєво зменшується. Як наслідок пивоварне виробництво стає менш залежним від постійно зростаючих цін на енергоносії. Окрім того, забезпечується надійна утилізація пивної дробини незалежно від попиту зовнішніх споживачів та стає можливим спалювання інших залишкових матеріалів, наприклад старих етикеток.

Проте, сушіння дробини — надзвичайно енергоємний процес. Кращий спосіб її зберігання — зневоднення до вологості 60...70 % за допомогою спеціального конічного шнекового преса. Таку дробину потрібно фасувати у поліетиленові герметично закриті мішки. У процесі зберігання у мішках рН дробини знижується за рахунок утворення молочної й оцтової кислот внаслідок дії молочнокислих та оцтовокислих бактерій. Отже, дробина самоконсервується і тому може зберігатися протягом тривалого часу [2].

Метою дослідження було удосконалення технології сушіння пивної дробини різного хімічного складу з отриманням гранул з добавкою надлишкових дріжджів. Досліджувалась

дробина з використанням різних видів несолодженої сировини. Це зокрема, ячмінне борошно (використовується під час виготовлення сорту пива «Жигулівське» у кількості 25 % від загальної маси зернопродуктів), рисової крупки (використовується для виготовлення сорту пива «Фірмове» у кількості 8,3 % від загальної маси зернопродуктів) та кукурудзяного борошна (використовується для виготовлення сорту пива «Соборне» у кількості 8,3 % від загальної маси зернопродуктів). Контролем була чисто солодова пивна дробина. В усі види дробини для забезпечення нормативної біологічної цінності додавалось 15 % залишкових пивних дріжджів за об'ємом.

Методика досліджень. Вологу дробину висушували на турбулентній сушарці німецької фірми «ANHIDRO», продуктивність якої регулювалась обертами пресу віджимання дробини, що коливаються в межах від 7 до 14 об./хв. Під час досліджень оберти пресу віджимання були 8 і 10 об./хв., що відповідно відповідало продуктивності сушарки 57,15 і 71,45 % . Температура теплоносія на вході 160 °С, по зонах сушіння на вході 83 °С, далі 90 і 87 °С та на виході 105 °С.

В гранулах визначали вологість висушуванням до постійної маси, вміст сирого протеїну на автоматичному аналізаторі «Inframatic», мучки — за допомогою автоматичного струшувача Turbula t2f, жиру — за методом Соксклета, загального екстракту — за допомогою автоматичного аналізатора «Anton Paar», вимивного екстракту — пікнометричним методом, вміст залишкового екстракту — як різницю між загальним і вимивним екстрактом [5].

Фізико-хімічні показники гранульованої сухої дробини залежно із обертів пресу віджимання, що наведені в табл. 1 свідчать про те, що всі отримані зразки відповідали вимогам чинного ТУ У 15.9-05391057-006:2007 «Дробина суха пивна».

За вмістом сирого протеїну незалежно від кількості обертів пресу у досліджуваних зразків найбільший вміст був у дробині з кукурудзяним борошном, а найменший — при застосуванні ячмінного борошна. Контрольний зразок мав найнижчий показник, що обумовлено відсутністю додаткового джерела білка. Із збільшенням обертів пресу віджимання концентрація сирого протеїну зростала, що може бути обумовлено зростанням кількості переробленої дробини.

Найбільший вміст жиру був також у зразка з кукурудзяним борошном, а найменший — у зразка з рисовою січкою, що містить значно менше жиру ніж інші зернові культури.

Найменший вміст мучки був у контрольного зразка, що обумовлено якісним затиранням солоду. Натомість несолоджені зернопродукти не повністю гідролізувались під час затирання і тому гірше перетирались під час віджимання у пресі.

Таблиця 1. Вплив обертів пресу на фізико-хімічні показники гранульованої сухої дробини, %

Назва показника	За вимогами ТУ У 15.9-05391057-006:2007 «Дробина суха пивна»	Назва зразка при обертах пресу, об./хв.							
		8	10	10	10	10	10	10	10
		конт- роль	з ячмін- ним боро- шном	з рисо- вою січ- кою	з куку- рудзя- ним боро- шном	конт- роль	з ячмін- ним боро- шном	з рисо- вою січ- кою	з куку- рудзя- ним боро- шном
Воло- гість	не більше 12	9,28	10,54	9,60	10,54	10,20	10,26	10,38	10,63
Сирий протеїн	не менше 20,5	23,57	24,53	23,84	24,91	24,46	24,69	24,97	25,12
Загаль- ний жир	не більше 12	8,18	9,10	8,04	10,11	8,72	9,19	9,48	9,89
Мучка	не регламентується	9,12	12,94	11,47	11,95	9,88	13,40	12,82	12,29

Загальна кількість екстрактивних речовин у дробині не залежить від технологічного режиму сушіння чи потужності пресу віджимання, а обумовлена лише характеристиками застосованих

зернопродуктів і технологічними режимами затирання та фільтрування сусла. Тому спочатку знаходили вміст загального екстракту у сирій дробині і вміст вимитого екстракту у віджатій воді і як різницю між ними — вміст залишкового екстракту у дробині (табл. 2). Із наведених даних видно що, найбільший вміст залишкового екстракту був у дробині із рисовою січкою, оскільки рис взагалі має високі виходи екстракту під час затирання і добре розчиняється у воді при підвищеній температурі. Майже вдвічі менше був вміст екстракту у контрольному зразку.

Для виробництва гранул з заданою вологістю (не більше 12 %), необхідно витратити різну кількість пари для сушіння дробини залежно від її фізико-хімічного складу. Цей показник є визначальним для визначення ефективності виробництва гранульованої дробини.

**Таблиця 2. Вміст екстракту у дробині з додаванням несолодженої сировини
Результати досліджень.**

Дробина	Вміст екстракту, %		
	загального	вимитого	залишкового
контроль	1,56	0,75	0,81
з ячмінним борошном	2,73	1,11	1,62
з рисовою січкою	2,35	0,64	1,71
з кукурудзяним борошном	2,70	1,24	1,46

За результатами досліджень (табл. 3) встановлено, що найбільша витрата пари потрібна для сушіння дробини з кукурудзяним борошном, але при цьому отримується більш якісний за вмістом жиру та сирого протеїну продукт. Найнижчі витрати пари були висушуванні чисто солодової дробини, але і якість її була найнижчою. Витрата пари збільшувалась із зростанням кількості обертів пресу віджимання, що обумовлено переробкою більшої кількості вологої дробини.

Таблиця 3. Витрати пари при сушінні дробини різного складу при різних обертах пресу віджимання

Дробина	Витрата пари, т/год при обертах пресу віджимання	
	8 об./хв.	10 об./хв.
контроль	6,3	7,0
з ячмінним борошном	6,5	7,1
з рисовою січкою	6,4	7,2
з кукурудзяним борошном	6,6	7,6

Оскільки в осінньо-зимовий період пивоварні заводи працюють не на повну потужність то і надходження дробини на сушіння також зменшується. В таких випадках розроблення удосконаленої схеми переробки дробини некоректне, оскільки неможливо варіювати показниками дробини або вибирати найсприятливіші умови сушіння внаслідок суттєвої нестачі вихідного матеріалу. До того ж необхідно висушити всю дробини, що надійшла. За таких умов головним питанням є не оптимізації режимів сушіння, а просто забезпечення безперервної роботи обладнання.

Саме тому в весняно-літній період за наявності великої кількості різновидів пивної дробини дуже важливо оптимізувати та здешевити процес її переробки. Надлишок дробини в цей період активності дозволяє оптимізувати фізико-хімічний склад дробини, що йде на сушіння, адже частину дробини півзаводи використовують на власні потреби. Таким чином, проаналізувавши дані щодо складу дробини, можна зробити висновки, з якої можна отримати високоякісну суху, а яку краще віддати на потреби сільськогосподарського сектору у вихідному стані. Отже, для розробки удосконаленого способу сушіння дробини проаналізуємо отримані результати за більшої потужності обладнання (71,45 %).

Вміст білка та жиру в усіх зразках в знаходився межах норми, тому для вибору оптимальної схеми сушіння дробини будемо керуватися іншими показниками. Дробина з часткою кукурудзи вимагає найбільших витрат пари, а дробина з часткою ячменю має найбільший вміст мучки, і, як наслідок, збільшені витрати на транспортування.

Маючи на меті мінімізацію витрат пари на сушіння дробини за пікового навантаження, на основі проведених досліджень визначено, що кращою є чисто солодова або солодово-

рисова дробина. Саме дробина з таким фізико-хімічним складом дає змогу за умови збереження високої якості сухих гранул зменшити витрати пари на їх виробництво.

Висновки. 1. Висушування вологої пивної дробину на сушарці фірми «АНHYDRO» дає змогу отримати гранульовану суху дробину, що відповідає вимогам чинного ТУ У 15.9-05391057-006:2007 «Дробина суха пивна». 2. Продуктивність сушарки зростає із збільшенням кількості обертів пресу віджимання дробини. 3. Для отримання високоякісної гранульованої сухої дробини з мінімальними витратами пари краще висушувати чисто солодову або солодоворисову дробину, до якої перед висушуванням додавати 15 % залишкових пивних дріжджів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Белково-минеральная* добавка на основе пивной дробини в рационе бройлеров / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, А.И. Сницарь, Д.А. Мурачев // *Мясная индустрия*. — 2000. — № 8. — С.45—47.
2. *Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підручник* / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський [та ін.] // За заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. — К.: НУХТ, 2012. — 487 с.
3. *Комплексная* кормовая добавка «Пробиоцел» / А.Я. Яхин, О.В. Соковых, А.Р. Абдрафиков, Б.А. Чернуха, Н.А.Ушакова, М.И. Бабурина. // *Мясная индустрия*. — 2003. — № 1. — С.57-59.
4. *Кунце В.* Технология солода и пива / В. Кунце. — СПб.: Профессия, 2009. — 1100 с.
5. *Мелетьев А.С.* Технохімічний контроль солоду, пива та безалкогольних напоїв: підручник / А.С. Мелетьєв, С.Р. Тодосійчук, В.М. Кошова. — Вінниця: Нова книга, 2008. — 300 с.
6. *Новая линия* для производства муки из пивной дробини (к использованию в пищевых целях) / А.И. Сницарь, Е.А. Ващук, Н.Д. Минко, С.А. Рыжов, Е.М. Траханова // *Мясная индустрия*. — 2003. — № 4. — С. 16—17.
7. *Особенности* способа получения пищевой добавки из пивной дробини и осадочных дрожжей (для макаронной и хлебопекарной промышленности) / С.Т. Антипов, Е.Д. Фараджева, С.В. Шахов, А.В. Прибытков, Р.В. Кораблин // *Хранение и перераб. сельхозсырья*. — 2002. — № 9. — С. 59—61.
8. *Сницарь А.А.* Использование сухой пивной дробини при изготовлении хлеба, выпечки, колбасных изделий и полуфабрикатов / А.А. Сницарь, А.И. Сницарь // *Практик. экспертиза*. — 2002. — № 3—4. — С. 13—17.
9. *Мушинский А.С.* Применение пивной дробини в качестве компонента субстрата для выращивания базидиального гриба вешенка обыкновенная / А.С. Мушинский, И.А. Быкова / *Вестник ОГУ*. — 2002. — № 3. — С. 100—103.

ЧИСТАЯ ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА — ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРИБЫЛЬ

В.Н. Кошевая, А. Н. Куц, М.О. Лубяной

Национальный университет пищевых технологий

Проанализированы современные способы переработки пивной дробин, как высокотоннажного отхода производства пива. Предложено высушивать ее на турбулентной сушилке с дальнейшим гранулированием. Установлено, что более качественные гранулы при минимальных затратах пара получают из чисто солодовой или солодово-рисовой дробини с добавлением к ней перед высушиванием 15 % остаточных пивных дрожжей.

Ключевые слова: пивная дробина, высушивание, физико-химический состав, остаточные пивные дрожжи.

DEPARTMENT OF PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTIONS OF NUFT. ACHIEVING OF SCIENTIFIC SCHOOL OF PROFESSOR V.N. STABNIKOV

A. Martsenyuk, A. Shevchenko, I. Malezhik, V. Zav'yalov

National university of food technologies

Key words:	ABSTRACT
Scientific school Faculty «Processes and apparatus of food productions» the textbook Contact devices Mass transfer Updating of phases contact surface	The important role of faculty, followers of scientific school of professor V.N. Stabnikov «Theory and practice of processes of mass transfer in food productions» in creation and development of science «Processes and apparatus of food productions», as theoretical basis of food technologies is shown. The information on the basic directions of the scientific researches which are carried out on faculty is submitted. Theoretical basis of scientific development of faculty became offered to V.N.Stabnikov the concept about updating of a phases contact surface at mass transfer in gas-liquid systems. According to this conception deciding influence on an intensification of mass transfer is rendered pulsing jets of streams which will penetrate from depth to an phases interface. Pulsations destroy inactive a film near an interface, update this surface, involve in process of diffusion fresh elements of a stream and considerably accelerate interphase mass transfer.
Article history: Received 10.02.2014 Received in revised form 27.03.2014 Accepted 1.04.2014	
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net	

КАФЕДРА ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ НУХТ. ДОСЯГНЕННЯ НАУКОВОЇ ШКОЛИ ПРОФЕСОРА В.М. СТАБНІКОВА

О.С. Марценюк, О.Ю. Шевченко, І.Ф. Малєжик, В.Л. Зав'ялов

Національний університет харчових технологій

Показано важливу роль співробітників кафедри, послідовників наукової школи професора В.М. Стабнікова «Теорія і практика процесів масообміну в харчових виробництвах» у створенні і розвитку науки «Процеси і апарати харчових виробництв», як теоретичної основи харчових технологій.

Ключові слова: наукова школа, кафедра, підручник «Процеси і апарати харчових виробництв», контактні пристрої, масообмін, оновлення поверхні контакту фаз.

© О.С. Марценюк, О.Ю. Шевченко, І.Ф. Малєжик, В.Л. Зав'ялов, 2014

Кафедра процесів і апаратів харчових виробництв створена в Київському технологічному інституті харчової промисловості у вересні 1951 р. З часу створення і до 1988 р. кафедрою завідував Всеволод Миколайович Стабніков. З 1988 р. кафедру очолював учень В.М. Стабнікова Іван Федорович Малежик, а з 2008 р. — Олександр Юхимович Шевченко. Усі завідувачі кафедри — доктори технічних наук, професори, лауреати Державних премій України, внесли значний вклад у розвиток і впровадження у виробництво досягнень науки «Процеси і апарати харчових виробництв».

У 1993р. навчальній лабораторії з процесів і апаратів присвоєно ім'я професора В.М. Стабнікова та визнано наукову школу професора В.М. Стабнікова «Теорія і практика процесів масообміну в харчових виробництвах».

Нині на кафедрі працюють викладачі: професори, доктори технічних наук: І.Ф. Малежик, В.Р. Кулінченко, О.С. Марценюк, Л.М. Мельник, професори, кандидати технічних наук, В.Л. Зав'ялов, В.С. Бодров, кандидати технічних наук, доценти Л.В. Зоткіна, А.В. Копиленко, І.В. Дубковецький, Ю.В. Запорожець, Т.Г. Мисюра, Н.А. Ткачук, М.М. Масліков.

За роки існування кафедрою підготовлено 18 докторів і більше 100 кандидатів технічних наук. Головним напрямом навчальної роботи кафедри є підготовка фахівців з високим професійним рівнем, виховання та закріплення у них активної життєвої позиції.

Перший у світовій практиці підручник «Процессы и аппараты пищевых производств», який ознаменував створення нової однойменної науки, був написаний у 1959 р. колективом авторів кафедри процесів і апаратів КТХП у складі професорів В.М. Стабнікова, В.Д. Попова, асистента Ф.А. Редько. Він перевидавався чотири рази. При цьому колектив авторів поповнився професором В.М. Лисянським. Третє видання підручника відмічено Державною премією України. Підручник перекладено і видано польською (двічі), німецькою і китайською мовами. Крім цього підручника, колективом кафедри за редакцією В.М. Стабнікова видано підручник українською мовою «Процеси і апарати харчових виробництв» (1975 р.).

Із навчальних посібників, підготовлених колективом кафедри за редакцією В.М. Стабнікова, слід назвати лабораторний практикум «Процессы и аппараты пищевых производств», збірник задач «Процеси і апарати харчових виробництв», посібник з проектування.

Викладання всіх дисциплін за напрямом «Процеси і апарати харчових виробництв» повністю забезпечене навчальною та науково-методичною літературою, створеною викладачами кафедри. Підручниками і навчальними посібниками, підготовленими кафедрою, користувались студенти НУХТ та інших навчальних закладів України, Росії, Молдови і Білорусії.

Основними напрямками наукових розробок кафедри з перших років її створення стали дослідження масотеплообміну при ректифікації, абсорбції, кристалізації і сушінні, застосування вібрації і перемішування для інтенсифікації цих процесів, моделювання та оптимізація процесів з метою створення високоефективного обладнання для різних галузей харчових виробництв, які згодом переросли у всесвітньо відому наукову школу, теоретичною базою якої стала запропонована В.М. Стабніковим теорія оновлення поверхні контакту фаз.

В.М. Стабніков вважав, що подібні умови контакту у міжтарілковій зоні ректифікаційних колон досягаються лише тоді, коли створені умови подібності для оновлення поверхні міжфазного контакту. Він писав «Саме ця, заново утворювана поверхня має вирішальну роль у процесі дифузії, а не загальна поверхня контакту між фазами, як це вважається звичайно. Це стане зрозумілим, якщо ми врахуємо, що при оголенні нових шарів рідини приводимо в контакт свіжі, які ще не приймали участі в дифузії, елементи». Ця нова поверхня у запропонованому критеріальному рівнянні була виражена в $\text{м}^2/(\text{с}\cdot\text{кг})$, тобто кількістю нової поверхні, яка утворюється за секунду на кожній кілограм взаємодіючої парової фази і враховувала часову характеристику процесу.

У той час у світовій науці відбувався перехід від статичної до вивчення кінетики процесів. Введення часової характеристики оновлення поверхні стосувалось уже подальших ідей розвитку технологічної науки від кінетики до динаміки, випереджаючи на півстоліття перехід до активного вивчення динаміки процесів у 1970-1980рр.

Важливим науковим аспектом теорії «оновлення» було введення в характеристику процесу масообміну коефіцієнта поверхневого натягу на границі між рідкою і газовою фазами, а також фактора «стійкості піни». На статистику процесів ці величини не впливали і тому раніше не враховувались. При вивченні кінетики на поверхневий натяг зверталось мало уваги, оскільки більшість науковців досліджували свою конкретну систему у межах мало відчутної зміни величини коефіцієнта поверхневого натягу.

Лише в 1960–1970 р.р. при узагальненні значень кінетичних коефіцієнтів масопередачі в системах з різним поверхневим натягом зіткнулись з необхідністю врахувати цю величину.

Професором В.М. Стабніковим вперше у світовій практиці були запропоновані і під його керівництвом дослідженні, виготовлені і впроваджені доцентами М.І. Штроміло і А.Д. Сергєєвим провальні тарілки для переробки у бражних колонах біохімічних і спиртових заводів зернових і мелясних бражок, які містять тверді частинки і швидко забивають осадами тарілки інших типів.

Для створення методів розрахунку брагоректифікаційних установок, колони яких з метою повторного використання теплоти нагрівної пари працюють під різним тиском, О.Г. Муравською, Т.Б. Процюк, та Н.М. Ющенко під керівництвом В.М. Стабнікова були вперше експериментально встановлені дані рівноважного складу системи етанол-вода при кипінні за атмосферного та за інших тисків.

Вперше у промисловій практиці ректифікації етанолу в 1973 році на Лужанському спиртовому заводі застосовано дослідженні І.Ф.Малежиком, П.М. Нимировичем та П.В.Наришковим, клапанні тарілки, які поєднують переваги ситчастих і ковпачкових тарілок.

Доцільність роботи ректифікаційних колон у контрольованих циклічних режимах під керівництвом професора В.М. Тарана досліджували А.В. Копиленко і В.М. Малета. Контактні пристрої, розроблені в останні роки В.М. Малетою, запатентовані в Європі і США. *Впроваджені вперше у світовій практиці у 2012 р. у промисловість бражна колони з такими контактними пристроями забезпечує ідеальне перемішування рідини на тарілках і ідеальне витіснення рідини при перетіканні з тарілки на тарілку, має вдвічі меншу кількість тарілок і на чверть меншу витрату пари.*

Перші дослідження колонних апаратів з плівковою течією рідини виконували професори П.С. Циганков і О.П. Ніколаєв. Досліджуючи плівкову течію у вертикальних круглих трубах, професор О.П. Ніколаєв вперше запропонував для інтенсифікації процесів масообміну застосувати спіральні вставки, які закручують газорідний потік. Ефективність перфорованих плоскопаралельних регулярних насадок, які мають низький гідравлічний опір і невисокі енергетичні витрати на прокачування газової фази вивчав доцент О.С. Марценюк. Він розробив і дослідив принципово нові для світової практики процесів масообміну при ректифікації і абсорбції різновиди насадок із зубчастими отворами і зубчастими просіченими пелюстками, при використанні яких реалізується краплинно-плівкова течія рідини. Проведенні дослідження показали суттєвий вплив поверхневих явищ на характер краплинно-плівкової течії та на ефективність масообміну.

Один з перших учнів В.М. Стабнікова професор П.С. Циганков вважався неперевершеним фахівцем в Україні та за її межами у вирішенні питань теорії і практики роботи брагоректифікаційних установок. Він розробив ряд схем установок для розгонки головної фракції, займався питанням використання відходів спиртового виробництва, зокрема використання головної фракції, як домішки до пального двигунів внутрішнього згорання, та ін.

З метою повторного використання теплоти нагрівної пари під керівництвом професора П.С. Циганкова вперше створено брагоректифікаційну установку непрямої дії, в якій спиртова колони працює при розрідженні, обігрівуючись теплотою пари, що виходить з бражної колони. У спиртовій колоні створюється більш м'який температурний режим, внаслідок чого в ній уповільнюються хімічні реакції утворення нових домішок, які погіршують якість спирту.

За цикл праць з наукового обґрунтування, розроблення та впровадження ресурсозбережної технології і апаратури для ректифікації спирту група співробітників університету у 1998 р. була відзначена Державною премією України в галузі науки і

техніки. Лауреатами цієї премії в числі авторського колективу стали професори кафедри В.М. Стабніков (помертно), П.С. Циганков і І.Ф. Малежик. На момент відзначення циклу праць нагородою результати теоретичних, конструкторських і виробничих досліджень за вказаною тематикою були опубліковані у 20 монографіях і 600 статтях у наукових журналах та захищені п'ятьма патентами і 60 авторськими свідоцтвами на винаходи.

Дослідження в галузі екстрагування виконувались під керівництвом професора В.М. Лисянського, який створив за цим напрямом наукову школу з екстрагування, якою підготовлено більш як 20 кандидатів технічних наук. З часом частина його учнів — А.П. Верхола, М.М. Пушанко, М.С. Карпович, С.П. Циганков, А.І. Фельдман — захистили докторські дисертації, очолили кафедри, лабораторії і продовжують плідну роботу в наукових закладах України, співпрацюючи з ученими Росії, Молдови, Узбекистану та інших країн.

Зосереджуючи наукові сили на проблемах інтенсифікації процесів сушіння доцентами В.С. Бодровим і В.Л. Зав'яловим на кафедрі створена кафедральна сушильна науково-дослідна лабораторія, яка оснащена барабанною, розпилювальною, циркуляційною і кондуктивною двовалковою сушарками. На цих пілотних установках досліджуються кінетичні характеристики сушіння дисперсної твердої сировини, екстрактів, паст. Послугами сушильної науково-дослідної лабораторії користуються науковці кафедр університету та інших установ.

Співробітники кафедри брали активну участь у дослідженні інтенсифікації процесів масообміну методом перемішування та застосування коливань. Вперше запропонував застосування низькочастотних коливань для інтенсифікації різних процесів харчової технології професор М.О. Буренков. Доцент П.П. Лобода із співробітниками (доценти Ю.В. Карлаш, В.Л. Зав'ялов та ін.) провели глибокі дослідження теоретичних основ інтенсифікуючої дії низькочастотних механічних коливань на процеси перенесення у рідких середовищах. На основі встановленого Шліхтінгом рівняння поширення пульсуючого струменя П.П. Лобода розрахував (1997 р.) із точністю до восьми значущих цифр фундаментальні фізичні константи (швидкість світла, газіву сталу, сталу Больцмана, сталу Планка та ін.), чим підтвердив єдність закономірностей технологічних процесів із системою понять і законів молекулярної фізики і квантової механіки. Користуючись поняттями про мікро- і макроперемішування та час гомогенізації П.П. Лобода разом з О.В. Черніковим розробили теоретичні основи розрахунку емальованих апаратів з мішалками.

Глибокі теоретичні дослідження фізичної суті механізму інтенсифікуючої дії вдування водяної пари в дифузійний сік, виконані П.М. Немировичем, Л.М. Хомічаком, А.М. Матіящуком і М.М. Желпінською, довели кавітаційну природу динамічних ефектів, які виникають у потоці рідини під час вдування пари і дали змогу зробити математичну модель динаміки парової бульбашки в потоці рідини.

У 1998 р в Болгарії опубліковано болгарською мовою навчальний посібник «Проектирование процессов и аппаратов пищевой и биотехнологической промышленности», співавторами якого є викладачі Пловдивського технологічного інституту і кафедри процесів і апаратів НУХТ (О. Марценюк, П. Немирович, П. Циганков, О. Ніколаєв, П. Лобода, В. Задніпрський). Викладачі кафедри надавали допомогу в підготовленні наукових та інженерних кадрів в інших країнах, працюючи по кілька років в Алжирі, Гвінеї на Кубі. Під керівництвом професора О.П. Ніколаєва і професора П.М. Немировича підготовлено по два кандидати наук із республіки Куба, під керівництвом професора І.Ф. Малежика підготовлено два доктори і чотири кандидати технічних наук із республіки Молдова.

Після 50-річчя створення кафедри (2001 р) школа професора В.М. Стабнікова «Теорія та практика процесів масообміну в харчових виробництвах» розвивається у таких напрямках:

- теорія і практика ректифікації етилового спирту;
- екстрагування цільових компонентів рослинної сировини;
- використання сорбційних процесів для удосконалення технологічних процесів;
- інтенсифікація технологічних процесів за допомогою низькочастотних коливань та кавітації;
- математичне моделювання та оптимізація процесів масообміну;

- сушіння харчових продуктів і напівфабрикатів;
- узагальнення питань масообміну і створення наукової та навчальної літератури.

Науковці кафедри удосконалюють існуючі та створюють нові способи інтенсифікації процесів масотеплообміну, пов'язані з оновленням поверхні контакту фаз.

Розвиваючи ідеї В. М. Стабнікова, деякі узагальнення закономірностей інтенсифікації масообміну в газорідних апаратах з регулярними насадками розглянуті О.С. Марценюком. До них відносяться: доцільність застосування гравітаційної краплинно-плівкової течії рідини замість плівкової, використання поверхневих явищ (зв'язаних з поверхневим натягом), застосування коливально-хвильових явищ, у тому числі уповільнених стрибків ущільнення.

Через поверхневі рухи поверхневий натяг поєднує гідродинамічні і тепломасообмінні характеристики системи і є параметром, що відноситься не до окремої фази, а характеризує стан міжфазної поверхні, об'єднуючи параметри суміжних фаз, і вказує на здатність поверхні до міжфазного обміну. Поверхневий натяг — параметр кінетики процесу, який зв'язує гідродинаміку, тепло- і масообмін в одне ціле і повинен враховуватись у системах, у яких обумовлюючий лінійний розмір сумірний з розміром капілярної сталої або менший за неї.

Взаємозв'язок між параметрами системи можна проілюструвати прикладом утворення концентраційних хвиль в газорідній системі. Наприклад, якщо у якійсь точці системи внаслідок масообміну певна кількість компонента переходить з газової фази в рідку то при цьому зменшується об'єм однієї фази і збільшується об'єм іншої фази. Нестационарна зміна об'єму фази супроводжується утворенням концентраційної хвилі, яка поширюється з певною швидкістю (різною в рідкій і газовій фазах). Поширення хвиль (пульсаційних рухів) в газорідному середовищі інтенсифікує тепломасообмін у тих зонах, через які проходять хвилі. Таким чином, через коливально-хвильові явища здійснюється просторово-часовий зв'язок між інтенсивністю перебігу процесу в різних зонах середовища. Зв'язок між процесами перенесення вказує на те, що моделювання тепломасообмінних процесів на гідродинамічних стендах є приблизним, бо не враховує прямих і зворотних просторово-часових зв'язків між гідродинамікою і тепломасообміном.

Результати цих досліджень опубліковані в монографіях: А.С. Марценюк «Інтенсифікація масообміну в апаратах с регулярними насадками» (2012 г.), Марценюк А.С., Поддубный В.А. и др. «Масообменные противоточные насадочные аппараты» (2014 г.).

Під керівництвом доцента В.Л. Зав'ялова співробітники кафедри Т.Г. Мисора, Н.В. Попова і Ю.В. Запорожець захистили дисертації, стали доцентами і проводять подальші експериментальні дослідження впливу низькочастотних механічних коливань у системі рідина — тверде тіло на інтенсифікацію масообміну в процесі екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини кореневого, трав'яного і плодово-ягідного походження та відходів рослинної сировини.

Професор В.Р. Кулінченко досліджує теплообмін при кипінні розчинів і суспензій з різними теплофізичними параметрами в часі і просторі. За результатами досліджень опубліковано монографії: Кулінченко В.Р. Мирончук В.Г. «Промышленная кристаллизация сахаристых веществ» (2012 г.); Кулінченко В.Р. Ломейко О.П. «Термодинаміка. Аналіз дійсних термодинамічних циклів» (2012 р.); Кулінченко В.Р. Шевченко О.Ю. та ін. «Гідродинамічні та гідромеханічні системи керування» (2013 р.); Кулінченко В.Р. Шевченко О.Ю. «Теплопередача з елементами масообміну» (2014 р.).

Процеси низькотемпературного охолодження харчових продуктів досліджує доцент М.М. Масліков.

З 2000 р. сформувався новий перспективний напрям наукових робіт, зв'язаних з використанням дешевих природних адсорбентів мінеральних родовищ України для очищення від небажаних домішок водних розчинів етанолу, питної і технологічної води, плодово-овочевих і фруктових соків. Разом з професором Л.М. Мельник у цьому напрямі працюють доцент Н.А. Ткачук та доцент кафедри технології консервування С.В. Матко.

Професор О.Ю. Шевченко досліджує підвищення ефективності харчових виробництв за допомогою створення перехідних режимів у газорідних середовищах.

Перехідні режими, створені, наприклад, різким зниженням тиску у біологічних системах, попередньо насичених діоксином вуглецю, дозволяють реалізувати режими взаємодії складових частин середовищ, подібні процесам адіабатного кипіння за руйнуванням біологічних структур на міжклітинному і клітинному рівнях. Це дає можливість обмежити температурні режими і зберегти вітамінні, ферментні і біологічні компоненти під час добування соку, екстрагування, виробництва продуктів дитячого харчування.

На основі теоретичних розрахунків і проведених досліджень *вперше запропоновано і впроваджено технологію глибокого (до клітинного рівня) руйнування структури сировини рослинного походження способом насичення рідкої фази діоксином вуглецю під тиском 0,3...0,6 МПа і наступної швидкої десатурації*. Сумарний економічний ефект від впровадження результатів розробок у різні галузі виробництва склав понад 4,3 млрд грн.

За цикл робіт за темою «Інноваційні технології підвищення харчових виробництв» колектив науковців НУХТ, і серед них О.Ю Шевченко, відзначений Державною премією України в галузі науки і техніки за 2012 рік.

За результатами виконаних робіт опубліковано монографії: А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний «Інтенсифікація масообмінних процесів у харчових і мікробіологічних технологіях» (2008р.); А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний, К.Р. Васильківський «Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізації харчових продуктів» (2009р); В.А. Домарецький, В.А. Поддубный, А.Е. Шевченко, Р.Н. Леус «Технологические процессы в пищевой промышленности» (2012г.); А.И. Соколенко, А.Е. Шевченко, В.А. Поддубный и др. «Продукты питания» (2010г.); В.А. Домарецький, А.М. Куц, О.Ю. Шевченко та ін. «Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій» (2011р); А.І. Соколенко, Н.А. Мазуренко, О.Ю. Шевченко та ін. «Інтенсифікація тепломасообмінних процесів у харчових технологіях» (2011р.).

Виконані співробітниками кафедри дослідження знаходять відображення при виданні нових підручників і навчальних посібників. Так, *у виданій у 2003 р. підручник з процесів і апаратів харчових виробництв увійшло сформульоване В.М. Стабніковим положення про оновлення поверхні контакту фаз, яке пояснює механізм прискорення перенесення субстанції в технологічних процесах, введені поняття про мікро- і макроперемішування середовищ малої і помірної в'язкості та зонне перемішування високов'язких середовищ з акцентуванням уваги на тому що для перемішування цих середовищ використовуються пристрої різної будови і різні методи розрахунку. Описана будова вібраційних мішалок, які створюють транспортувальний ефект*. Розділ «Випарювання» доповнено описанням сучасних випарних плівкових апаратів з пластинчастою нагрівальною камерою та роторних апаратів.

У виданій у 2011 р. підручник до основних понять про процес, рушійну силу і швидкість процесу, на яких базується наука і які об'єднують її в одне ціле, додана відома з мікробіології *логістична крива, за допомогою якої описується характер перебігу будь-якого процесу у природі, у тому числі технологічного процесу*. Загальні закони збереження маси і енергії доповнені законом збереження кількості руху, який є основою розгляду більшості механічних і гідромеханічних процесів.

Підручник доповнено розділом «Культування мікроорганізмів», що не тільки об'єднує в одне ціле гідромеханічні, теплові і масообмінні процеси, а й відповідає назві спеціальності на здобуття наукового ступеня.

У 2012 році за редакцією професора І.Ф. Малежика *видано навчальний посібник «Курсове проектування», в якому на основі сучасних досягнень науки, викладені основи проектних розрахунків апаратів і установок для проведення типових процесів харчових виробництв*. Порівняно з виданим у 1981 році посібником за редакцією В.М. Стабнікова, *у новому посібнику значно оновлено розрахунковий матеріал, подана будова сучасних апаратів, розширені додатки, збільшена кількість розділів*.

Таким чином, науковою школою професора В.М. Стабнікова «Теорія і практика процесів масообміну в харчових виробництвах» створена наука «Процеси і апарати харчових виробництв», видано перший і наступні видання підручників та всіх видів навчальних

посібників для вивчення даної науки і проведено широкий комплекс досліджень для її розвитку. Нині співробітники кафедри процесів і апаратів харчових виробництв НУХТ, послідовники школи В.М. Стабнікова, вносять значний вклад у розвиток цієї важливої для харчової промисловості науки, яка є теоретичною основою створення нових і удосконалення існуючих харчових технологій.

КАФЕДРА ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ НУПТ. ДОСТИЖЕНИЕ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПРОФЕССОРА В.М. СТАБНИКОВА

А.С. Марценюк, А.Е. Шевченко, И.Ф. Малезик, В.Л. Зав'ялов

Национальный университет пищевых технологий

Показана важная роль сотрудников кафедры, последователей научной школы профессора В.Н.Стабникова «Теория и практика процессов массообмена в пищевых производствах» в создании и развитии науки «Процессы и аппараты пищевых производств», как теоретической основы пищевых технологий.

Ключевые слова: *научная школа, кафедра, ученик «Процессы и аппараты пищевых производств», контактные устройства, массообмен, обновление поверхности контакта фаз.*

УДК 664.1.055

ESTIMATION OF THE AVERAGE LAYER DENSITY OF INTERSTITIAL LIQUOR ON POLYDISPERSE SUGAR CRYSTALS IN THE PROCESS OF MASSECUITE CENTRIFUGATION

V. Myronchuk, V. Pidhornyi, B. Kuzmenko*National University of Food Technologies***Key words:**

Centrifugation
Crystal
Massecuite
Polydispersity
Interstitial liquor

ABSTRACT

The study focuses on the influence of sugar crystal polydispersity in massecuite on the interstitial liquor density that is left on the crystal surface after its separating in the result of centripetal and centrifugal filtering. This layer density determines water quantity required to wash sugar crystals. The study suggests a mathematical relation to calculate the mass of the residual interstitial liquor on the surface of sugar crystals after centrifugation separating of the first runoff from massecuite.

Article history:

Received 15.11.2013
Received in revised form 15.02.2014
Accepted 21.02.2014

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ОЦІНКА СЕРЕДНЬОЇ ТОВЩИНИ ШАРУ МІЖКРИСТАЛЬНОГО РОЗЧИНУ НА ПОЛІДИСПЕРСНИХ КРИСТАЛАХ ЦУКРУ В ПРОЦЕСІ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ ЦУКРОВИХ УТФЕЛІВ

В.Г. Мирончук, В.В. Підгорний*Національний університет харчових технологій***Б.В. Кузьменко***Інститут вугільних енерготехнологій НАН України*

Розглянуто вплив полідисперсності кристалів цукру в утфелі на товщину шару міжкристалевого розчину, що залишається на поверхні кристалів після його відділення в процесі відцентрового фільтрування на центрифугах. Від товщини цього шару залежить кількість води необхідної для промивання кристалів цукру. Запропоновані математична залежність для визначення маси залишкового міжкристалевого розчину на поверхні кристалів цукру після відділення від цукрового утфеля першого відтоку на центрифугі.

Ключові слова: центрифугування, кристал, утфель, полі дисперсність, міжкристальний

© Розчин

© В.Г. Мирончук, В.В. Підгорний, Б.В. Кузьменко, 2014

Вступ. При сучасних масштабах бурякоцукрового виробництва усі технологічні процеси мають бути механізовані і виконуватися безперервним потоковим способом з мінімальними втратами сировинних і енергетичних ресурсів. Центрифугування утфелів — основна завершальна технологічна операція, від якої залежить якість отриманого цукру і втрати його в мелясі. Специфіка технології згущування і кристалізації зберігає доцільність застосування центрифуг періодичної дії для центрифугування утфелю I ступеня кристалізації. Процес центрифугування цукрового утфелю здійснюється в три етапи: відокремлення першого відтоку, міжкристального розчину, від кристалів; промивання кристалічного цукру водою температурою 90–95 °С з відділенням другого відтоку; доведення до стандартної вологості.

В процесі фугування утфелю міжкристальний розчин не видаляється повністю, його частина залишається на поверхні кристалів цукру, покриваючи їх тонким шаром, який видаляється промиванням цукру водою.

Метою даної роботи є створення методики розрахунку середньої товщини шару міжкристалевого розчину на кристалах цукру, з врахуванням їх полідисперсності (на основі врахування методик диференціальних функцій розподілу кристалів цукру за їх розмірними характеристиками та різноманітних методик визначення основних показників гранулометричного складу кристалів цукру) та методики проф. Г.М. Знаменського [1].

Результати досліджень. Відповідно до Г.М. Знаменського [1] величина середньої товщини залишкового шару міжкристальний розчину на кристалах цукру визначається за формулою, мм:

$$b = \frac{W}{1000 \sum S}, \quad (1)$$

де: W — кількість залишкового міжкристального розчину в одиниці маси в $m \cdot 10^{-6}$ /кг цукру; $\sum S$ — загальна поверхня в m^2 всіх кристалів цукру в 1 кг цукру, після відділення першого відтоку.

Для величини W в [1] наводиться наступне співвідношення:

$$W = \frac{10000 - CP_m \times \rho_m}{10 \gamma_m}, \quad (2)$$

де: CP_m , ρ_m — величини, відповідно, сухих речовин та чистоти міжкристалевого розчину, %; ρ_m — відносна вага міжкристалевого розчину, кг/м³.

Співвідношення для $\sum S$, отримане Знаменським Г.М. в [1], дійсне тільки для випадку, коли всі кристали цукру є строго монодисперсними, тобто мають однакові розмірні характеристики, що не відповідає дійсності для реальних та промислових умов кристалізації. В цьому випадку не враховується їх полідисперсність, тобто наявність розподілу за розмірними характеристиками, перш за все, за лінійними розмірами r та масою P , та за чисельністю кристалів N , що виражається наявністю диференціальної функції розподілу кристалів за їх розмірними характеристиками (лінійно-масовий розподіл $f_p \cdot (r)$, чисельний розподіл за масами $f_N \cdot (P)$ та чисельний розподіл за лінійними розмірами $f_N \cdot (r)$, [2, 3]. Всі ці обставини враховані нами наступним чином.

Для всієї сукупності, яка складається з N кристалів, та для будь-якої їх вибірки мають місце наступні рівності:

$$N = \frac{G_{\Sigma}}{\bar{G}} = \frac{S_{\Sigma}}{\bar{S}}, \quad (3)$$

де: N — кількість кристалів у вибірці (чи у генеральній сукупності); G_{Σ} , S_{Σ} — сумарна, відповідно, маса та поверхня кристалів; \bar{G} , \bar{S} — середня, відповідно, маса та поверхня кристалів.

З виразу (3) маємо:

$$S_{\Sigma} = \frac{\bar{S}}{\bar{G}} G_{\Sigma}, N = \frac{1}{\bar{G}} G_{\Sigma}, \quad (4)$$

Для величин мають місце наступні залежності, [2]:

$$\bar{G} = k_{Gr} \bar{r}^3 = k_{Gr} (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1) \bar{r}^3, \quad (5)$$

$$\bar{S} = k_{Sr} \bar{r}^2 = k_{Sr} (k_{Nr}^2 + 1) \bar{r}^2, \quad (6)$$

$$S_{\Sigma} = \frac{k_{Sr}}{k_{Gr}} \frac{(k_{Nr}^2 + 1) G_{\Sigma}}{(\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1) \bar{r}}, \quad (7)$$

$$N = \frac{1}{k_{Gr} (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1)} G_{\Sigma}, \quad (8)$$

а кількість кристалів в 1 кг цукру становить:

$$n = \frac{N}{G_{\Sigma}} = \frac{1}{k_{Gr} (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1)}, \quad (9)$$

де α , k_{Nr} , \bar{r} — відповідно, коефіцієнт асиметрії чисельного розподілу кристалів за лінійним розміром, коефіцієнт нерівномірності такого ж типу, та середній лінійний розмір кристалів цукру.

Ці величини, як правило, вибіркові, тобто такі, які визначаються за репрезентативною вибіркою кристалів цукру. Тоді, згідно з (2), для середньої товщини шару залишкового між кристального розчину на кристалах b остаточно маємо:

$$b = \frac{k_{Gr}(10000 - CP_M \psi_M)(\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1) \bar{r}}{1000 k_{Sr} (k_{Nr}^2 + 1) G_{\Sigma}}, \quad (10)$$

Якщо відома диференціальна функція розподілу кристалів за їх лінійними розмірами $f_N \cdot (r)$, то: M_p — момент порядку диференціальної функції чисельного розподілу кристалів за їх лінійними розмірами визначається за рівнянням:

$$M_p = \int_{-\infty}^{+\infty} r^p \cdot f_{Nr} \cdot (r) \cdot dr; \quad (11)$$

$$\bar{r} = M_1; \quad (12)$$

$$k_{Nr} = \frac{\sqrt{M_2 - M_1^2}}{M_1}; \quad (13)$$

$$\alpha = M_3 - 3 \cdot M_2 \cdot M_1 + 2 \cdot M_1^3; \quad (14)$$

де M_1 , M_2 , M_3 — відповідно моменти першого, другого, третього порядку диференціальної функції чисельного розподілу кристалів за їх лінійними розмірами [2].

Отримана залежність (10) свідчить, що середня товщина шару міжкристального розчину на кристалах цукру в процесі їх центрифугування істотно залежить від комплексу параметрів, що визначають фракційний (гранулометричний) склад цих кристалів, таких, як їх середній лінійний розмір, коефіцієнт асиметрії розподілу кристалів та коефіцієнт їх нерівномірності, які можна визначити на основі відповідної диференціальної функції розподілу, або на основі статистичної обробки результатів мікрофотографування кристалів цукру.

Висновки. Гранулометричний склад кристалів цукру в utfelі, коефіцієнт асиметрії чисельного розподілу кристалів за лінійним розміром, коефіцієнт нерівномірності та середній

розмір кристалів, мають суттєвий вплив на кількість залишкового міжкристального розчину на поверхні кристалів після відходу першого відтоку під час центрифугування.

Для визначення середньої товщини шару міжкристального розчину, що лишається на поверхні кристалів після відходу першого відтоку, запропоновано рівняння, що враховує полідисперсність кристалів цукру в утфелі.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Знаменский Г.М.* Гидравлические и тепловые процессы пищевых производств / Г.М. Знаменский. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 255 с.
2. *Кузьменко Б.В.* Математичне моделювання процесів росту і розчинення кристалів цукру в промислових умовах: автореф. дис. д-ра техн. наук / Б.В. Кузьменко; УДУХТ. — К., 1995 р. — 40 с.
3. *Мирончук В.Г.* Розроблення способів та удосконалення апаратів для промислової кристалізації цукристих речовин: автореф. дис. д-ра техн. наук / В.Г. Мирончук; УДУХТ. — К., 2000 р. — 38 с.

ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ МЕЖКРИСТАЛЬНОГО РАСТВОРА НА ПОЛИДИСПЕРСНЫХ КРИСТАЛЛАХ САХАРА В ПРОЦЕССЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ САХАРНЫХ УТФЕЛЕЙ

Мирончук В.Г., Підгорний В.В.

Національний університет харчових технологій

Кузьменко Б.В.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

Рассмотрено влияние полидисперсности кристаллов сахара в утфеле на толщину слоя межкристального раствора, что остаётся на поверхности кристаллов после его отделения в процессе центробежной фильтрации на центрифугах. От толщины этого шара зависит количество воды необходимой для промывания кристаллов сахара. Предложены математические зависимости для определения массы остаточного межкристального раствора на поверхности кристаллов сахара после отделения от сахарного утфеля первого оттока на центрифуге.

Ключевые слова: *центрифугирование, кристалл, утфель, полидисперсность, межкристальный раствор.*

УДК 664.2.083.31.5

TRANSIENTS IN VACUUM TECHNOLOGY STABILIZATION OF PRODUCTS

I. Gonta

Uman National University of Horticulture

V. Gidgelitskiy

Kiev Cooperative Institute of Business and Law

I. Maksimenko

*National University of Food Technologies***Key words:**

Transient
Thermodynamic
Equilibrium
Adiabatic evaporation
Pressure
Temperature
Moisture content

ABSTRACT

The article presents information regarding the thermodynamic features of the processes of dehydration vegetable-fruit products. Due to the fact that these processes are carried out through a phase transformation, this means that the minimum heating costs are determined by the values of vaporization - rafts with overlaying technical losses. Feature of the pulsed vacuum technology is the transition to the modes in which the no - resistance humid material and thermal gradients. Positive effect on the spread of vegetation structure due to tissue destruction and intercellular structures of cell membranes. Last promote rapid release liquid fraction. In conventional vacuum drying technology products supply those pla-carded the conductive manner that imposes certain restrictions. The combination of vacuum technology with microwave techniques in pulsed or continuous modes avoid the pitfalls of relatively equal dimension warm environments and exhaust steam fractions.

Article history:

Received 14.02.2014

Received in revised form 28.02.2014

Accepted 4.03.2014

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ВАКУУМНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ

І.А. Гонта

Уманський національний університет садівництва,

В.М. Гіджеліцький

Київський кооперативний інститут бізнесу і права,

І.Ф. Максименко

Національний університет харчових технологій

У публікації наведена інформація щодо термодинамічних і енергетичних параметрів зневоднення овочевих культур за вакуумування оброблюваних середовищ. Зниження тисків у системі в сполученні з початковими температурами супроводжується кипіння рідинної фази і пароутворенням, інтенсивність яких визначається глибиною входження у термодинамічно незрівноважений стан. Різде зниження тиску від атмосферного до деякого кінцевого супроводжується переходом через стан рівноваги з наступним переходом до нового стану рівноваги за рахунок часткового випаровування рідинної фази. Одержана відповідь на питання щодо параметрів перехідного процесу.

Ключові слова: перехідний процес, термодинаміка, рівновага, адіабатне випаровування, тиск, температура, вологовміст.

© І.А. Гонта, В.М. Гіджеліцький, І.Ф.Максименко, 2014

Вступ. Один з напрямків в розробках технологій довготривалого зберігання сировини рослинного походження стосується примусового і бажано швидкоплинного зниження в ній вологості. Остання у вагомій кількості овочевих і фруктових культур є близькою до 90 %, що створює життєздатні умови для мікроорганізмів.

Зниження концентрації рідинної фракції, яка представлена водою, автоматично пов'язана з підвищенням концентрації сухих речовин, зростанням осмотичних тисків середовищ і зниженням показника активності води.

Сушіння використовується для зниження вологовмісту в оброблюваних середовищах до 6...12 % і потребує помітних енергетичних витрат. При цьому спосіб підведення енергоресурсів має значення з точки зору організації процесу, його інтенсивності, можливостей рекуперації і використання енергетичних потоків, однак корисно використаний тепловий потенціал при цьому однозначно пов'язаний з кількістю видаленої вологої фракції. Іншими словами — боротьба за підвищення коефіцієнта корисної дії системи є цілком визначеною і доцільною, однак з точки зору законів термодинаміки опустити поріг питомих енергетичних витрат нижче теплоти пароутворення неможливо. Пов'язано це з тим, що видалення вологої фракції в процесах сушіння відбувається тільки через утворення парової фази [1, 2].

Одним з джерел енергетичного забезпечення при цьому є теплота самого середовища, яка може використовуватися за вакуумування, однак його потенціал у більшості є недостатнім, що вимагає додаткового підведення теплової енергії. Разом з тим досягнення за рахунок вакуумування режимів адіабатного кипіння супроводжується додатковими фізичними ефектами перехідних процесів з руйнуванням міжклітинних і клітинних рослинних структур. Такий процес у своїй суті відповідає явищам дискретно-імпульсних технологій і супроводжується енергетичними імпульсами, які на порядок і більше відповідають тим, що використовуються в класичних технологіях. Однак відмінністю вакуумних технологій сушіння з імпульсним введенням і виведенням енергетичних потоків є нестационарні термодинамічні показники їх перебігу.

Мета досліджень. У зв'язку з викладеним і феноменологічно визначеними перспективами використання вакуумних імпульсних технологій сушіння овочefруктової продукції метою дослідження обрано поглиблене вивчення їх перехідних процесів з відповідним визначенням параметрів нестационарних процесів.

Методи дослідження обрані на рівні подальшого розвитку феноменологічних висновків і з використанням відповідних математичних формалізацій.

Таблиця 1. Термодинамічні параметри перехідних процесів

Температура фазового переходу, °С	Тиск в системі, МПа	Теплота фазового переходу, кДж/кг	Теплоємність води, кДж/(кг·гр)
0	$6,025 \cdot 10^{-4}$	2501	4,212
5	$8,61 \cdot 10^{-4}$	2489	
10	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2477	4,191
15	$1,7 \cdot 10^{-3}$	2465	
20	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2454	4,18
25	$3,17 \cdot 10^{-3}$	2442	
30	$4,2 \cdot 10^{-3}$	2430	4,174
35	$5,6 \cdot 10^{-3}$	2418	
40	$7,28 \cdot 10^{-3}$	2406	4,172
45	$9,584 \cdot 10^{-3}$	2394	
50	$12,3 \cdot 10^{-3}$	2383	4,174
60	$19,9 \cdot 10^{-3}$	2358	4,178
70	$31,2 \cdot 10^{-3}$	2373	4,187

Результати досліджень. Технологія процесу передбачає загалом відому підготовку сировини до сушіння з врахуванням важливості її початкової температури $t_{(n)}$. Максимальне значення останньої призначається з врахуванням необхідності збереження БАР, вітамінних комплексів тощо. Різде зниження тиску у вакуумній камері, якому відповідає певна температура кипіння рідинної фракції, приводить до порушення умови термодинамічної рівноваги середовища. При цьому рушійним фактором переходу до нового термодинамічного стану рівноваги є різниця

температур $t_{(n)} - t_{(к)}$, де $t_{(к)}$ — температура кипіння за досягнутого розрідження. Очевидно, що ця різниця в часі зменшується від початкового максимуму до нуля. Перехідному процесу відповідають значення параметрів, наведені в табл. 1. В ній представлені величини тисків та відповідних температур фазових переходів, значення теплоти пароутворення і теплоємності води.

Для подальшого поглибленого аналізу ситуації дані таблиці представлені у графічній формі (рис. 1). З графіка видно, що залежність теплоти пароутворення від температури середовища має лінійний характер і найменшому значенню $r = r(t)$ відповідає початок процесу. Така особливість сприяє інтенсивному енергетичному імпульсу разом з вказаним рушійним фактором у формі різниці температур. Математичне відображення залежності $r = r(t)$ записується у вигляді:

$$r = 2501 - 2,4t \quad (1)$$

На відміну від останньої математичної формалізації теплоємність води має залежність від температури останньої з явно вираженим екстремумом.

Графік зміни параметрів тиску і температури середовища показано на рис. 2. На ньому відображено загальний вид залежностей $P = P(\tau)$ і $t = t(\tau)$ та характерні точки 1, 2 та 3 перехідного процесу. Тепловий баланс при цьому складається на основі теплоти випару та кількості випареної рідинної фази і теплоти, втраченої середовищем:

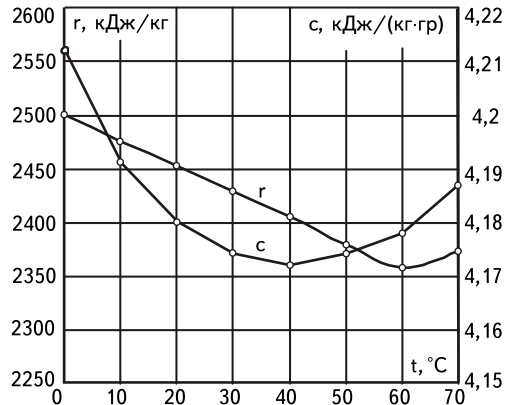


Рис. 1. Залежність теплоти пароутворення і теплоємності водяної фракції середовища від температури

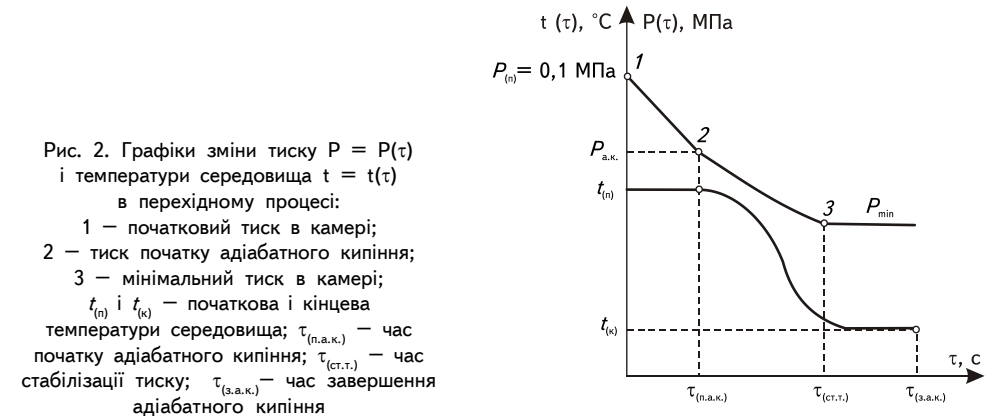


Рис. 2. Графіки зміни тиску $P = P(\tau)$ і температури середовища $t = t(\tau)$ в перехідному процесі:

- 1 — початковий тиск в камері;
- 2 — тиск початку адіабатного кипіння;
- 3 — мінімальний тиск в камері;

$t_{(n)}$ і $t_{(к)}$ — початкова і кінцева температури середовища; $\tau_{(н.а.к.)}$ — час початку адіабатного кипіння; $\tau_{(ст.т.)}$ — час стабілізації тиску; $\tau_{(з.а.к.)}$ — час завершення адіабатного кипіння

$$r_{m_{\text{вип}}} = \frac{m_{(n)} + m_{(к)}}{2} c (t_{(n)} - t_{(к)}), \quad (2)$$

де $m_{\text{вип}} = m_{(n)} - m_{(к)}$ — маса випару; $m_{(n)}$ і $m_{(к)}$ — початкова і кінцева маси середовища; c — середня теплоємність фазового переходу.

Підрахунки щодо величин випару у зв'язку з вакуумуванням середовищ наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Значення випару води з 1 кг середовища при початковій температурі $t_{(n)}$ і $t_{(k)} = 10^\circ\text{C}$

Початкова температура випару $t_{(n)}$, $^\circ\text{C}$	Маса випареної води, кг	Кількість циклів повного випаровування	Кількість циклів 90 %-вого випаровування
15	0,0258	39	35
20	0,0344	29	26
25	0,043	23	21
30	0,0516	20	18
35	0,0602	17	15
40	0,0688	15	13
45	0,774	13	12
50	0,086	12	11
60	0,103	10	9
70	0,1204	9	8

Висновки. Виконана частина досліджень на рівні феноменологічних міркувань і в порівняльних розрахунках дозволяє відмітити наступне.

1. Технології вакуумного сушіння вологовмістких середовищ супроводжуються швидкоплинним адіабатним генеруванням парової фази.

2. Переведення середовища до метастабільного стану за рахунок енергетичного імпульсу вакуумування супроводжується руйнуванням рослинних структур зі звільненням рідинної фази і прискоренням процесів сушіння.

3. Процеси вакуумного сушіння потребують відновлення витраченої на адіабатне утворення парової фази теплової енергії. Таке відновлення можливо здійснювати в безперервному або в імпульсно-му режимах. Важливо, що в обох випадках не має протидії волого матеріальних і енергетичних градієнтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях* / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко та ін. — К.: Фенікс. — 2011. — 534 с.
2. *Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів* / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний та ін. — К.: Люксар. — 2009. — 454 с.

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ

И.А. Гонта

Уманский национальный университет садоводства

В.Н. Гиджелицкий

Киевский кооперативный институт бизнеса и права

И.Ф. Максименко

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлена информация, касающаяся термодинамических особенностей процессов обезвоживания овощефруктовой продукции. В связи с тем, что эти процессы осуществляются через фазу парообразования, то это означает, что минимальные тепловые затраты определяются величинами теплоты парообразования с наложением на них технических потерь. Особенностью

импульсных вакуумных технологий является переход к режимам, у которых отсутствует противодействие влажностно-материальных и тепловых градиентов. Положительный эффект распространяется на структуру растительных тканей в связи с разрушением межклеточных образований и клеточных оболочек. Последние способствуют быстрому выделению жидкостной фракции. В традиционных технологиях вакуумной сушки продукции подвод тепла осуществляется кондукционным способом, что накладывает определенные ограничения. Сочетание вакуумных технологий с СВЧ методами в импульсных или непрерывных режимах избавлены от недостатков относительно равномерности прогрева сред и отвода паровых фракций.

Ключевые слова: переходной процесс, термодинамика, равновесие, адиабатное испарение, давление, температура, влагосодержание.

HEAT EXCHANGE ON PORISTYKH STRUCTURES

V. Kulinchenko, D. Kaptanovsky
National University of Food Technologies

Key words:

Boiling
Heat exchange
Steam bubble
Porous structure
Heater
Mechanism of process

ABSTRACT

For different power plants the porous system of cooling is got. The supply of liquid transmitter for cooling is examined as combination of action of capillary and gravity potential. In experiments thickness of material and sizes of heater, surplus of liquid, during research of porous structures changed. The error of experiments did not exceed $\pm 12\%$. Found out three areas of heat exchange and optimum for them charges of liquid. The mechanism of process of heat exchange is offered. The visual looking after the processes of vaporization was conducted with application of the holographic interferometric and speed filming. The laser setting of LG-38 and movie camera of SKS-1M was utilized. The row of the cooled constructions in heating engineering devices is disposed in the gravity field aslope. The angle of slope changed scope from 0 to $\pm 90^\circ$, where sign «-» an output of pair is against direction of gravities. Most intensity is got at the angle of slope $\beta = 0$ (vertical position).

Article history:

Received 15.05.2013
Received in revised form 3.12.2013
Accepted 10.12.2013

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ТЕПЛООБМІН НА ПОРИСТИХ СТРУКТУРАХ

В.Р. Кулінченко

Національний університет харчових технологій

Д.В. Каптановський

Черкаський Державний технологічний університет

Для різних енергетичних установок отримана пориста структура охолодження. Постачання рідкого носія для охолодження розглядається як комбінація дії капілярного і гравітаційного потенціалів. У роботі товщина матеріалу, розміри нагрівача та надлишок рідини під час дослідження пористих структур змінювалися. Похибка дослідів не перевищувала $\pm 12\%$. Виявлено три характерні області теплообміну і оптимальні для них витрати рідини. Запропоновано механізм процесу теплообміну.

Ключові слова: кипіння, теплообмін, парова бульбашка, пориста структура, нагрівач, механізм процесу.

Мета досліджень. На основі пористих систем розроблені технічні рішення, які дозволяють ефективно охолоджувати високотемпературні поверхні, здійснювати очищення мікроскопічного пилу і газів в пінному киплячому потоці, різко скоротити витрати води на охолодження, що має економічне та екологічне значення [1–4].

При цьому для високофорсованого і економічного проведення процесів в таких пристроях розроблена пориста система охолодження, в якій процеси теплообміну реалізуються шляхом пароутворення в пористих структурах, а підведення рідини для охолодження проводиться при комбінованій дії капілярного і гравітаційного потенціалу (рис. 1). Штучно створений надлишок рідини у перерізі пористої структури дозволяє здійснювати процеси пароутворення при вимушеній течії рідини з недогріванням її до температури насичення. Дослідна установка складається з корпусу 1, кришки 2 і вставки 4, виконаних з нержавіючої сталі марки 12Х18Н9Т. Вставка 4 шириною 15–10 мм служить для утворення каналу, за яким пара прямувала до конденсатора. Вода надходить до пористої сітчастої структури 5 вздовж мідних артерій 3. Притиснення структури до охолоджуваної стінки здійснювалося за допомогою перфорованої пружної бронзової пластини 10 або структура приварювалася до стінки точковою зваркою. Стікаючий надлишок рідини уловлювався мікроартеріями 11 і знов прямував до структури 5, а уловлюючий козирок мікроартерії перешкоджав інтенсивному викиду рідини. Обігрів стінки проводився основним електронагрівачем 7.

Охоронний нагрівач 8 служив для компенсації втрат теплоти назовні і швидкого виходу установки на режим. Для зменшення теплових втрат весь тракт руху пари, що охолоджує елемент і конденсатор теплоізолювалися азбестом, завтовшки 10–15 мм. загорнутим в скотканину марки ВПР–10. Мідні електроди були оточені фарфоровими трубами, покритими азбестовою ізоляцією.

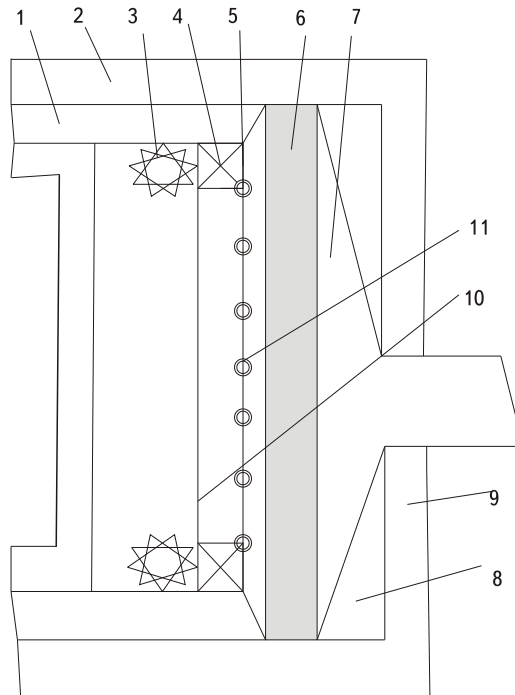


Рис 1. Елемент охолодження з пористою структурою

Основний нагрівач виконувався з ніхромової фольги, завтовшки 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0 мм. Довжина нагрівача складала 0,05...0,3 м висота — 0,15...0,7 м Електричний струм підводився мідними електродами. Слюда, завтовшки 0,05 мм виконувала роль електроізоляції між стінкою і ніхромом. Також застосовувався променистий нагрів і обігрів поверхні безпосереднім пропусканням змінного електричного струму через стінку і пористу структуру, що примикає до неї. Структури набиралися з гладко тканинних латунних, мідних

і нержавіючих сіток простого і саржевого переплетень, складала один, два і три шари. При вивченні початку закипання рідини число шарів сіток складало до дев'яти [4].

Поверхня охолодження виконувалася з нержавіючої сталі марки 12Х18Н9Т, латуні Л80, міді М2, бронзи, нікелю, алунду і скла. Товщина стінки приймала значення: 0,05; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1 і 2 мм.

Методика досліджень. Візуальні спостереження за процесами пароутворення проводилися із застосуванням голографічної інтерферометричної і швидкісної кінозйомки. Використовувалася лазерна установка ЛГ-38 і кінокамера СКС-1М. Перед проведенням дослідів охолоджувана стінка і структура піддавалися очищенню і знежиренню.

Нев'язка балансу по підведеній струмом теплоті і теплоті, відведеній циркуляційною і надлишковою водою з урахуванням втрат через ізоляцію не перевищувала $\pm 12\%$. Нев'язка балансу з підведеною парою теплотою в конденсаторі і теплотою, відведеною циркуляційною водою, не перевищувала $\pm 11\%$. Нев'язка матеріального балансу між витратою рідини, що охолоджує, витратою зливу і конденсату не перевищувала $\pm 10\%$. Швидкість руху рідини приймала значення 1, і 0,3...0,1 м/с, недогрів — 0...20 К, надлишок рідини складав 1...14, від витрати пари. Теплове навантаження — $1...60 \cdot 10^5$ Вт/м², температурний напір — 1...60 К, орієнтація системи щодо вертикалі — 0... ± 90 градусів.

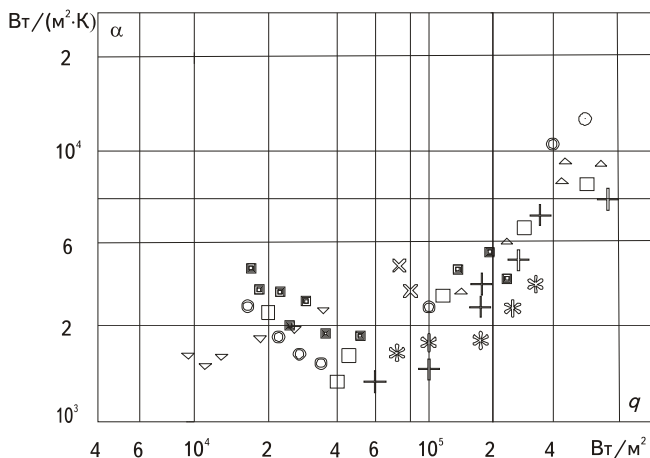


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тепловіддачі α , Вт/(м²·К) від інтенсивності теплового потоку q Вт/м² для тиску $p=0,1$ МПа; $m_p = (1...7,5)m_n$; 1 — о — сітка 0,14; 2 — структура 3×0,14; 3 — * — сітка 0,28; 4 — □ — структура 3×0,28; 5 — + — структура 0,08×0,14×0,14; 6 — ■ — структура 0,08×0,28×0,28; 7 — ○ — сітка 0,4; 8 — ▽ — структура 2×0,4; 9 — △ — структура 2×0,55.

Сітка і стінка виконані з нержавіючої сталі

На рис. 2 показаний вплив теплового навантаження на коефіцієнт тепловіддачі залежно від виду пористої структури і надлишку охолоджуючої рідини.

Результати досліджень. З аналізу експериментальних даних встановлено: для теплових потоків $q = (1...8) \cdot 10^4$ Вт/м² режим кипіння — перехідний. Для цього режиму має місце істотний вплив витрати охолоджуючої рідини і виду структури. Особливо це виражено у сіток з крупним розміром комірок. За своїми характеристиками вони наближаються до тонкоплівкових випарників. Пізніше закипання рідини в порівнянні з тепловими трубами обумовлене перерозподілом теплових потоків зливу і кипіння. Деяке зниження коефіцієнта теплообміну із зростанням величини q пов'язане з появою парових бульбашок, що досягають певних розмірів і збільшують термічний опір пограничного шару.

Для області розвинутого бульбашкового кипіння $q = (1...8) \cdot 10^4$ Вт/м², аж до критичних теплових навантажень з руйнуванням стінки, помітного впливу витрати рідини в межах зміни $m_p = (1...7,5) m_n$ не виявлено.

Обмеження в здатності передачі теплоти системі для різного розміру комірок структури (як в теплових трубах), не відмічено, оскільки не збільшується гідравлічний опір структури, не зменшується капілярна здатність, що не обмежує витрату рідини.

Прийнятим варіантом може бути одношарова структура 0,14. або двохшарова — 0,4 і 0,55, але при цьому слід чекати більшого перегріву стінки. Крупні розміри комірок дозволяють зменшити вимогу до очищення рідини, зменшують гідрогазодинамічний опір. Структури, що мають незмінний вздовж нормалі розмір пор, показали високу ефективність при роботі в полі гравітаційних сил на відміну від теплових труб, коли наставав аварійний режим їх роботи. При передачі q_{\max} не відмічено переваги анізотропних сітчастих структур над ізотропними, як це має місце в теплових трубах. Це пов'язано з підвищеною циркуляцією рідини і пари в пористих структурах, викликаній надлишком рідини. Можливі і інші внески в механізм процесів: наявність інерційного ефекту і часткова конденсація парових бульбашок.

В області бульбашкового кипіння вплив витрати рідини на величину b незначний. Проте при малих витратах рідини забезпечується надійне теплове відбирання за рахунок збереження стійкості пульсуючої плівки рідини, що вигідно відрізняє систему від тонкоплівкових випарників, в яких відбувається розрив стікаючої плівки і з'являється необхідність в значному збільшенні витрати рідини (у 100...1000 разів).

Надлишок рідини дозволяє:

- встановлювати тонкі структури, що збільшує коефіцієнт тепловіддачі до 80 %;
- відводити більші величини q за рахунок інтенсивного руйнування і видалення парових утворень із зони нагріву;

- застосовувати структури з підвищеним розміром комірок з відведенням тепла в 3...4 рази більшим, ніж тепловими трубами навіть без застосування інтенсифікаторів з коефіцієнтом тепловіддачі, величина якого вища на 30–40 %.

Істотно збільшувати витрату охолоджуваної рідини, не доцільно, оскільки відбувається перерозподіл потоків зливу і кипіння, що здорожує систему. Тому доцільно ввести поняття оптимального надлишку рідини, за якого встановлюється рівномірне температурне поле вздовж висоти і довжини теплообмінної поверхні.

Оптимальні витрати рідини визначаються таким чином: до величини $q \approx 100$ кВт/м², витрати підтримуються близькими до режиму роботи теплових труб при гідравлічному діаметрі $d_f = 0,28$ мм і на 30 % більшими для величини $d_f > 0,28$ мм; при величині $q > 100$ кВт/м² перевищення витрати рідини в 1,3...2 рази для величини $d_f = 50, 28$ мм дозволяє розширити діапазон відведення величини q в 2...3 рази в порівнянні з тепловими трубами.

Порівняльна оцінка дослідженої системи з тепловими трубами, тонко плівковими випарниками і кипінням у великому об'ємі [1] на гладкій поверхні показала на можливість розширення меж відведення величини b наближаючись до кипіння у великому об'ємі. Для величини $q = 5...80$ кВт/м² відчувається вплив товщини плівки. При капілярному підведенні рідини встановлюється менша товщина, що інтенсифікує теплообмін. Великі коефіцієнти теплообміну для пористої системи пояснюються інтенсивнішим процесом кипіння за рахунок швидкого перегріву тонкого шару рідини і більшою щільністю центрів пароутворення.

При величинах $q > 8 \cdot 10^4$ Вт/м² товщина плівки в пористій системі чинить менший вплив, а погіршення теплообміну пов'язане з досягненням певної інтенсивності пароутворення в структурі, скупчення в ній парових об'ємів, що обмежують підведення свіжих порцій рідини до поверхні нагріву. Покращенні теплообмінні характеристики дослідженої системи в цьому випадку пояснюються тільки силою тяжіння. У цьому випадку відбувається посилення турбулізації пристінного пульсуючого шару за рахунок поліпшення циркуляції рідини і пари в структурі при інтенсивному відведенні парових об'ємів із збереженням високої стійкості пульсуючої плівки рідини і активному заповненні комірок структури свіжими порціями теплоносія.

Теплова і гідродинамічна стійкість пристінного шару визначається наявністю пульсуючої рідинної плівки під паровими бульбашками, через яку теплота подається шляхом теплопровідності і за рахунок пароутворення переноситься до бульбашки. Відбувається безладна турбулізація пограничного шару паровими бульбашками, що ростуть і лопаються.

Зростання турбулізації пограничного шару і підвищення стійкості пульсуючої плівки рідини приводить до збільшення коефіцієнта тепловіддачі і розширення межі теплопередачі системи.

Гідродинамічна дія потоку рідини частково чинить вплив на механізм процесу пароутворення, викликаючи відрив парових бульбашок раніше, ніж вони досягнуть величини відривного діаметру. Більш того, відносно «холодні» порції рідини з ядра потоку що стікає, спрямовуючись до стінки, витісняють двофазну суміш, знижуючи її товщину і термічний опір. При досягненні певних перегрівів рідини відбувається втрата стійкості пристінного пульсуючого шару, замикання паровими бульбашками комірок сітки і припинення доступу рідини до зони, що обігривається. Різде зростання термічного опору призводить до перегріву стінки аж до її перепалу.

Менша інтенсивність теплообміну дослідженої системи в порівнянні з кипінням у великому об'ємі [1–3] може бути пояснена теорією багатозарового випаровування, коли основна частка теплоти підводиться до основи парових бульбашок і витрачається на випаровування в бульбашки. У дослідженій системі це величина пропорційна температурному напору $\Delta T = T_{\text{ст}} - T_{\text{н}} \sim \Delta T^2$. Конвективна складова перенесення теплоти мала, але і вона зменшує темп наростання теплового потоку.

Ряд охолоджуваних конструкцій в теплотехнічних пристроях розташовується в гравітаційному полі похило. Тому досліджений вплив орієнтації поверхні на теплообмін. Кут нахилу змінювався в межах від 0 до $\pm 90^\circ$, де знак « \rightarrow » вихід пари проти напрямку сил тяжіння. Вивчалися структури з максимальним 0,08·0, 14·0,4 і мінімальним (3·0,4) капілярним потенціалом.

Найбільша інтенсивність отримана за кута нахилу $\alpha = 0$ (вертикальне положення). У той же час не виявлено помітної відмінності в інтенсифікації теплообміну при кутах нахилу до $\pm 45^\circ$ для всіх структур. При кутах нахилу до $\pm 75^\circ$ вплив орієнтації дуже слабкий, що пояснюється полегшенням виникненням в граничному шарі додаткових вторинних течій за рахунок масових сил тих, що руйнують парові конгломерати.

При великих кутах нахилу залежності носять яскраво виражений характер, особливо для структур з малим капілярним потенціалом. Цим підтверджується те, що сили тяжіння — основні транспортні, а капілярні — служать для рівномірного розподілу рідини у порах і капілярах структури, і чим більшим капілярним потенціалом володіє структура, тим більш рівномірний розподіл температур у стінці при різних величинах q .

Порівняння з тепловими трубами для $q > 100$ кВт/м² показує, що інтенсивність в теплових трубах нижче на 40 %, або вони не працездатні. При $q < 20$ кВт/м² теплові труби мають велику інтенсивність. У області $(2 \dots 10) \cdot 10^4$ Вт/м² спостерігається задовільне узгодження дослідних даних.

Для різних технічних пристроїв і систем запропонована і досліджена пориста система охолодження [5, 6], в якій підведення охолоджуючої рідини виконують при комбінованій дії капілярних і гравітаційних сил. Поверхня охолодження виконувалася з нержавіючої сталі, латуні, міді, бронзи, нікелю, алунду і скла. Товщина стінки складала 0,05...2 мм. Візуальні спостереження проводилися із застосуванням голографічної інтерферометричної і швидкісної кінозйомки з використанням лазерної установки ЛГ–38 і кінокамери СКС–1М. Досліди проводилися з водою при: тиску 0,01...10 МПа, недогріву — 0...20 К, надлишку рідини — 1...14 від витрати пари, тепловому навантаженню — $(1 \dots 60) \cdot 10^4$ Вт/м², температурному напору — 1...60 К і орієнтації системи — 0... $\pm 90^\circ$.

Висновки:

1. Проведеними дослідженнями встановлено дві області процесу пароутворення і характер режимних і конструктивних характеристик на інтегральні і термогідралічних характеристики.

2. Встановлені оптимальні витрати охолоджуючої рідини і найбільш ефективний вид сітчастої пористої структури.

3. Візуальні спостереження дозволили описати фізичну картину процесів і узагальнити дослідні дані за внутрішніми характеристиками і тепловими потоками, що відводилися, з

точністю ± 20 % залежно від теплофізичних властивостей рідини, стінки, температурного напору, надлишку рідини, виду пористої структури і теплообмінної стінки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулинченко В.Р. Возникновение паровой фазы на теплоотдающей поверхности / В.Р. Кулинченко // УкрНДІГНТБ. — 1994. — № 1783. — С.73.
2. Кулінченко В.Р. Відривання парової бульбашки від змочуваної поверхні / В.Р. Кулінченко, О.М. Деменюк // Наукові праці НУХТ. — 2009, № 29. — С.46–48.
3. Кулинченко В.Р. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ / В.Р. Кулинченко, В.Г. Мирончук. — К.: НУПТ, 2012. — 426 с.
4. Полее В.М. Плотность центров парообразования и выброс капель из пористой структуры / В.М. Полеев, А.А. Генбач // Известия вузов. Машиностроение.— 1990. — № 9.— С.50–55.
5. Polyayev V. Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces / V. Polyayev, A. Genbach // Thermal Engineering. —1993. — V. 40, No.7. — PP.551–554.
6. Polyayev V. Methods of Monitoring Energy Process Experimental thermal and fluid science. / V. Polyayev, A. Genbach, A. Genbach // International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics, avenue of the Americas.—1995. — V.10, april. — PP.273–286.

ТЕПЛООБМЕН НА ПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ

В.Р. Кулинченко

Национальный университет пищевых технологий

Д.В. Каптановский

Черкасский Государственный технологический университет

Для разных энергетических установок получена пористая система охлаждения. Снабжение жидкого носителя для охлаждения рассматривается как комбинация действия капиллярного и гравитационного потенциала. В опытах толщина материала и размеры нагревателя, избыток жидкости, во время исследования пористых структур изменялись. Погрешность опытов не превышала ± 12 %. Обнаружены три области теплообмена и оптимальные для них расходы жидкости. Предложен механизм процесса теплообмена.

Ключевые слова: кипение, теплообмен, паровой пузырек, пористая структура, нагреватель, механизм процесса.

AUTOMATIC CONTROL OF COMBUSTION STABILITY IN DEMENSIONAL EDM PROCESSING OF PARTS ARC

B.M. Goncharenko, O.P. Lobok, D.D. Borisenko

National University of Food Technologies

Key words:

EDM process automation
Spark erosion
Electric arc
A selective correlation coefficient
Extremum
Likelihood ratio statistics
Giving the effect
Controller

ABSTRACT

This work is dedicated to creating an electric arc machining automated process control system, to improve quality and productivity machining by the items automating processing and the electric arc stability. Have been proposed solving these problems, the arc working point position finding at its current-voltage characteristics and setting action regulator problem was solved by using the determining the extremum mutual correlation between the signals of current and arc voltage. The structural diagram of the control system and its software are developed.

Article history:

Received 1.07.2013
Received in revised form 7.12.2013
Accepted 14.12.2013

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ СТАБІЛЬНІСТЮ ГОРІННЯ ПРИ РОЗМІРНОМУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОМУ ОБРОБЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ДУГОЮ

Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, Д.Д. Борисенко

Національний університет харчових технологій

У роботі розглядається задача створення АСК процесом розмірного оброблювання деталей електричною дугою (РОД) з метою підвищення продуктивності обробки за рахунок забезпечення стабільності процесу горіння дуги та автоматизації процесу оброблювання деталей. Були запропоновані методи вирішення задач автоматичного визначення положення робочої точки дуги на її ВАХ і значення задавального впливу регулятора за допомогою визначення екстремуму вибіркового коефіцієнта взаємної кореляції між сигналами струму і напруги дуги. Розроблена структурна схема системи керування та її програмне забезпечення.

Ключові слова: автоматизація процесу РОД, електроерозійне оброблювання, електрична дуга, екстремум, вибіркового коефіцієнта кореляції, критерій відношення правдоподібності, задавальний вплив, регулятор.

Вступ. Електроерозійний спосіб металооброблювання заготовок є одним з сучасних технологічних процесів, що зменшують трудомісткість оброблювання електропровідних важкооброблюваних матеріалів.

Видалення металу із заготовки відбувається у середовищі оточуючого рідинного діелектрика за рахунок мікророзрядів, що розплавляють деяку частину металу. В міру зближення робочого електрода-інструмента з заготовкою напруженість електричного поля збільшується зворотно-пропорційно відстані між електродами або міжелектродного проміжку (МЄП):

$$E = \frac{U}{S}, \quad (2)$$

де U — різниця потенціалів електрода-інструмента та заготовки; S — величина зазору між електродами.

Найбільша напруженість створюється на ділянці, де зазор найменший, і де виникає дуга. При надмірному збільшенні МЄП можливий обрив дуги.

Аналіз стану питання. Схема технологічного процесу розмірного оброблення дугою (РОД) представлена на рис.1 [1].

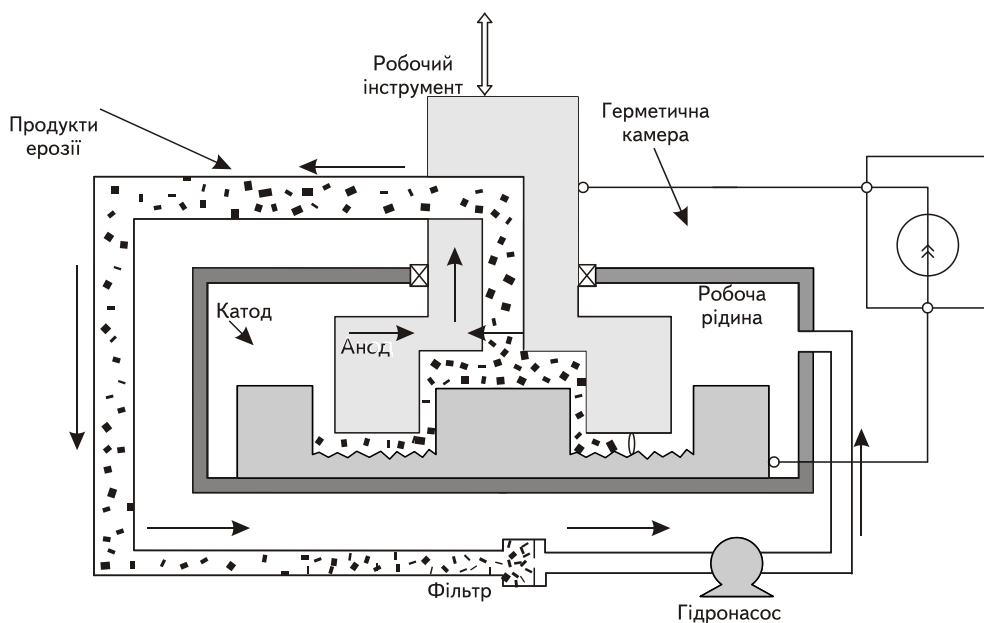


Рис. 1. Схема технологічного процесу розмірної обробки дугою

Видалення металу в процесі РОД виконується електричною дугою, що діє на малу частину поверхні електродів в місті електричного пробою. При цьому інша частина поверхні електроду не приймає участі в процесі знімання металу.

Таким чином, в МЄП серед інших можна виокремити два основні процеси: отримання продуктів ерозії, що забезпечується керуванним процесом горіння дуги, та їх виведення. Важливим технологічним показником процесу РОД, який визначає його ефективність, є продуктивність оброблювання W .

На даний час показники продуктивності оброблювання заготовки та стабільність горіння дуги не забезпечуються в достатньому ступені ні ручним керуванням, ні існуючою системою автоматичного керування. Тому виникає необхідність створення такого методу керування МЄП, який дозволив би не тільки максимально використати всі потенційні

можливості автоматичної системи, але і створити оптимальну систему автоматичного керування стабілізації горіння дуги при забезпеченні максимальної продуктивності.

В процесі РОД напруга горіння дуги U_d змінюється не тільки при змінюванні величини МЕР, але і в результаті змінювання положення робочої точки на вольт-амперній характеристиці (ВАХ) дуги. Недостатня ефективність керування процесом горіння дуги (її можлива нестабільність) є наслідком того, що значення задавального діяння $U_{d,зад}$ регулятора напруги горіння дуги визначається дослідним шляхом і може не відповідати потрібному положенню робочої точки дуги на ВАХ (точці стійкого горіння дуги) $U_{d,рт}$, тобто горіння може втрачати стабільність. При компенсації похибки відхилення ξ напруги дуги U_d від заданого значення $U_{d,зад}$ регулятор горіння дуги встановлює робочий інструмент на заданій глибині h заготовки, але за межею робочої області МЕР, а процес РОД порушується, бо горіння дуги переходить в режим або короткого замикання, або обриву дуги, тобто горіння втрачає стабільність.

Мета статті. Для створення регулятора напруги горіння дуги, вільного від зазначених недоліків, можна запропонувати метод визначення значення задавального діяння $U_{d,зад}$ регулятора за екстремумом вибіркового коефіцієнта взаємної кореляції r між сигналами струму I_d і напруги дуги U_d .

Виклад основного матеріалу. Метод заснований на результатах досліджень учених інституту електрозварювання ім.Патона, які встановили, що в околі робочої точки ВАХ дуги змінювання значення струму I_d і напруги дуги U_d відбувається за лінійним законом. З цього випливає, що сигнали струму і напруги дуги в робочій точці ВАХ корельовані. Тому екстремум вибіркового коефіцієнта взаємної кореляції r строго відповідає шуканому положенню робочої точки на ВАХ дуги, а значення U_d приймається як значення задавального діяння регулятора МЕР.

Для перевірки ефективності застосування методу керування горінням дуги або МЕР була розглянута статистична гіпотеза про нерівність нулю коефіцієнта кореляції r двовимірної нормальної сукупності для струму дуги I_d і напруги дуги U_d в околі робочої точки ВАХ дуги. Нехай $(i_1, u_1), (i_2, u_2), \dots, (i_n, u_n)$ — результати вимірювань в інтервалі робочих значень МЕР. Відомо, що вибірка має двовимірний нормальний розподіл з невідомими характеристиками.

Для виявлення кореляційної залежності двох випадкових сигналів досить визначити вибіркового коефіцієнта кореляції r і за його значенням зробити висновок про відповідність значень струму і напруги дуги в межах вибірки шуканого положення робочої точки ВАХ дуги $U_{d,рт}$ на її вольт-амперній характеристиці, при $r \rightarrow 1$:

$$U_{d,зад} = U_d = U_{d,рт} | \max(r) \quad (1)$$

де r — вибіркового коефіцієнта кореляції:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (i_k - \bar{i}) * (u_k - \bar{u})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (i_k - \bar{i})^2 * \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (u_k - \bar{u})^2}}, \quad (2)$$

та
$$\bar{i} = \frac{1}{n} * \sum_{k=1}^n i_k \quad \bar{u} = \frac{1}{n} * \sum_{k=1}^n u_k.$$

Значення вибіркового коефіцієнта кореляції r має екстремум, відповідно до оптимального положення робочої точки на ВАХ дуги. Значення вибіркового коефіцієнта кореляції r дорівнює нулю в режимах короткого замикання і обриву дуги у повній відповідності до виразу (2).

Залежність значення вибіркового коефіцієнта кореляції r від величини МЕР в процесі його зміни представлена на рис. 2.

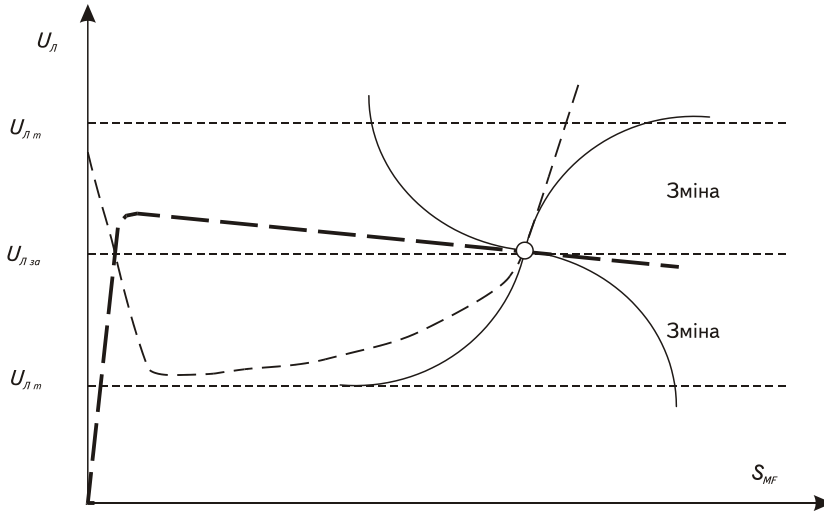


Рис. 2. Залежність значення вибіркового коефіцієнта кореляції r від величини S_{MEP} МЕР в процесі його змінювання

Для розв'язання завданні виявлення змінювання напруги дуги з мінімумом помилкових тривог доцільно використати статистичні методи [2] — наприклад, критерій відношення правдоподібності або критерій Неймана-Пірсона, який дозволяє мінімізувати час запізнювання у виявленні змінювання середнього значення напруги дуги з мінімумом помилкових тривог. Під помилковою тривогою розуміють (рис. 3) прийняття гіпотези H_0 , що викликає небажану реакцію регулятора на короточасні зміни напруги дуги і дестабілізує процес горіння дуги, в той час, коли істинна гіпотеза H_1 прийнята з затримкою виявлення τ_3 , відповідає дійсній (не помилковій) зміні середнього значення напруги при обриві дуги U_{2cp} .

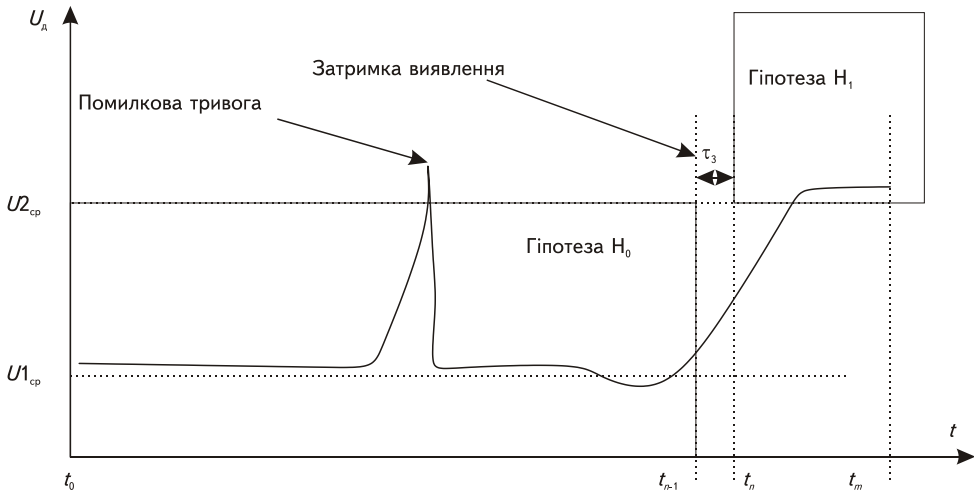


Рис. 3. Перевірка статистичних гіпотез для виявлення змінювання середнього значення напруги обриву дуги в процесі РОД

U_{1cp} — середнє заданого значення напруги дуги при $P_0(u_k)$ — щільності ймовірності виникнення зміни на інтервалі $[0, t_{n-1}]$; U_{2cp} — середнє значення напруги дуги при її обриві та при $P_1(u_k)$ — щільності ймовірності виникнення зміни на інтервалі $[t_n, t_m]$.

Завдання виявлення змін середнього значення напруги дуги вирішене на основі застосування теорії перевірки статистичних гіпотез за допомогою критерію відношення правдоподібності.

Алгоритм перевірки статистичних гіпотез для виявлення зміни середнього значення напруги дуги в процесі РОД також представлений на рис. 3.

Сигнал змінювання напруги дуги можна уявити у вигляді кусково-постійного сигналу з адитивною перешкодою, в якому в невідомі моменти часу відбувається змінювання середнього значення даного сигналу, як безліч вимірних значень напруги дуги $\{u1_0, u1_1, \dots, u1_{n-1}\}$, де t_{n-1} час до виникнення зміни, на інтервалі часу $[0, t_{n-1}]$, якому відповідає середнє значення напруги дуги $U1_{cp}$, а також безліч вимірних значень напруги дуги $\{u2_0, u2_1, \dots, u2_m\}$, де t_m час виникнення зміни на інтервалі часу $[t_r, t_m]$, якому відповідає середнє значення напруги при обриві дуги $U2_{cp}$ (рис. 3).

На підставі результатів теоретичних досліджень була створена математична модель, яка адекватно представляє роботу системи керування процесом горіння дуги в МЕР в умовах впливу адитивних перешкод:

$$\left\{ \begin{array}{l} g_n = \max_{0 \leq k \leq n} \left[\sum_{k=1}^n (u_k - \mu_0 + \frac{v}{2}) \right] - \sum_{k=1}^n (u_k - \mu_0 + \frac{v}{2}) > \lambda \quad H_1 \\ < \lambda \quad H_0 \\ u(t) = K(\xi(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \xi(t) dt) \\ g_n = \sum_{k=1}^n (u_k - \mu_0 - \frac{v}{2}) - \min_{0 \leq k \leq n} \left[\sum_{k=1}^n (u_k - \mu_0 - \frac{v}{2}) \right] > \lambda \quad H_1 \\ < \lambda \quad H_0 \end{array} \right. \quad (3)$$

де r — вибірковий коефіцієнт взаємної кореляції; λ — порогове значення критерію для прийняття гіпотези H_0 або H_1 ; u — керувальний вплив ПІ — регулятора величини МЕР; μ_0 — задавальний вплив; v — величина змінювання напруги дуги.

Математична модель функціонує тільки в умовах існування дуги, тобто, автоматизована система керування спочатку повинна виконати процедуру визначення необхідного положення робочої точки дуги на її S — подібній ВАР і встановити значення задавального впливу регулятора, а потім перейти до керування процесом горіння дуги.

Математична модель системи керування процесом горіння дуги реалізується [3] наступним алгоритмом:

1. При відсутності зміни середнього значення напруги дуги та прийнятті гіпотези H_0 регулятор напруги горіння дуги не реагує на зміни напруги дуги і адитивну перешкоду.

2. У разі прийняття гіпотези H_1 здійснюється компенсація помилки відхилення o , обнулення накопичувальної суми і прийняття гіпотези H_0 .

На підставі математичної моделі створена структурна схема системи автоматичного керування процесом РОД із застосуванням кореляційних методів опрацювання сигналів величини вибіркового коефіцієнта взаємної кореляції і критерію відношення правдоподібності (рис. 4).

У систему керування введені такі блоки:

— блок керувальної програми всіма апаратними та програмними засобами РОД;

— блок програмного керування процесом оброблювання деталі;

— детектор змін середнього значення напруги дуги і прийняття гіпотез, на вхід якого надходить значення задавального впливу $U_{зад}(\mu_0)$, величина змінювання напруги n , яку необхідно виявити, порогове значення критерію λ вибору гіпотези H_0 або H_1 і напруга дуги U_n . З виходу детектора на вхід пристрою керування надходять значення прийнятої гіпотези H_0 або H_1 ;

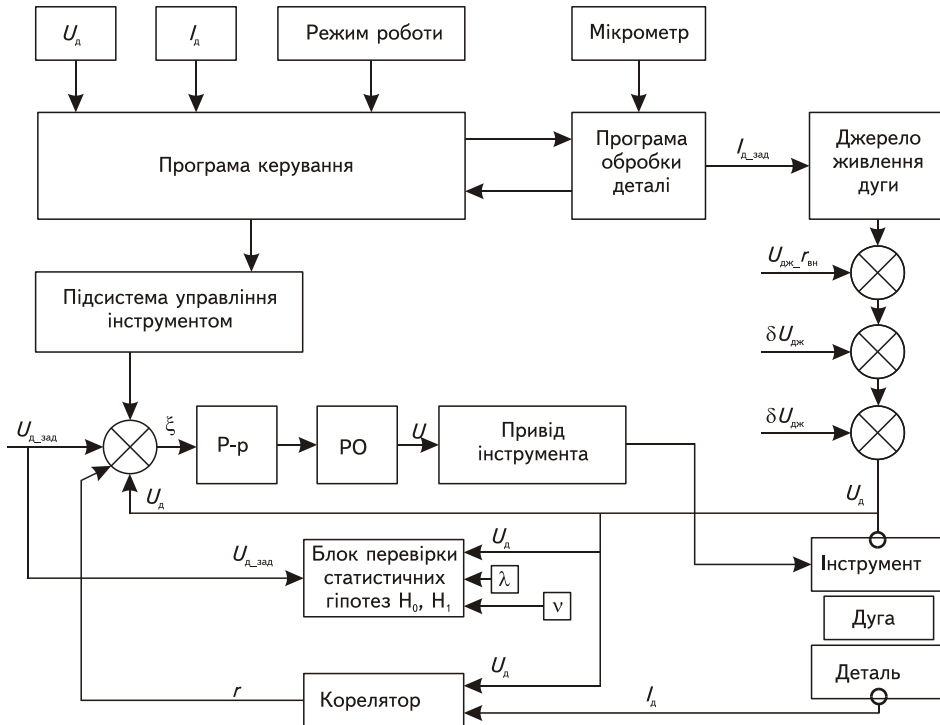


Рис. 4. Структурна схема системи автоматичного керування процесом РОД

– корелятор, на вхід якого надходять сигнали струму I_d і напруги дуги U_d , а з виходу знімається сигнал екстремуму вибіркового коефіцієнта r взаємної кореляції між сигналами струму I_d і напруги дуги U_d .

Робоча точка ВАХ дуги і задавальний вплив $U_{d,зад}$ регулятора напруги горіння дуги визначається при екстремумі вибіркового коефіцієнта взаємної кореляції r .

Керування процесом горіння дуги здійснюється за відхиленням напруги дуги U_d від заданого значення $U_{d,зад}$ з урахуванням прийнятої гіпотези H_1 або H_0 .

Часті спрацювання детектора зміни середнього значення напруги свідчить про факт зміщення робочої точки ВАХ дуги $U_{d,пт}$ і необхідно виконати процедуру визначення задавального впливу $U_{d,зад}$ регулятора.

Вихідними сигналами пристрою керування є команди:

- опустити інструмент;
- підняти інструмент;

Блок програмного керування процесом оброблювання деталі задає в процесі оброблювання необхідний струм дуги I_d на заданій глибині h .

Програмне керування струмом дуги і його обмеження при коротких замиканнях на рівні 5 % здійснюється у блоці керування джерелом живлення дуги.

Процес РОД може знаходитися в одному із станів: робочий режим, обрив дуги, коротке замикання, збудження дуги та визначення задавального впливу регулятора. Перехід з одного стану в інший може здійснюватися як в результаті виконання команд керувальної програми, так і під впливом подій процесу РОД.

Висновки: Створена автоматична система керування процесом РОД використовує методи:

– кореляційного автоматичного визначення необхідного положення робочої точки дуги на її вольт-амперній характеристиці і значення задавального впливу регулятора напруги горіння дуги;

– виявлення змін середнього значення напруги дуги здійснюється з використанням теорії перевірки статистичних гіпотез (критерію відношення правдоподібності).

Таким чином, комплексне використання цих методів дозволило розробити систему автоматизованого керування процесом РОД і розв'язати завдання стабілізації процесу горіння дуги та підвищення продуктивності оброблювання деталей у процесі РОД.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Смірнова Н.В.* Автоматизована система керування процесом розмірної обробки деталей електричною дугою: автореф. дис.канд. техн. наук./ Н.В. Смірнова. — Кіровоград, 2011. — 20 с.

2. *Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем.*/ М. Бассвиль, А.Вилски, А.Бенвекист и др.; пер. с англ. И.Б. Вильховченко. — М.: Мир, 1989. — 278 с.

3. *Борисенко Д.Д.* Автоматизована система управління процесом розмірної обробки деталей електричною дугою: автореф. маг.роб. на здоб. наук. ступ. маг. авт. упр.техн.проц. / Д.Д. Борисенко.— К.:НУХТ, 2013. — 12 с.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТЬЮ ГОРЕНИЯ ПРИ РАЗМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ДУГОЙ

Б.Н. Гончаренко, А.П. Лобок, Д.Д. Борисенко

Национальный университет пищевых технологий

В работе рассматривается задача создания АСУ процессом размерной обработки деталей электрической дугой (РОД) с целью повышения продуктивности обработки за счёт обеспечения стабильности процесса горения дуги и автоматизации процесса обработки деталей. Были предложены методы решения задач автоматического определения положения рабочей точки дуги на её ВАХ и значения задающего влияния на регулятор с помощью определения экстремума выборочного коэффициента взаимной корреляции между сигналами тока и напряжения дуги. Разработана структурная схема системы управления и её программное обеспечение.

Ключевые слова: автоматизация процесса РОД, электроэрозионная обработка, электрическая дуга, экстремум, выборочный коэффициент корреляции, критерий отношения правдоподобия, задающее влияние, регулятор.

DYNAMICS OF TWOPHASE SYSTEMS IN CAPILLARIES

A.M. Svitlyk, A.M. Prokhorov

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Cylindrical capillary Gas-liquid mixture Fast regime Equation Navier-Stokes equations Pressure gradient	The problem of the fluid movement in gas scum in a cylindrical capillary has been studied based on the Navier — Stokes equation and also on the indissolubility equation in order to understand that the given mathematic model allows to calculate the speed of the solid and dispersed phases. Pressure gradient lengthwise axis of the fluid $\frac{\partial p}{\partial x}$ after algebraic transformations can be expressed by the equation $\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{(G_2 - G_3)q_x - q_v}{G_1}$.
Article history: Received 25.11.2013 Received in revised form 5.12.2013 Accepted 10.12.2013	The mathematical model allows to calculate the rate of drying and disperse phases. This article may be used to develop equipment for fluid saturation.
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net	

ДИНАМІКА РУХУ ДВУХФАЗНИХ СИСТЕМ В КАПІЛЯРІ

A.M. Світлик, O.M. Прохоров

Національний університет харчових технологій

Розглянуто задачу руху рідини в газовій плівці в капілярі циліндричної форми, спираючись на рівняння Нав'є–Стокса, а також на рівняння нерозривності, для отримання математичної моделі, що дозволяє обрахувати швидкості суцільної та дисперсної фаз. Градієнт тиску повздовж осі рідини $\frac{\partial p}{\partial x}$ після алгебраїчних перетворень можна виразити рівнянням $\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{(G_2 - G_3)q_x - q_v}{G_1}$. Дана стаття може бути використана при розробці обладнання для сатурації рідини.

Ключові слова: циліндричний капіляр, газорідинна суміш, снарядний режим, рівняння Нав'є–Стокса, градієнт тиску.

Вступ. Мікротехнології з кожним роком все більше впроваджуються в різноманітні процеси харчової технології. Більшість таких процесів проводяться в капілярах. Авторами запропоновано використовувати пористі капіляри для проведення процесу абсорбції газу у воді.

Методика досліджень. Розглянемо циліндричний пористий капіляр у якому відбувається рух газорідинної суміші в снарядному режимі. Виділимо об'єм, обмежений січеннями I–I та II–II, які проходять в даний момент часу через частину газової бульбашки, а друге — через рідинний снаряд та обмежену плівку газу (рис. 1).

© А.М. Світлик, O.M. Прохоров, 2013

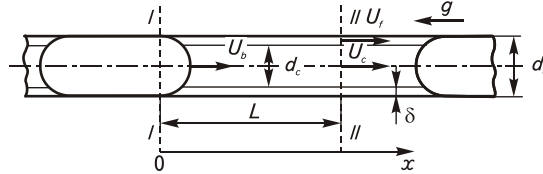


Рис. 1. Загальний рух двофазної суміші в снарядному режимі

На основі балансу мас для січення I — I та II — II отримаємо співвідношення

$$q_b = q_s + q_f \tag{1}$$

Вираз (1) має наступне тлумачення: в лівій частині представлено кількість речовини, яка входить або виходить із об'єму V через січення I—I, в правій — потоки речовин, які виходять із об'єму V через січення $x = L$.

Розглянемо задачу руху рідини в газовій плівці в капілярі циліндричної форми. Таким чином, бульбашка розглядається як циліндр радіусом R_c , а рідина рухається всередині газової плівки товщиною δ .

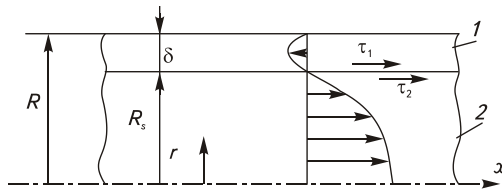


Рис. 2. Схема руху двофазної суміші в снарядному режимі при взаємодії газової плівки і рідини

де: 1 — газова плівка; 2 — рідина фаза.

Запишемо рівняння Нав'є–Стокса в циліндричних координатах в проекції на вісь x:

$$\rho \left(\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_r \frac{\partial U_x}{\partial r} + \frac{U_\theta}{r} \frac{\partial U_x}{\partial \theta} \right) = \frac{\partial}{\partial x} (P - \rho q_x x) + \mu \nabla^2(x), \tag{2}$$

та рівняння нерозривності

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho U_r \cdot r)}{r \partial r} + \frac{\partial(\rho U_\theta)}{r \partial \theta} + \frac{\partial(\rho U_x)}{\partial x} = 0 \tag{3}$$

Після перетворень рівняння (2) прийме наступний вигляд (індекс «x» для спрощення запису опускаємо, використовуючи позначення: для суцільної фази $U_1 = U_x$, а для дисперсної $U_2 = U_x$).

$$\rho_i \frac{\lambda}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial U_i}{\partial r} \right) = -q_x + \frac{1}{\rho_i} \frac{\partial P}{\partial x} \tag{4}$$

В багатьох роботах [1, 2] на поверхні бульбашки тангенціальні напруження рівні нулю, виходячи із незначної в'язкості газу. Формулювання граничних умов показано на рис. 2.

На поверхні розділення рідина газ ($r = R_s = R - \delta$)

$$U_1 \Big|_{r=R_s} = U_2 \Big|_{r=R_s}; \tau_1 \Big|_{r=R_s} = \tau_2 \Big|_{r=R_s} \tag{5}$$

Вираз (5) можна записати:

$$\tau_1 \Big|_{r=R_s} = \mu_1 \frac{\partial U_1}{\partial r} \Big|_{r=R_s} = \tau_2 \Big|_{r=R_s} = \mu_2 \frac{\partial U_2}{\partial r} \Big|_{r=R_s} \tag{6}$$

Після ряду математичних перетворень отримуємо рівняння для визначення швидкостей:

В газовій плівці

$$U_1(r) = E_1(R^2 - r^2) - C \ln\left(\frac{R}{r}\right), \quad (7)$$

в дисперсній рідинній фазі

$$U_2(r) = E_1(R^2 - R_s^2) + E_2[R_s^2 - r^2] - C \ln\left(\frac{R}{R_s}\right), \quad (8)$$

$$\text{де: } E_1 = \frac{q'_1}{4\vartheta_1} = \frac{1}{4\vartheta_1} \left(q_x - \frac{1}{\rho_1} \frac{\partial p}{\partial x} \right); \quad E_2 = \frac{q'_2}{4\vartheta_2} = \frac{1}{4\vartheta_2} \left(q_x - \frac{1}{\rho_2} \frac{\partial p}{\partial x} \right); \quad C_1 = (\rho_1 - \rho_2) q_x \frac{R_s^2}{2\mu_1}.$$

Таким чином, отримаємо загальне рівняння для системи газ-рідина які рухаються в капілярі під дією сил тяжіння та прикладеного градієнта тиску.

Градієнт тиску повздовж осі рідини $\frac{\partial p}{\partial x}$ після алгебраїчних перетворень можна виразити рівнянням:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{(G_2 - G_3)q_x - q_a}{G_1}. \quad (9)$$

$$\text{де: } G_1 = \frac{\pi}{8} \left[\frac{R^4 - R_s^4}{\mu_1} + \frac{R_s^4}{\mu_2} \right]; \quad G_2 = \frac{\pi}{8} \left[\frac{R^4 - R_s^4}{\vartheta_1} + \frac{R_s^4}{\vartheta_2} \right]; \quad G_3 = \frac{\pi}{4} \left[\frac{\rho_1 - \rho_2}{\mu_1} R_s^2 (R^4 - R_s^2) \right].$$

Для систем вода-повітря в капілярах більше 1мм він незначний, а при капілярах менше 1 мм — він може приймати значення приблизно 1500Па/м.

Результати досліджень. Отримана математична модель дозволяє обрахувати швидкість суцільної та дисперсної фаз. При цьому необхідно враховувати: радіус капіляра R, фізичні властивості фаз ($\rho_1, \rho_2, \mu_1, \mu_2, \sigma$), проекцію прискорення вільного падіння та витрати рідини.

Висновок. Використовуючи запропоновані математичні моделі можна розрахувати динаміку руху двухфазних систем в капілярі, при цьому враховується радіус капіляру, фізичні властивості фаз та проекцію прискорення вільного падіння та витрати рідини.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Нагматулин Р.Л.* Динамика многофазных сред Ч.1./ Р.Л. Нагматулин— М.: Наука, 1987. — 464 с.
2. *Taha T.* Hydrodynamics of slug flow inside capillaries / T. Taha, Z.F. Cui // Chem Engineering Science. — 2004. - V. 59. — P. 1181.

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ДВУХФАЗНЫХ СИСТЕМ В КАПИЛЯРЕ

А.М. Свитлык, О.М. Прохоров

Национальный университет пищевых технологий

*Рассмотрена задача движения жидкости в газовой пленке в капилляре цилиндрической формы, опираясь на уравнение Навье–Стокса и на уравнение неразрывности, для получения математической модели, которая позволяет вычислить скорости сплошной и дисперсной фаз. Градиент давления вдоль оси жидкости после алгебраических преобразований можно выразить уравнением. Данная статья может быть использована при разработке оборудования для сатурации жидкости. **Ключевые слова:** цилиндрический капилляр, газожидкостная смесь, снарядный режим, уравнение Навье–Стокса, градиент давления.*

FEATURES OF PROCESS GERMINATING BARLEY

S.M. Mironenko, S.A. Byt, O.O. Boiko

National university of food technologies

Key words:	ABSTRACT
Malt Beer Germinating barley	The uniformity of moisture and aeration malt depends on the stage of germination quality of the resulting commercial product. Calculated amount of heat capacity and oxygen, which is necessary for germination of malt. Formulated the shortcomings of existing sawn devices. A design of devices for humidifying malt — dezintegrato ditch-water flow, which do not have these drawbacks.
Article history: Received 10.03.2014 Received in revised form 20.03.2014 Accepted 25.03.2014	The device recovery streams can reduce heating costs and cooling air by approximately 60–75% compared to the case with no recovery. Further increasing the proportion of recuperative flow limited increase in the concentration of carbon dioxide released during germinatio
Corresponding author: boikooo@gmail.com	

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ПРОРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ

С.М. Мироненко, С.А. Бут, О.О. Бойко

Національний університет харчових технологій

Від рівномірності зволоження та аерації солоду на етапі пророщування залежить якість отриманого товарного продукту. Розраховано кількість теплового потенціалу та кисню, які необхідні для пророщування солоду. Сформульовано недоліки існуючих пристроїв розпилення. Запропоновано конструкцію пристроїв для зволоження солоду — деінтеграторів водяного потоку, які позбавлені цих недоліків.

Ключові слова: солод, пиво, пророщування, ячмінь.

Вступ. Виробництво пива від свого зародження складалося як сукупність циклічних технологічних процесів, у яких виконання певних операцій потребувало цілком визначеного часу, температурних режимів, механічного, ферментного або мікробіологічного оброблення тощо.

Процес пророщування ячменю незалежно від типу солодовні потребує кондиціонування повітря, оскільки пророщування є екзотермічним процесом.

Під час пророщування зерно задовольняє свої потреби в енергії за рахунок дихання, коли в основному частина крохмалю ендосперму окислюється до утворення діоксиду вуглецю й води. Теплота, що при цьому виділяється, призводить до підвищення температури всієї маси зерна.

За нормальних умов у процесі солодовирощування відбувається зменшення кількості сухих речовин (СР) на 8 %, окислюється близько 4,5 % речовин зерна. Ця кількість становить 4,2 % крохмалю і 0,3 % жирів з теплою згорання 17 388 Дж/кг і 39 480 Дж/кг відповідно [1]. Таким чином, пророщування 1 т ячменю вивільняє 848 820 Дж тепла.

© С.М. Мироненко, С.А. Бут, О.О. Бойко, 2014

Важливо, що кондиціоноване повітря, яке проходить через шар пророщуваного зерна, повинно забезпечити задану температуру (від 12 °С) за стовідсоткової відносної вологості. Розрахунки і практика виробництв показують, що за рахунок насичення повітря вологою у весняно-літній сезон зниження температури повітря максимально можливе лише на 6 °С, тому виникає необхідність використання холодильних установок. Узимку за від'ємних температур повітря доводиться витратити теплову енергію на його підігрівання.

Матеріали та методи досліджень. Використання повітря для охолодження пророщуваного зерна пов'язано з подоланням суперечності у зв'язку з можливістю втрати зерном вологи. Останній показник має відповідати заданому технологічному режиму, проте охолодження зерна досягається за рахунок нагрівання повітря, відносна вологість якого навіть за стовідсоткової початкової зменшується до 92–95 %.

Відповідно до більшості існуючих регламентів температура солоду протягом восьмидобового процесу змінюється від 12 до 17–18 °С. Температура ж повітря, що подається, повинна бути меншою на 1,5–2 °С, а температура повітря після проходження шару солоду не повинна перевищувати номінальної температури останнього. Такі показники повітря на виході дають підстави для рекуперативного повернення частини вихідного потоку на вхід. Тут відбувається змішування рекуперативного потоку зі складовою свіжого повітря, підготовленого певним чином. Цим вдається зменшити теплові витрати і витрати на охолодження повітря приблизно на 60–75 % порівняно з випадком роботи без рекуперації. Подальше нарощування частки рекуперативних потоків обмежується збільшенням концентрації діоксиду вуглецю, що виділяється у процесі пророщування.

Витрати повітря і його параметри визначаються на основі рівнянь матеріальних і теплових балансів. Якість солоду значною мірою за інших рівних умов визначається витриманням таких регламентованих показників, як температура і вологість зернової маси в процесі пророщування. У зв'язку з неможливістю отримання охолодженого повітря на більшості підприємств України в ліній період випуск солоду припиняється, а робота солодовень в осінньо-зимовий період планується таким чином, щоб забезпечити його запаси на річну програму виробництва пива.

Проте в сучасних умовах можливості підприємств щодо створення запасів зерна і солоду зменшились, і вилучення з обігу коштів, що витрачаються на створення таких запасів, економічно недоцільне, а інколи й неможливе. Саме тому вирішення проблеми випуску солоду протягом всього року дедалі частіше привертає увагу фахівців. Стримувальним фактором у впровадженні систем для охолодження повітря є порівняно значні капітальні та експлуатаційні витрати, і за таких умов економічне обґрунтування проекту повинно бути виваженим [2–4].

У зв'язку з відміченим завданням цього дослідження визначено пошук можливостей удосконалення технологічного забезпечення процесів пророщування зерна.

Проблеми підготовки повітря стосуються літніх і зимових сезонів роботи.

Зовнішнє повітря рідко відповідає заданим температурним режимам пророщування солоду, тому взимку воно підігрівається, а в літній сезон охолоджується.

Теплові витрати на нагрівання і охолодження можуть бути зменшені за рахунок часткової рециркуляції відпрацьованого повітря. Нагрівання повітря доцільно здійснювати відкритою гострою парою, бо при цьому має місце одночасно підвищення відносної вологості і суттєве зменшення загальних енергетичних витрат.

Зволоження і догрівання повітря в сучасних умовах вирішується наявністю відповідного обладнання і не викликає труднощів у виробничників. В цих умовах з точки зору інтересів енергоконсистування рационально є рециркуляція до 2/3 відпрацьованого повітря.

Результати досліджень. Виконаємо оцінку теплових витрат на підготовку повітря під час зимового сезону за умови температури зовнішнього повітря $t_3 = -20$ °С. Розрахунки виконаємо для об'єму повітря $V_n = 1000$ м³ і кількість теплоти, яка передається повітрю в калорифері

$$Q = V_n c (t_k - t_3) = 1000 \cdot 1,36 (16 - (-20)) = 46760,4 \text{ кДж} \quad (1)$$

де c — теплоємність повітря, кДж/м³; t_k — кінцева температура повітря, °С.

Визначимо коефіцієнт рециркуляції повітря

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_{p,n}} \quad (2)$$

де $V_{p,n}$ — об'єм рециркуляційного повітря, м³.

Очевидно, що для кожного співвідношення температур свіжого T_c і рециркуляційного T_p повітря можна знайти значення ε , яке змішуванням двох потоків забезпечить необхідну кінцеву температуру суміші T_k . Вказані параметри знаходяться у співвідношенні

$$T_k = \frac{(1 + \varepsilon)T_c T_p}{T_p + \varepsilon T_c} \quad (3)$$

Звідси знайдемо

$$\varepsilon = \frac{T_c T_p - T_k T_p}{T_k T_c - T_c T_p} \quad (4)$$

Оскільки аерація солоду забезпечує вирішення задач доставки кисню, охолодження і відведення діоксиду вуглецю, то рівень рециркуляції визначають з урахування можливості виконання трьох задач.

Підкреслимо, що нагрівання повітря на 2 °С за проходження через шар солоду супроводжується зниженням його відносної вологості до 90–92 %. Це означає, що на частині свого транспортування через зернову масу повітря підсушує солод. Між тим існує категорична заборона на зниження вологості солоду нижче 46 %. Поновлення кількісного складу вологості солоду досягають його зрошуванням, а рециркуляційна частина повітря повинна бути донасичена до 100 % відносної вологості.

Рівень рециркуляції повітря, таким чином, визначається кількістю накопиченого в ньому діоксиду вуглецю. Зазвичай рециркуляційну частину повітря змішують зі свіжим повітрям і після цього насичують вологою в камерах кондиціонування. За таких умов концентрація CO₂ зменшується кратно рівню рециркуляції. Між тим загальний вміст CO₂ можливо суттєво знизити і стабілізувати за рахунок окремої обробки рециркуляційної частини повітря в камері кондиціонування. В цьому випадку система «вода — повітря» характеризується наявністю діоксиду вуглецю в газовій фазі і CO₂ добре розчиняється у воді. За підвищення концентрації CO₂ в газовій фазі маємо його підвищений парціальний тиск і у відповідності з законом Генрі обробка в камері лише рециркуляційної частини повітря суттєво прискорює видалення з повітря діоксиду вуглецю (на новому рівні рівноважного стану).

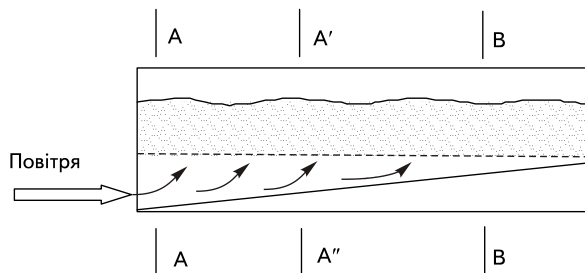


Рис. 1. Схема повітропроводів для аерації пророщуваного солоду з рівномірним роздаванням газового потоку

У зв'язку з викладеним запатентовано систему для пророщування солоду, в якій з метою збільшення рівня рециркуляції відпрацьованого повітря рециркуляційна частина повітря проходить окремо обробку в камері кондиціонування і змішується зі свіжим повітрям тільки після цього [6].

Якщо потік змішаного повітря характеризується відносною вологістю $< 100 \%$, то його також слід спрямувати в камеру кондиціонування і досягти умов $\varphi = 100 \%$.

Подальший розвиток системи з окремою обробкою рециркуляційної частини повітря автор вбачає в наступному.

В зв'язку з тим, що температури повітря зростають з $10 \text{ }^\circ\text{C}$ для аерації солоду першої доби пророщування до $15 \text{ }^\circ\text{C}$, для солоду сьомої доби пророщування існує можливість послідовно передавати потік повітря від першої позиції до сьомої з пропусканням між позиціями через камери кондиціонування для насичення вологою, доохолодження і видалення CO_2 .

Стабілізація температури всієї маси солоду має принципове значення і така стабілізація однозначно пов'язана з рівномірністю аерації по всій поверхні опорної решітки. Рівномірність аерації пов'язують з рівномірним розподілом маси солоду по опорній площині та однаковою її щільністю. Поза увагою спеціалістів, однак, залишається конструктивне влаштування повітропроводу підситового простору.

Суть пропозиції по Пат. 52219 А (рис. 1) складається у встановленні додаткової перегородки, яка поперечний переріз повітропроводу робить змінним від максимального на вході до нуля в кінці. За цих умов гарантується рівність тисків в перерізах А, А_г та В [5]:

$$P_A = P_{A_g} = P_B \quad (5)$$

і рівномірний розподіл повітря по всій поверхні решітки. За випадку, коли ширина ящика значна, може виникати нерівномірність розподілу повітря у двох напрямках на додаток до поздовжньої нерівномірності. Для ліквідації цих обох небажаних явищ підситовий простір повинен бути змінним у двох напрямках (рис. 2).

Конструкція зрошувального пристрою.

Для ліквідації підсушування солоду в процесі його пророщування при продуванні повітря здійснюється періодичне зрошування зернової маси. Вода, яка подається для зрошування, повинна мати температуру на $1\text{--}2 \text{ }^\circ\text{C}$ нижчу за температуру солоду і виняткову увагу слід приділяти рівномірності зрошування і ступеню розпилу вологи. У зв'язку з цим над зерною масою в пристрої для пророщування солоду монтують дезінтегратори потоку води. Використовують як стаціонарно встановлені пристрої, так і пересувні. У багатьох випадках в якості дезінтеграторів використовують різні форсунки.

Недоліком такого вибору є недостатній рівень розпилу води і розташування форсунок в локальних зонах. Окрім того, факел розпиленої води, що отримується на форсунках, не рівномірний і в середині конусу виникає явно виражена порожнина. На додаток до названого слід нагадати про необхідність використання фільтрів тонкої очистки, бо тільки відсутність механічних домішок може забезпечити стійку роботу форсунок.

У відповідності з патентом № 604499 А [7] на винахід пропонується конструкція дезінтегратора, яка поєднує в собі позитивні якості ежекційних пристроїв, простоту конструктивного рішення і розгалужену систему окремих робочих зон дезінтеграції. Складається трубчатий дезінтегратор (рис. 3) із зовнішньої труби 1, внутрішньої труби 2, торцевої кришки 3 і патрубків (на рисунку не показані), якими у внутрішню трубу і кільцевий простір подають воду і повітря.

На внутрішній трубі виконуються циліндричні отвори 4 мм і їм на зовнішній трубі відповідають співвісні конічні отвори.

Важливою вимогою є те, що тиск потоку повітря або води у внутрішній трубі має перевищувати тиск в кільцевому просторі на $0,2\text{--}0,3 \text{ МПа}$. Співвідношення площ поперечних перерізів внутрішньої труби і загальної площі поперечних перерізів отворів приймається

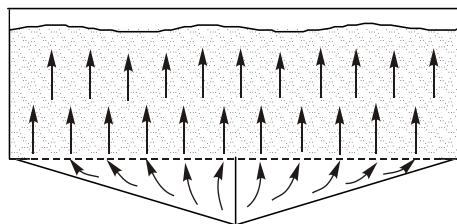


Рис. 2. Поперечний переріз ящика зі змінною площею газовада у двох напрямках

таким, яке забезпечить швидкість повітря в циліндричних отворах на рівні 35–45 м/с, а для випадку внутрішнього водяного потоку — 3,0–3,5 м/с.

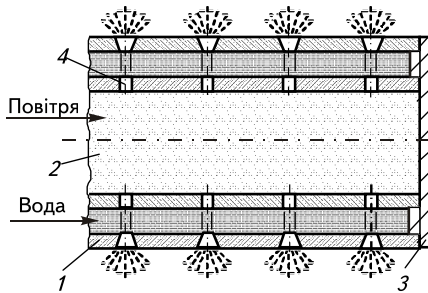


Рис. 3. Схема трубчатого дезінтегратора водяного потоку:
1 — зовнішня труба; 2 — внутрішня труба; 3 — кришка;
4 — циліндричний отвір внутрішньої труби; 5 —
конічний отвір зовнішньої труби

Вимога до співвісності отворів зовнішньої і внутрішньої труб задовольняється наступною технологією виготовлення. Торцева кришка 3 виконується з кільцевим буртиком, внутрішня поверхня якого є базою внутрішньої труби, а зовнішня циліндрична поверхня буртика — базою зовнішньої труби. Виготовлення отворів здійснюється після збирання труб в блок в такій послідовності. По-перше, просвердлюються одним заходом зовнішня і внутрішня труби свердлом, що відповідає циліндричному отвору внутрішньої труби. По-друге, виконується зенкування зовнішнього отвору так, щоб менший діаметр конічної поверхні залишився без змін.

Розроблена конструкція введена в експлуатацію і знайшла схвальну оцінку спеціалістів промисловості.

Висновки:

1. Забезпечення процесу пророщування солоду рециркуляційними схемами аерації як мінімум вдвічі знижує енергетичні витрати, пов'язані з охолодженням повітря в літній сезон і з нагріванням взимку.

2. Для збільшення рівня десорбції CO_2 з рециркуляційної частини повітря її обробку в камерах кондиціонування доцільно виконувати до змішування зі свіжою частиною повітря. Розділене вологонасичення рециркуляційної частини повітря дозволяє рівень рециркуляції підвищити до 80 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Домарецький В.А. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини / В.А. Домарецький, В.А. Прибильський, М.Г. Михайлов. — Вінниця: Нова книга, 2005. — 408 с.
2. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний. — К.: АртЕк, 2002. — 304 с.
3. Калуняц К.А. Хімія солода і пива / К.А. Калуняц. — М.: Агропромиздат, — 1990. — 176 с.
4. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива / В.А. Домарецький — К.: Урожай, — 1999. — 537 с.
5. Деклараційний патент України № 52219 А. Пристрій для пророщування солоду. Соколенко А.І., Українець А.І., Шевченко О.Ю. та ін. Опубл. 16.12.2002, бюл. № 12.
6. Деклараційний патент України № 58827 А. Пристрій для пророщування зерна. Соколенко А.І., Українець А.І., Яровий В.Л. та ін. Опубл. 15.08.03, бюл. № 8.

7. Деклараційний патент України № 604499 А. Пристрій для пророщування зерна ящичкового типу, барабанний або у вигляді «пересувна грядка». Соколенко А.І., Українець А.І., Піддубний В.А. та ін. Опубл. 15.10.03. Бюл. № 10.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ПРОРАЩИВАНИЯ ЯЧМЕНЯ

С.М. Мироненко, С.А. Бут, А.О. Бойко

Национальный университет пищевых технологий

От равномерности увлажнения и аэрации солода на этапе пророщивания зависит качество полученного товарного продукта. Рассчитано количество теплового потенциала и кислорода, которые надо для пророщивания солода. Сформулировано недостатки существующих распиливающих устройств. Предложена конструкция устройств для увлажнения солоду — дезинтеграторов водяного потока, которые лишены этих недостатков.

Ключевые слова: солод, пиво, пророщивание, ячмень.

THERMAL PROCESSING OF SUGAR-BEET COSSETS FROM FROZEN BEET

M.M. Pushanko, G.L. Verkhola

National University of Food Technologies

L.A. Verkhola

«Теплоком» Ltd.

Key words:

Diffusion plant
Scalder
Enthalpy of beet cossets
Counter-current heat exchange
Temperature regime

ABSTRACT

Specific of diffusion units operation during the time of processing of frozen beet considered. Processes of ice crystals formation in cells of sugar beet tissue have been described. Thermalphysic parameters of beet tissue, which contains crystals of ice, have been calculated for different saccharinity and purity of cellular juice. Processes of heat-exchange in counter-current scalder have been explored. Specifications to circular juice heaters for processing of frozen beet have been defined.

Article history:

Received 22.10.2013
Received in revised form 5.12.2013
Accepted 14.12.2013

Corresponding author:

mst@gala.net

ТЕПЛОВА ОБРОБКА СТРУЖКИ З МОРОЖЕНИХ БУРЯКІВ

М.М. Пушанко, Г.Л. Верхола

Національний університет харчових технологій

Л.А. Верхола

ТОВ «Теплоком»

Розглянуто особливості експлуатації колонних дифузійних установок під час переробки морожених буряків. Описано процеси утворення кристалів льоду у клітинах тканини цукрового буряку. Теплофізичні параметри бурякової тканини, що вміщує кристали льоду, розраховано для різної цукристості та чистоти клітинного соку. Проаналізовано теплообмінні процеси у протитечійному ошпарювачі. Визначено вимоги до підігрівників циркуляційного соку при переробці морожених буряків.

Ключові слова: *дифузійна установка, ошпарювач, клітинний сік, кріоскопічна температура, ентальпія бурякової стружки, протитечійний теплообмін, температурний режим, морожені буряки.*

Багатьом цукровим заводам взимку доводиться переробляти морожені буряки. Для цього необхідно відповідним чином підготувати основне обладнання та теплову схему, що дозволить стабільно працювати заводу навіть при низьких температурах повітря.

В офіційних правилах ведення технологічного процесу [1] робота з мороженими буряками не розглядається.

Тепловий баланс двошнекових дифузійних апаратів нахилоного типу при переробці нормальних і морожених буряків у різних кліматичних зонах розглядався відповідно до режимів їх роботи в Росії, Україні та Польщі. [2–3]. Проте комплексний вплив морожених буряків на процес вилучення цукрози і роботу екстракційного обладнання не розглядався.

У довідниках [4,5] наводяться дані щодо переробки у США штучно заморожених буряків. У цьому випадку теплообмінне обладнання для нагріву циркуляційного соку та ошпарювання стружки в колонних дифузійних установках повинно розроблятися відповідно до цих потреб.

Мета досліджень: уточнення теплофізичних властивостей бурякової стружки та розробка технічних рішень щодо експлуатації колонних дифузійних установок під час переробки морожених буряків.

Методи та методики: математичне моделювання, що базуються на фізико-хімічних законах фазових перетворень, статистична обробка виробничих даних щодо роботи обладнання на цукрових заводах.

В середині коренеплоду цукрового буряку утворення кристалів льоду відбувається при криоскопічній температурі, значення якої залежить від вмісту в клітинному соку сухих речовин, складу кислот, колоїдів та інших екстрактивних з'єднань. Зниження температури замерзання відбувається, фактично, внаслідок зв'язування води речовинами, що в ній розчинені. Обчислюється криоскопічна температура за формулою:

$$t_{кр} = K \cdot C_m, \quad (1)$$

де $t_{кр}$ — криоскопічна температура, C_m , K — криоскопічна константа, яка дорівнює $-1,86$, C_m — моляльна концентрація сухих речовин.

Для біологічних рідин C_m відображає осмотичну концентрацію розчину, яка зветься осмоляльністю, та є сумарною концентрацією молекул, іонів та колоїдних частинок. Для клітинного соку буряку залежність між концентрацією розчинених речовин та осмоляльністю нелінійна, надійних методів для розрахунку осмоляльності багатокомпонентних розчинів немає.

Сухі речовини бурякового соку на 86...92 % складаються з цукрози, яка в даному випадку є головною осмотично активною речовиною. Тому в розрахунках ми робимо припущення, що всі розчинні речовини є цукрозою.

Кількість вимороженої води розраховується за формулою:

$$\omega = 1 - t_{кр} / t, \quad (2)$$

де ω — відношення кількості льоду до загальної маси води, $t_{кр}$ — криоскопічна температура, C , t — температура, для якої проводяться обчислення, $^{\circ}\text{C}$.

Під час виморожування вільної води збільшується концентрація сухих речовин у міжклітинному розчині, що не змерз. Це призводить до зниження криоскопічної температури. При цьому виморожування води відбувається поступово з підвищенням концентрації розчину, що залишився. Залежність вмісту кристалів льоду у буряковій тканині (рис. 1) було розраховано для випадків різної цукристості та чистоти клітинного соку.

При досягненні концентрації, визначеної для даного розчину (клітинного соку), він увесь застигає і перетво-

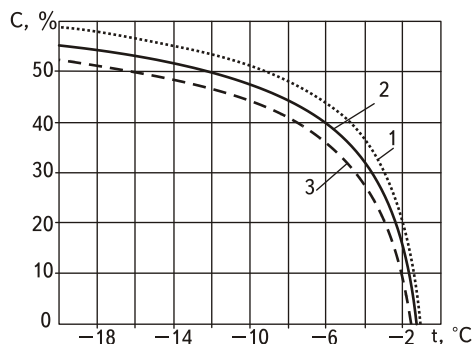


Рис. 1. Залежність вмісту льоду, C % (до маси буряків) від температури у сировині різної якості:

- 1 — цукристість 14 %, чистота клітинного соку — 86 %
- 2 — цукристість 16 %, чистота клітинного соку — 88 %
- 3 — цукристість 18 %, чистота клітинного соку — 90 %

рюється на суцільну тверду масу, яка зветься евтектикою. Температура її утворення зветься евтектичною (криогідратною).

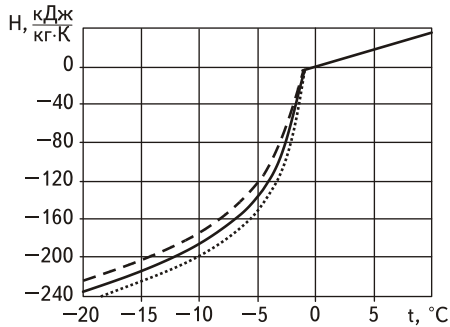


Рис. 2. Залежність ентальпії (Н) бурякової тканини різної якості від температури:
 1 — цукристість 14 %, чистота клітинного соку — 86 %
 2 — цукристість 16 %, чистота клітинного соку — 88 %
 3 — цукристість 18 %, чистота клітинного соку — 90 %

Згідно існуючої класифікації у харчових продуктах розрізняють зв'язану (гідратаційну) та вільну воду. Вміст зв'язаної води майже постійний. За даними П.М. Силіна [6] у цукрових буряках зв'язана вода є в кількості 58 % від маси нерозчинної м'якоти. Дипольні частинки води через адсорбцію міцно зв'язані з іонами та полімерними групами білків. При заморожуванні продуктів зв'язана вода не бере участі у фазових перетвореннях.

Ентальпію бурякової стружки (рис. 2) розраховано як суму ентальпій складових бурякової тканини, значення питомої теплоємності яких було прийнято наступними (у кДж/(кг·К)): сухі речовини та м'якоть—1,47; зв'язана вода—2,93; вода—4,19; лід—2,20. Питома теплота льодоутворення 335 кДж/(кг).

При надходженні в переробку морожених буряків потрібна додаткова теплова енергія для розтоплення льоду, який міститься в клітинах. Під час гідравлічного транспортування та мийки встигає відтанути лише поверхневий шар корене-

плодів, і отримана з них стружка вміщує лід, який має бути розтопленим ошпарювачі.

При ошпарюванні бурякової стружки в протитечієвих ошпарювачах одночасно відбуваються теплообмінні процеси трьох видів (рис. 3).

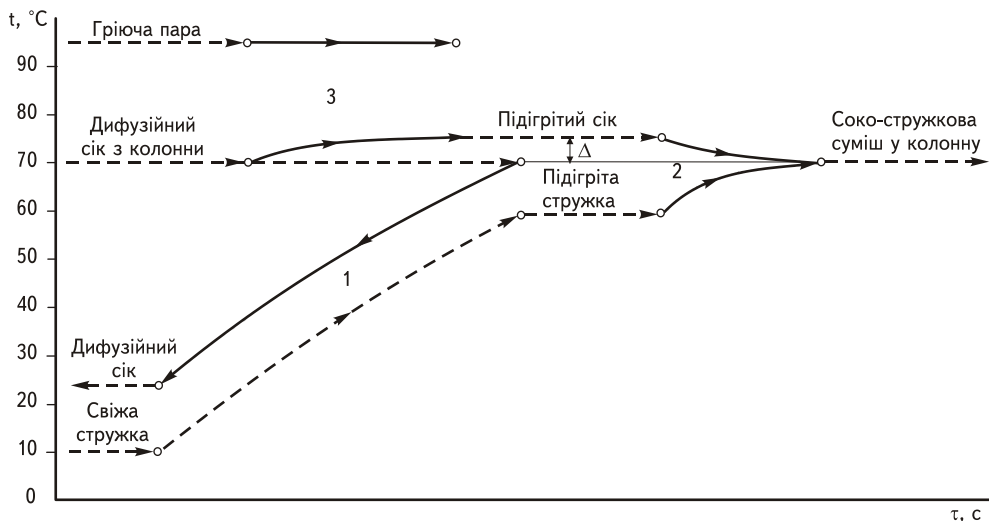


Рис. 3. Схема теплообмінних процесів під час ошпарювання бурякової стружки

У першій частині ошпарювача відбувається протитечієвий теплообмін, під час якого дифузійний сік у кількості 110 % з температурою 70 °С, проходячи крізь шари стружки, охолоджується, віддаючи своє тепло стружці. У сучасних ошпарювачах ефективність протитечієвого теплообміну сягає $E = 87...90 \%$, число одиниць переносу тепла $NTU = 6...8$ [7].

Прямотечієвий теплообмін відбувається у другій частині ошпарювача (мішалці), де попередньо підігрітий до температури $70+\Delta$ °С циркуляційний сік у кількості 250 %

змішується зі стружкою. При цьому стружка та сік досягають заданої температури 70° С і сокостружкова суміш перекачується в дифузійний апарат.

Нагрівання циркуляційного соку відбувається у підігрівниках, де температура циркуляційного соку збільшується на величину Δ за рахунок конденсації грючої пари.

Регулювання температурного режиму процесу ошпарювання здійснюється шляхом зміни кількості пари, що подається в підігрівник. Основний технологічний параметр, що задається, — температура соко-стружкової суміші на виході з ошпарювача.

Аналіз теплового балансу ошпарювача (табл. 1) показує, що при зменшенні температури стружки від 20 до 0 °С витрати пари зростають лише на 0,25 % до маси стружки. Це пояснюється тим, що 91,4 % тепла передається стружці ще на протитечійній стадії.

Таблиця 1. Тепловий баланс ошпарювача при переробці стружки, що містить лід

Температура стружки, °С	–20	–15	–10	–5	0	5	10	15	20	
Вміст льоду у стружці, %	55,5	52,5	47,5	36,3	0	0	0	0	0	
Температура сирого соку, °С	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	19,2	23,1	27,0	30,9	
Температура стружки проміжна, °С	15,5	21,5	29,5	43,4	64,0	64,5	64,9	65,3	65,7	
Температура циркуляційного соку, °С	90,5	88,2	85,2	80,0	72,2	72,1	71,9	71,8	71,6	
Споживання пари, % до маси стружки	8,08	7,19	6,01	3,94	0,88	0,82	0,76	0,70	0,63	
Мінімально необхідна поверхня теплообміну підігрівників, м ² на 1000 т буряків на добу	кожухотрубних (решоферів),	310	236	170	92,3	17,0	15,7	14,5	13,3	12,0
	секційних (швидкісних)	124	94,5	68,1	36,9	6,8	6,3	5,8	5,3	4,8
	пластинчастих	37,1	28,4	20,4	11,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4

При температурі стружки нижче –5 °С біля лобового сита утворюється зона відтаювання, розміри якої будуть залежати від вмісту льоду в стружці. В цій зоні середня температура стружки буде близькою до 0 °С. Хоча весь лід у стружці розтоплюється в протитечійній частині ошпарювача, та для отримання соко-стружкової суміші з температурою 70 °С доводиться нагрівати циркуляційний сік до температури 80...90,5 °С.

Серійні дифузійні установки з колонним екстрактором комплектувались трьома кожухотрубчастими підігрівачами циркуляційного соку з розрахунку 200 м² сумарної площі поверхні теплообміну кожного на 1000 т переробки буряків на добу. При використанні секційних підігрівачів застосовується, наприклад, співвідношення 90 м² площі поверхні на 1000 т переробки буряків на добу [8]. Пластинчасті підігрівники встановлюються з розрахунку 7,5 м² на 1000 т переробки буряків на добу.

При такій комплектації дифузійних установок з колонним екстрактором кожухотрубними та секційними підігрівниками забезпечується переробка замороженої до –10 °С стружки, при температурі грючої пари 95 °С. Для установок з пластинчастими підігрівниками виникає необхідність збільшення поверхні теплообміну.

Глибоке заморожування буряків є довготривалим процесом. Його можливо здійснити природним холодом лише за умов активної вентиляції кагатів при температурі повітря –15...25 °С протягом 10...15 діб [6]. Зважаючи на пом'якшення клімату у Європі, та застосування гідроподачі сировини ми можемо передбачати, що температура буряків, що надходять у переробку, не буде нижчою за –5 °С. Тому

Результати досліджень: визначено залежність ентальпії бурякової тканини та вмісту льоду в ній від цукристості та чистоти клітинного соку, розраховано тепловий баланс ошпарювача при переробці морожених буряків, сформульовано вимоги до підігрівників циркуляційного соку.

Висновки. Результати наведеного вище аналізу процесу ошпарювання стружки, отриманої з морожених буряків, розширюють межі застосування відомих методик розрахунку обладнання для цукрової помисловості.

Отримані результати слід враховувати при проектуванні ошпарювачів для дифузійних установок з колонним екстрактором.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Правила* ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики 15.83–37–106: 2007. — К.: Цукор України, 2008. — 628 с.— ISBN 978–966–1520–00–3.
2. *Пушанко Н.Н.* Тепловая обработка свекловичной стружки в наклонных двухшнековых аппаратах: / Н.Н. Пушанко, Б.Д. Коваленко. — М.: ЦНИИТЭИПищепром, Сахарная промышленность, 1977. — №8. — С. 13–18.
3. *Walerianczyk E.W.* Kompendium praktycznego prowadzenia procesu ekstrakcji w aparacie korytowym / E.W. Walerianczyk. — Warszawa.: Stowarzyszenie Technikow Cukrownikow, 1996. — 196 s. — ISBN 83–905434–5–1.
4. *Poel van der P.W.* Sugar technology. Beet and Cane Sugar Manufacture / P.W. van der Poel, H. Schiweek, T. Schwartz. — Berlin.: Verlag Dr. A. Bartens, 1998. — 1120 p. — ISBN 3–807905434–5–1.
5. *Asadi Mosen* Beet-sugar handbook / Mosen Asadi. — New Jersey.: John Wiley & Sons., 2007. — 884 p. — ISBN 13–978–0–471–76347–5.
6. *Силин, П.М.* Технология сахара / П.М. Силин. — М.: Пищевая промышленность, 1967. — 625 с.
7. *Энергосберегающие* направления модернизации колонных диффузионных установок / Л.А. Верхола, Н.Н. Пушанко, С.М. Василенко, В.Г. Табурчак // Сахар. — 2010. — № 8 — С. 34–40.
8. *Колонный* диффузионный аппарат Ж4–ПДБ–3 с ошпаривателем РЗ–ПОД: оптимальные условия эксплуатации / Куценко В.В., Рудь Н.Н., Хвостишко В.П. и др. // Сахар — 2009. — № 4. — С. 49–57.

ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА СТРУЖКИ ИЗ МОРОЖЕНОЙ СВЕКЛЫ

Н.Н. Пушанко, Г.Л. Верхола

Национальный университет пищевых технологий

Л.А. Верхола

ООО «Теплоком»

Рассмотрены особенности эксплуатации колонных диффузионных установок во время переработки мороженой свеклы. Описаны процессы образования кристаллов льда в клетках ткани сахарной свеклы. Теплофизические параметры свекловичной ткани, которая содержит кристаллы льда, рассчитаны для разной сахаристости и чистоты клеточного сока. Проанализированы теплообменные процессы в противоточном ошпаривателе. Определены требования к подогревателям циркуляционного сока при переработке мороженой свеклы.

Ключевые слова: *диффузионная установка, ошпариватель, клеточный сок, криоскопическая температура, энтальпия свекловичной стружки, противоточный теплообмен, температурный режим, мороженая свекла.*

TESTING LINEAR MECHATRONIC MODULE WITH PNEUMATIC MOTION BASED ON THE USE OF PROPORTIONAL PRESSURE REGULATOR

M. Iakymchuk, S. Myronenko

National University of food technologies

Key words:	ABSTRACT
Bulk packing Effort Mehatronnij module Pressure regulator	The article discusses the possibility of using the mehatronnogo module of the linear moving of actuator based on the use of proportional pressure regulators in the equipment for bulk packaging. Developed mathematical model allowed to determine basic kinematic and dynamic parameters of structures taking into account the physico-mechanical properties of packaging materials. Made experimental setup mehatronnogo module and conducted research confirmed the opportunity to provide the search efforts of the packaging in the vertical plane. Use in the control system of the observer model allowed to ensure the stability of its work to implement the traffic parameters defined with great precision. The obtained results can be used to develop new designs equipment for bulk packaging.
Article history: Received 29.10.2013 Received in revised form 20.12.2013 Accepted 25.12.2013	
Corresponding author: mykolaiaakymchuk@mail.ua	

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ З ПНЕВМОПРИВОДОМ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОПОРЦІЙНИХ РЕГУЛЯТОРІВ ТИСКУ

М.В. Якимчук, С.М. Мироненко

Національний університет харчових технологій

У статті розглядається можливість використання мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмоприводом на базі використання пропорційних регуляторів тиску в обладнанні для групового пакування. Розроблена математична модель дозволила визначити основні кінематичні та динамічні параметри таких конструкцій з урахуванням фізико-механічних властивостей пакувальних матеріалів. Виготовлена експериментальна установка мехатронного модуля та проведені дослідження підтвердили можливість забезпечення заданого зусилля утримання упаковок у вертикальній площині. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових конструкцій обладнання для групового пакування.

Ключеві слова: групова упаковка, зусилля утримання, мехатронний модуль, регулятор тиску.

Вступ. Обладнання для групового пакування відповідно до технологічного процесу утворення групової упаковки можна розділити на дві групи [1]. Кожна група характеризується траєкторією поопераційного руху споживчої упаковки або сформованих структурних одиниць групової упаковки. Передбачається, що перша група обладнання забезпечує переміщення групової упаковки без відриву від поверхні переміщення, а друга з відривом.

Мета досліджень. Аналіз технологічних операцій обладнання кожної групи показує використання в них механізмів піднімання та опускання. Найбільш складним місцем при роботі таких механізмів є забезпечення великого статичного зусилля утримання упаковок після зупинки вихідної ланки в заданій координаті. Одним із запропонованих варіантів рішення даної задачі може бути використання нового мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмоприводом на базі пропорційних регуляторів тиску.

Методика досліджень. Принципова схема мехатронного модуля показана на рис. 1 і складається з безштокового пневмоциліндра 1 та двох пропорційних регуляторів тиску 2, кожний з яких підключений до вхідного та вихідного каналів пневмоциліндра та двох датчиків тисків, які забезпечують зворотний зв'язок по зусиллю. Пропорційні регулятори тиску служать для перетворення регулюючого вхідного електричного сигналу U_y , у вихідний пневматичний зі змінним значенням тиску повітря. Основним елементом в конструкції таких пристроїв є запірний клапан, який переміщається під дією магнітного поля та здатний змінювати поперечний переріз прохідного каналу для подачі стисненого повітря. Величина відкриття каналу представляється значенням ефективного площі f_e [2].

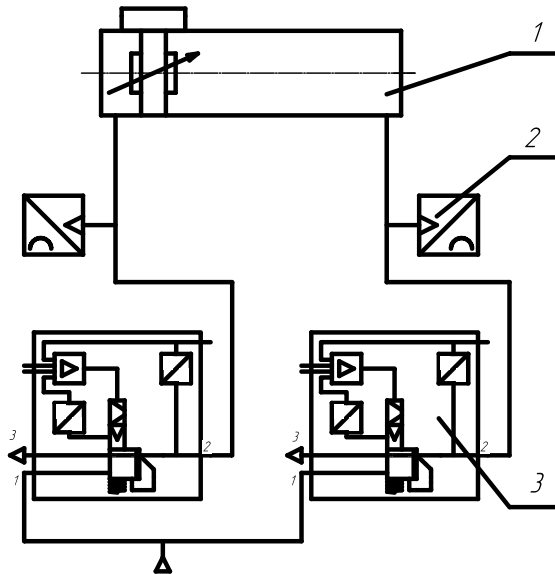


Рис.1. Принципова схема мехатронного модуля з пропорційними регуляторами тиску

Враховуючи, що вхідний електричний сигнал завжди є позитивний і змінюється в межах від 0 до 10 В, а робота пропорційних регуляторів тиску механічно між собою не пов'язана, то для реалізації закону руху необхідно синхронізувати зміни миттєвих ефективних площ порожнини наповнення f_e^+ та вихлопу f_e^- .

Одним із можливих варіантів синхронізації площ f_e^+ та f_e^- може бути контроль тисків повітря в порожнинах пневмоциліндра у вигляді $P_+ \neq P_-$ при $f_e^+ \neq f_e^-$. Величина тиску повітря в порожнині пневмоциліндра залежить від значення вхідного електричного сигналу U_y з урахуванням характеристики його перетворення визначається як [2]

$$f_e^i = k_{cm} \cdot k_y \cdot U_y^i \quad (1)$$

де k_{cm} — коефіцієнт пропорційності; k_y — коефіцієнт підсилення.

Встановлено [3], що при роботі системи керування швидкодія сприймання керуючого сигналу регулятором тиску набагато більша за швидкодію сприймання пневматичного сигналу пневмоциліндром. Тому час перемикання регулятора порівняно з часом зміни тиску повітря в пневмоциліндрі будемо надалі вважати малим (миттєвим), а характеристику перемикання — статичною.

Статичну характеристику регулятора можна представити залежністю зміни тиску P_i від величини вхідного сигналу U_y . Якщо в системі керування пневмоциліндром використовується одночасно два взаємозв'язаних регулятора тиску то статичну характеристику їх роботи як функцію залежності зміни тисків в поршневій та штоковій порожнинах пневмоциліндра від вхідного керуючого електричного сигналу можна представити у вигляді рис. 2, б.

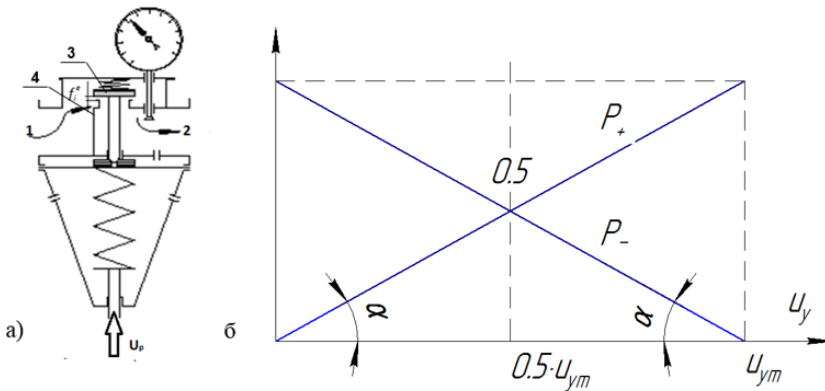


Рис. 2. Характеристика пропорційного регулятора тиску а) схема розташування запірнього клапана відносно каналів корпусу: 1 — магістраль живлення; 2 — вихідний канал; 3 — запірний клапан; 4 — корпус; б) статистична характеристика роботи двох взаємозв'язаних регуляторів тиску

Керуючий сигнал представлений у вигляді зміни напруги в межах $U_y = [0 \dots + U_{ym}]$. Побудований графік дозволяє визначити режим роботи регуляторів тиску та описати керуючий сигнал для кожного із них:

— для порожнини наповнення повітря в пневмоциліндр

$$P_+ = \begin{cases} 1 & \text{при } U_{y1} = U_{ym}; \\ k_{cm} \cdot U_{y1} & \text{при } 0 \leq U_{y1} \leq U_{ym}; \\ 0 & \text{при } U_{y1} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

— для порожнини виходу повітря з пневмоциліндра

$$P_- = \begin{cases} 1 & \text{при } U_{y2} = 0; \\ U_{y2} = 1 - (k_{cm} \cdot U_{y1}) & \text{при } 0 \leq U_{y2} \leq U_{ym}; \\ 0 & \text{при } U_{y2} = U_{ym} \end{cases} \quad (3)$$

Одночасна реалізація рівнянь (2) і (3) характеризують роботу системи керування

пневмоциліндром в режимі позиціонування. Так на початку руху штоку пневмоциліндра сигнал керування для кожного регулятора тиску має рівень напруги $U_{y1} = U_{ym}; U_{y2} = 0$, що забезпечує значення тисків $P_+ = 1; P_- = 0$ та характеризує початок етапу розгону. Перехід на сталий рух характеризується зменшенням величини задаючого сигналу в межах $0 \leq U_{yi} \leq U_{ym}$. Етап гальмування та позиціонування характеризується суттєвим збільшенням величини керуючого сигналу в порожнині вихлопу $U_{y1} = 0; U_{y2} = 1$ та появою гальмівної сили шляхом збільшення тиску в штоковій порожнині циліндра $P_+ = 0; P_- = 1$. Подальше одночасне відкриття каналів до рівня $f_e^+ = f_e^- = 1$ призводить до зупинки штока в заданій позиції.

Для перевірки адекватності запропонованої моделі керування мехатронним модулем

лінійного переміщення з пневмоприводом на базі використання пропорційних регуляторів тиску була розроблена та виготовлена експериментальна установка рис. 3. Елементна база виконавчого блоку та системи керування була підібрана за результатами розрахунків математичних моделей, отриманих висновків та рекомендацій і складалася з стандартних промислових елементів пневматики компанії «Фесто».

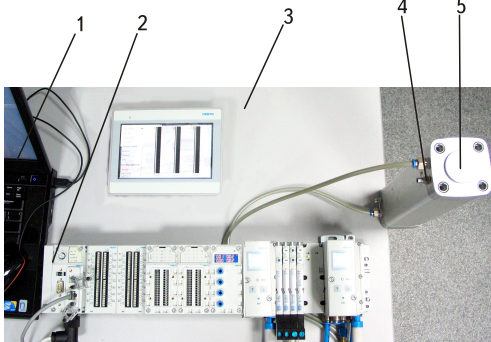


Рис. 3. Експериментальна установка мехатронного модуля лінійного переміщення з пневмоприводом на базі використання регуляторів тиску з пропорційним керуванням: 1 — Програмне забезпечення для роботи системи керування; 2 — контролер нижчого рівня; 3 — панель оператора для візуалізації даних кінематичних характеристик процесу; 4 — два регулятора тиску з пропорційним керуванням; 5 — датчики зворотного зв'язку; 6 — пневмоциліндр двосторонньої дії

Результати дослідження вертикально розташованого мехатронного модуля під час операцій піднімання та опускання проміжних елементів групової упаковки представлені у вигляді графіків рис. 4 та рис. 5.

Порівнявши характеристики операцій піднімання та опускання за однакових початкових умов можна зробити висновки, що система керування з великою точністю відтворює часові характеристики споріднених етапів при реалізації заданого закону руху. Встановлено, що середня похибка по часу виконання етапів становить 0,5 %, а загальний час переміщення є незмінним.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Запропонована нова структура мехатронного модуля з пневмоприводом для лінійного переміщення надійно забезпечує виконання технологічних операцій піднімання та опускання в обладнанні групового пакування.

2. Встановлено, що використання двох регуляторів тиску з пропорційним керуванням дозволило забезпечити велике статичне зусилля утримання зведеної маси в точці позиціонування.

3. Аналіз результатів експериментальних досліджень по реалізації заданого закону руху та точності позиціонування при різних режимах роботи показав стабільність роботи мехатронного модуля та системи його керування. Розроблений алгоритм роботи забезпечив можливість регулювання статичного зусилля утримання.

4. Встановлено, що запропонована конструкція мехатронного модуля компенсує вплив зовнішніх статичних сил на зведену масу в позиції вистою, та запобігає зміщенню її координати позиціонування.

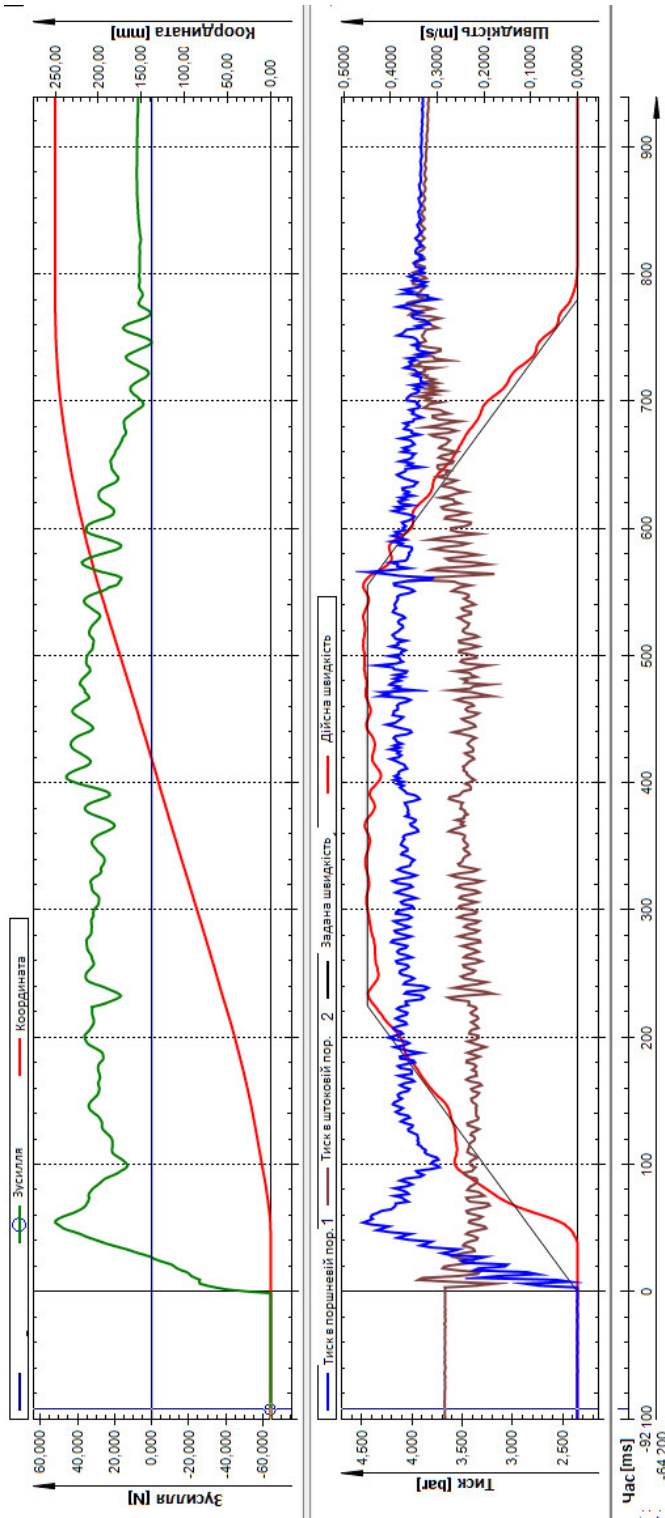


Рис. 4. Кінематичні та динамічні характеристики операції опускання упаковок вертикально розташованим мехатронним модулем з пневмоприводом при початкових параметрах: зведена маса $m = 5$ кг; хід до позиції зупинки по координаті $s = 250$ мм (при максимальному ході 300 мм); магістральний тиск повітря $P_M = 0,6$ МПа

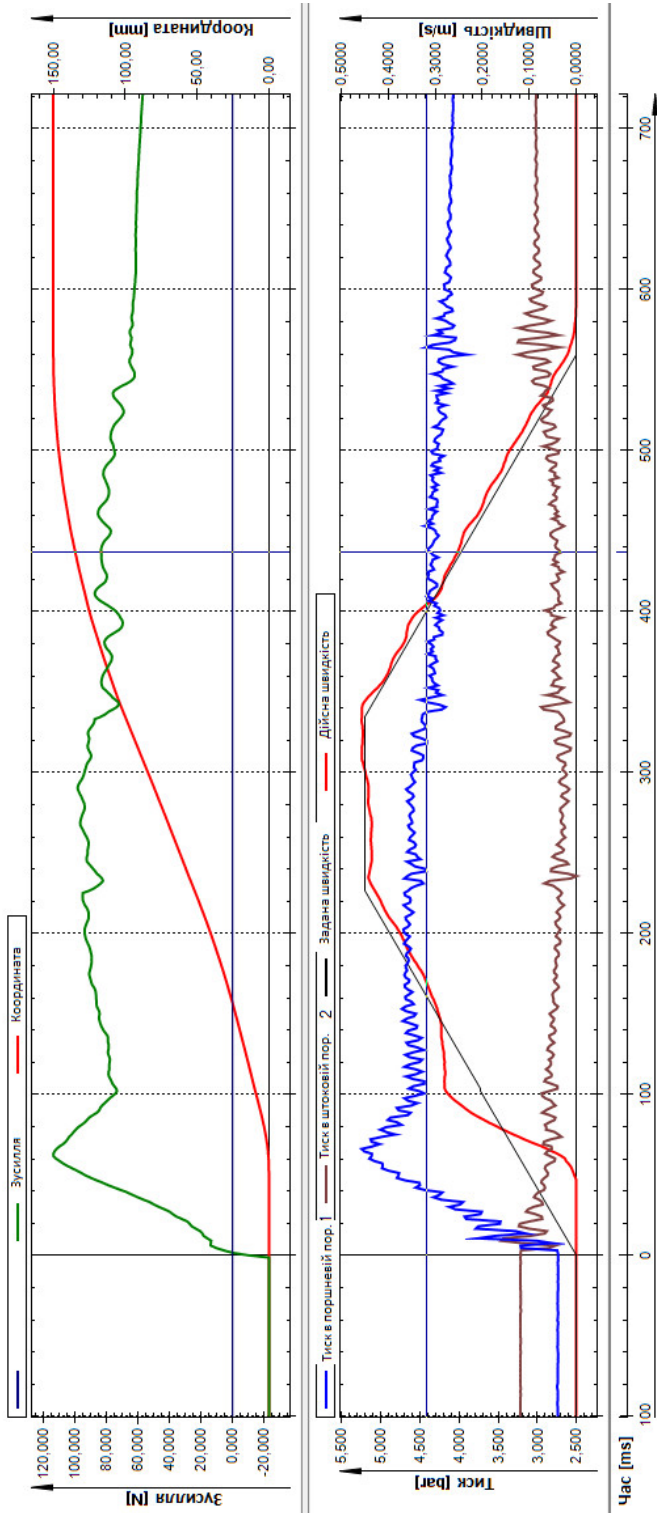


Рис. 5. Кінематичні та динамічні характеристики операції піднімання упаковок вертикально розташованим мехатронним модулем з пневмоприводом при початкових параметрах: зведена маса $m = 5$ кг; хід до позиції зупинки по координаті $s = 250$ мм (при максимальному ході 300 мм); магістральний тиск повітря $P_M = 0,6$ МПа

ЛІТЕРАТУРА

1. Колодин И.М. Модульный принцип создания новой техники в машино- и приборостроении / И.М. Колодин, Л.В. Волошина. — К.: Укр.НИИНТИ, 1982. — 51 с.
2. *Агрегатно-модульная система* средств автоматизации механосборки изделий приборостроения АСАМС: Каталог — С.: НИИтехприбор, 1984. — 53с.
3. *Пакувальне обладнання*. підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2010. — 746 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ С ПНЕВМО- ПРИВОДОМ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ

М.В. Якимчук, С.М. Мироненко

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматривается возможность использования мехатронного модуля линейного перемещения с пневмоприводом, управляемого при помощи пропорциональных регуляторов давления в оборудовании для групповой упаковки. Разработана математическая модель позволила определить основные кинематические и динамические параметры таких конструкций с учетом физико-механических свойств упаковочных материалов. Проведенные экспериментальные исследования мехатронного модуля подтвердили возможность реализовать заданное усилия удерживание пакета упаковок в вертикальной плоскости. Полученные результаты могут использоваться для разработки новых конструкций оборудования для групповой упаковки.

Ключевые слова: *групповая упаковка, усилия удерживания, мехатронный модуль, регулятор давления.*

ALGORITHM OF THE CHOICE OPTIMUM STRUCTURE OF THE PACKING PACKING MACHINE FOR VISCOUS FOOD PRODUCTS

O.M. Gavva, A.P. Bepalko, S.V. Tokarchuk

National University of Food Technologies

<p>Key words:</p> <p>Packing machines Viscous foodstuff Machine structure Expert assessment Optimization</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>The modern sample of any packing equipment for viscous foodstuff is the difficult technical system consisting of a large number of the functional modules, executing different technological and auxiliary operations, with their combination in time.</p> <p>Actual problem for designers of the packing equipment is development of algorithm of a choice of structure of a packing packing machine. In article results of research connected to a choice of optimum structure of a packing machine using a method of the functional and evaluation analysis and expert estimates are provided.</p> <p>Results of researches can be used at a development stage and design of new samples of packing machines for viscous foodstuff.</p>
<p>Article history:</p> <p>Received 10.02.2014 Received in revised form 11.03.2014 Accepted 12.03.2014</p>	
<p>Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net</p>	

АЛГОРИТМ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ФАСУВАЛЬНО-ПАКУВАЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ В'ЯЗКОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

О.М. Гавва, А.П. Беспалько, С.В. Токарчук

Національний університет харчових технологій

Актуальною проблемою сьогодення для конструкторів пакувального обладнання є розробка алгоритму вибору структури фасувально-пакувальної машини. У статті представлено результати дослідження пов'язаних з вибором оптимальної структури пакувальної машини з застосуванням методу функціонально-вартісного аналізу та експертних оцінок.

Результати досліджень можуть бути використанні на етапі розробки і проектування новітніх зразків пакувальних машин для в'язких харчових продуктів

Ключові слова: фасувально-пакувальні машини, в'язкі харчові продукти, структура машини, експертна оцінка, оптимізація.

Вступ. Сучасний зразок будь-якого пакувального обладнання для в'язких харчових продуктів — це складна мехатронно-технічна система, яка складається з значної кількості функціональних модулів, що виконують різні технологічні і допоміжні операції, з суміщенням їх у часі [1].

На рис. 1 наведено схему структури машини-автомата для пакування в'язких харчових продуктів у споживчу тару [3].

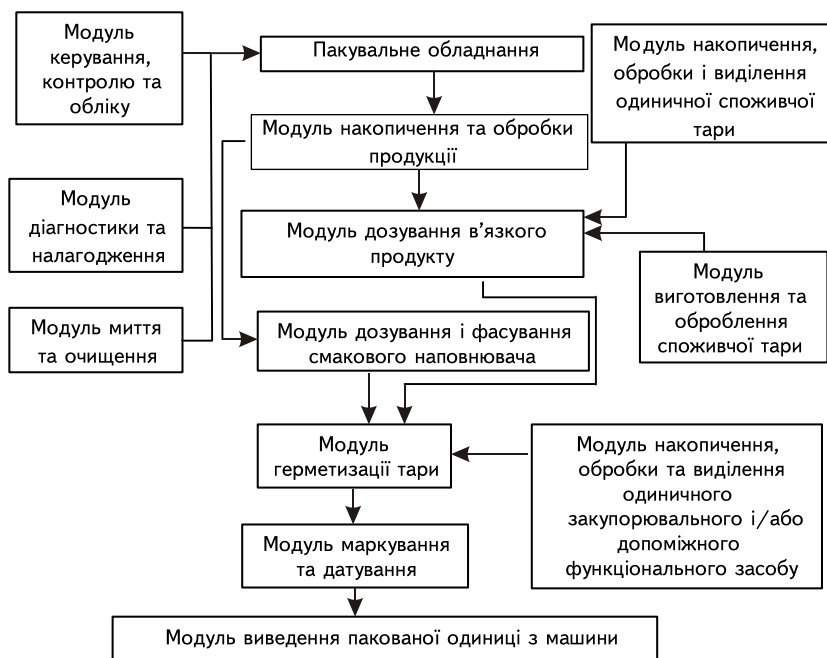


Рис. 1. Структура машини для пакування в'язких харчових продуктів у споживчу тару

Машини-автомати для фасування в'язких харчових продуктів у споживчу тару характеризуються широкою різноманітністю конструювальних рішень, які можна класифікувати за цілим рядом характерних ознак (рис. 2) [3]:

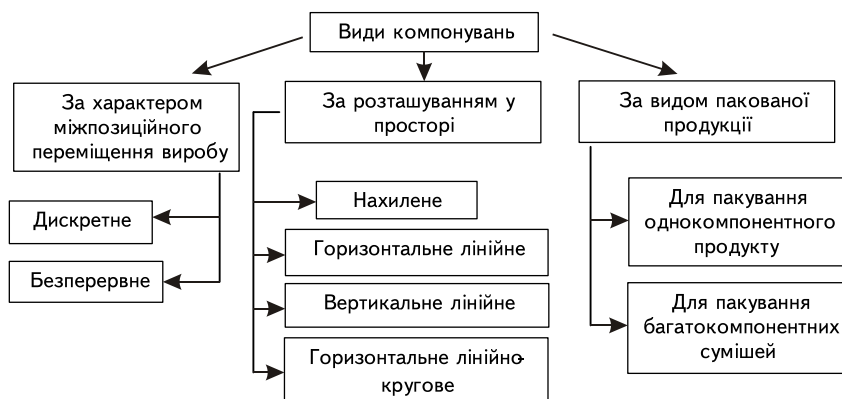


Рис. 2. Класифікація конструювань машин для пакування в'язких харчових продуктів у споживчу тару

Мета досліджень. Складність технологічного процесу пакування в'язких продуктів у споживчу тару, його багатовимірність за кількістю складових елементів зумовлюють певні труднощі дослідного та розрахункового характеру під час вирішення питань, пов'язаних з вибором структури машин даного типу.

Саме тому актуальною проблемою сьогодення для конструкторів пакувального обладнання є розробка алгоритму вибору структури фасувально-пакувальної машини-автомата (ФПМА).

З метою вирішення даної проблеми було розроблено алгоритм вибору раціонального ФПМА, який наведено на рис. 3.

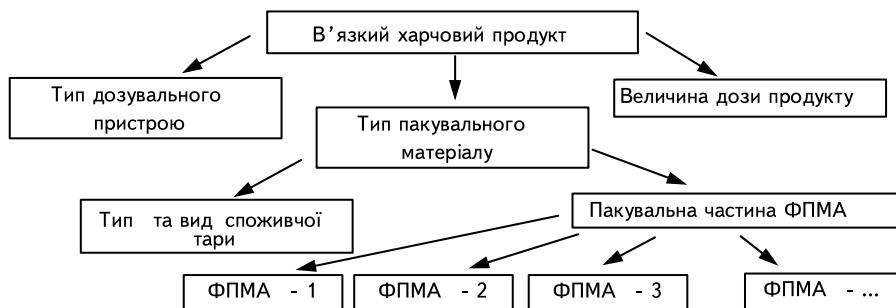


Рис. 3. Алгоритм вибору раціональної структури ФПМА

В основу розробленого алгоритму покладено:

1. Використання класифікаційних ознак основних стадій технологічного процесу, що впливають на вибір ФПМА:

- вид в'язкої продукції, що пакується;
- тип дозатора;
- тип і вид пакувального матеріалу;
- тип і вид споживчої тари.

Дані класифікаційні ознаки дають можливість для конкретного в'язкого продукту із заданою масою дози визначити необхідний дозатор (або тип дозатора) і підібрати пакувальний матеріал (або тип матеріалу); залежно від маси дози визначити вид упаковки і по ньому встановити пакувальну частину (або пакувальні частини) ФПМА.

2. Створення банку даних в'язких продуктів за розробленими класифікаційними ознаками.

3. Створення банку даних дозаторів для в'язких продуктів за розробленими класифікаційними ознаками.

4. Створення банку даних пакувальних матеріалів за розробленими класифікаційними ознаками.

5. Створення банку даних ФПМА за розробленими класифікаційними ознаками.

6. Оптимізація вибору ФПМ та функціональних модулів ПА.

Зі всієї різноманітності виявлених моделей ФПМА в результаті комбінування різних дозаторів і пакувальних частин обладнання необхідно вибрати оптимальну структуру ФПМА. Ця оптимізація може здійснюватися в два етапи:

1 етап — вибір необхідного типу ФПМА з ряду різнотипних ФПМА за допомогою функціонально-вартісного аналізу;

2 етап — вибір оптимального ФПМА за допомогою критеріального аналізу з ряду подібних до нього, вибраного на першому етапі.

Для того щоб користуватися представленим алгоритмом, потрібно:

- скласти структурну схему ФПМА;
- провести аналіз класифікаційних ознак в'язких харчових продуктів у взаємозв'язку з ФПМА;

- створити класифікований банк даних в'язких харчових продуктів;

- провести аналіз класифікації дозаторів стосовно в'язких харчових продуктів;

- створити класифікований банк даних дозаторів фасувально-пакувальних машин-автоматів;
- створити класифікований банк даних фасувально-пакувальних машин-автоматів;
- провести аналіз з вибору пакувальних матеріалів для в'язких харчових продуктів;
- створити банк даних пакувальних матеріалів для в'язкої харчової продукції;
- розробити алгоритм вибору раціонального ФПМА за допомогою методів критеріального або функціонально — вартісного аналізу.

Методика досліджень. Для правильної оцінки і вибору оптимального ФПМА з ряду подібних необхідно з'ясувати, які параметри є найбільш важливими і на які слід перш за все звернути увагу при аналізі аналогічного обладнання. Деякі параметри, що впливають на вибір ФПМА, мають яскраво виражений пріоритетний характер. Багато параметрів рівнозначні, і важко віддати якому-небудь з них перевагу. Є параметри, що в явній або неявній формі протирічають один одному. Для вирішення подібних задач доречно застосовувати метод функціонально-вартісного аналізу (ФВА).

Об'єктом досліджень вибрано ФПМА, призначену для пакування продукції у споживчу упаковку типу «Доу-пак».

Для оцінки ФПМА було означено 33 параметри, що характеризують її за економічними, економіко-організаційними, технічними і додатковими показниками [3]:

Характеристики, пов'язані з пакувальною продукцією:

- 1) різноманітність видів пакованих продуктів (X_1);
- 2) ємкість завантажувального бункера (X_2);
- 3) точність дозування (X_3);
- 4) діапазон дозування (X_4);
- 5) час переналагодження обладнання з одного продукту на іншій (X_5).

Технічні характеристики:

- 1) циклова продуктивність (X_1);
- 2) продуктивність з продуктом (X_2);
- 3) напруга живлення обладнання (X_3);
- 4) споживана електрична потужність (X_4);
- 5) витрати повітря (X_5);
- 6) тиск повітря (X_6);
- 7) ступінь автоматизації (X_7);
- 8) маса обладнання (X_8);
- 9) габаритні розміри обладнання (довжина, ширина, висота) (X_9);
- 10) матеріал виготовлення обладнання (корозійно-стійкий і тощо) (X_{10}).

Характеристики, що пов'язані з пакувальним матеріалом та упаковкою:

- 1) необхідна точність до товщини пакувального матеріалу (плівки) (X_1);
- 2) діапазон ширини плівок (X_2);
- 3) різноманітність типів упаковки (X_3);
- 4) різноманітність розмірів упаковки (X_4);
- 5) тип зварювання (X_5);
- 6) діапазон температур зварювання (X_6).

Економіко-організаційні показники:

- 1) вартість обладнання (X_1);
- 2) економія матеріалу машиною (X_2);
- 3) термін окупності обладнання (X_3);
- 4) кількість обслуговуючого персоналу (X_4);
- 5) вимога до кваліфікації персоналу (X_5);
- 6) умови підписання контракту (X_6).

Додаткові характеристики:

- 1) зовнішній вигляд обладнання (X_1);
- 2) наявність системи захисту обслуговуючого персоналу під час роботи обладнання (X_2);

- 3) наявність системи управління (X_3);
- 4) наявність системи змащування (X_4);
- 5) наявність додаткового обладнання (X_5);
- 6) доступність комплектуючих (X_6).

Таким чином, ФПМА є складною багатофакторною системою, що складається, як мінімум, з 33 чинників, яка вимагає комплексного підходу для виділення первинних характеристик, що впливають на вибір ФПМА.

Розроблення багатофакторної моделі для дослідження системи пов'язане з вирішенням суперечливої задачі. З одного боку необхідно прагнути до того, аби отримана статистична модель була максимально подібна до системи, що вивчається, та передбачає врахування якомога більшої кількості досліджуваних чинників під час її побудови. З іншого боку, для спрощення розрахунків, існує потреба в скороченні об'єму експериментальних досліджень, здійснюваних з метою побудови моделі.

Для вибору основних параметрів, що характеризують фасувально-пакувальні машини-автомати, необхідно провести оцінку цих параметрів із залученням ряду експертів пакувальної індустрії, що мають безпосереднє відношення до досліджуваного обладнання, і застосувати метод експертних оцінок [4].

Для цього створюються експертні комісії, які складаються з робочої і експертної груп. Робоча група здійснює підготовку і проведення експертної оцінки, а також аналізує її результати. Експертна група виконує оцінювання перерахованих вище операцій. У зв'язку з перерахованими обставинами під час проведення експертної оцінки виникає завдання відсіювання чинників (параметрів), вплив яких на досліджувану цільову функцію (вибір ЦФ) є неістотним. Експерименти, що виконані для вирішення цієї задачі, в теорії багатофакторних експериментів прийнято називати відсіюючими. Однією з основних вимог, що пред'являються до відсіюючих експериментів, є вимога економичності, тобто малий об'єм експериментальних досліджень, завдань. При плануванні відсіюючих експериментів чинники (параметри) необхідно розташовувати в ряд по мірі їх впливу (проранжировують). Один з методів вирішення цієї задачі полягає в залученні деякого числа фахівців (експертів), які повинні кожному з досліджуваних чинників привласнити ранг (порядковий номер). Для ранжування чинників рекомендується залучати не менше 7 експертів, що виходить з таких міркувань. Якщо прийняти, що ймовірність правильного рішення одного експерта складає 0,70, то ймовірність прийняття правильності рішення при 5 експертах складає 0,528 ($\tau_c > 4$), при 7 експертах - 0,647 ($\tau_c > 5$), при 10 експертах — 0,65 ($\tau_c > 7$). Отже, для проведення експертної оцінки необхідно залучати 6–8 фахівців, думки яких повинні збігатися [1]. Для вирішення поставленої задачі було вибрано 7 експертів. Кожному із них був присвоєний індивідуальний шифр, що відповідає порядковому номеру.

Сума S_j рангів R_{ij} і середня сума рангів $S_{\text{серед}}$, привласнених групою експертів кожному j -му параметру, визначається за формулами і ступенем їх впливу на ознаку:

$$S_j = \sum R_{ij} \quad (1)$$

відповідно

$$S_{\text{серед}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j. \quad (2)$$

Для з'ясування значущості кожного параметру необхідно визначити коефіцієнт значущості (вагомості):

$$k_j = \frac{mn - s_j}{0,5mn(n-1)}, \quad (3)$$

де m — число експертів, n — число параметрів, S_j — значення суми рангів, привласнених i -м експертом j -му параметру. Із n параметрів виділяють n_0 найбільш значущих, для яких $k_j \geq k_{\text{кр}}$, $k_{\text{кр}} = 1/n$, і розраховують для них коефіцієнт значущості $K_{\text{кpo}}$:

$$k_{\text{кpo}} = \frac{mn - S_j}{mnn_0 - \sum_{k=1}^N S_j}, \quad (4)$$

де N — число видів зв'язаних рангів, даних i -м експертом; t_k — кількість рангів M -го виду в i -п рядку ранжування.

Природно, що окремі експерти по різному розташують чинники в ранжированому ряду. Думки експертів мають бути перевірені на узгодженість. Правильність отримуваних висновків при такому ранжуванні чинників визначається кваліфікацією експертів і їх числом.

Для перевірки гіпотези про узгодженість думок експертів при $t > 2$ використовується ранговий (непараметричний) критерій згоди Кендала. Він позначається W і називається коефіцієнтом конкордації. Величина коефіцієнта конкордації змінюється в межах від 0 до 1.

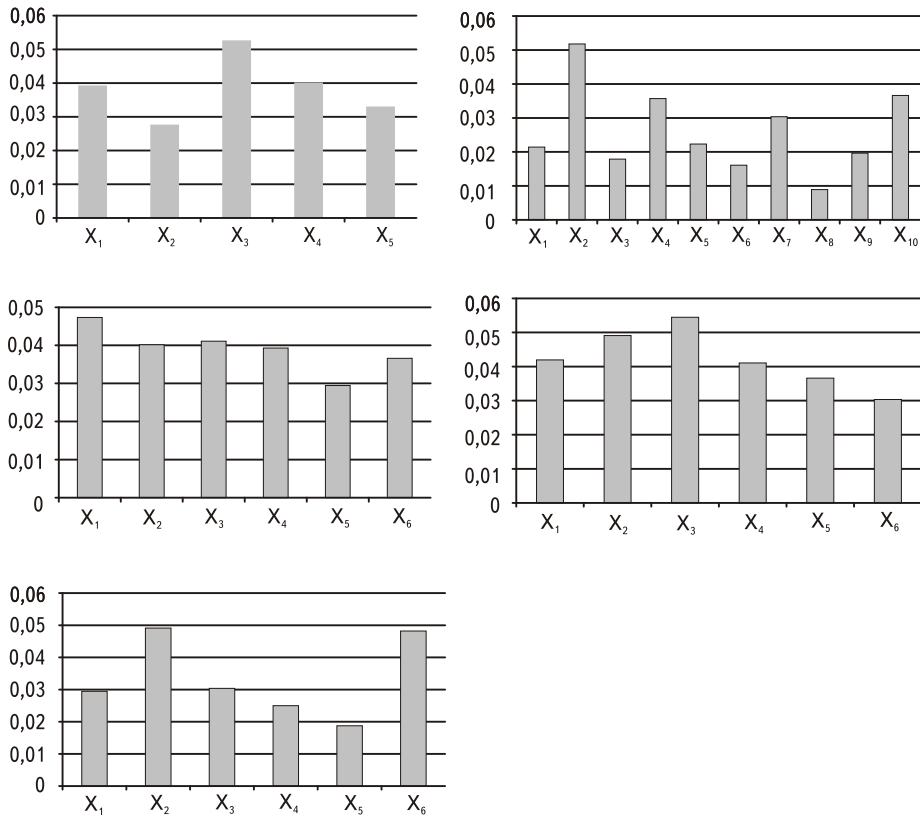


Рис. 4. Діаграми ранжування характеристик: а) пов'язаних з пакованим продуктом; б) технічних; в) пов'язаних з пакувальним матеріалом та упаковкою; г) економіко-організаційних; д) додаткових; X_i — i -та характеристика, яка належить до кожної конкретної групи характеристик

Значення критерію W обчислюють за формулами:

а) якщо всі чинники значущі, тобто кожному з них може бути приписаний певний ранг:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^N (S_j - S_{\text{серед}})^2}{m^2(n^3 - n)}, \quad (5)$$

б) якщо вплив деяких чинників є невивражним, тобто коли деякому числу чинників привласнюється один і той же ранг, то в цьому випадку значення характеристики W визначається за формулою

$$W = \frac{\sum_{j=1}^N (S_j - S_{\text{серед}})^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^l T_j}, \quad (6)$$

де l — число рядків, що містять однакові ранги. Для оцінювання значущості W застосовують критерій Пірсона χ^2 :

$$\chi^2 = Wm(n-1) \quad (7)$$

і порівнюють його з табличним значенням χ^2 при вибраному рівні значущості $\alpha = 0,05$ і числі степеня свободи $\nu = n-1$. Для узгодженості думок експертів для двох видів параметрів була виконана нерівність:

$$\chi^2_{\text{розрах}} \leq \chi^2_{\text{табл.}}$$

Результати досліджень. Результати опрацювання рейтингових оцінок експертів та аналітичних залежностей (1–7) представлено на рисунку 4.

Виділення сукупності найвагоміших показників проводили з урахуванням вагомостей першого та другого рівня шляхом знаходження добутку коефіцієнтів значущості відповідних рівнів. Виконання однієї з умов побудови ефективного комплексного показника — сума коефіцієнтів значущості одиничних показників повинна дорівнювати одиниці. В зв'язку з цим було виділено показники, найбільш вагомі за результатами розрахунків. Їх коефіцієнти значущості в загальній оцінці найбільш важливих складових оптимальної структури машини показано на рисунку 5.

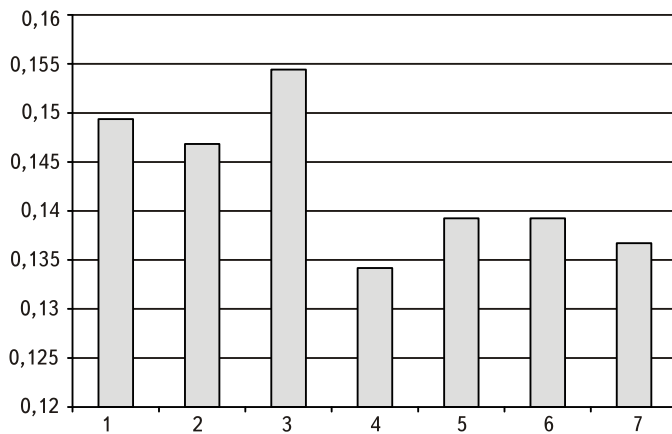


Рис. 5. Діаграма ранжування найбільш впливових характеристик:
 1) точність дозування; 2) продуктивність з продуктом; 3) термін окупності обладнання; 4) необхідна точність до товщини пакувального матеріалу (плівки); 5) економія матеріалу машиною;
 6) наявність системи захисту обслуговуючого персоналу під час роботи обладнання; 7) доступність комплектуючих

Висновки. Аналіз отриманих діаграм ранжування дає змогу виділити найбільш важливі з запропонованих характеристик та параметрів ФПМА. Акцентуючи увагу саме на цих параметрах, на етапах проектування та розробки, стає можливим створення оптимальної структури ФПМА для в'язкої харчової продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Башняков О.М. Практична стійкість, оцінки та оптимізація / О.М. Башняков, Ф.Г. Гаращенко, В.В. Пічкур. — К.: Київський університет, 2008. — 383 с.
2. Вступ до теорії складності дискретних задач [Текст] / А.В. Панішев; Житомирський держ. технологічний ун-т. - Житомир: ЖДТУ, 2004. — 326 с.

3. Гавва О.М. Пакувальне обладнання: підручник для студентів ВНЗ / О.М. Гавва, А.І. Волчко, А.П. Беспалько. — Київ: ІАЦ «Упаковка», 2010. — 744 с.

4. Курицкий Б.Я. Оптимизация вокруг нас / Б.Я. Курицкий. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. — 144 с.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ФАСОВОЧНО–УПАКОВОЧНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ВЯЗКОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

А.Н. Гавва, А.П. Беспалько, С.В. Токарчук

Национальный университет пищевых технологий

Актуальной проблемой для конструкторов упаковочного оборудования является разработка алгоритма выбора структуры фасовочно-упаковочной машины. В статье представлены результаты исследования связанных с выбором оптимальной структуры упаковочной машины с применением метода функционально-оценочного анализа и экспертных оценок.

Результаты исследований могут быть использованы на этапе разработки и проектирования новых образцов упаковочных машин для вязких пищевых продуктов

Ключевые слова: *упаковочные машины, вязкие пищевые продукты, структура машины, экспертная оценка, оптимизация.*

AN ANALYSIS OF DYNAMIC PROCESSES IN SYSTEM OF ACTIVE TRAYS IN ZHIVIL'NIK OF BLISTER OF MACHINES

L.O. Krivoplyas-Volodina, G.R. Valiulin, A.V. Legun

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
<p>A tray is a metering device A bunker is zhivil'nik Mathematical model Oscillation systems</p>	<p>In the articles resulted mathematical models of basic dynamic descriptions of the systems of automats of loading of active trays-feeders blister them machines on a base programmatic the applied package of VisSim. Researches are based on the home development systems of automats of loading blister them machines with vidcentrovanimi loading devices. In food industry and there is the determined amount of technological processes that can be carried out only due to the use of oscillation processes pharmaceutical. In particular the use of vibrations in the loading systems of blister machines allows considerably to promote intensification of dosage processes and to provide quality of implementation of eventual operations on forming of dose of products. For providing of serve of symmetric artificial, or finely-artificial wares (for example: caramel, pills, clear soup blocks and others like that) the systems of the automatic loading are used on the basis of centrifugal loading devices.</p>
<p>Article history: Received 12.02.2014 Received in revised form 20.03.2014 Accepted 25.03.2014</p>	
<p>Corresponding author: leguny@ukr.net</p>	

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ АКТИВНИХ ЛОТКІВ-ЖИВИЛЬНИКІВ БЛІСТЕРНИХ МАШИН

Л.О. Кривопляс-Володіна, Г.Р. Валиулін, А.В. Легун

Національний університет харчових технологій

В статті наведені математичні моделі основних динамічних характеристик систем автоматів завантаження активних лотків-живильників блістерних машин на базі програмно-прикладного пакету VisSim. Дослідження базуються на вітчизняних розроблювальних системах автоматів завантаження блістерних машин з відцентрованими завантажувальними пристроями.

Ключові слова: лоток — дозатор, бункер — живильник, математична модель, вібраційні системи.

Вступ. Автоматизація завантажувальних операцій дрібно-штучної продукції під час роботи блістерних машин є однією із найбільш складних і актуальних задач по автоматизації технологічних процесів. Складність процесу автоматизації обумовлюється реологічними характеристиками

продукції, а також забезпеченням спеціальної конструкції завантажувальних систем, які дозволяють попередньо покровоко розділити потік продукції перед подачею в лунки білістера.

В харчовій галузі і фармацевтичній є певна кількість технологічних процесів, які можуть бути здійснені тільки завдяки використанню вібраційних процесів. Зокрема використання вібрацій в завантажувальних системах білістерних машин дозволяє значно підвищити інтенсифікацію дозувальних процесів і забезпечити якість виконання кінцевих операцій по формуванню дози продукції.

Мета досліджень. Для забезпечення подачі симетричних штучних, або дрібно-штучних виробів (наприклад: карамелі, пігулок, бульйонних кубиків і т.п.) використовуються системи автоматичного завантаження (САЗ) на основі відцентрових завантажувальних пристроїв (ВЗП).

Подібні ВЗП відрізняються широкою універсальністю, по відношенню до геометричної форми продуктів, високою продуктивністю, зручністю при проведенні ремонтних і санітарних робіт.

Аналіз основних принципів функціонування САЗ дозволив окреслити задачі по вибору оптимальних параметрів роботи завантажувальних систем білістерних машин без втрат по продуктивності.

Методика досліджень. Дослідження САЗ базувалось на аналізі декількох компонентів відцентрового ВЗП [1], виготовлених вітчизняним виробником для автоматичної подачі в пакувальну машину пресованого цукру або пресованої солі (рис. 1, рис. 2).

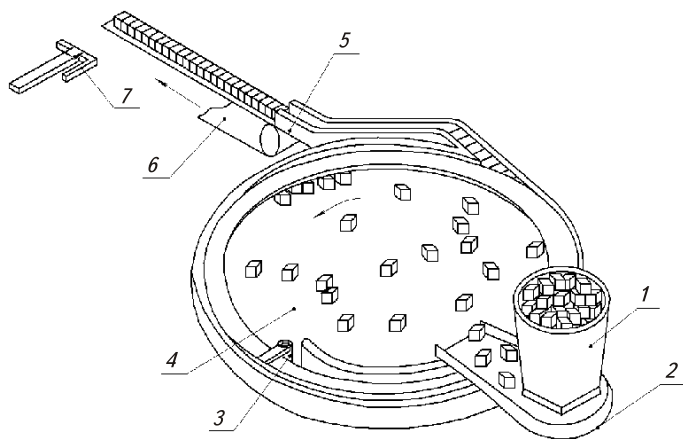


Рис.1. Схема автоматичної подачі в пакувальну машину пресованого цукру або пресованої солі ВЗП:

- 1 — завантажувальний бункер, 2 — вібраційний лоток-дозатор,
- 3 — активний напрямний ролик, 4 — робоча площина — відцентровий завантажувальний пристрій, 5 — напрямний лоток, 6 — стрічковий транспортер-накопичувач, 7 — зіштовхувач

Проблемною ділянкою ВЗП, представленої на рис. 1 є перехід виробів з вібраційного лотка-дозатора на робочу площину. Вироби (пресований цукор) періодично завантажуються в приймальний бункер 1, з якого поступають на вібраційний лоток-дозатор 2, при змінній амплітуді коливання лотка-дозатора 2. Це дає можливість регулювати кількість виробів, що подаються одним шаром у відцентрове ВЗП. Для побудови математичної моделі роботи лотка-дозатора 2 використовувалась система вимушених коливань з однією ступінню вільності.

Відцентрове ВЗП виконано з робочою площиною у формі диска, який обертається навколо вертикальної осі з частотою обертання 160 об/хв. Діаметр диска D що обертається до 0,5 м. Продуктивність відцентрового ВЗП при вказаній частоті обертання складає 300–400 шт/хв.

Під час руху виробів основною небезпекою є величина ударних імпульсів між робочими елементами ВЗП і виробом. При побудові математичної моделі із залученням VisSim на базі конструкції рис. 1 досліджувалась модель вимушених коливань з однією ступінню вільності.

На рис. 2 показана САЗ з пневмомеханічним відцентровим ВЗП для автоматичного завантаження бульйонних кубиків в автомат, що упаковує кубики порціями по декілька штук в білстерні пакети з заданою продуктивністю.

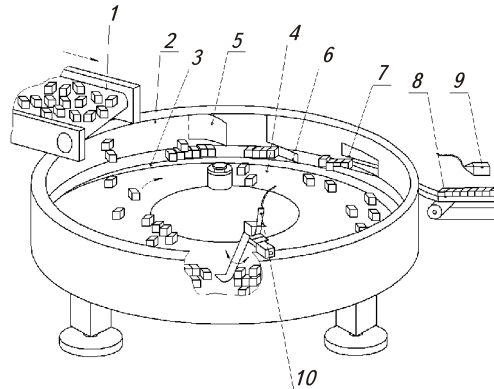


Рис. 2. САЗ з механічним відцентровим ВЗП:

- 1 — завантажувальний вібраційний лоток дозатор,
 2 — завантажувальний бункер-живильник, 3 — пасивні напрямні, 4 — рухомий диск, 5 — опірна заслінка,
 6 — напрямна заслінка, 7 — напрямний лоток,
 8 — стрічковий транспортер накопичувач, 9 — датчик-контролер наявності виробів, 10 — скребок напрямний з системою датчика контролю

Більш складна система контролю за переміщенням обробленого виробу, приведена на рис. 2 надає можливість врахувати фізико-механічні параметри виробу, контроль на правильним розташуванням виробу по відношенню до системи накопичування, проміжну підготовку виробу до переміщення в білстер.

Але перший етап переміщення виробу, з поверхні лотка живильника, який виконує вібрацію, до рухомого диска ВЗП залишається найбільш небезпечним з точки зору ударних навантажень на продукт і залежить від характеристики приводу вібраційного лотка.

По-друге, продуктивність розглянутих ВЗП для подачі виробів у формі кубиків сильно відрізняється один від одного.

При конструюванні САЗ, які мають в структурі ВЗП і забезпечують автоматичне завантаження штучних виробів для обробки в формі кубиків, необхідно враховувати частоту обертання приймального робочого диску і динамічні характеристики приводу лотка-дозатора.

Конструктивні рішення технологічних машин, що містять бункер — живильник і лотки з вібростемами дозволяють використовувати різні типи приводів, що забезпечує великий діапазон зміни динаміки характерних технологічних процесів. Для дослідження вібраційних процесів в бункерах — живильниках і лотках була використана система побудована на базі електропневмоприводу, з можливістю регулювати вихідні параметри технічної системи. Динаміка вібраційних машин базується на теорії коливаний лінійних і нелінійних систем, тому при розрахунку і проектуванні таких машин необхідно мати змогу керувати вібраційним робочим органом, характером ударного процесу, забезпечувати можливість корегувати продуктивність системи. У зв'язку з тим, що перевага в більшості методів розрахунку вібраційних систем пов'язана з відцентровим і електромагнітним збудженням, за основу фізичної моделі було обрано дослідну конструкцію лотка-живильника з електропневматичною системою.

В ході дослідів була використана математична модель перевірена програмою VisSim, що дозволило відстежити зміну основних динамічних характеристик, дослідити вимушені коливання системи з одним ступенем вільності, яка описується лінійними диференціальними рівняннями:

$$a\ddot{q} + b\dot{q} + cq = B \sin(pt + \delta) \quad (1)$$

$$a\ddot{q} + c\dot{q} = B \sin(pt + \delta) \tag{2}$$

де a — коефіцієнт інерції; b — коефіцієнт опору; c — коефіцієнт жорсткості МС (механічної системи); B — амплітуда зовнішніх коливань; p — кутова частота коливань рад/с; δ — початкова фаза коливань.

Перейдемо до прийнятих у теорії коливань параметрам:

$$h = \frac{b}{2a}, w_0^2 = \frac{c}{a}, d = \frac{h}{w_0}, H = \frac{B}{a}, \text{ тоді рівняння коливань (1), (2) запишемо:}$$

$$\ddot{q} + 2h\dot{q} + w_0^2q = H \sin(pt + \delta) \tag{3}$$

$$\ddot{q} + d2w_0\dot{q} + w_0^2q = H \sin(pt + \delta) \tag{4}$$

$$\ddot{q} + w_0^2q = H \sin(pt + \delta) \tag{5}$$

Обираємо рівняння для моделювання і вирішимо їх відносно вищих похідних.

Результати досліджень. На базі створеної моделі були розглянуті вимушені коливання системи лотка — живильника і дослідженні амплітудно-частотні характеристики коливального процесу. Змінюючи параметри сигналу збудження операторами VisSim, отримано кілька моделей даної системи зокрема рішення рівняння (4) (рис. 3)

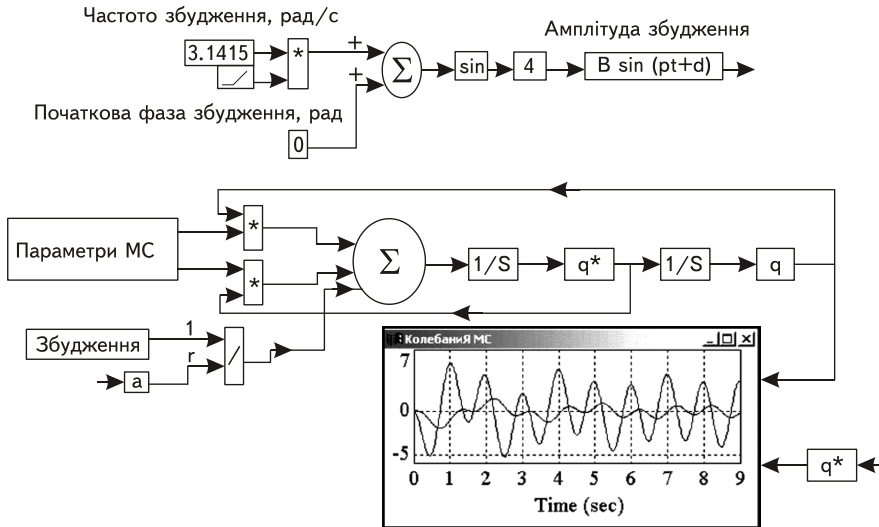


Рис. 3. Схема моделювання сигналів збудження

Висновки. В результаті проведеної роботи по дослідженню основних характеристик лотків живильників з вібростеремами за допомогою ПП VisSim була розроблена математична і фізична моделі з вимушеними коливаннями з однією ступінню вільності, які будуть використані при експериментальних дослідженнях по знаходженню оптимальних амплітудно-частотних і фазо-частотних характеристик роботи вібрототків для дрібно штучних виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Левина Г.А. Элементы аналитической механики и теории колебаний: учеб пособие / Г.А. Левина. Челябинск: Издательство центр ЮУрГУ, 2009 — 189с.
2. Светлицкий В.А. Задачи и параметры по теории колебаний / В.А. Светлицкий — М: Изд-во МГТУ, 1994. — 308с.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ АКТИВНЫХ ЛОТКОВ-ПИТАТЕЛЕЙ БЛИСТЕРНЫХ МАШИН

Л.О. Кривопляс-Володина, Г.Р. Валиулин, А.В. Легун

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведенные математические модели основных динамических характеристик систем автоматов загрузки активных лотков-питателей блистерных машин на базе программно прикладного пакета VisSim. Исследования базируются на отечественных разработочных системах автоматов загрузки блистерных машин с отцентрированными загрузочными устройствами.

Ключевые слова: лоток-дозатор, бункер-питатель, математическая модель, вибрационные системы.

IMPROVEMENT OF LABOR PROTECTION MANAGEMENT METHOD AT FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

O. Evtushenko, S. Kovalenko

National University of Food Technologies

Key words:

OSH management system
Occupational injury
Labor safety
Risks forecasting
Expert assignments
Production factors

ABSTRACT

In the article were considered components of labor safety management system at food enterprises and its disadvantages were analyzed. Correlation of basic statistical data causes ill-conditioning of the normal equations system for identification of the regression coefficient. And the presence of clearances during an identifying of input data causes an assignment offset. For the prevention of that disadvantages and with aim to forecast statistical indexes of occupational injury proposed the improvement of combine regression analysis method on the principal components, which based on expert assignment methods. Wherein, the expert assignment method is more useful for clarifying basic components and providing veracity of statistical assignment of labor safety level. There was proposed the algorithm of solution making for labor conditions improving at the food industry enterprises, which based on combined risks forecasting.

Article history:

Received 2.09.2013
Received in revised
form 4.12.2013
Accepted 10.12.2013

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.В. Євтушенко, С.Д. Коваленко

Національний університет харчових технологій

Удосконалено методи управління охороною праці на основі поєднання статистичного аналізу, експертного оцінювання з ранжуванням факторів та комбінованого прогнозування ризиків виробничого травматизму з реалізацією алгоритму формування пропозицій по поліпшенню умов праці на підприємствах харчової промисловості. Отримані результати можуть бути використані при вдосконаленні проектів управлінських рішень щодо забезпечення безпечних умов праці робітників підприємств харчової промисловості, а також підприємств інших галузей промисловості України.
Ключові слова: система управління охороною праці (СУОП), виробничий травматизм, безпека праці, прогнозування ризиків, експертні оцінки, виробничі фактори.

Постановка проблеми. Управління охороною праці на підприємстві є складовою загальної системи управління підприємством, оскільки лише за високого рівня охорони праці може бути забезпечено ефективне виконання завдань, що постають перед підприємством, і досягнення найкращих економічних результатів. Тому процес

удосконалення функціонування системи управління охороною праці вимагає раціональної організації і чіткої взаємодії спеціалістів та керівників усіх структурних підрозділів підприємства, а також ефективної взаємодії з галуззю, відповідними державними органами [1].

Важливою функцією управління охороною праці є аналіз та прогнозу показників стану охорони праці. Аналіз в системі управління охороною праці має принципове значення у зв'язку з тим, що стає одним з головних джерел інформації та дозволяє оперативно й правильно використовувати управляючі впливи, які забезпечують ефективне функціонування СУОП [2].

Науковий розвиток системи управління охороною праці в Україні був закладений у 1970-і роки і до теперішнього часу розвивається [3–4]. Принципова схема СУОП підприємства, прийнята в СРСР діє і зараз як в Росії, так і в Україні [4], була передовою і ефективною для свого часу, проте зміни, що відбулися, в соціальній, економічній і правовій сферах наводять на думку про необхідність її реорганізації.

На сьогодні вищезгадана схема СУОП має істотні недоліки: відсутній системний облік людських, машинних чинників і чинників навколишнього середовища; відсутні критерії для аналізу і синтезу системи, без чого неможливо науково обґрунтовано оцінювати стан безпеки праці; у сучасних умовах вона є соціально-економічно неефективною.

У СРСР СУОП різних галузей принципово нічим не відрізнялися [5]. Дослідженням доведено, що відсутність наукового обґрунтування побудови і функціонування розроблених СУОП стала однією з основних причин їх неефективності [5–6].

СУОП в харчовій промисловості практично не функціонує; служби охорони праці реорганізовані, або їх очолюють особи, які не мають професійної підготовки; стан умов праці не відповідає вимогам чинних нормативно-правових та законодавчих актів з охорони праці; роботодавці не створюють здорові та безпечні умови праці та не дотримуються передбаченої технології ведення робіт; на підприємствах не проводиться аналіз виробничого травматизму, у тому числі й нещасних випадків зі смертельними наслідками; не відстежуються джерела виробничих небезпек; не визначаються закономірності їх формування; не здійснюється прогнозування виробничого травматизму та його наслідків; не розробляються запобіжні заходи виникнення травмонезбезпечних ситуацій; не плануються роботи на перспективу та інше.

Таким чином, виникає питання, як сформулювати СУОП, яка б комплексно розглядала питання безпеки праці на підприємствах харчової промисловості.

Метою роботи є — удосконалити методи управління охороною праці з реалізацією алгоритму формування пропозицій по поліпшенню умов праці на підприємствах харчової промисловості.

Об'єкт дослідження — явище виробничого травматизму на харчовому підприємстві.

Методи досліджень. Дослідження проводилися із застосуванням методів: статистичного аналізу, експертних оцінок та комбінованого прогнозування ризиків виробничого травматизму. Обробка результатів експертного оцінювання здійснювалась методом апріорного ранжування факторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Управління, як цілеспрямований процес, передбачає прийняття управлінських рішень. Ситуація прийняття рішення зі зниження рівня виробничого травматизму визначається кортежем:

$$\{X, Y, Q, R, Z, S, E, C, T\}, \quad (1)$$

де X — множина інформаційних даних, що використовуються при формуванні управлінських рішень; Y — множина показників, за якими оцінюється рівень виробничого травматизму; Q — множина управлінських рішень, припустимих у рамках визначеного типу задачі; R — формалізоване правило вибору управлінського рішення з множини можливих; Z — множина обмежень; S — множина можливих станів зовнішнього середовища; E — множина очікуваних результатів реалізації альтернативних управлінських рішень; C — вартість заходів щодо запобігання травматизму; T — фактор часу.

Підвищення рівня безпеки виробництва тягне за собою значні капіталовкладення на його переоснащення, перенавчання персоналу та впровадження сучасних систем управління

виробництвом. У такому випадку виникає *протиріччя*, пов'язане, з одного боку, з необхідністю підвищення рівня безпеки (зниження Y), що неодмінно призводить до збільшення витрат C та здорожчання собівартості продукції, а, з іншого, до зменшення виробничих витрат C , що може призвести до збільшення виробничого травматизму (збільшення Y).

Результати виконання управлінського рішення в інтервалі часу $t + \Delta t$ залежать від значень множини показників, за якими оцінюється стан охорони праці в попередньому інтервалі часу та прийнятого управлінського рішення:

$$Y^{t+\Delta t} = f(X^t(Z), Q, C). \quad (2)$$

Одним з перспективних наукових напрямків вирішення зазначеного протиріччя та підвищення загального рівня безпеки виробництва є прогнозування ризиків виробничого травматизму $Y^{t+\Delta t}$, безпосередньо пов'язаного з процесом виробництва та створення умов уникнення травматизму на основі таких прогнозів.

Управління охороною праці спрямоване на мінімізацію показників, за якими оцінюється стан охорони праці. Математичний вираз вибору оптимального рішення з множини можливих:

$$q_{opt} = q_j: y_j^{t+\Delta t} = \min(y_j^{t+\Delta t}), y_j^{t+\Delta t} \leq y_r^{t+\Delta t}, C_j \leq C_r \quad (3)$$

де q_{opt} — оптимальне управлінське рішення; $y_j^{t+\Delta t}$, $y_r^{t+\Delta t}$ — відповідно прогнозоване та граничне (планове) значення показника травматизму в момент $t + \Delta t$; C_j, C_r — відповідно прогнозовані та граничні (припустимі) витрати на реалізацію заходів щодо попередження травматизму.

Значення $y_j^{t+\Delta t}$, $y_r^{t+\Delta t}$ і визначатимуть ступінь ризику виробничого травматизму на підприємстві.

Аналіз існуючих методів прогнозування ризиків дає змогу зробити висновок про необхідність удосконалення більшості з них, з метою пристосування до особливостей підприємств харчової промисловості та комплексного оцінювання ризиків виробничого травматизму на підприємстві.

Дані офіційної статистики складаються переважно з сильнокорельованих між собою показників, які, крім того, були виміряні із суттєвими похибками. Корельованість вихідних статистичних даних зумовлює погану обумовленість системи нормальних рівнянь для визначення коефіцієнтів регресії, а наявність похибок при визначенні вихідних показників викликає зміщення оцінок. Для уникнення наведених недоліків та з метою прогнозування статистичних показників виробничого травматизму пропонується наступне удосконалення комбінованого методу регресійного аналізу на головних компонентах на основі застосування методів експертного оцінювання.

Для уточнення головних компонент та забезпечення достовірності статистичного оцінювання рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості у зв'язку з неповнотою статистичної інформації по галузям, доцільно буде використати метод експертних оцінок. Достовірність експертних оцінок заснована на припущенні, що у разі узгодженості дій експертів достовірність оцінок гарантується [7-8].

При використанні експертних оцінок припускається, що думкаважати групи експертів надійніша за думку вважати окремого експерта [7]. Метод колективних експертних оцінок отримав дуже велике поширення та широко використовується для передачі досвіду провідних спеціалістів практично у всіх галузях знань та виробництва [8].

Метою експертного опитування є вирішення наступних завдань: оцінка значущості знань основних розділів охорони праці для безпечного виконання робіт в харчовій промисловості; узагальнення експертних оцінок і визначення узгодженості думок експертів; оцінка і виявлення сукупності факторів, які впливають на небезпеку травмування робітників на робочих місцях у харчовій промисловості; визначення шляхів попередження виробничого травматизму.

З метою вирішення поставлених завдань, а також для оцінки впливу різних факторів, які діють, на рівень виробничого травматизму в харчовій промисловості, необхідно залучити групи експертів, у складі яких мають бути: представники служби охорони праці, інженерно-технічні працівники харчових підприємств, науково-технічні працівники вищих учбових закладів і науково-дослідних інститутів.

Для виключення спотворення даних необхідно забезпечити анонімність опитування, проте з урахуванням даних, які характеризують вік, стаж роботи в харчовій промисловості, посаду та освіту.

Опитування експертів найбільш доцільно здійснити у два тури.

У першому турі експертам ставиться завдання привласнити кожному виробничому показнику з представленого переліку відповідний ранг залежно від ступеня важливості, враховуючи, що межі рангів знаходяться в межах від 1 до максимального числа рангу n . При цьому 1 привласнюється максимально позитивній оцінці, а число $1 + n$ — мінімальній оцінці. Якщо в ранговій послідовності оцінок, поданих j -м експертом, є однакові оцінки, то їм привласнюється однаковий ранг за числовим значенням.

У другому турі експертам пропонується оцінити важливість впливу окремих факторів або груп факторів на рівень травматизму і дати чисельну оцінку їх значущості. Заповнюючи анкету, експерт визначає місце факторів в ряду, що ранжирується. В той же час він може включити додаткові фактори або висловити думку про зміну інтервалів парирування [7–9].

Метод апріорного ранжирування факторів використовується при обробці даних, отриманих в результаті опитування спеціалістів або із досліджень, які були опубліковані в літературі. Такий експеримент дозволяє більш вірно спроектувати об'єкт дослідження, прийняти або відкинути деякі попередні гіпотези, дати порівняльну оцінку впливу різноманітних факторів на параметри оптимізації та тим самим правильно відібрати фактори для наступного експерименту, обґрунтовано виключивши деякі з них в подальшому [7–10].

Особливість методу зводиться до того, що фактори, які згідно апріорної інформації можуть мати суттєвий вплив, ранжируються згідно зменшення їх впливу. Вплив кожного з факторів оцінюється по величині рангу, який відведений експертом даному фактору при ранжируванні всіх факторів з урахуванням їх прогнозованого впливу на параметри оптимізації. При складанні думок експертів шляхом їх опитування, кожному з них пропонується заповнити анкету, в якій перераховані фактори, їх розмірність, допускові інтервали варіювання.

Результати опитування експертів (ранжування) розраховуються за наступною методикою [10]:

1. Результати оцінок даних показників подаються у вигляді матриці рангів (табл. 1).
2. При привласненні j -м експертом однакового по важливості рангу матриця рангів перетворюється. Це пов'язано з тим, що експерт не завжди може точно розташувати фактори за певною ознакою.

Таблиця 1. Матриця результатів експертної оцінки показників

Експерти	Фактори				
	X_1	X_2	...	...	X_i
1	a_{11}	a_{12}	...	...	a_{1i}
2	a_{21}	a_{22}	...	...	a_{2i}
j	a_{j1}	a_{j2}	...	...	a_{ji}

3. Підраховується сума рангів по факторам $\left(\sum_1^m a_{ij} \right)$, де a_{ij} — ранг кожного i -го фактора у j -го експерта; m — число експертів; n — число факторів.

4. Визначається середня сума рангів: $\frac{\sum_1^n \sum_1^m a_{ij}}{n}$.

5. Підраховується відхилення від середньої суми рангів

$$\Delta i = \sum_1^m a_{ij} - \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_{ij}}{n}. \quad (4)$$

6. Підраховуються квадрати відхилень від середньої суми рангів, тобто сума квадратів цих відхилень:

$$s = \sum_1^m (\Delta i)^2. \quad (5)$$

7. Ступінь погоджування думок всієї групи експертів щодо важливості вибраних факторів оцінюється коефіцієнтом конкордації (згоди), ω [9]:

$$\omega = \frac{12s}{m^2(n^3 - n) - m \sum_1^m T_j}, \quad (6)$$

де $T_j = \sum(t_j^3 - t_j)$; t_j — число однакових рангів в j -м ранжирування.

8. Перевірка умов погоджування думок експертів: $\omega = 1$ — оцінки всіх експертів співпадають; $\omega = 0$ — експерти дали різні оцінки, тобто в думках експертів є не повна узгодженість.

9. Оцінка значущості коефіцієнта конкордації проводилася по критерію χ^2 -розподілення з числом ступенів свободи $f = n - 1$.

Значення χ^2 -критерія визначили за формулою:

$$\chi^2 = \frac{12s}{mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_1^m T_j}, \quad (7)$$

Гіпотеза, щодо наявності погодження думок експертів може бути прийнята, якщо при заданому числі ступенів свободи табличне значення χ^2 менше розрахункового для 5%-вого рівня значимості [9].

Таким чином, в процесі проведення експертної оцінки визначається значущість (вагомість) кожного фактора, а також узгодженість думок експертів.

10. Сумарна вагомість факторів визначається за оцінкою всіх експертів.

Результати роботи експертів обробляються методом апіорного ранжування з подальшою побудовою діаграм рангів.

Алгоритм формування пропозицій по поліпшенню умов праці на підприємствах харчової промисловості на основі комбінованого прогнозування ризиків. В процесі розробки заходів щодо поліпшення умов праці об'єктивно виникає завдання пошуку рішення, яке було б найкращим (оптимальним) зі всіх можливих для безпечного виконання технологічного процесу на підприємствах харчової промисловості.

Алгоритм проведення експертної оцінки представлений на рис. 1, де наведені основні етапи процесу формування рішень на основі комбінованого прогнозування ризиків. Комбінування у даному випадку здійснюється на підставі вказування об'єктивної інформації щодо статистики виробничого травматизму з побудовою прогнозів на основі методу головних компонент та уточненням таких прогнозів (точніше — найбільш впливових факторів) на основі експертного опитування.

Організатором експертного опиту (блок 1) виступають особи, що приймають рішення (ОПР), тобто замовник (НУХТ). ОПР визначають цілі експертного опиту (блок 2) і здійснює підбір і затвердження складу робочої групи (РГ) (блок 3), тобто осіб, які організують процес експертної оцінки і підбирають експертну групу (ЕГ).

РГ обгрунтовує ті показники, які виносяться на розгляд для експертів (блоки 4, 5) і розробляється анкета або опитувальні листи (блок 6). При підборі експертів (блок 7) — фахівців, компетентних з даного питання і здатних вирішувати дану задачу, ОПР і РГ

керуються або власною суб'єктивною точкою зору, здійснюючи відбір на свій розсуд, або об'єктивними даними про експертів (особисті справи), що переважніше. До складу ЕГ входять представники підприємства (оскільки вони як ніхто інший знають суть основного виробництва підприємства). Як правило, це працівники служби охорони праці, а також представники трудового колективу (майстер, бригадир і т. д.).

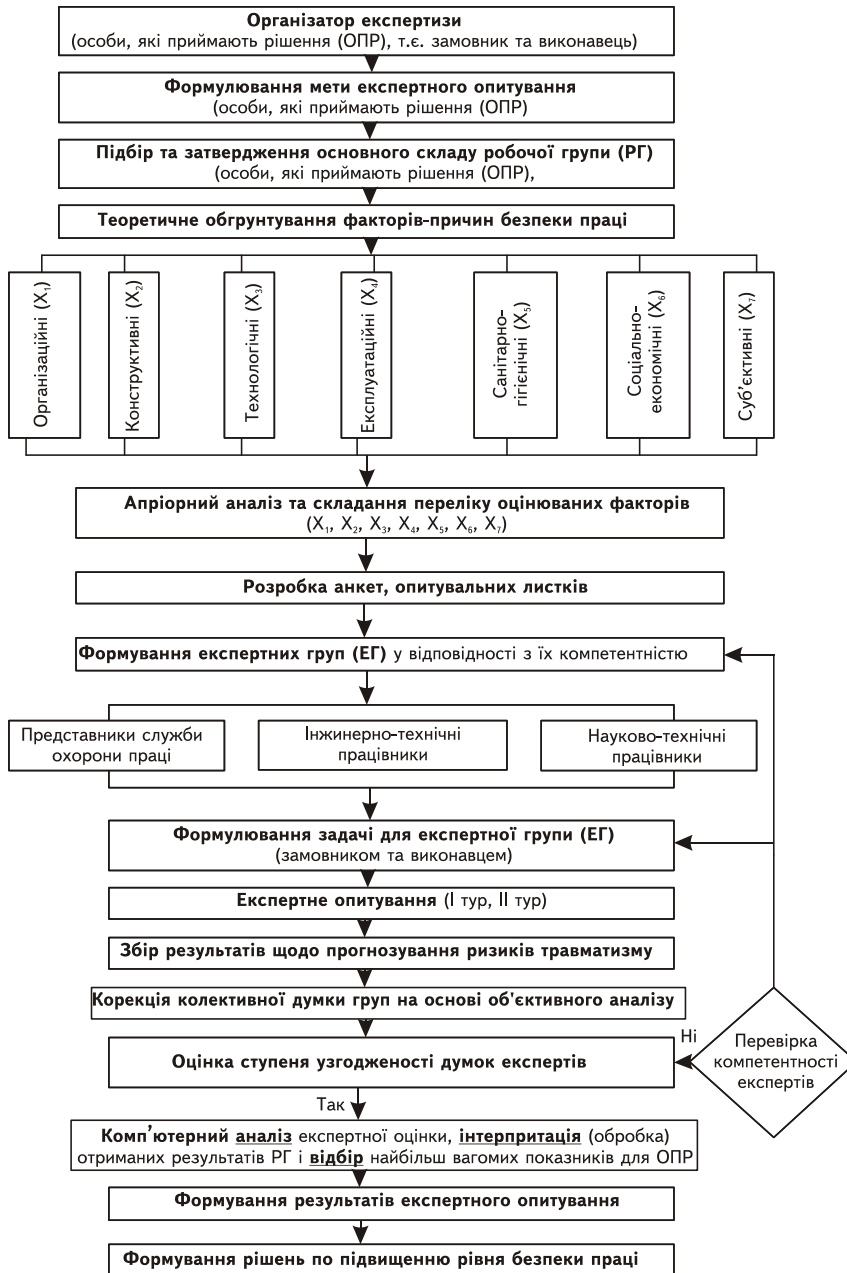


Рис. 1. Блок-схема алгоритму формування рішень щодо організації та забезпечення безпечних умов праці на основі прогнозування ризиків

Після формування групи експертів перед ними ОПР і РГ ставлять завдання (блок 8), в усній або письмовій формі (у раніше підготовлених анкетах, бланках). Для вирішення поставленого завдання експерти забезпечуються анкетами і регламентом роботи, і проводиться експертний опит (блок 9).

Наступними етапами в даному алгоритмі є аналіз і обробка експертних оцінок, що фіксують думки експертів, а також узгодженість думок експертів (блоки 12–14), методика визначення яких наведена вище, а при виконанні умови узгодженості — формування результатів експертного опиту (блок 15) і формування рішень щодо підвищення рівня безпеки праці (блок 16).

Перевірка компетентності ЕГ може проводитися двома способами:

- 1) експерти визначають компетентність один одного методом взаємооцінки;
- 2) для оцінки компетентності експертів залучається експертна комісія (або інша компетентна експертна група).

Якщо умова компетентності відносно окремих членів ЕГ не виконується, то необхідно замінити їх іншими, тобто відбувається повернення до блоку 7 і рішення задачі повторюється. Як порогову величину оцінки компетентності експертів можна прийняти суму балів, набрану ними при вирішенні тестових завдань чи відповідях на питання при тестуванні (формуванні ЕГ). Зміна регламенту роботи проводиться ОПР і полягає в реорганізації шкал оцінок, уточненні або перегляді критеріїв, з використанням яких оцінюються показники, зміні формулювання вирішуваного завдання, потім відбувається виконання операції блоку 9, і процес рішення задачі повторюється.

Таким чином, запропонований алгоритм проведення комплексної експертної оцінки, дозволяє на основі об'єктивного прогнозування ризиків підготувати проекти управлінських рішень щодо забезпечення безпечних умов праці робітників харчової промисловості.

Висновки. Одним з перспективних наукових напрямків підвищення загального рівня безпеки виробництва є прогнозування ризиків виробничого травматизму, безпосередньо пов'язаного з процесом виробництва та створення умов уникнення травматизму на основі таких прогнозів. Корельованість вихідних статистичних даних зумовлює погану обумовленість системи нормальних рівнянь для визначення коефіцієнтів регресії, а наявність похибок при визначенні вихідних показників викликає зміщення оцінок. Для уникнення наведених недоліків та з метою прогнозування статистичних показників виробничого травматизму пропонується удосконалення комбінованого методу регресійного аналізу на головних компонентах на основі застосування методів експертного оцінювання. При цьому метод експертних оцінок найбільш доцільно застосувати для уточнення головних компонент та забезпечення достовірності статистичного оцінювання рівня безпеки праці. Отримані результати можуть бути використані при вдосконаленні проектів управлінських рішень щодо забезпечення безпечних умов праці робітників підприємств харчової промисловості, а також підприємств інших галузей промисловості України.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Ефремова О.С.* Система управління охороною труда в организациях / О.С. Ефремова. — М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2009. — 160 с.
2. *Основи охорони праці* / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та інш. / — К.: Основа, 2006. — 444 с.
3. *Гогіташвілі Г.Г.* Вдосконалення системи управління охороною праці (СУОП) в умовах евро інтеграційних процесів / Г.Г. Гогіташвілі, В.М. Лапін // Безпека життєдіяльності. — 2005. — № 3. — С. 15–17.
4. *Гогіташвілі Г.Г.* Система управління охороною праці та ризиком / Г.Г. Гогіташвілі, В.М. Степанидин, В.М. Лапін // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. — 2007. — № 42. — С. 16–21.
5. *Кошовий М.Д.* Комплексна система управління охороною праці на підприємстві / М.Д. Кошовий, О.М. Костенко // Питання електрифікації сільського господарства: Зб. наук. праць ХДТУСГ. — 1999. — С. 117–122.

6. Федоров М.І. Охорона праці в галузі АПК / М.І. Федоров, Т.Г. Лапенко, О.У. Дрожжана // — Полтава : ІнтерГрафіка, 2005. — 297 с.
7. Добров Г.М. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. / Г.М. Добров // — Киев: Наукова думка. — 2007. — 264 с.
8. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Д. Гурвич // — М.: Финансы и статистика, 2008. — 347 с.
9. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 2: Экспертные оценки. / А.И. Орлов // — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 486 с.
10. Євтушенко О.В. Априорний аналіз вибору факторів для оцінки стану охорони праці на підприємствах м'ясної промисловості / О.В. Євтушенко // Ukrainian Food Journal. — 2013. — Vol. 2. — Issue 1. — С.80 — 85.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В. Евтушенко, С.Д. Коваленко

Национальный университет пищевых технологий

Усовершенствованы методы управления охраной труда на основе сочетания статистического анализа, экспертной оценки с ранжированием факторов и комбинированного прогнозирования рисков производственного травматизма с реализацией алгоритма формирования предложений по улучшению условий труда на предприятиях пищевой промышленности. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании проектов управленческих решений по обеспечению безопасных условий труда работников предприятий пищевой промышленности, а также предприятий других отраслей промышленности Украины.
Ключевые слова: система управления охраной труда (СУОТ), производственный травматизм, безопасность труда, прогнозирования рисков, экспертные оценки, производственные факторы.

REVIEW OF METHODS AND APPLICATION OF ANALYTICAL FIELD DESIGNING OPTIMAL CONTROL STATIONARY AND NONSTATIONARY MULTIVARIATE OBJECTS OF CONTROL

O.P. Lobok, B.M. Goncharenko, A.M. Slyezenko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Analytical design regulator Optimal control LQ (LQG)-optimization Control object Nonstationary system Stationary system Stochastic system	Using methods AKOR, i.e. synthesis control, which provides optimal regulator to control the hardware multi-dimensional technological object control in the face of uncertainty there are some difficulties computational or methodological nature, which helps eliminate consideration specifics of objects. The article deals with modern methods of automatic optimal control, namely AKOR or synthesis of optimal control. Defined classes of objects, to which these methods can be applied as a class of linear deterministic and stochastic SAH. The mentioned circumstances that complicate the application of methods for constructing rough AKOR optimal systems with guaranteed stability. This will facilitate the practical application of techniques to optimize process control in the food industry.
Article history: Received 10.09.2013 Received in revised form 7.12.2013 Accepted 13.12.2013	
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net	

ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ОБЛАСТЕЙ АНАЛІТИЧНОГО КОНСТРУЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕГУЛЯТОРІВ ДЛЯ СТАЦІОНАРНИХ І НЕСТАЦІОНАРНИХ БАГАТОВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

О.П. Лобок, Б.М. Гончаренко, А.М.Слєзенко

Національний університет харчових технологій

В статті розглянуті сучасні методи автоматичного оптимального керування на основі АКОР або синтезу оптимального керування. Визначені класи ОК, до яких ці методи застосовні, як клас лінійних детермінованих та стохастичних САК. Означені обставини, які ускладнюють застосування методів АКОР для побудови грубих оптимальних систем, що мають гарантовану стійкість. Це полегшить практичне застосування методів для оптимізації керування процесами в харчовій промисловості.

Ключові слова: аналітичне конструювання регулятора, оптимальне керування, LQ(LQG)-оптимізація, об'єкт керування, (не)стаціонарна система, стохастична система.

© О.П. Лобок, Б.М. Гончаренко, А.М.Слєзенко, 2013

Вступ. Застосування оптимального керування особливо ефективно і виправдане для складних багатовимірних ОК (як хлібопекарська піч або браго ректифікаційна установка), описуваних у просторі станів та що функціонують в умовах невизначеності. Знайшло застосування аналітичне конструювання (синтез) оптимальних регуляторів з наступною їхньою програмною реалізацією.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Задача синтезу оптимальних САК формулюється як варіаційна задача, в якій шукають екстремальні значення деяких функціоналів, і полягає в тому, щоб для заданого об'єкта синтезувати регулятор, який найкраще розв'язує задачу керування. Крім рівняння ОК повинні бути задані обмеження на керування і фазовий вектор (вектор стану), крайові умови і обраний критерій оптимальності [1].

Рівняння ОК задається в нормальній формі, обмеження задають у вигляді кінцевих співвідношень — рівностей або нерівностей, які можуть бути обмеженням на керування, або на фазовий вектор стану. Крайові (граничні) умови — обмеження на фазовий вектор в початковий t_0 і кінцевий t_f моменти часу. Критерій оптимальності як числовий показник якості керування в САК задається у вигляді функціоналу (часто квадратичного).

Задача оптимального керування формулюється наступним чином: при заданих рівнянні ОК, обмеженнях та крайових умовах необхідно знайти таке керування із зворотним зв'язком $u^*(x(t), t)$ і фазову траєкторію $x^*(t)$, при яких критерій оптимальності приймає мінімальне (або максимальне) значення [2]. Найчастіше цей функціонал мінімізується.

При розв'язанні задач оптимального керування у якості моделі ОК розглядають систему лінійних диференціальних рівнянь, яку з врахуванням початкових умов і діяння зовнішніх збурень можна представити так:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \dot{x}(t) = \varphi(x, u, f, t), & t_0 < t \leq T, \\ x(t_0) = x^0, \end{cases} \quad (1)$$

або у векторно-матричному вигляді:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + \psi(t)f(t), & t_0 < t \leq T, \\ x(t_0) = x^0, \end{cases} \quad (2)$$

де $A(t)$, $B(t)$ — матриці розмірністю $n \times n$, $n \times r$ відповідно, коефіцієнтами яких є відомі функції часу; $x(t)$ — вектор стану об'єкта в момент часу t розмірністю n ; $u(t)$ — вектор керувальних дій розмірністю r ; x^0 — вектор стану об'єкта в початковий момент часу t_0 розмірністю n ; $\psi(t)$ — матриця розмірністю $n \times k$, коефіцієнтами якої є відомі функції часу; $f(t)$ — вектор зовнішніх впливів (або збурень) розмірністю k .

Практичне застосування теорії оптимального керування стикається з труднощами обчислювального характеру, бо хоча вдається звести процес синтезу оптимального керування до розв'язання крайової задачі для диференціальних рівнянь, але побудова керувань для кожного класу ОК стає самостійною творчою задачею, розв'язання якої потребує врахування специфічних особливостей об'єкта.

Це зумовило пошук класів об'єктів, для яких при побудові оптимального керування крайова задача легко розв'язується чисельно. Такими ОК виявились об'єкти, що описуються лінійними диференціальними рівняннями. Ці результати, отримані у загальному вигляді в 1960 р. О.М. Летовим для стаціонарних лінійних ОК і Р. Калманом для нестаціонарних, стали основою напрямів синтезу систем оптимальної стабілізації: аналітичного конструювання регуляторів (АКОР) при повністю вимірюваному векторі стану об'єкта (*LQ-оптимізація* в закордонній літературі, від англ. «Linear Quadratic») і при неповній інформації про цей вектор (*LQG-оптимізація*, від англ. «Linear Quadratic Gaussian»). Сучасним напрямом розвитку останнього є так зване H_r -оптимальне керування. Практичне застосування *LQ*-, *LQG*- і H_r -оптимізацій ускладнено наступними обставинами:

— цілі керування досить рідко можна описати квадратичним функціоналом, що використовується в цих методах;
 — оптимальні системи можуть виявитися не грубими, в яких малі відхилення параметрів системи від розрахункових значень можуть спричинитися до їхньої нестійкості;
 — умови, за яких функціонують ОК визначають особливості методів синтезу керувань, як зазначалося вище, при загальному підході до їхньої оптимізації за квадратичним критерієм.
 Висвітлення цих особливостей і склало *мету* написання даної статті.

Розглянемо задачу Р. Калмана синтезу оптимальної системи за умови, що ОК є нестационарним, детермінованим і описується рівнянням:

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) + h(t), \quad (3)$$

а критерій оптимальності має вигляд:

$$J = x^T(t_f)F x(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} [x^T(t)Q(t)x(t) + u^T(t)R(t)u(t)]dt. \quad (4)$$

Тут $h(t)$ — відома вектор-функція зовнішніх впливів; F і $Q(t)$ — невід’ємно визначені матриці ($x^T F x \geq 0$ і $x^T Q x \geq 0$ при всіх $x \neq 0$ і $t \in [t_0, t_f]$); $R(t)$ — додатно визначена матриця ($u^T R u > 0$ при всіх $u \neq 0$ і $t \in [t_0, t_f]$). Функції $A(t)$, $B(t)$, $h(t)$, $Q(t)$, $R(t)$ є неперервними на інтервалі $[t_0, t_f]$. Необхідно знайти керування із зворотним зв’язком, при якому за умови довільної початкової умови $x(t_0) = x^0$ функціонал (4) приймає мінімальне значення.

Перший доданок в (4) презентує квадратичну термінальну (часову) похибку, включається в критерій оптимальності, якщо необхідно забезпечити максимальну близькість стану системи в кінцевий момент часу до бажаного. Другий доданок в (4) є інтегральною квадратичною похибкою і характеризує якість регулювання на всьому інтервалі часу $[t_0, t_f]$. І нарешті інтегральний третій доданок в (4) є зваженою «енергією» керування, він в критерії обмежує керування. Бажане (або необхідне) обмеження на керування, яке в явній формі не враховано в постановці задачі (3–4), може бути забезпечено відповідним вибором вагової функції $R(t)$.

Матриці $Q(t)$ і $R(t)$ вибирають залежними від часу, бо початкові відхилення не залежать від властивостей системи, а визначаються початковими умовами. Їх вибирають таким, щоб початкові похибки менше впливали на величину критерію, ніж такі, що виникають в наступні моменти часу. Один із можливих способів вибору цих матриць запропонували А. Брайсон і Хо Ю-Ши [3].

Сформульовану задачу називають задачею синтезу оптимального нестационарного лінійного регулятора стану або — нестационарною задачею [4].

Для цього випадку оптимальне керування має вигляд:

$$u^* = -(R^{-1}B^T Kx + \frac{1}{2}R^{-1}B^T p), \quad (5)$$

де симетрична (n-n)-матриця K і n-вектор p визначаються із системи рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{K} = -KA - A^T K + KBR^{-1}B^T K - Q, & (6) \\ \dot{p} = KBR^{-1}B^T p + A^T p - 2Kh & (7) \end{cases}$$

при граничних умовах $K(t_f) = F$; $p(t_f) = 0$. (8)

Співвідношення (5)–(8) отримані з використанням метода динамічного програмування Беллмана. Розв’язок задачі синтезу оптимального нестационарного лінійного регулятора стану існує і є єдиним навіть для повністю некерованих об’єктів. Це зумовлено тим, що керований процес розглядається на скінченному інтервалі і вплив некерованих координат на критерій оптимальності є також кінцевим, навіть якщо вони прямують до нескінченності при $t \rightarrow \infty$.

Розглянемо тепер випадок відсутності зовнішнього впливу на ОК $h(t) = 0$ в нестационарній задачі. Тоді система з двох рівнянь (6) і (7) стає однорідною. Її розв’язком, який задовольняє нульові граничні умови, є $p(t) = 0$, тому при $h(t) = 0$ оптимальний закон керування (5) набуває вигляду:

$$u^* = -R^{-1}B^T Kx, \quad (9)$$

де K , як і раніше, задовольняє матричне рівняння Ріккати (6) при граничних умовах (8).

Розглянемо тепер задачу О.М. Летова синтезу оптимальної *стаціонарної* системи при інтегрально-квадратичному критерії оптимальності, коли матриці A, B, Q, R є постійними, $h(t) = 0$ і $t_f = \infty$. В такому випадку $x(\infty) = 0$ і рівняння ОК і критерій оптимальності приймають вигляд:

$$\dot{x} = Ax + Bu; J = \int_0^{\infty} (x^T Q x + u^T R u) dt. \quad (10)$$

Тут вважається, що Q і R — додатно визначені $(n \times n)$ - і $(r \times r)$ -матриці відповідно. Цю задачу називають задачею синтезу оптимального стаціонарного лінійного регулятора стану або — *стаціонарною задачею* [4].

Розв'язок стаціонарної задачі (оптимальне керування) є лінійною функцією від фазових координат і має вигляд

$$u^* = -R^{-1} B^T \bar{K} x, \quad (11)$$

де \bar{K} — постійна додатно визначена матриця, яка визначається із алгебричного рівняння Ріккати:

$$-\bar{K}A - A^T \bar{K} + \bar{K}B R^{-1} B^T \bar{K} - Q = 0. \quad (12)$$

Співвідношення (11)–(12) отримані з використанням методу динамічного програмування Беллмана так само, як і аналогічні співвідношення при розв'язанні нестаціонарної задачі.

Задача синтезу *стохастичної* оптимальної системи керування в загальному випадку ставиться наступним чином. Задаються диференціальні рівняння ОК, обмеження, крайові умови, рівняння спостерігача, бо існує невизначеність від неповноти інформації, критерій оптимальності і характеристики випадкових впливів і параметрів. Необхідно знайти керування як функцію від вимірних значень вихідної змінної $y(t)$ на інтервалі $t_0 \leq t \leq t_f$. Синтез стохастичних оптимальних лінійних систем керування має особливості, визначені повнотою інформації про їхній стан.

Розглянемо *стохастичну* задачу оптимального керування лінійним ОК при квадратичному критерії і *повній* інформації про стан системи, що виключає необхідність застосування рівняння спостерігача:

$$\dot{x}(t) = A(t)x + B(t)u + V_0; x(t_0) = x^0; \quad (13)$$

$$J = M \left\{ x^T(t_f) F x(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} (x^T Q(\tau) x + u^T R(\tau) u) d\tau \right\} \rightarrow \min_u \quad (14)$$

Тут V_0 — білий шум, а x^0 — випадкова величина. F, Q — невід'ємно визначені симетричні матриці; R — додатно визначена симетрична матриця. Критерій оптимальності (14) має такий же зміст, як і в детермінованій задачі оптимального керування, лише проводиться усереднення по всім випадковим чинникам.

Розв'язання цієї задачі співпадає з розв'язанням (6), (8), (9) детермінованої задачі (3), (4) при $h(t) = 0$.

Оптимальне керування в стохастичній задачі при повній інформації

$$u^* [x(t), t] = -R^{-1} B^T K x(t), \quad (15)$$

де симетрична матриця K визначається з матричного рівняння Ріккати:

$$\dot{K} = -KA - A^T K + KBR^{-1}B^T K - Q \quad (16)$$

при граничній умові $K(t_f) = F$. (17)

Таким чином, випадковий вплив V_0 і випадкова початкова умова на оптимальний закон керування не впливають, а лише на значення критерію оптимальності: воно, звичайно, збільшується.

При оптимальному керуванні критерій оптимальності (14) приймає наступне значення:

$$J = \left(\overline{x^0} \right)^T K(t_0) \overline{x^0} + tr \left[K(t_0) P_0 + \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} Q_0 K dt \right] \quad (18)$$

Співвідношення (15)–(17), як і у випадку детермінованої задачі, можна отримати з використанням методу динамічного програмування Беллмана.

Вимірювання (спостереження), як правило, завжди супроводжуються завадами, і стан системи ніколи точно не відомий, тому стохастична задача оптимального керування за неповної інформації про стан системи є більш практичною. Ця задача набагато складніша, ніж за повної, і для її розв'язання часто використовують евристичний прийом (принцип розділення або стохастичної еквівалентності), при якому стохастична задача синтезу за неповної інформації розділяється на дві задачі: задачу оптимальної оцінки стану і детерміновану задачу синтезу керування за повної інформації. Розглянемо цю задачу синтезу стохастичної лінійної оптимальної системи керування за *неповної* інформації про її стан. Нехай ОК і спостерігач описуються рівняннями:

$$\dot{x}(t) = Ax + Bu + V_0; x(t_0) = x^0; y = C(t)x + V_c, \quad (19)$$

критерій оптимальності має вигляд:

$$J = M \left\{ x^T(t_f) F x(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} (x^T Q x + u^T R u) dt \right\}. \quad (20)$$

Шуми V_0 і V_c є білими з інтенсивностями $Q_0(t)$ і $R_0(t)$ відповідно; початковий стан x^0 — випадковий вектор із середнім значенням $\overline{x^0}$ і матрицею дисперсій P_0 . Шуми і початковий стан не корельовані між собою. Матриці $R(t)$ і $R_0(t)$ додатно визначені.

Розв'язок такої задачі, тобто, оптимальний закон керування, має вигляд:

$$u^* = -R^{-1} B^T K \hat{x}(t), \quad (21)$$

де K — матриця, яка визначається з рівняння:

$$\dot{K} = -KA - A^T K + KBR^{-1}B^T K - Q, K(t_f) = F; \quad (22)$$

\hat{x} — лінійна оптимальна оцінка, яка отримується з допомогою спостерігача (фільтра) Калмана-Бьюсі [5]:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\hat{x}}(t) &= A\hat{x} + Bu + K^0(y - C\hat{x}); \hat{x}(t_0) = \overline{x^0}; K^0 = PC^T R_0^{-1}; \\ \dot{P} &= AP + PA^T - PC^T R_0^{-1} CP + Q_0; P(t_0) = P_0. \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Співвідношення (21)–(22) співпадають із співвідношеннями (6), (8) і (9) та (21)–(23), які визначають оптимальний регулятор в детермінованій задачі синтезу оптимальних систем і задачі синтезу стохастичних лінійних оптимальних систем керування з повною інформацією, з тою лише різницею, що в (21) входить оцінка, а в (9) і (21) — сам вектор.

Таким чином, стохастичний лінійний оптимальний регулятор (керування) складається з лінійного оптимального спостерігача і детермінованого оптимального регулятора (керування). Якщо шуми і початковий стан підпорядковуються гаусівському закону розподілу, то співвідношення (29)–(31) визначають *стохастичний оптимальний регулятор*, тобто, регулятор, оптимальний в класі всіх систем, а не лише лінійних [6].

Висновки. Розглянуті сучасні методи лінійної теорії автоматичного оптимального керування, так зване АКОР — методи LQ-оптимізації при повністю вимірюваному векторі стану ОК і LQG-оптимізації при неповній інформації про цей вектор. Визначені класи ОК, до яких ці методи застосовні, це класи детермінованих та стохастичних САК. Означені обставини, які ускладнюють застосування розглянутих методів синтезу для побудови грубих оптимальних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Конструктивные* методы оптимизации. Ч. 4. Выпуклые задачи / Р. Габасов, Ф.М. Кириллова, О.И. Костюкова, В.М. Ракецкий. — Мн.:Изд-во «Университетское», 1987. — 223 с.
2. *Заболотнов Ю.М.* Оптимальное управление непрерывными динамическими системами / Ю.М. Заболотнов. — Самар. гос. аэрокосм. ун-т.-Самара: СГАКУ, 2005. — 129 с.
3. *Бесекерский В.А.* Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. — М.: Наука, 1975. — 768 с.
4. *Теория* автоматического управления: учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч.II. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления./А.А. Воронов, Д.П. Ким, В.М. Лохин и др.; под. ред. А.А. Воронова. — М.:Вышш. шк., 1986. — 504 с.
5. *Нурминский Е.А.* Численные методы решения детерминированных и стохастических минимаксных задач / Е.А. Нурминский. — К.:Наук. думка,1979. — 161 с.
6. *Остром, К.Ю.* Введение в стохастическую теорию управления / К.Ю. Остром. — М.: Мир, 1973. — 322 с.

ОБЗОР МЕТОДОВ И ОБЛАСТЕЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ СТАЦИОНАРНЫХ И НЕСТАЦИОНАРНЫХ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

А.П. Лобок, Б.Н. Гончаренко, А.М. Слезенко

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассмотрены современные методы линейной теории автоматического оптимального управления, а именно АКОР или синтеза оптимального управления линейными многомерными ОУ. Определены классы ОУ, к которым эти методы применимы, як класс детерминированных и стохастических САУ. Обозначены обстоятельства, которые усложняют применение рассмотренных методов для построения грубых оптимальных систем, которые гарантированно устойчивы. Это всё облегчит практическое применение методов АКОР для синтеза управления сложными многомерными технологическими ОУ в пищевой промышленности.

Ключевые слова: *аналитическое конструирование регулятора, оптимальное управление, LQ (LQG)-оптимизация, объект управления, (не)стационарная система, стохастическая система.*

SELECTION OF AND PERFORMANCE CRITERIA MANAGEMENT SYSTEM CIVIL PROTECTION AND AREAS IN EMERGENCIES

O.V. Hivrich, N.V. Volodchenkova, A.M. Litvinenko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Civil protection Disaster Optimization Performance management Efficiency Stability	Rate fee management system to civilian protection in the ultimate goal emergencies diverse nature at the present stage of development of management theory and practice relevant forces and means there is enough challenge. It is known that the management and control system of civil protection as organizational and technical basis of this process in the aftermath of emergencies diverse nature, affected by many factors. Quantify this impact can only with the system parameters that fully characterize the management system to civilian protection and criteria regarding the level of efficiency of the system, which will provide the ultimate goal.
Article history: Received 13.05.2013 Received in revised form 9.12.2013 Accepted 16.12.2013	
Corresponding author: VolNa22@bigmir.net	

ВИБІР ПОКАЗНИКІВ І КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ НАСЕЛЕННЯ І ТЕРИТОРІЙ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

О.В. Хіврич, Н.В. Володченкова, А.М. Литвиненко

Національний університет харчових технологій

Оцінити внесок системи управління цивільним захистом у досягнення кінцевої мети ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різноманітного характеру на сучасному етапі розвитку теорії і практики управління відповідними силами і засобами є достатньо складною проблемою.

Відомо, що на процес управління та на систему управління цивільним захистом, як організаційно-технічну основу цього процесу при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різноманітного характеру, впливає багато факторів. Кількісно оцінити такий вплив можна тільки за умов наявності системи показників, які всебічно характеризують функціонування системи управління цивільним захистом та критерію щодо рівня ефективності функціонування цієї системи, який забезпечить досягнення кінцевої мети.

Ключові слова: цивільний захист, ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій, оптимізація, ефективність управління, інтеперабельність, оперативність, стійкість.

© О.В. Хіврич, Н.В. Володченкова, А.М. Литвиненко, 2013

Мета досліджень. Для оцінки внеску системи управління цивільним захистом у досягнення кінцевої мети ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різноманітного характеру необхідно мати методику, за допомогою якої можна не тільки оцінити ефективність функціонування системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різноманітного характеру, але й обґрунтувати комплекс рекомендацій, спрямованих на її підвищення [1, 6, 7].

Крім того, розробка відповідної методики необхідна для вирішення таких завдань:

— по-перше, виявити відповідність функціонування системи управління цивільним захистом сучасним вимогам, що висуваються до роботи органів управління при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

— по-друге, визначити вплив складових системи управління цивільним захистом на ефективність вирішення завдань, які стоять перед оперативним угрупованням сил при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

— по-третє, ще до проведення заходів, спрямованих на удосконалення системи управління цивільним захистом, оцінювати та прогнозувати внесок в підвищення ефективності її функціонування.

Показники оцінки ефективності функціонування системи управління цивільним захистом дозволяють оцінювати кількісні значення окремих сторін функціонування цієї системи і порівнювати між собою системи управління різноманітними силами при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій; способи виконання завдань, а також оцінювати вплив системи управління цивільним захистом в цілому на кінцевий результат ліквідації наслідків надзвичайної ситуації [1, 7].

Оцінка ефективності функціонування системи управління цивільним захистом здійснюється методом прогнозування, коли ставиться мета отримати апріорні показники ефективності. Це завдання вирішується методом математичного моделювання, в результаті якого отримують як оцінку ефективності роботи органів і засобів управління, так і оцінку впливу системи управління цивільним захистом на ефективність застосування його сил та засобів ($E_p^{ЦЗ}$) [2].

Кількісно оцінити внесок функціонування системи управління цивільним захистом в ефективність застосування відповідних сил та засобів складної системи, якою є оперативне угруповання сил цивільного захисту, на сучасному етапі розвитку теорії управління досить складно [4].

Система управління цивільним захистом, як і система матеріально-технічного і морально-психологічного забезпечення, за рахунок збирання й обробки інформації, прогнозування обстановки, уточнення (вироблення нового) рішення, постановки завдань значно впливає на ефективність застосування відповідних сил та засобів [2, 3].

Методика та результати досліджень. Дослідженнями встановлено, що частка ефективності застосування сил та засобів цивільним захистом припадає на його систему управління, а решта — на інші підсистеми. Ефективність застосування сил та засобів оперативного угруповання сил цивільного захисту можна визначити за формулою:

$$E_p^{ЦЗ} = f(E_n^{ЦЗ}, Z, Y), \quad (1)$$

де $E_p^{ЦЗ}$ — існуючі можливості сил та засобів цивільного захисту щодо вирішення завдань у режимі повсякденного функціонування;

Z — показник ефективності функціонування системи цивільним захистом у режимі надзвичайної ситуації;

Y — показник ефективності функціонування системи управління цивільним захистом у режимі надзвичайної ситуації.

Оскільки в роботі досліджується тільки система управління цивільним захистом, то можна вважати, що ефективність функціонування її підсистем при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації та існуючі можливості сил та засобів щодо вирішення покладених на них завдань приймаються такими, як вони є. Тобто:

$$E_p^{ЦЗ} = E_n^{ЦЗ} \cdot (0.67 + 0.33 \cdot Y) \quad (2)$$

де 0,67 — доля впливу підсистем забезпечення в ефективність застосування сил та засобів оперативного угруповання сил цивільного захисту; 0,33 — доля впливу системи управління цивільним захистом в ефективність застосування сил та засобів оперативного угруповання сил.

Оцінити приріст ефективності застосування сил та засобів оперативного угруповання сил цивільного захисту за рахунок підвищення ефективності функціонування системи управління ($\Delta E^{ЦЗ}$) можна за формулою:

$$\Delta E^{ЦЗ} = \frac{E_{\frac{ЦЗ}{\rho}}^{ж} - E_{\frac{ЦЗ}{\rho}}}{E_{\frac{ЦЗ}{\rho}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $E_{\frac{ЦЗ}{\rho}}^{ж}$ — ефективність застосування сил та засобів оперативного угруповання сил цивільного захисту з урахуванням рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування системи управління; $E_{\frac{ЦЗ}{\rho}}$ — існуюча ефективність застосування сил та засобів оперативного угруповання сил цивільного захисту.

Для визначення приросту ефективності застосування сил та засобів оперативного угруповання сил цивільного захисту за рахунок підвищення ефективності функціонування системи управління необхідно провести її оцінку. Ця оцінка в роботі проводиться з позиції відповідності вимогам, які висуваються до неї при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

За досвідом ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різноманітного характеру, які мали місце на протязі останнього часу, особливої ваги набувають такі властивості системи управління, як інтероперабельність, оперативність і стійкість її функціонування. Тобто, показник ефективності функціонування системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків будь якої надзвичайної ситуації можна представити у вигляді функції від інтероперабельності, оперативності і стійкості:

$$Y = (Интер, Ст, Сп). \quad (4)$$

Враховуючи вище сказане, за показник ефективності функціонування системи управління цивільним захистом обрано коефіцієнт її пристосованості до умов функціонування в режимі надзвичайної ситуації $K^{СУЦЗ}$.

Безумовно, для забезпечення точності оцінки ефективності за допомогою цього показника він повинен враховувати вплив на ефективність функціонування системи управління цивільним захистом зовнішніх та внутрішніх факторів.

Цей показник характеризує відповідність системи управління цивільним захистом вимогам, які до неї висуваються при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Його значення можуть варіювати в межах:

$$0 < K^{СУЦЗ} \leq 1.$$

За критерій оцінки ефективності функціонування системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків будь якої надзвичайної ситуації обрано умову, за якою рівень ефективності функціонування системи управління повинен бути не меншим потрібного:

$$K^{СУЦЗ} \geq K^{СУЦЗ}^П, \quad (2.5)$$

де $K^{СУЦЗ}^П$ — потрібне значення коефіцієнта пристосованості системи управління цивільним захистом до умов функціонування в режимі надзвичайної ситуації.

Потрібне значення коефіцієнта пристосованості системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації не є постійною величиною і буде мати конкретне значення у кожному окремому випадку.

Ефективність функціонування системи управління цивільним захистом пропонується проводити через оцінку відповідності системи вимогам, які найбільше впливають на ефективність її функціонування в режимі надзвичайної ситуації.

Враховуючи ці обставини, в якості часткових показників оцінки ефективності функціонування системи управління обрано [5]:

1. Показником інтероперабельності обрано коефіцієнт сумісного функціонування систем управління цивільним захистом структур, що входять до складу оперативного угруповання відповідних сил (K_{inter}), який характеризує спроможність системи управління функціонувати в єдиному інформаційному просторі з системами управління структур, що входять в оперативне угруповання сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Цей показник розраховується за наступним математичним виразом [5]:

$$K_{inter} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{interin} \cdot W_{in}, \quad (6)$$

де $i = 0, 1, 2, \dots, n$; $K_{interin}$ — одиничний вимір n -ого показника, що лежить на i -ом рівні; n — кількість показників на i -тому рівні «дендрита»; W_{in} — вага кожного показника на i -му рівні, яка характеризує його долю в загальній сумі показників, при цьому $\sum W_i = 1$.

2. Показником оперативності функціонування системи управління цивільним захистом обрана імовірність виконання завдань управління органами управління цивільним захистом за час, який не перевищує критичний ($\rho_{взу}^{оуЦЗ}$), що характеризує здатність органів управління цивільним захистом виконувати свої функції в умовах, коли швидкість старіння інформації не призведе до зниження якості виконання завдань управління цивільним захистом в режимі надзвичайної ситуації.

3. Показником стійкості функціонування системи управління обраний коефіцієнт стійкості вирішення завдань управління цивільним захистом (K_{cm}), який характеризується імовірністю стійкого функціонування i -ого пункту управління цивільним захистом (P), як основного елемента системи управління оперативного угруповання сил цивільного захисту, де працюють відповідні органи управління і зосереджені засоби управління, який в свою чергу визначається живучістю пунктів управління оперативного угруповання сил цивільного захисту ($P_{ж}$), заводостійкістю (P) та техніко-експлуатаційною надійністю ($P_{тп}$).

Коефіцієнт сумісного функціонування систем управління структур, що входять до складу оперативного угруповання сил цивільного захисту (K_{inter}), характеризує інтероперабельність системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації; імовірність виконання завдань управління оперативним угрупованням сил цивільного захисту ($\rho_{взу}^{оуЦЗ}$) за час, який не перевищує критичний, характеризує оперативність функціонування системи управління цивільним захистом; імовірність стійкого функціонування i -ого пункту управління (P) характеризує стійкість вирішення завдань управління цивільним захистом (K_{cm}). Всі ці коефіцієнти за своєю природою носять імовірнісний характер.

Оскільки ефективність функціонування системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації є суттю одночасного відбуття відносно незалежних подій — інтероперабельного й стійкого функціонування, то її показник можна подати добутком показників, що характеризують ці події:

$$K_{оуЦЗ} = K_{inter} \cdot K_{cm}, \text{ при, } \rho_{взу}^{оуЦЗ} \geq \rho_{взу}^{оуЦЗ^*} \quad (7)$$

Фізичний зміст (K_{inter}) полягає в тому, що він відображає ступінь спроможності системи управління цивільним захистом функціонувати в єдиному інформаційному просторі з системами управління структур, що входять до складу оперативного угруповання сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації і його значення знаходиться в межах $0 \leq K_{inter} \leq 1$.

Фізичний зміст (K_{cm}) полягає в тому, що він відображає ступінь вирішення завдань управління цивільного захисту на i -тому пункті управління, який входить до складу оперативного угруповання сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, і його значення знаходиться в межах $0 \leq K_{cm} \leq 1$.

Фізичний зміст ($\rho_{взу}^{оуЦЗ}$) полягає в тому, що він відображає здатність органів управління цивільним захистом виконувати свої функції в умовах, коли швидкість старіння

інформації не призведе до зниження якості виконання завдань управління оперативним у групуванням сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, і його значення знаходиться в межах $0 \leq P_{\text{взу}}^{\text{оуЦЗ}} \leq 1$.

Висновки. Запропоновані показники дозволяють з точністю, що допускається, оцінювати не тільки ступінь виконання вимог, які висуваються до системи управління цивільним захистом при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різноманітного характеру, а й розробити обґрунтовані рекомендації, що спрямовані на підвищення ефективності її функціонування в режимі надзвичайної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Nezih Altay* OR/MS research in disaster operations management / Altay Nezih, G.Walter / European Journal of Operational Research. — 2006. — Volume 175, Issue 1. — PP.475–493
2. *Барабаш Ю.Л.* Основи теорії оцінювання ефективності складних систем / Ю.Л. Барабаш — К.: НАОУ, 1999. — 39 с.
3. *Вентцель Е.С.* Исследование операций / Е.С. Вентцель.— М.: Сов. радио, 1972. — 551 с.
4. *Вентцель Е.С.* Теория вероятности / Е.С. Вентцель — М.: Наука, 1969. — 576 с.
5. *Саати Т.* Математические методы исследования операций: пер. с англ. / Т.Саати. — М.: Воениздат, 1963. — 420 с.
6. *Хиврич О.В.* Моделювання просторово-часового розвитку (еволюції) ризику руйнувань небезпечних промислових об'єктів у надзвичайних ситуаціях [текст] / О.В. Хиврич, Н.В. Володченкова // Харчова промисловість. — 2012. — № 13. — С.140–145.
7. *Хиврич О.В.* Аналіз ризику виникнення аварійних ситуацій на підприємствах харчової промисловості, як чинник підвищення небезпеки їх функціонування [текст] / О.В. Хиврич, Н.В. Володченкова // Ukrainian food journal. — 2013. — Volume 2, issue 1. — С.75–79.

ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.В. Хиврич, Н.В. Володченкова, А.М. Литвиненко

Национальный университет пищевых технологий

Оценить вклад системы управления гражданской защиты в достижении конечной цели ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций различного характера на современном этапе развития теории и практики управления соответствующими силами и средствами является достаточно сложной проблемой.

Известно, что на процесс управления и на систему управления гражданской защитой, как организационно-техническую основу этого процесса при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций различного характера, влияет много факторов. Количественно оценить такое влияние можно только при наличии системы показателей, всесторонне характеризующих функционирование системы управления гражданской защитой и критерия уровня эффективности функционирования этой системы, которая обеспечит достижение конечной цели.

Ключевые слова: гражданская защита, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, оптимизация, эффективность управления, интероперабельность, оперативность, устойчивость.

RECOVERY OF MECHANICAL ENERGY INTO MACHINE CYCLIC ACTION

V.M. Krivorotko, K.V. Vasilkivskij, A.I. Sokolenko

National University of Food Technologies

Key words:

Nergy costs
The kinetic energy
The dynamic load
The laws of motion

ABSTRACT

A mathematical model of the dynamics of the machine batch-moving in the gravitational field with the evaluation of a full cycle. In this dynamic influence of inertial loads and estimated value of the driving force, and the energy performance of the system — the kinetic energy. Found that the ratio of the energy parameters of the kinetic energy and the driving forces of acceleration equal to the ratio given law of motion with an amplitude A_0 to the acceleration of free fall. Research carried out for sine and cosine laws, laws presented by the definition of the driving forces and kinetic energy of the moved mass and their graphic interpretation. Shown that the energy costs associated with the acceleration driven mass at the first stage, the second stage compensated, which corresponds to the energy conservation law. The possibility of implementing various laws of motion of the driven masses. In the case of significant movement of the slave masses recommended for combined traffic laws.

Article history:

Received 11.02.2014
Received in revised form 12.03.2014
Accepted 20.03.2014

Corresponding author:

vasilkivski@voliacable.com

РЕКУПЕРАЦІЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МАШИНАХ ЦИКЛІЧНОЇ ДІЇ

В.М. Криворотько, К.В. Васильківський, А.І. Соколенко

Національний університет харчових технологій

У даній статті представлені результати математичного моделювання процесів переміщення вантажів в гравітаційному полі з врахуванням енергетичних трансформацій і рекуперації кінетичної енергії.

Ключові слова: енергетичні витрати, кінетична енергія, динаміка, навантаження, закони руху.

Вступ. До складу значної кількості технологічних операцій у машинах-автоматах відносять переміщення вантажів на вертикальних і горизонтальних ділянках з різними законами руху. Вибір останніх супроводжується врахуванням пропускнуої здатності, величин кінематичних параметрів, співвідношень статичних і динамічних навантажень тощо. При цьому інколи вимоги щодо вибору законів руху не співпадають, оскільки з точки зору загальних інтересів мають місце запрограмовані протиріччя. Наприклад, пропонується досягти в таких переміщеннях заданої швидкодії з обмеженням динамічних і енергетичних навантажень і разом з тим задаються певні кінцеві параметри [1].

Звичайно в процесах переміщення вантажів розрізняють перехідні режими прискореного руху, розгону, гальмування, вибігу та режими усталеного руху. При цьому швидкості переміщення можуть змінюватись в усіх названих режимах, що означає зміни рівнів кінетичної енергії тіла або сукупності тіл. Проте зміна швидкості не єдина причина зміни рівня кінетичної енергії, оскільки зміна маси також означає вплив на енергетичний потенціал [2].

Мета досліджень. Метою дослідження є пошук можливостей одночасного обмеження динамічних навантажень і енергетичних витрат в машинах циклічної дії. До числа важливих задач в проектуванні машинних систем відносяться задачі з обмеженням динамічних навантажень і енергетичних витрат. Їх розгляд зручно здійснювати на оцінці відповідних параметрів переміщення вантажів у гравітаційному полі за використання математичної формалізації моделей.

Відомо, що всякі переміщення вантажів супроводжуються необхідністю подолання опору середовища, сил тертя або проявів гравітаційного поля. У публікації [1] було встановлено співвідношення енергетичних параметрів у формі:

$$\frac{T_{\text{кін}}}{A_p} = \frac{A_0 \omega^2 \sin \omega t}{g}, \quad (1)$$

з якого витікає, що у випадках прискореного руху співвідношення між кінетичною енергією $T_{\text{кін}}$ рухомої маси m і роботою A_p рушійної сили проти сил тяжіння визначається співвідношенням прискорення заданого закону з амплітудою A_0 і прискорення вільного падіння.

Матеріали та методи. Розглянемо поетапно вертикальне переміщення маси m на висоту h у повному циклі, тобто від початку руху і до зупинки з метою обмеження енергетичних витрат і динамічних навантажень. Для прикладу зупинимось на випадку з синусоїдальним законом руху, у відповідності до якого на переміщення відводиться певний час (рис. 1).

При цьому маємо прискорення, швидкість та переміщення відповідно:

$$\ddot{y} = A_0 \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad (2)$$

де t — плинний час, с.

$$\dot{y} = \frac{h}{T} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{T} t \right), \quad (3)$$

$$y = h \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{T} t \right). \quad (4)$$

Записані залежності дають можливість визначити силові впливи і енергетичні параметри системи. Очевидно, що рівняння руху приводиться до силової форми

$$m \left(A_0 \sin \frac{2\pi}{T} t \right) = P_p(t) - mg, \quad (5)$$

$$P_p(t) = m \left(A_0 \sin \frac{2\pi}{T} t + g \right). \quad (6)$$

Максимальному силовому навантаженню системи відповідає найбільша величина прискорення з амплітудою

$$A_0 = \frac{2\pi h}{T^2} \quad (7)$$

і тоді

$$P_{p \text{ max}} = \frac{2m\pi h}{T^2} + mg. \quad (8)$$

Оскільки

$$\dot{y} = \frac{h}{T} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{T} t \right), \quad (9)$$

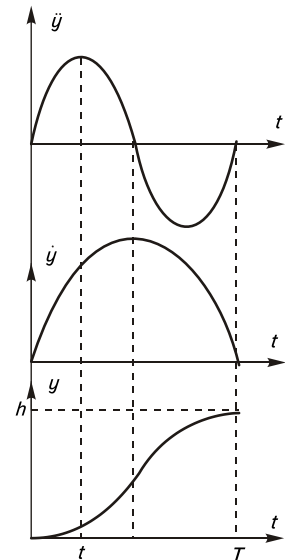


Рис. 1. Кінематичні закони переміщення вантажу

то величина плинної кінетичної енергії

$$T_{кин} = m \frac{\dot{y}^2}{2} = m \frac{h^2}{2T^2} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{T} t\right)^2. \quad (10)$$

З графіка і формули (10) видно, що максимуму кінетичної енергії відповідає значення $t = 0,5T$, і при цьому

$$\dot{y}_{max} = \frac{2h}{T}. \quad (11)$$

Реалізація законів, що відповідає рис. 1, приводить до мінімізації енергетичних витрат в системі, оскільки накопичена за першу половину циклу кінетична енергія в другій його частині обмежує величину рушійної сили, оскільки

$$P_p = m \left(\frac{2\pi h}{T^2} \sin \frac{2\pi}{T} t + g \right). \quad (12)$$

За нульових значень динамічних складових прискорень рушійна сила стає найменшою і рівною статичному навантаженню mg .

За вибору на користь косинусоїдального закону у зміні прискорення одержимо залежності прискорення, швидкості та переміщення відповідно

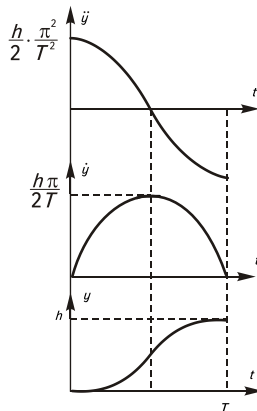


Рис. 2. Кінематичні закони переміщення вантажу з косинусоїдальним прискоренням

$$\ddot{y} = \frac{h}{2} \cdot \frac{\pi^2}{T^2} \cos \frac{\pi}{T} t; \quad (13)$$

$$\dot{y} = \frac{h}{2} \cdot \frac{\pi}{T} \sin \frac{\pi}{T} t; \quad (14)$$

$$y = \frac{h}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{T} t\right); \quad (15)$$

Графіки зміни даних кінематичних параметрів наведені на рис. 2, а рівняння руху приводиться до силової форми

$$m \left(\frac{h}{2} \cdot \frac{\pi^2}{T^2} \cos \frac{\pi}{T} t \right) = P_p(t) - mg; \quad (16)$$

Звідки рушійна сила дорівнює:

$$P_p(t) = m \left(\left(\frac{h}{2} \cdot \frac{\pi^2}{T^2} \cos \frac{\pi}{T} t \right) + g \right); \quad (17)$$

Плинна кінетична енергія системи визначається залежністю

$$T_{кин} = m \frac{h^2 \pi^2}{8T^2} \sin^2 \left(\frac{\pi}{T} t \right); \quad (18)$$

Реалізація обраних законів (синусоїдального, косинусоїдального тощо) є можливою за рахунок їх кінематичного забезпечення або за рахунок відтворення законів $P_p = P_p(t)$.

Звернемося до додаткового аналізу рівнянь (6) та (17), у тому числі і у їх графічному представленні. Як видно з них в обох випадках P_p представлено статичними і динамічними складовими (рис. 3 і 4).

Результати досліджень. Графічним виключенням параметра t (рис. 3) одержано залежність $P_p = P_p(y)$. На графіку виділено елементарну площу з ординатою P_{pi} та шириною dy , якою представлено роботу рушійної сили на переміщенні dy . Звідси витікає,

що за весь цикл робота рушійної сили представлена площею, яка замкнена між осями системи координат, синусоїдою та ординатою в позиції 6'. Оскільки крива залежності $P_p = P_p(y)$ є симетричною відносно вертикальної осі в точці 3', то це означає, що робота рушійної сили за цикл становить

$$A_p = \int_0^T m \left(\frac{2\pi h}{T^2} \sin \frac{2\pi}{T} t + g \right) h \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \frac{2\pi}{T} t \right) dt = mgh. \quad (19)$$

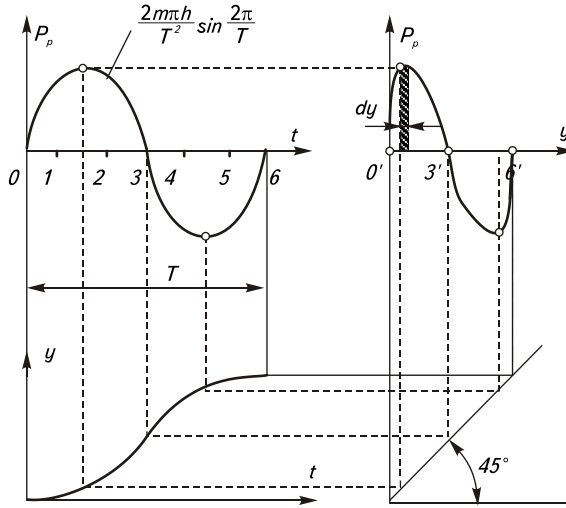


Рис. 3. Графіки по представленню залежності $P_p = P_p(y)$

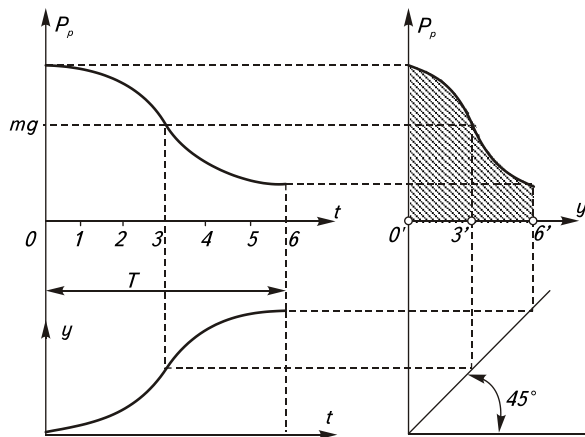


Рис. 4. Графіки по одержанню залежності $P_p = P_p(y)$

Таким чином, енергетичні витрати, пов'язані з розгоном веденої маси до максимальної швидкості на першому етапі руху компенсуються на другому етапі, що цілком відповідає закону збереження енергії. Очевидно, що й іншим законам, в яких реалізується переміщення за цикл, має відповідати аналогічний результат (рис. 4). Звідси маємо

$$A_p = \int_0^T \frac{mh}{2} \left(\frac{h}{2} \cdot \frac{\pi^2}{T^2} \cos \frac{\pi}{T} t + g \right) \left(1 - \cos \frac{\pi}{T} t \right) dt = mgh. \quad (20)$$

Висновки. Відтворення залежностей $P_p = P_p(y)$, за яких реалізуються обрані закони переміщення вантажів можливе, наприклад, за використання пневмоциліндрів з відповідним комп'ютерним керуванням.

Проте існує можливість розв'язання цієї частини проблеми за рахунок механічних приводів. Придатними для використання можуть бути кулачкові механізми, за допомогою яких реалізуються різні закони, комбінації з кулачкових, зубчастих або важільних механізмів тощо.

За значних величин вертикальних переміщень доцільним стає використання комбінованих законів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколенко А.І. Енергетика піднімання вантажів у пакувальному обладнанні / А.І. Соколенко, М.М. Хваста, І.Ф. Максименко та ін. // Упаковка. — 2010. — № 5. — С. 37–39.
2. *Модельювання* процесів пакування: підручник / А.І. Соколенко, В.Л. Яровий, В.А. Піддубний та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 272 с.

РЕКУПЕРАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В МАШИНАХ ЦИКЛИЧНОГО ДЕЙСТВИЯ

В.М. Криворотько, К.В. Васильковский, А.І. Соколенко

Национальный университет пищевых технологий

В данной статье представлены результаты математического моделирования процессов перемещения грузов в гравитационном поле с учетом энергетических трансформаций и рекуперации кинетической энергии.

Ключевые слова: энергетические затраты, кинетическая энергия, динамика, нагрузка, законы движения.

CALCULATION OF COEFFICIENT OF THERMAL RADIATION OF COMBUSTION GASES IN THE FURNACE CHANNEL WITH CYCLOTHERMIC HEATING SYSTEM

S.D. Dudko

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
Radiation emissivity coefficient	Methods of determination to the radiation emissivity coefficient of smoke gases are investigated. It is shown, that the calculation after the formulas resulted in the Normative method of thermal calculation of caldrons (In 1998) for the terms of baking oven with the cyclothermic heating system can bring to the considerable error. Offered correction coefficient as a function from the effective thickness of layer of gas which allows to promote exactness of calculation.
Smoke gasses	
Baking oven	
Effective thickness of layer of gas	
Calculation	
Relative error	
Article history:	
Received 21.06.2013	
Received in revised form 3.12.2013	
Accepted 10.12.2013	
Corresponding author:	
tmipt_xp@ukr.net	

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ У КАНАЛІ ПЕЧІ З ЦИКЛОТЕРМІЧНОЮ НАГРІВНОЮ СИСТЕМОЮ

С.Д. ДУДКО

Національний університет харчових технологій

*Розглянуті методи визначення коефіцієнту теплового випромінювання продуктів згоряння палива. Показано, що обчислення коефіцієнту теплового випромінювання за формулами, наведеними у Нормативному методі теплового розрахунку котлів (1998 р.), для умов печі з циклотермічною нагрівною системою можуть призвести до значної похибки. Запропоновано поправочний коефіцієнт у вигляді функції від ефективної товщини шару газу, який дозволяє підвищити точність розрахунку. **Ключові слова:** коефіцієнт теплового випромінювання, димові гази, хлібопекарська піч, ефективна товщина шару газу, розрахунок, відносна похибка.*

Вступ. Коефіцієнт теплового випромінювання (КТВ) або ступінь чорноти є однією з головних радіаційних характеристик димових газів, які під час руху нагрівним каналом випромінюють теплову енергію на його поверхні. Теплова енергія передається через робочу

© С.Д. Дудко, 2013

стінку каналу виробам, що випакаються у пекарній камері. За розрахунками [1, 2, 3] частка теплової енергії, переданої випромінюванням в печах з циклотермічною нагрівною системою, може коливатися в значних межах (в основному, від 30 до 60 %). Для нині існуючого розмаїття конструкцій печей значення частки випромінювання може бути як більшим, так і меншим від наведеного діапазону, проте у будь-якому разі внесок теплового випромінювання у загальній величині теплопередачі є значним. Серед усіх компонентів продуктів згоряння рідкого та газоподібного палива найбільше впливають на значення КТВ, головним чином, вміст трьохатомних газів — двоокису вуглецю та водяної пари.

На сьогоднішній день одним із найбільш точних методів визначення величини КТВ продуктів згоряння є графічний метод, в основі якого лежать номограми, побудовані за результатами обробки великого масиву експериментальних даних. Коефіцієнт випромінювання визначається окремо для CO_2 і H_2O в залежності від температури та добутку парціального тиску на ефективну товщину шару газу. За допоміжними графіками визначаються поправки, що враховують певні специфічні умови, характерні для перебігу процесу. Однак, використання графічного методу суттєво ускладнює комп'ютерне моделювання і розрахунок конструкцій та теплових режимів нагрівних систем печей.

У зв'язку з цим, неодноразово робилися спроби формалізувати вищезазначені залежності у вигляді математичних формул. Зокрема, у літературі [3] наводяться емпіричні залежності, що дозволяють проводити розрахунки без застосування графічного методу. Оціночне значення коефіцієнта теплового випромінювання димових газів можна отримати за формулою А. Шака:

$$\alpha_z = 0,154 \frac{\sqrt[3]{p_{\text{CO}_2} S}}{\sqrt{0,01T}} + 0,18 \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}^{0,8} S^{0,6}}{0,01T} \quad (1)$$

де p_{CO_2} , $p_{\text{H}_2\text{O}}$ — відповідно парціальні тиски газів, кПа; S — ефективна товщина випромінюючого шару димових газів (довжина шляху променя), см; T — абсолютна температура, К.

Однак, як показують розрахунки, для значень температури і ефективної товщини шару газу, характерних для каналів хлібопекарських печей, формула дає занижений результат, а відносна похибка може сягати 30 %.

Інша група методик будується на спробі поєднати експериментальний матеріал з фізичними закономірностями процесу випромінювання. До таких можна віднести, зокрема, методику [4], у якій ступінь чорноти газу визначається як наслідок закону Бугера:

$$\alpha_z = 1 - \exp(-kpS), \quad (2)$$

де k — коефіцієнт ослаблення випромінювання газовою фазою продуктів згоряння, $1/\text{м}\cdot\text{МПа}$; p — тиск димових газів (абсолютний), МПа; S — вимірюється в метрах.

Коефіцієнт ослаблення випромінювання для суміші трьохатомних газів і водяної пари визначається за емпіричною формулою:

$$k_z = \left(\frac{8 + 16r_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{S}} \right) \left(1 - 0,38 \frac{T}{1000} \right) \sqrt{p(r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{CO}_2})}, \quad (3)$$

де $r_{\text{H}_2\text{O}}$, r_{CO_2} — об'ємні частки відповідних газів у суміші.

Область застосування цієї методики включає діапазон парціальних тисків CO_2 та H_2O , який є характерним для хлібопекарських печей; нижня межа температури, при якій застосовують формулу, становить 750 К. У нагрівних каналах сучасних печей, насамперед, з розвиненою турбулентністю газового потоку, значення температури газів у каналі можуть бути суттєво нижчими від зазначеної.

У більш сучасному варіанті Нормативного методу теплового розрахунку котлів [5] ця формула використовується у дещо іншому вигляді:

$$k_e = \left(\frac{7,8 + 16r_{H_2O}}{\sqrt{10\rho r_{cm} S}} - 1 \right) \left(1 - 0,37 \frac{T}{1000} \right) r_{cm}, \quad (4)$$

де $r_{cm} = r_{RO_2} + r_{H_2O}$ — об'ємна частка суміші випромінюючих газів у продуктах згоряння. Об'ємна частка відповідних газів розраховується за відомими формулами:

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}^0}{V_e}, \quad r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_e},$$

де $V_{RO_2}^0$, — теоретичний об'єм трьохатомних газів (тут і далі всі об'єми приведені до нормальних умов при спалюванні 1 нмі палива і коефіцієнті витрати повітря $b = 1$). За умови повного згоряння горючих компонентів палива можна прийняти $V_{RO_2}^0 = V_{CO_2}^0$; V_{H_2O} — об'єм водяної пари в димових газах. Об'єм залежить від коефіцієнта витрати повітря і розраховується за формулою:

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1)V^0,$$

де $V_{H_2O}^0$ — теоретичний об'єм водяної пари; V^0 — теоретичний об'єм повітря, що іде на спалювання одиниці палива; V_e — об'єм димових газів у нагрівному каналі, який залежить від коефіцієнта витрати повітря і розраховується за формулою:

$$V_e = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1)V^0$$

Діапазон температур, при яких можна застосовувати формулу (4), у виданні [5] не зазначений. Однак можна припустити, що оскільки методика стосується розрахунку котлів, нижня межа діапазону перевищує значення температури газів, яка може мати місце у каналах хлібопекарських печей.

Мета досліджень. Задачею даної роботи є дослідити похибку, яку дає розрахунок за Нормативним методом відносно графічного методу для діапазону значень часток трьохатомних газів, води, ефективної товщини шару газу та його температури, які мають місце в теплопередавальних пристроях (каналах) сучасних печей, у яких застосовується рециркуляція димових газів, а також запропонувати вираз для відповідної поправки.

Оцінювання точності Нормативного методу проводили для таких умов: об'ємна частка двоокису вуглецю $CO_2 = 0,0427$, води $H_2O = 0,1$, що відповідає середньому значенню коефіцієнта витрати повітря в каналі $\alpha = 2,35$ при спалюванні природного газу. У розрахунках змінювали висоту нагрівного каналу в межах 0,03...0,08 м з кроком 0,01 м та середню температуру газів у межах 573...823 К з кроком 50 К. Для плоского каналу довжину шляху променя розраховували за формулою:

$$S = 1,8h, \quad (5)$$

де h — висота каналу, м.

Результати досліджень. Результати обчислень показали, що більш суттєво, порівняно з температурою, на точність розрахункового методу впливає ефективна товщина шару газу. Допустима відносна похибка (до 5,5 %) має місце при значеннях висоти каналу 0,05 м і більше, причому по мірі збільшення висоти точність зростає при всіх значеннях температури. Ця ж тенденція зберігається і в області великих похибок: при висоті каналу 0,04 м відносна похибка коливається в межах 4,5 ... 9,4 % (в середньому 6,8 %), при 0,03 м — у межах 9,5...15,0 % (в середньому 12,2 %). Для кожного із значень висоти каналу збільшення температури призводить до зростання похибки. Для вказаного діапазону значень параметрів розрахунок дає завищений результат, за винятком області $h = 0,08$ м, де відносна похибка близька до нуля, а відхилення, залежно від температури, можуть бути як додатні, так і від'ємні.

Таким чином, розрахунковий метод за формулами (2), (4) дає зовелику похибку, щоб його застосовувати у математичних моделях теплообміну в каналах печей.

Відповідна обробка результатів обчислень дозволила знайти вираз для поправки до значень КТВ, розрахованого згідно з Нормативним методом:

$$\alpha_2'' = \delta \alpha_2', \quad (6)$$

де $\delta = (0,832 + 1,2S)$ — поправочний коефіцієнт; α_2' — значення КТВ, розраховане за Нормативним методом;

Для зазначеного діапазону зміни температури, висоти каналу і вмісту трьохатомних газів і води максимальна похибка розрахунку за формулою (6) становить 4 % (для $T = 573$ К, $h = 0,04$ м), для більшості інших комбінацій T і h — суттєво нижча.

При моделюванні режимів роботи печей можлива ситуація, коли необхідно обчислювати значення КТВ у деякому діапазоні змін вмісту трьохатомних газів і води. Зміна складу газів у каналах пов'язана із підсмоктуванням повітря до нагрівної системи із зовні й залежить від герметичності нагрівної системи та, відповідно, величини коефіцієнта витрати повітря.

Похибку розрахунку за формулою (6) досліджували при тих самих комбінаціях значень температур і висоти каналу для двох фіксованих значень середньої величини коефіцієнта витрати повітря в каналах $\alpha = 2,0$ і $\alpha = 2,7$. Ці значення можна вважати крайніми для діапазону можливої зміни коефіцієнта α в каналах сучасних хлібопекарських печей з циклотермічною нагрівною системою.

Результати обчислень показали, що запропонована поправка у всьому дослідженому діапазоні зменшує відносну похибку розрахунку значень КТВ газів за методом (2), (4) порівняно з графічним методом.

При $\alpha = 2,0$ максимальна похибка Нормативного методу має місце при висоті каналу 0,03 м і досягає +18,4 % (при $T = 823$ К). Обчислення з поправкою при тих самих висоті й температурі дають максимальну похибку +6,1 %. При висоті каналу 0,08 м максимальна похибка Нормативного методу становить -9,2 %, з поправкою становить -8,7 % (при $T = 823$ К).

При $\alpha = 2,7$ Нормативний метод дає максимальну похибку +18,1 % при висоті каналу 0,03 м і $T = 823$ К. Поправка зменшує відносну похибку до +5,9 %. Для каналу висотою 0,08 м похибка Нормативного методу складає -6,1 %, з поправкою складає -5,6 %. Для інших комбінацій T і h розрахунок з поправкою дає похибку меншу ± 5 %.

Висновки. При моделюванні конструкцій та режимів роботи хлібопекарських печей з рециркуляцією димових газів коефіцієнт теплового випромінювання газів у нагрівних каналах можна обчислювати за Нормативним методом теплового розрахунку котлів із запропонованою поправкою на ефективну товщину випромінюючого шару. Похибка розрахунку у дослідженому діапазоні значень температури, коефіцієнта витрати повітря і довжини шляху променя не перевищує 6 %, що можна вважати задовільним результатом, за винятком області значень $\alpha = 2,0$, $h = 0,08$ см, у якій розрахунок з поправкою хоча і зменшує похибку Нормативного методу, проте занижує значення коефіцієнта теплового випромінювання на 7,9 ...8,7 % порівняно з графічним методом.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств* [Текст]: учеб. / А.А. Михелев, Н.М. Ицкович, М.Н. Сигал, А.В. Володарский; Минвуз СССР. — 3-е изд. перераб. и доп.— М.: Пищевая пром-сть, 1979. — 326 с.
2. *Маклюков И.И.* Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства [Текст]: учеб. / И.И. Маклюков, В.И. Маклюков; Минвуз СССР. — 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 272 с.
3. *Михелев А.А.* Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств [Текст]: учеб. / А.А. Михелев, Н.М. Ицкович; Минвуз РСФСР. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Пищевая пром-сть, 1968. — 487 с.
4. *Блох А.Г.* Теплообмен излучением: справочник [Текст]/ А.Г. Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. М.: Энергоатомиздат, 1991. — 432 с.

5. *Тепловой* расчет котлов (нормативный метод) [Текст]. — 3-е изд. перераб. и доп. — СПб.: ВТИ, НПО ЦКТИ, 1998. — 257 с.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В КАНАЛЕ ПЕЧИ С ЦИКЛОТЕРМИЧЕСКОЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

С.Д. Дудко

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрены методы определения коэффициента теплового излучения продуктов сгорания топлива. Показано, что вычисления коэффициента теплового излучения по формулам, приведенным в Нормативном методе теплового расчета котлов (1998 г.), для условий печей с циклотермической нагревательной системой могут привести к существенным погрешностям. Предложен поправочный коэффициент в виде функции от эффективной толщины слоя газа, который позволяет повысить точность расчета.

Ключевые слова: *коэффициент теплового излучения, дымовые газы, хлебопекарная печь, эффективная толщина слоя газа, расчет, относительная погрешность.*

ENERGY TRANSFORMATION IN SYSTEMS GAS-LIQUID

A.O. Chagayda

National University of Food Technologies

Key words:

Gas-liquid system
Circulation
Dissolution
Transformation
Concentration

ABSTRACT

The information about the features of energy transformations gas-liquid systems are forced introduction of liquid medium gas phase or through the formation of the latter in the process of fermentation.

Marked features of energy transformations with the formation of internal circulation paths and gradients of concentrations of dissolved CO₂.

Also presented the relationship between mass concentrations of fermentable sugars and synthetic gas phase volumes and evaluation predicted loss of alcohol.

Article history:

Received 28.09.2013

Received in revised form 27.11.2013

Accepted 5.12.2013

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТРАНСФОРМАЦІЇ В ГАЗОРІДИННИХ СИСТЕМАХ

О.А. Чагайда

Національний університет харчових технологій

Наведено інформацію про особливості енергетичних трансформацій газорідинних систем, які створюються примусовим введенням в рідинні середовища газової фази або за рахунок утворення останньої в процесах бродіння. Відмічено особливості енергетичних трансформацій з утворенням внутрішніх циркуляційних контурів і градієнтів концентрацій розчиненого CO₂.

Ключові слова: газорідинна система, циркуляція, розчинність, трансформація, концентрація.

Вступ. Газорідинні системи стосуються значної кількості технологій в харчовій, мікробіологічній, фармацевтичній і хімічній галузях промисловості. Існування таких систем інколи є результатом перебігу хімічних, біохімічних або комбінованих перетворень матеріальних потоків, або штучне перетворення і створення газорідинних систем пов'язується з масообміном для забезпечення трансформацій енергетичних і матеріальних потоків з них.

У значній кількості випадків газорідинні системи створюються в об'ємах спеціальних апаратів або у формі газорідинних потоків, проте, як правило, газова фаза в них диспергована і підлягає дії фізичних законів (Архімеда, Рейнольдса, Стокса, Бернуллі, закону нерозривності потоків тощо).

Мета досліджень. Причиною і наслідком створення газорідинних систем є організація масообмінних, теплообмінних процесів, механічне перемішування в інтересах перебігу технологічних процесів. Утворення газорідинної системи супроводжується енергетичними

трансформаціями на рівні синтезу поверхні поділу фаз, подолання гідростатичних тисків, утворення циркуляційних газорідних контурів тощо. Саме по собі існування газорідних систем означає присутність в них енергетичних потенціалів, які названі в попередньому абзаці. Проте їх присутність пов'язується з синтезом диспергованої газової фази або введенням її в рідинні середовище. За таких умов рушійним фактором системи виступають сили, що відповідають закону Архімеда.

Разом з тим існує дещо прихований потенціал розчинених газів, закономірності якого відображаються законом Генрі.

При цьому важливо, що існування потенціалу розчинених газів підтримується за рахунок таких термодинамічних параметрів як тиск і температура.

Методика досліджень. Розглянемо деякі особливості створення і існування газорідних систем в харчових і мікробіологічних технологіях. Вони можуть створюватися штучно для забезпечення аеробних умов існування мікроорганізмів і синтезу, наприклад, хлібопекарських дріжджів або для аерації стічних вод підприємств і створення умов існування симбіозу мікроорганізмів активного мулу. За вказаних задач завданням аерації є забезпечення середовищ розчиненим киснем і виведенням з них діоксиду вуглецю. Створення диспергованої газової фази в рідинній означає введення в останню певного енергетичного потенціалу у формі кінетичної, потенціальної енергії та енергії створення поверхні поділу фаз.

Нарощування потенціалу середовищ має місце в бродильних технологіях, однак у цьому випадку мова йде про потенціали тиску розчинених газів. Відомо, що процеси бродіння, які відбуваються за участю дріжджових культур, супроводжуються, утворенням діоксиду вуглецю. Якщо у виробництві алкоголю синтезований CO_2 у більшості випадків існує як вихідний матеріальний потік, який на подальших етапах технології не використовується, то у виробництві хліба, пива і шампанських вин він є складовою названої продукції. Первинне виноробство хоча і супроводжується синтезом CO_2 , але також останній застосування не знаходить.

Оцінюючи той факт, що зброджування цукровмістких середовищ може здійснюватися за високих тисків, слід прийти до висновку про, як мінімум, потрібну шкоду, якщо утворюваний CO_2 просто скидається в навколишнє середовище. По-перше, енергетичний потенціал розчиненого газу не використовується для активації масообміну, по-друге, діоксид вуглецю не відбирається для подальшого використання, по-третє — має місце негативний екологічний вплив. Між тим вказані негативні наслідки в значній мірі могли б бути локалізованими і, навіть, ліквідованими.

З цієї точки зору майже ідеальне рішення досягнуто виробниками шампанських вин. Воно стосується як класичної технології виробництва шампанського пляшковим методом, так і технологій безперервного бродіння в акратофорах. Позитив цих двох названих технологій пов'язаний з тим, що концентрація цукру у виноматеріалах, які підлягають зброджуванню, забезпечує необхідну концентрацію CO_2 біля 10 г/л. Саме тому зброджування таких середовищ завершується повною трансформацією цукрів в алкоголь і діоксид вуглецю. Утворюваний в результаті таких процесів бродіння продукт є абсолютно сухим шампанським з технологічною назвою «брют». Надалі необхідні (і різні) концентрації цукру і алкоголю досягаються за рахунок їх дозування у формі приготовлених розчинів-лікерів, а брют з його технологічними параметрами забезпечує можливість створення ряду сухого, напівсухого, напівсолодкого і солодкого шампанського.

Номінальна концентрація розчиненого CO_2 10 г/л забезпечується за рахунок двох термодинамічних параметрів, до числа яких відносяться тиск і температур. Цьому сполученню відповідає закон Генрі у формі:

$$c_n = kP, \quad (1)$$

де c_n — максимальне насичення середовища газовою фазою у розчиненому вигляді; k — константа Генрі, яка враховує фізико-хімічні властивості середовищ, що взаємодіють і у тому числі температуру; P — парціальний тиск газової фази в системі.

У відповідності до наведеного співвідношення і для забезпечення $c_H = 10$ г/л в акратофорах забезпечуються тиски газової фази біля 0,6 МПа і температури середовищ біля 6 °С. Кількість розчиненого CO_2 в одиниці об'єму рідинної фази і тиск визначають його енергетичний потенціал

$$E_{\text{CO}_2} = PV = MRT. \quad (2)$$

Розрахунок виконаємо для одиниці об'єму середовища 1 м^3 , якому відповідає 10 кг розчиненого газу

$$E_{\text{CO}_2} = 10 \cdot 188,9 \cdot 279 = 527031 \text{ Дж} = 527,031 \text{ кДж}.$$

Для можливості порівняльної оцінки вказаної величини E_{CO_2} перейдемо до потужності, яка може розвиватися в режимі його спрацювання за рахунок десатурації. Якщо час такого спрацювання складатиме 10 с, то потужність

$$N_{\text{CO}_2} = \frac{E_{\text{CO}_2}}{\tau_{(к)}} = \frac{527,031}{20} \approx 26,35 \text{ кВт},$$

а перехід до $\tau_{(к)} = 20$ с дає значення

$$N_{\text{CO}_2} = \frac{527,031}{20} \approx 26,35 \text{ кВт}.$$

Названі показники хоча і мають наближену оцінку, проте потужності впливу на середовища на порядок і більше перевищують показники енерговведення в класичних технологіях.

Хоча присутність енергетичних потенціалів розчинених газів не потребує подальших доказів, однак їх використання в інтересах технологічних процесів практично не досягається. Між тим існує два варіанти такого використання.

Варіант перший. Він стосується можливості того, що рідинна фаза з розчиненим CO_2 за рахунок порушення умови термодинамічної рівноваги трансформується в газорідинне середовище з дисперговою в ньому газовою фазою. Очевидно, що ця частина впливу означає часткову ж десатурацію. Однак такий процес легко припинити повторним збільшенням тиску в системі. Останнє супроводжується повторним швидкоплинним розчиненням CO_2 з бульбашок, які припиняють своє існування в результаті колапсу в процесі кавітації.

Очевидно, що різке припинення десатурації в таких системах за своїми наслідками подібне до кавітації і може використовуватися для інтенсифікації масообмінних процесів та енергомасообмінних трансформацій. Враховуючи значну кількість підприємств бродильної промисловості і самогенерування в технологічних апаратах CO_2 , слід прийти до висновку про перспективність використання цих явищ.

Другий варіант використання потенціалів розчинених газів в рідинних середовищах стосується випадків застосування технологічних апаратів зі значними гідростатичними тисками середовищ. У відповідності до закону Генрі гідростатичні тиски мають супроводжуватися концентраційними градієнтами CO_2 по висоті апаратів. Це означає можливість додаткових енергоматеріальних трансформацій в їх енергетичному забезпеченні.

Збільшення фізичних і гідростатичних тисків в технологічних апаратах, в яких здійснюється синтез діоксиду вуглецю або його примусове подавання і диспергування в рідинній фазі означає підвищення розчинності відповідно до закону Генрі. В бродильних середовищах, оскільки CO_2 генерується в них, парціальні тиски дорівнюють загальним тискам. Останні мають обчислюватися сумою тисків в газовій фазі апарата і гідростатичних тисків. Це означає, що, наприклад, в таких апаратах значної висоти, як ЦКТ пивоварної галузі, розчинність діоксиду вуглецю по висоті буде різною, що приводить до існування концентраційного градієнта, особливо в умовах обмеженої вертикальної циркуляції. Проте навіть за існування такої ситуації досягалося б певне наближення до вирівнювання концентрації

CO₂, однак фізичне підґрунтя нерівномірності розчинності не зникає. Це означає, що утворення диспергованої газової фази по висоті апаратів буде різним. Наслідком такої ситуації буде різна швидкість передавання CO₂ в газову фазу по висоті середовища і різна щільність диспергованої газової фази. З урахуванням феноменологічних міркувань слід прийти до висновку про те, що щільність диспергованої газової фази визначає гідродинамічні показники газорідних систем, у тому числі утримувальну здатність по газовій фазі, абсолютну швидкість спливання газових бульбашок як прояв дії Архімедових сил і інтенсивність циркуляційних контурів. Додатковий вплив на останні мають режими охолодження середовищ.

Процес утворення диспергованої газової фази слід розглядати тріступеневим. На першому етапі відбувається синтез CO₂ в дріжджових клітинах, другий етап стосується масопередавання через клітинні оболонки в середовище, а на третьому — відбувається утворення газових бульбашок, збільшення їх в розмірах і спливання під дією Архімедових сил. Наведений аналіз приводить до висновку про неоднорідність гідродинаміки в середовищах і доцільність впливати на неї за рахунок використання потенціалів розчинених газів і диспергованої газової фази.

Проявів таких потенціалів можливо досягати за рахунок зміни тисків в газорідних середовищах і ці зміни можуть бути програмованими. При цьому зміни тисків стосуються трансформацій обох потенціалів і супроводжуються механічними, гідродинамічними, кавітаційними впливами, гідравлічними ударами тощо. Можливим також є вплив на середовища у формі організації циркуляційних контурів [1] або за рахунок різких знижень тисків в системах [2].

Технології, пов'язані з насиченням вологовмістких середовищ діоксидом вуглецю з наступним швидкоплинним режимом десатурації, також можуть знайти широке застосування в галузях харчової промисловості, наприклад, в системах для одержання дифузійного соку [3], соків овочів, фруктів, ягід тощо.

Створення енергетичних потенціалів розчинених газів, як було показано, пов'язано з їх фізичними і хімічними характеристиками безпосередньо і у тому числі відносно властивостей середовищ. До таких висновків приходимо на основі аналізу літературних джерел, хоча повнота їх помітно обмежена стосовно впливів розчинених в середовищах речовин. В табл. 1 наведено дані, які стосуються розчинності CO₂ у сухому вині. Останнє визначення означає, що цукри у середовищі відсутні, а концентрація алкоголю близька до 8–9 %. Однак інформація щодо присутності інших сухих речовин у розчиненому стані також відсутня. Проте навіть за таких умов представлена динаміка впливів тисків і температур в аналізі ситуації є корисною.

Залежність розчинності (константи Генрі) від тиску є лінійною, що власне відповідає закону Генрі.

Для визначення впливу температур виконаємо побудову залежностей $c_n = c_n(t)$ за обраних ізобар. Ці результати наведені на рис. 1 і 2.

Таблиця 1. Розчинність діоксиду вуглецю у вині в залежності від тиску і температури, г/л

Температура, °С	Тиск, бар						
	1	2	3	4	5	6	7
0	3,62	7,25	10,87	14,50	18,12	21,75	25,37
2	3,39	6,78	10,17	13,56	16,94	20,33	23,72
4	3,17	6,34	9,52	12,69	15,86	19,03	22,21
6	2,97	5,95	8,92	11,90	14,57	17,84	20,82
8	2,79	5,58	8,37	11,16	13,97	16,75	19,54
10	2,62	5,25	7,84	10,49	13,11	15,74	18,36
12	2,47	4,94	7,40	9,87	12,34	14,81	17,27
14	2,32	4,65	6,97	9,30	11,62	13,95	16,27
16	2,19	4,38	6,58	8,77	10,96	13,15	15,34
18	2,07	4,14	6,21	8,28	10,35	12,42	14,49

В бродильних технологіях кількості і концентрації CO_2 є цілком програмованими, оскільки відомими є характеристики зброджуваних середовищ.

Так початкова концентрація цукрів у зброджуваному пивному суслі складає 13 %, а біохімічним перетворенням відповідає відоме рівняння Гей Люсака:

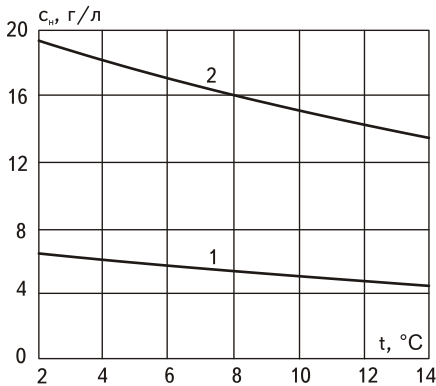
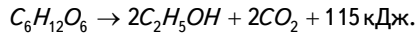


Рис. 1. Графік залежності сталої насичення на CO_2 від температури для пива при: 1 – $P = 2$ бар; 2 – $P = 6$ бар

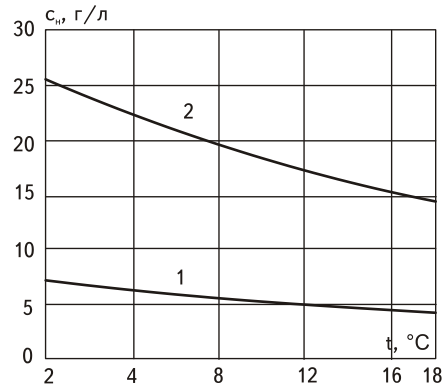


Рис. 2. Графік залежності сталої насичення на CO_2 від температури для сухого вина при: 1 – $P = 2$ бар; 2 – $P = 7$ бар

Кількісний підрахунок синтезованих продуктів здійснюється з врахуванням атомних мас:

C : 72	48	24
H : 12	12	
O : 92	32	64
180	92	88

За вказаних співвідношень цукрів і діоксиду вуглецю розраховуються концентрації CO_2 в середовищах (табл. 2).

Таблиця 2. Концентрації CO_2 , що утворюються в середовищах за рахунок збродження різних концентрацій цукрів, $кг/м^3$

Масові концентрації цукрів, $кг/м^3$														
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3,91	4,40	4,89	5,28	5,87	6,35	6,84	7,33	7,82	8,31	8,80	9,29	9,78	10,27	10,76

Якщо технологію бродіння пива здійснювати з орієнтиром на концентрацію CO_2 4 г/л, як це відповідає стандарту, то початкова концентрація екстрактивних речовин повинна складати 8,18 г/л. Звідси витікає, що в процесі бродіння з кожного кубічного метра середовища виводиться CO_2 у кількості:

$$M_{CO_2} = 6,36 - 4,0 = 2,36 \text{ кг.}$$

Очевидно, що такі втрати матеріального потоку CO_2 є програмованими. На відміну від виробництва шампанського у цьому випадку контрольованою величиною у цільовому продукті є концентрація алкоголю, яка за відсутності втрат повинна була б складати:

$$M_{C_2H_5OH} = \frac{13 \cdot 92}{180} = 6,64 \text{ кг/м}^3.$$

Нагадування про втрати алкоголю пов'язані з тим, що вони дійсно мають місце в періоди виведення з середовища «зайвого» діоксиду вуглецю, який у своїй концентрації перевищує рівень насичення. Останній визначається тиском в системі, стабілізація якого означає досягнення певного значення CO_2 . Якщо зброджування пива здійснюється у відкритих апаратах, то це означає поступові втрати діоксиду вуглецю в режимах ламінарних переміщень диспергованої газової фази. В герметизованих апаратах зниження тиску є відгуком на спрацювання запобіжних клапанів, що супроводжується швидкоплинною зміною гідродинаміки середовища. За сучасними рекомендаціями доброджування сусла має продовжуватися 6–7 діб при температурах від нуля до -1 °C. Це повинно забезпечити концентрацію CO_2 біля 5 г/л, що на 1 г/л перевищує нормативний показник. Проте перевищення останнього на 1 г/л створює резерв, який втрачається в наступних технологічних операціях.

До числа особливостей технологій зброджування пивного сусла, яке в класичному представленні поділяються власне на бродіння і доброджування відносяться два етапи. Першому етапу відповідають температури біля 6 °C (в сучасних прискорених технологіях — 12...14 °C). Це означає, що стан насичення на CO_2 буде досягтися лише з певним часом, тим більше, що на заваді цьому процесу стоять осмотичні і температурні шокові дії на дріжджові культури. Таким чином, динаміка накопичення CO_2 безпосередньо пов'язана з швидкістю зброджування цукрів, яка у свою чергу залежить від температури середовища, присутності відповідних концентрацій цукру, компонентів азотного і фосфорного живлення, біостимуляторів, розчиненого кисню в період лаг-фази тощо. Перелік тільки наведених факторів впливу приводить до того, що в класичних технологіях на операцію бродіння відводиться 6...7 діб з відповідним досягненням на якийсь момент часу стану насичення середовища на CO_2 .

В аеробних умовах синтезу мікроорганізмів, які створюються безперервним подаванням повітря, досягається повне за термодинамічними умовами насичення середовища азотом, динамічними рівнями розчинених кисню і діоксиду вуглецю. Якщо за таких умов здійснювати зміни тисків, то за складовою азоту реакції системи буде присутньою обов'язково, а реагування з боку розчиненого діоксиду вуглецю і кисню буде мати місце лише за умови виходу за показники термодинамічної рівноваги. При цьому важливо, що з точки зору інтересів забезпечення аеробних умов процес може відбуватися за різних середніх тисків, оскільки діапазон можливих робочих тисків у середовищах достатньо широкий [19]. Можливо з певністю стверджувати, що єдиним лімітуючим показником в цих умовах є енергетичні витрати, які зростають зі збільшенням тиску повітря, що подається на аерацію.

Важливим завданням газорідних систем в умовах культивування аеробних мікроорганізмів є створення інтенсивного масообміну за всіма складовими.

До них відносяться гомогенізація середовища за живильними компонентами, температурами, розчиненими газами, мікроорганізмами. При цьому мають досягатися деякі додаткові умови. Наприклад, для підвищення виходів хлібопекарських дріжджів концентрація розчинених цукрів має спрямовуватися до деякої мінімальної межі, а концентрація розчиненого кисню повинна складати біля 0,25 від стану насичення [4, 5]. Все це означає, що стан газорідного середовища повинен бути достатньо динамічним. Забезпечення останнього досягається введенням в рідинне культуральне середовище енергоматеріального потоку стиснутого повітря.

За анаеробного бродіння газова фаза і енергетичний потенціал створюються в процесі зброджування цукрів, тому динаміка накопичення газової фази і можливості впливу через неї на гідродинаміку і масообмін в середовищах відрізняються.

Висновки. 1. Рівень дисперсності газової фази в рідинному середовищі залежить від швидкості, з якою відбувається взаємодія фаз. Таку взаємодію належить організовувати в режимі протитоку.

2. Обернення циркуляції газорідних контурів означає можливість перебування середовищ в режимах перехідних процесів із підвищенням показників газомісту і утримуючої здатності по газовій фазі.

3. Генерування пульсаційних впливів на газорідні середовища в локальних зонах значних обсягів малоперспективне у зв'язку з їх дисипативними властивостями. Раціональним слід вважати зміну тисків у газовій фазі над культуральним середовищем. У зв'язку з розробленою теорією визначення частотних характеристик середовищ зовнішні впливи слід наближати до них за показником частоти.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бродильний* апарат. Патент України на корисну модель № 47939, МПК С12F3/08 / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Миколів І.М. та ін.; опубл. 25.02.2010. Бюл. № 4, 2010 р.
2. *Бродильний* апарат. Патент України на корисну модель № 47940, МПК С12F3/08 / Соколенко А.І., Шевченко О.Ю., Миколів І.М. та ін.; опубл. 25.02.2010. Бюл. № 4, 2010 р.
3. *Система* для одержання дифузійного соку. Патент України на винахід № 85414, МПК С13D1/00 / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Шевченко О.Ю. та ін.; опубл. 26.01.2010. Бюл. № 2, 2009 р.
4. *Шиян П.Л.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійничук. — К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. — 424 с.
5. *Технологія* спирту / В.О. Маринченко, В.А. Домарецький, П.Л. Шиян та ін. — Вінниця: «Поділля—2000», 2009. — 496 с.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМАХ

О.А. Чагайда

Національний університет харчових технологій

Дана информация про особенности энергетических трансформаций газожидкостных систем, которые создаются в результате принудительного введения в жидкостные среды газовой фазы или за счет возникновения последней в процессах брожения. Отмечены особенности энергетических трансформаций с возникновением внутренних циркуляционных контуров и градиентов концентраций растворенного CO₂. Также представлены соотношения между массовыми концентрациями сбраживаемых сахаров и объемами синтезированной газовой фазы и оценка прогнозируемых потерь спирта.

Ключевые слова: *газожидкостная система, циркуляция, растворимость, трансформация, концентрация.*

SCIENTIFIC APPROACHES TO FORMATION STANDARD SYSTEMS FOR DAIRY PRODUCTS AND ICE CREAM

A.E Velichko, I.V. Maslova

Steppe zonal research center of the productivity of agroindustrial complex

Key words:	ABSTRACT
Regulatory system The dairy industry The factors that influence the rules The labor process Labor operations Classification	Modern industry system of rules and regulations for the dairy industry is created on the basis of new scientific and technical approaches of classification of work processes, modeling of work processes, in-depth research and maximum consideration of factors that affect the rules of innovative component, etc. Classifier labor processes of dairy products and ice cream are the basis for the formation of the structure and content of scientific and practical collection of standards and specifications, as well as used to solve many problems, in particular for the automated development of regulatory systems, standardization of operations and the cost of their implementation, etc. section.
Article history:	
Received 23.05.2013 Received in revised form 5.12.2013 Accepted 10.12.2013	
Corresponding author:	
tmipt_xp@ukr.net	

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ НОРМАТИВНИХ СИСТЕМ НА ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ І МОРОЗИВА

А.Є. Величко, І.В. Маслова

Степовий зональний науково-дослідний центр продуктивності агропромислового комплексу

В статті викладено науково-методичні підходи до створення системи економічних норм і нормативів на виробництво молочних продуктів і морозива.

Ключові слова: *нормативні системи, молочна промисловість, нормоутворюючі чинники, трудовий процес, трудова операція, класифікація.*

Постановка проблеми. Молочна промисловість — галузь харчової промисловості, що поєднує підприємства по виробленню з молока різних молочних продуктів. До складу промисловості входять підприємства з виробництва тваринного масла, суцільномолочної продукції, молочних консервів, сухого молока, сиру, бринзи, морозива, казеїну й іншої молочної продукції [1]. Молочна галузь є однією з провідних в харчовій і переробній промисловості й формує досить значний за обсягами ринок. Частка витрат на молочні продукти становить 15 % від загальних витрат на харчування (це четверте місце після витрат на хлібобулочні, м'ясні, борошняні й макаронні вироби). Від ефективного розвитку

© А. Є. Величко, І. В. Маслова, 2012

виробництва молочної продукції залежить не тільки добробут населення, а й зниження соціальної напруженості. Сьогодні в Україні біля 300 підприємств по переробці молока [3]. Обсяг реалізованої молочної продукції у 2012 році складає 17340,7 млн. грн., або 2,3 % від обсягу всієї реалізованої промислової продукції та 2,5 % від урахування вартості електроенергії, газу та води, придбаних для перепродажу [4].

З розвитком ринку молокопродуктів виникла конкуренція між його учасниками, в результаті чого виробництво готової молочної продукції все в більшій мірі концентрується на великих підприємствах, які вкладають значні кошти в модернізацію виробництва, мобільно реагують на зміни кон'юнктури ринку, постійно збільшують свої асортименти

Молочні продукти є провідними у харчуванні сучасної людини. Згідно останнім рекомендаціям Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВОЗ) в області продовольчої політики у щоденний раціон повинні входити такі групи продуктів: м'ясо, риба, яйця — джерело білків та мінеральних речовин, картопля, хліб, крупи — джерело білків та вуглеводів, молоко і молочні продукти, у т.ч. йогурти і сири — джерело білків, вуглеводів, кальцію, вітамінів групи В, фрукти і овочі — джерело вітамінів та мінеральних речовин. Найбільшу частину ваги в щоденному раціоні займають молоко та молочні продукти і складають 1,6 кг на 1 людину або 56,6 % [5].

Стратегічне значення молочної галузі в Україні потребує інтенсифікації виробництва, яка ґрунтується на економному та ефективному витрачанні ресурсів; удосконаленні діючих та впровадження новітніх прогресивних технологій виробництва; застосуванні найефективніших засобів і предметів праці, передових форм і методів організації праці, підвищенні освітнього та кваліфікаційного рівня працівників та їх інформованості щодо досягнень науково-технічного прогресу тощо. Інтенсивний розвиток має антивитратну спрямованість, оскільки супроводжується зменшенням витрат живої та уречевленої праці на одиницю продукції.

Економічно ефективне функціонування, вдосконалення та перспективний розвиток молочної галузі України пов'язані з раціональним використанням природних, матеріальних і трудових ресурсів. З усіх видів використовуваних підприємствами ресурсів найбільш динамічними, здатними до скорочення, є витрати живої праці. Їх зменшення сприяє скороченню витрат інших видів виробничих ресурсів (палива, електроенергії, витрат на основні фонди тощо). Отже, зв'язок між ефективністю використання праці та загальними економічними результатами очевидний, що підсилює роль і значення нормативних систем для виробництва. Створення науково обґрунтованої системи економічних норм і нормативів та впровадження її у виробництво дасть можливість виявити і використати внутрішні резерви для підвищення продуктивності підприємств молочної галузі.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. Успішне вирішення завдань ефективного розвитку молочної промисловості значною мірою залежить від рівня наукових досліджень та узагальнення їх результатів. У науковій вітчизняній і зарубіжній літературі відображені окремі теоретико-методологічні аспекти розвитку молочної галузі як складової агропромислового комплексу в наукових працях Л.В. Дейнеко, А.Ф. Гончара, П.П. Борщевського, П.Т. Саблука, Т.Л. Мостенської тощо. Водночас багато проблем розміщення, розвитку та підвищення ефективності функціонування молочної галузі в ринкових умовах ще не повною мірою досліджені. Поза увагою дослідників практично залишилось і нормативне управління, складовою якого є формування системи нормативних витрат живої праці. Цим і зумовлена актуальність проведених досліджень.

Мета статті — розкрити науково-методичні підходи до створення галузевої системи економічних норм і нормативів та формування науково-практичних розробок.

Викладення основного матеріалу. В основу формування нормативних систем для підприємств молочної галузі покладено наступні науково-методичні аспекти: класифікація трудових процесів [6], дослідження нормоутворюючих чинників та розрахунок норм трудових затрат на підставі загальногалузових методичних положень [7]. Здійснення класифікації трудових процесів зумовлене потребою в гармонізації рівнів групування класифікаційних позицій на галузевому рівні. Класифікація трудових процесів забезпечує умови для вирішення таких завдань:

– створення інформаційних систем для автоматизованого розроблення системи економічних норм і нормативів, стандартизації операцій і витрат на їх виконання, проектування процесів перероблення продукції сільського господарства, техніко-економічного планування виробництва;

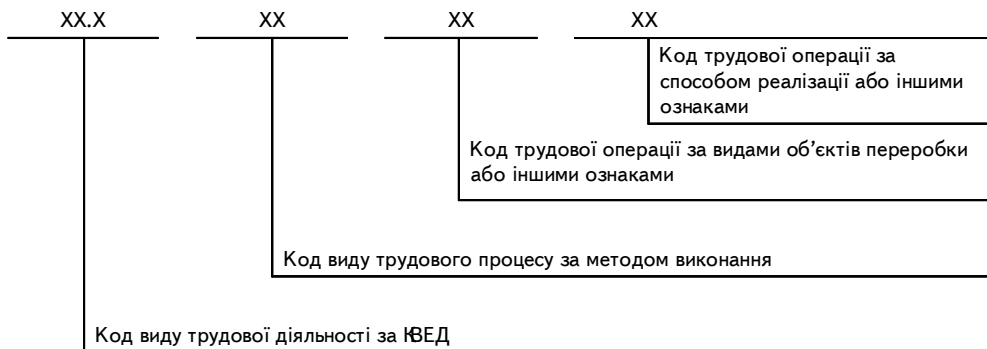
– перехід на безтекстову нормативно-технічну та технологічну документацію й оброблення інформації на ПЕОМ;

– системний аналіз, моделювання, оптимізація структур, процесів, систем у цілому.

Об'єктом класифікації у даному випадку є трудові процеси й операції виробництва молочних продуктів і морозива. У структурі коду трудової операції кожен ступінь класифікації позначений двома цифровими десятковими знаками від 01 до 99, причому на другому ступені класифікації цифри 10, 20, 30 і т. д. використані для кодування узагальнених найменувань процесів за їхньою технологічною характеристикою чи іншими ознаками.

Для виділення окремих груп виробництва харчових продуктів (у нашому випадку виробництво молока і молочних продуктів) у Класифікаторі введені і позначені цифровими кодами розділ, група, клас згідно з деталізацією КВЕД. Передбачено також резерв незайманих кодових позначень для включення нової інформації.

Загальне кодове позначення трудових процесів (операцій) має такий вигляд:



Приклад: 15.5.034002

15 — розділ КВЕД «Виробництво харчових продуктів, напоїв»;

15.5 — група КВЕД «Виробництво молочних продуктів та морозива»;

15.5.03 — категорія «Трудовий процес «Первинне оброблення молочної сировини»;

15.5.0340 — підкатегорія «Нормалізація»;

15.5.034002 — вид «Нормалізація у сепараторах-нормалізато-рах».

Основу будь-якої системи класифікації становить певна сукупність (множина) об'єктів, які мають бути відповідним чином розподілені на класифікаційні угруповання за властивими для даних об'єктів ознаками. Сукупність трудових процесів складає вихідну множину, яка підлягає класифікації. Внаслідок декомпозиції трудових процесів розроблено узагальнені схеми технологічних процесів виробництва молочних продуктів та морозива, яка складається з тринадцяти угруповань. Для класифікації техніко-економічної інформації використовують ієрархічний та фасетний методи. У нашому випадку використано ієрархічний метод, основними перевагами якого є велика інформаційна місткість, традиційність і звичність застосування.

На другому ступені класифікації угруповань проведена за технологічною характеристикою трудового процесу. Наприклад, угруповання «Первинне оброблення молочної сировини» класифіковано на такі процеси: очищення, сепарування, нормалізація, гомогенізація, демінералізація. Кожен процес надалі класифіковано за способом виконання. Для прикладу наведено класифікацію процесу «Очищення» (див. таб.).

Для кодування трудових процесів виробництва молочних продуктів та морозива використано послідовний метод, згідно з яким код угруповання і об'єкта класифікації

ЕКОНОМІКА

утворюється з використанням кодів послідовно розташованих підпорядкованих угруповань. У наведеному прикладі код трудового процесу на кожному ступені класифікації позначається двома цифровими десятковими знаками. Найбільша довжина коду становить десять цифрових знаків.

Таблиця 1. Класифікаційні ознаки та кодування трудового процесу «Очищення»

15.5.0320	Очищення			
15.5.032001	Очищення	на фільтрах	відкритих	
15.5.032002			закритих	циліндричних
15.5.032003				дискових
15.5.032004				пластинчастих
15.5.032006		на сепараторах	молокоочисниках	
15.5.032007			нормалізаторах	
15.5.032008			бактеріовідділювачах	
15.5.032009		на центрифугах		

На останньому ступені класифікації встановлено, що загальна кількість операцій з виробництва молочних продуктів та морозива, яким присвоєно відповідні коди, становить 476 одиниць. Запропонована класифікація передбачає достатній резерв вільних місць позначень, що дозволить здійснювати оперативні зміни її змісту щодо включення нової інформації без змін інших позицій класифікації. Підставою для внесення таких змін має бути обґрунтована потреба на галузевому рівні.

Розроблений Класифікатор трудових процесів виробництва молочних продуктів та морозива і його запровадження є однією з передумов створення галузевої нормативної системи, сформованої на основі багаторічних теоретичних та практичних досліджень.

Створення галузевої системи норм і нормативів пов'язане з особливостями молочного виробництва, яке характеризується високим ступенем механізації та автоматизації, застосуванням потокових методів обробки сировини, яка швидко псується. Технологічні машини виробничих процесів об'єднані у комплекси взаємопов'язаних знарядь, які мають одне спільне призначення — перетворювати сировину в продукцію певної якості. На підприємствах галузі переважають машинні та апаратні процеси, які займають основну частку в загальних витратах на виробництво продукції. Значний вплив на зміст процесу праці справляє організація технологічного процесу. Виробництво молочних продуктів та морозива складається з багатьох операцій, під час яких з молочної сировини шляхом складних фізико-хімічних процесів одержують готову продукцію.

При нормуванні робіт в молочній промисловості на величину витрат праці впливають різні нормоутворюючі чинники, серед яких: технічні (визначаються властивостями сировини та допоміжних матеріалів, параметрами устаткування та режимами його роботи); організаційні (визначаються характеристиками і формами поділу та кооперації праці, організації робочого місця, суміщення професій, типом виробництва, режимом роботи підприємства, режимами праці та відпочинку); психофізіологічні (визначаються характеристиками виконавця робіт: деякими його антропометричними даними, статтю, віком, вправністю, силою тощо); санітарно-гігієнічні (характеристика виробничого середовища, санітарні норми з освітлення робочого місця, температури та відносної вологості повітря, вмісту в повітряному середовищі шкідливих речовин, вібрації, шуму); рівень розвитку науки і техніки, своєчасне впровадження нових видів устаткування та технологій у виробництво.

При розробленні економічних норм і нормативів враховують лише основні та істотно впливаючі нормоутворюючі чинники.

Основними нормоутворюючими чинниками у виробництві молочних продуктів та морозива є способи виконання робіт — вручну чи машинами й апаратами, тип і продуктивність

застосовуваного устаткування, місцезнаходження сировини чи готової продукції, об'єкт трудового процесу тощо. Наприклад, при виробництві твердих сирів основними нормоутворюючими чинниками будуть: якість сировини, спосіб її оброблення (сепараторами-молокоочишувачами, -вершковід-ділювачами або бактофугами), тип устаткування (сирні ванни, танки, сировиготовлювачі, формувальні апарати, преси тощо), спосіб соління (у зерні, сухою сіллю, соляною гущею у формах, у розсолі в басейнах або комбіноване), спосіб дозрівання та догляду за сирами.

На виконання операцій з теплового оброблення молочної сировини впливають типи застосовуваного устаткування (теплообмінні апарати, ванни тривалої пастеризації, універсальні резервуари-теплообмінники, дезодоратори, термовакuumні установки, автоклави, стерилізатори тощо), а також кваліфікаційний рівень робітників, що обслуговують устаткування.

Тип застосовуваного устаткування є найбільш впливовим практично на всіх процесах виробництва молочних продуктів та морозива.

Продуктивність устаткування — один з основних нормоутворюючих чинників, що суттєво впливає на трудомісткість молочного виробництва. Впровадження на підприємствах молочної галузі більш продуктивного устаткування та новітніх прогресивних технологій значно зменшує витрати часу на виконання робіт і веде до підвищення продуктивності і ефективності праці.

Проаналізувавши всі чинники, можна визначити рівень трудових витрат на виконання тієї чи іншої технологічної операції та здійснити напрями його зниження.

У виробництві молочних продуктів та морозива для нормування витрат живої праці найчастіше встановлюють такі показники: продуктивність устаткування в одиницю часу, норми часу та норми продуктивності, нормативи чисельності робітників, норми часу обслуговування устаткування. Особливість молочного виробництва полягає насамперед у тому, що для нього характерна широка номенклатура вироблюваної продукції, асортимент і кількість окремих видів якої може вимагати змін через зміни якості сировини, що надходить на підприємство, попиту, стану устаткування тощо [7].

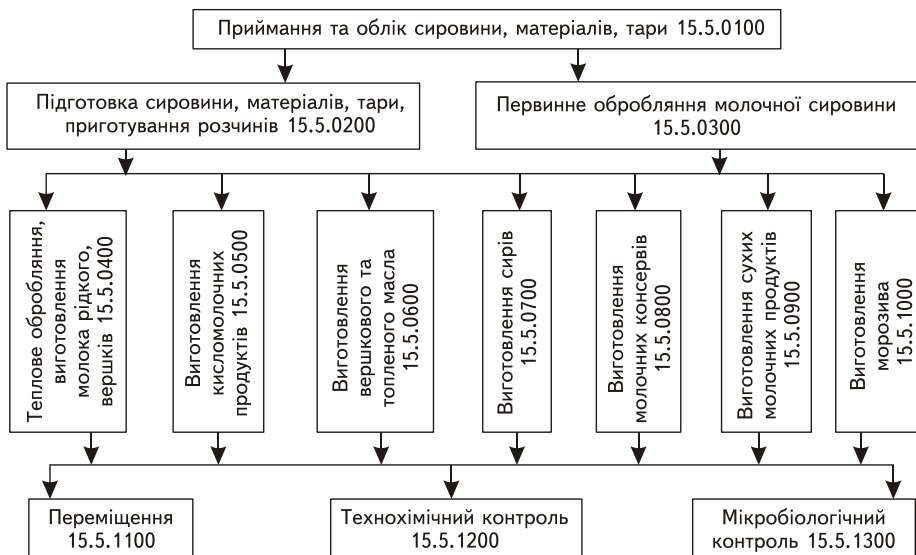


Рис. 1. Узагальнена схема технологічного процесу виробництва молока та молочних продуктів

Організація технологічного процесу (рис.1) впливає на зміст процесу праці. На підприємствах молочної галузі до основної роботи відносяться переважно операції з

обслуговування технологічного устаткування, спрямовані на забезпечення безперервної, високопродуктивної та технологічно ефективної переробки сировини. При цьому основна робота включає в себе широкий комплекс елементів розумової праці: контроль режимів роботи устаткування на основі даних лабораторного й органолептичного аналізу і прийняття рішень.

Нормативи чисельності робітників визначають через норми обслуговування з урахуванням повного дотримання технології виробництва; виробництва продукції за якістю, що відповідає вимогам діючих технічних умов, стандартів і технологічних інструкцій; раціональної організації робочих місць і оснащення їх відповідно до характеру роботи; повного використання виробничої потужності технологічного устаткування і використання найбільш раціональних технологічних процесів; найбільш повного і раціонального використання робочого часу; нормальних умов праці, які відповідають правилам техніки безпеки і виробничої санітарії; виконання роботи робітниками відповідної кваліфікації.

На всіх етапах виробництва молочних продуктів та морозива контроль, починаючи з контролю якості сировини та допоміжних матеріалів, і закінчуючи контролем якості готової продукції, впливає на кінцеві показники виробництва та його конкурентоспроможність на споживчому ринку.

Технохімічний контроль полягає у систематичній перевірці якості сировини та матеріалів, що надходять на виробництво, умов ведення технологічних процесів і якості готової продукції на відповідність установленим вимогам держстандартів на усіх стадіях виробництва. На підприємствах молочної галузі контроль виробництва відбувається за розробленими та затвердженими схемами, які включають в себе контроль якості сировини і допоміжних матеріалів, контроль безпосередньо виробництва і контроль готової продукції, в яких зазначено об'єкт контролю, місце відбору проб, періодичність контролю та показники, які підлягають контролю.

Зростання технічної оснащеності, підвищення ступеня безперервності технологічних процесів і інтенсивності виробництва потребують високоефективної, без випадкових відмов роботи технологічного устаткування, своєчасного забезпечення основного виробництва всім необхідним, узгодженості роботи всіх ланок виробництва.

Економічні норми і нормативи насамперед слід розглядати як економічну категорію, що відбиває відношення людей до матеріального змісту відтворення і взаємин між людьми в його процесі; як кількісну норму чогось, зумовлену інтересами людей, загально-економічним законом норм і пропорцій, іншими законами та закономірностями природи і суспільства. Ці норми використовують як техніко-економічні показники, необхідні для виконання різних господарських і економічних розрахунків, організації праці і виробництва, прийняття рішень.

Сучасні вимоги потребують для формування власної нормативної системи значних витрат праці і коштів. Такі витрати не завжди під силу навіть прибутковим підприємствам, не говорячи про абсолютну більшість збиткових. Крім того, непередбаченість до вирішення цієї проблеми неминуче призведе до пошуку допомоги на стороні. Тому виникає реальна потреба в організації розроблення і поновлення галузевих збірників нормативних показників, а також методичних матеріалів поза підприємствами, на рівні спеціалізованих наукових установ.

Висновки. Сучасна галузева система норм і нормативів для підприємств молочної галузі створюється на основі нових науково-методичних підходів класифікації трудових процесів, моделювання трудових витрат, поглибленого дослідження і максимального врахування нормоутворюючих чинників, інноваційної складової тощо. Класифікатор трудових процесів виробництва молочних продуктів та морозива є підґрунтям для формування структури і змісту науково-практичного збірника норм і нормативів, а також слугує для вирішення багатьох завдань, зокрема, для автоматизованого розроблення нормативних систем, стандартизації операцій і витрат на їх виконання тощо.

При створенні систем норм і нормативів слід враховувати комплекс органічно пов'язаних нормоутворюючих чинників, дослідження яких здійснюють у виробничих умовах. Впровадження галузевих норм і нормативів витрат трудових ресурсів на підприємствах

молочної галузі створить передумови для забезпечення поділу праці, обґрунтування рівня її продуктивності, чисельності робітників за підрозділами, фахом і функціями, розроблення більшості показників оперативного планування.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Електронний* ресурс. Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org>.
2. *Держкомстат* України. Режим доступу: <http://kr.ukrstat.gov.ua/web.htm>.
3. *Молочна* промисловість Режим доступу: [/http://referat.repetitor.ua](http://referat.repetitor.ua).
4. *Обсяг* реалізованої промислової продукції за 2012 р. (уточнені дані). Режим доступу ukrstat.gov.ua.
5. *Продовольственная* безопасность Украины: состояние, механизм обеспечения, проблемы. / В.Г. Ткаченко, В.И. Богачев, Ю.Н. Бабак и др.; под ред. В.Г. Ткаченко и В.И. Богачева. — Луганск: Книжковий світ, 2004. — 176 с.
6. *Класифікатор* трудових процесів виробництва молочних продуктів та морозива / В.В. Вітвіцький, В.І. Ковальчук, Л.В. Лисенко. — К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2007. — 38 с.
7. *Методичні* положення та норми продуктивності на виробництво молочних продуктів і морозива / І.М. Демчак, В.О. Завалевська, А.Л. Солошонок та ін. — К.: НДІ «Укראгропромпродуктивність», 2012. — 443 с.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ НОРМАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ И МОРОЖЕНОГО

А.Е. Величко, И.В. Маслова

Степовой зональный научно-исследовательский центр производительности агропромышленного комплекса

В статье изложены научно-методические подходы к созданию системы экономических норм и нормативов на производство молочных продуктов и мороженого

Ключевые слова: *нормативные системы, молочная промышленность, нормоутворюючі фактори, трудовой процесс, трудовая операция, классификация.*

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Харчова промисловість» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

Засновник та видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал зареєстрований Президією ВАК України (Постанова № 1-05/6 від 16.12.2009 р.) як наукове видання з технічних наук.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Обсяг статей — до 10 машинописних аркушів (до 10000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не опубліковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вчитаних** роздруків на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5 — 6 слів / ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза **“Ключові слова”** — напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: вступ, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен з наведених розділів статті починається з нового абзацу (**«Вступ»**, **«Мета досліджень»**, **«Матеріали та методи»**, **«Результати досліджень»**, **«Висновки»** — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» та вимогами ВАК України. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.