

**Міністерство освіти і науки України
Клуб пакувальників України
Національний університет харчових технологій
АТ «Київський міжнародний контрактний ярмарок»**

**Матеріали доповідей
XV Науково-практичної конференції
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ
«Новітні технології пакування»**

Додаток до журналу «Упаковка[®]»



За підтримки:



PEPSICO

Київ — 2016

*Присвячується 80-річчю з дня народження
професора Лазаренка Едуарда Тимофійовича –
засновника конференції*

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПАКУВАННЯ

ЗМІСТ

Т.Б. Шилович, к.т.н., І.Ю. Блайвас, НТУУ «КПІ», м. Київ Експериментальні дослідження модифікації тарного картону шляхом поверхневого проклеювання.....	6
А.І. Чорна, О.С. Шульга, к.т.н., Л.Ю. Арсеньєва, д.т.н., Н.М. Грегірчак, к.т.н., К.В. Зусько, НУХТ, м. Київ Біодеградабельні плівки, що запобігають мікробіологічному псуванню продукції.....	9
В.І. Федун, О.М. Шнирук, А.Д. Петухов, д.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ Морозостійкість тарних конструкцій із непластифікованого полівінілхлориду.....	12
В.М. Витвицький, О.Л. Сокольський, к.т.н., І.О. Мікульонок, д.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ Дослідження впливу тиску на коефіцієнт тертя гранульованих полімерних матеріалів по металу.....	14
А.А. Остапенко, В.А. Барбаш, к.х.н., НТУУ «КПІ», м. Київ Визначення впливу амфотерних полімерних смол на якість паперу із макулатури марок МС-6Б-3 і МС-7Б-2.....	17
Я.Б. Стеців, УАД, м. Львів Синтез нових пристроїв переміщення розгортки у самонакладах устаткування для виготовлення пакувань.....	20
І.Л. Ліснічук, А.В. Юрченко, О.М. Шнирук, Л.І. Мельник, к.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ Зміни гідрофільності і текучості від складу композиції поліетилен–крейда.....	23
К.І. Золотухіна, к.т.н., О.М. Величко, д.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ», м. Київ Вплив характеристик зволожувальних розчинів на стабільність процесу друкування пакувальної продукції.....	25
О.О. Гриценко, ВПІ НТУУ «КПІ», м. Київ Автоматизація розрахунків технологічних параметрів друкування маркувань з нанофотонними елементами для функціональних пакувань	27
К. Антоненко, О.О. Кохан, к.т.н., НУХТ, м. Київ Вплив способів пакування на термін зберігання неглазурованих помадних цукерок з жувальним ефектом.....	30

Д.С. Гриценко, к.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ», м. Київ Синтез механізму транспортувальної системи із тривалою зупинкою під час виготовлення пакувань на тамподрукарській машині.....	33
Ю.О. Ступак, К.В. Васильківський, к.т.н., НУХТ, м. Київ Використання азоту в пакувальних технологіях.....	35
Н.І. Магерус, Ю.П. Шоловій, к.т.н., НУ «ЛП», м. Львів Оптимізація режимів роботи вібраційного об'ємного дозатора для дрібнодисперсних сипких матеріалів.....	38
І.В. Коваленко, к.т.н., Д.С. Янцибаєв, НТУУ «КПІ», м. Київ Аналіз фізико-механічних властивостей сипких матеріалів, що впливають на точність їх безперервного дозування.....	41
О.Л. Благодір, НТУУ «КПІ», м. Київ Методи контролю якості поверхні анілоксових валиків.....	45
А.В. Павлюк, О.М. Гавва, д.т.н., А.В. Деренівська, НУХТ, м. Київ Шляхи підвищення точності дозування сипкої харчової продукції дозаторами дискретної дії.....	48
А.М. Масляно, Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ Моделювання струменя повітряно-водяної суміші в пакувальних технологіях.....	52
М.М. Кузьменко, С.В. Токарчук, к.т.н., НУХТ, м. Київ Визначення надійності пакувальних машин для в'язкої харчової продукції за комплексними показниками.....	57
М.В. Якимчук, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ Дослідження впливу зміщення осі контакту присоски відносно центра тяжіння структурних елементів групової упаковки на зусилля їх утримання....	60
О.Р. Ніколюк, О.М. Гавва, д.т.н., Якимчук М.В., к.т.н., НУХТ, м. Київ Науково-технічне вдосконалення функціональних модулів формування структурних елементів групової упаковки.....	63
С.М. Мироненко, О.О. Бойко, к.т.н., НУХТ, м. Київ Динаміка і енергетичні співвідношення в механічних системах.....	70
М.С. Лук'яненко, О.М. Гавва, д.т.н., Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., НУХТ, м. Київ Орієнтування тарних вантажів на гравітаційних спусках.....	73

<i>А.В. Гросул, к.е.н., Г.А. Синицина, ХДУХТ, м. Харків</i> Маркетингове дослідження спиртових настоянок та їх упаковки.....	75
<i>Л.Ю. Крестьянполь, к.т.н., П.Л. Різак, ЛНТУ, м. Луцьк</i> Дослідження якості пакування в трасологічній експертизі коньяків України.....	78
<i>Є.В. Бучацький, А.В. Сисоєва, ОНЕУ, м. Одеса</i> Соціально-етична відповідальність виробників пакувальних матеріалів для харчових продуктів як необхідна складова маркетингової діяльності.....	83
<i>А.О. Клєщова, О.М. Шнирук, А.Д. Пєтухов, д.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ</i> Стеарати металів – дестабілізуючі добавки під час утилізації відходів полімерної упаковки.....	86

Експериментальні дослідження модифікації тарного картону шляхом поверхневого проклеювання

Т.Б. Шилович, к.т.н., І.Ю. Блайвас, НТУУ «КПІ», м. Київ

Сучасна споживча упаковка виконує певні функції: збереження товару, його переміщення (логістична функція), інформування та просування на ринку (маркетингова). Для виготовлення упаковки використовують як традиційні матеріали – скло, папір, картон, деревину, так і ті, що поширювалися в останні 25–40 років, – полімери та комбіновані матеріали, які мають меншу вартість та більші можливості для виготовлення різноманітних пакувань. Поширення полімерних пакувань призвело до виникнення проблеми забруднення навколишнього середовища відходами упаковки. Тому останнім часом набуває популярності використання екологічно чистих матеріалів, таких як папір та картон.

В Україні виробництвом тарного картону займаються близько 90 % підприємств целюлозно-паперової промисловості. Найпотужніші з них – ПАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», ПАТ «Рубіжанський картонно-тарний комбінат», ВАТ «Ізмаїльський целюлозно-картонний комбінат», ВАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат», ТОВ «Житомирський картонний комбінат» та ін. З 2000 по 2014 рр. в Україні спостерігалася тенденція до зростання виробництва картонної упаковки з 171,1 млн м² до 914,76 млн м² [1]. Перевагами картонної тари є висока міцність на стискання, низька питома вага, високі амортизаційні якості, можливість транспортування тари у складеному вигляді, яскраве художнє оформлення [2], автоматизація виробництва тощо. Найголовнішою перевагою картонної упаковки є можливість її переробки та виготовлення картону з вторинної сировини. До недоліків належать втрата міцності у вологому стані без спеціальної обробки та придатність до займання [3]. Залежно від вимог до картонної упаковки для підвищення міцності і вологостійкості використовують різні способи, а саме: проклеювання в масі та поверхнєве оброблення клейовими або парафіновими композиціями. Це зменшує здатність картону вбирати вологу і таким чином покращує його експлуатаційні якості. Надмірне зменшення вологовбирності може призводити до погіршення адгезії фарби та її стікання з поверхні [4].

Метою цієї роботи є визначення вологовбирності картону, проклеєного в масі, та картону з поверхневим покриттям клеєм. Для цього досліджено зразки картону чотирьох марок: крафт картону К-2-175 та К-2-140; білого картону Б-3-160 та Б-3-140 з різними витратами клею як на просочення, так і на поверхнєве покриття.

Для дослідження використовували метод Кобба [5]. За результатом дослідження отримано графічні залежності поверхневого всотування води зразками картону (Кобб_x), проклеєного в масі (рис. 1), та з поверхневим покриттям (рис. 2) від витрат клею.

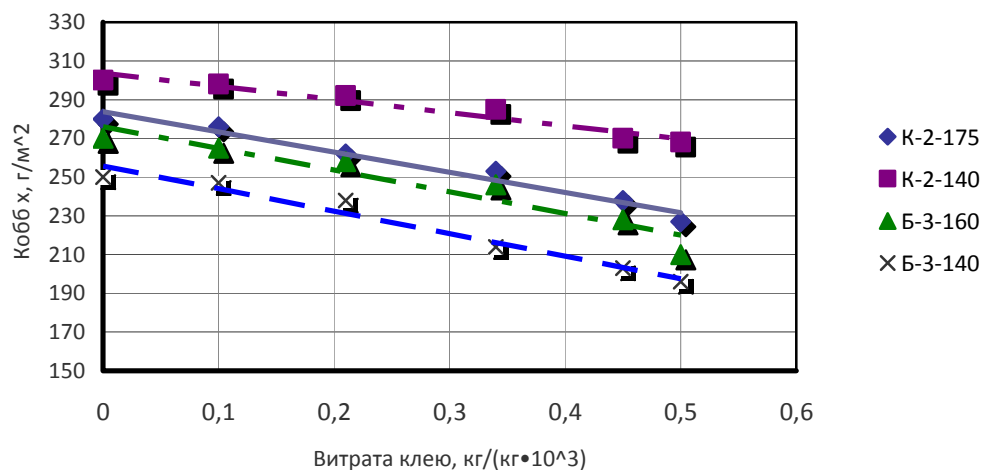


Рис. 1. Залежність поверхневого всотування води ($Kобб_x$) для проклеєних в масі зразків від витрати клею

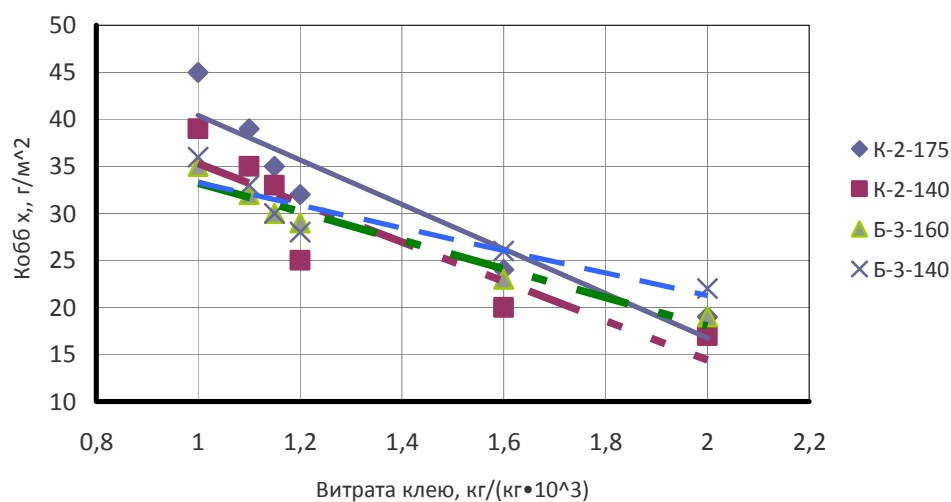


Рис. 2. Залежність поверхневого всотування води ($Kобб_x$) для зразків з поверхневим покриттям від витрати клею

У результаті аналізу отриманих залежностей встановлено, що:

- у разі збільшення витрат клею на проклеювання картону в масі з 1 кг/т до 2 кг/т показник Кобба зменшується на 10–22 % (рис. 1);
- у разі поверхневого проклеювання зразків картону (рис. 2) показник Кобба зменшується в 9–15 разів порівняно з картоном, проклеєним в масі.

Отримані результати дослідження можна використовувати в процесі складання рецептури картону для отримання продукції з заданими властивостями поверхневого всотування води.

Література

1. Группа промышленных и торговых компаний. Тара и упаковка из гофрокартона [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://pro-consulting.ua> (дата звернення 05.03.2016). – Назва з екрана.
2. *Кривошей В.М.* Упаковка в нашому житті. – К.: ІАЦ «Упаковка», 2001. – 160 с.
3. *Астратов М.С.* Технологія переробки паперу та картону: Навч. посіб. / М.С. Астратов, М.Д. Гомеля, О.М. Мовчанок. Ч 1. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 236 с.
4. «Аквадор». Изготовления, преимущества и недостатки транспортной упаковки из гофрокартона [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://aquadoor.ua> (дата звернення 05.03.2016). – Назва з екрана.
5. ДСТУ ГОСТ 8047–78. Бумага и картон. Метод определения поверхностного поглощения воды при одностороннем смачивании. (метод Кобба). – Л.: Химия, 1969. – 5 с.

Біодеградабельні плівки, що запобігають мікробіологічному псуванню продукції

А.І. Чорна, О.С. Шульга, к.т.н., Л.Ю. Арсеньєва, д.т.н., Н.М. Грегірчак, к.т.н., К.В. Зусько, НУХТ, м. Київ

Європейська комісія (ЄК) затвердила рекомендації щодо офіційного визначення і використання терміна «наноматеріал». За пропозицією ЄК, наноматеріал – це матеріал природного або штучного походження, що містить частинки, понад 50 % яких мають лінійний розмір у межах 1–100 нм. Термін «нанотехнологія» почали застосовувати американці у 80–90-ті рр. минулого століття. «Нано» (карликовий, дрібний) означає мільярдну частину [1]. Нанопродукцію вже застосовують в енергетиці, хімічній і будівельній промисловості, виробництві косметики. Перспективним є також використання нанотехнологій і наноматеріалів у харчовій промисловості та охороні довкілля [2–5].

Відомо, що порошок TiO_2 набуває антибактеріальних властивостей під впливом УФ світла [6, 7]. Структурно-морфологічні особливості та хімічні різновидності TiO_2 , які залежать від технологічних умов синтезу та поверхневих модифікацій, обумовлюють його властивості. Визначення інгібуючої дії щодо різних видів мікроорганізмів нанодисперсного порошку TiO_2 визначали поверхневим методом. Як об'єкти дослідження використовували бактеріальні штами: *E. coli* ІЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2, *C. albicans* Д-6, *A. niger* Р-3. Для визначення бактерій використовували МПА-середовище, для грибів та дріжджів – середовище Сабуро. Для встановлення антибактеріальних властивостей порошку TiO_2 використовували різні концентрації (2,5; 5; 10 %). Якщо мікроорганізмів не було виявлено, то відповідно, це означало, що TiO_2 пригнічує ріст і розвиток певного мікроорганізму. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1.
Інгібуюча дія розчинів TiO_2 різних концентрацій на мікроорганізми

Культури	Загальне мікробне число, КУО/г					
	Термостат 30 °С			УФ-опромінення		
	2,5 %	5 %	10 %	2,5 %	5 %	10 %
<i>E. coli</i>	$8,7 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	+	+	+	+
<i>B. subtilis</i>	$9,7 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	+	+	+	+
<i>C. albicans</i>	$7,4 \times 10^6$	$3,2 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	$4,4 \times 10^6$	5×10^6	$4,2 \times 10^6$
<i>A. niger</i>	2×10^5	$1,6 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	1×10^5	$5,2 \times 10^4$

Примітка. «+» – пригнічує повністю; «К» – початкові концентрації мікроорганізмів без TiO_2 : *E. coli* – $1,6 \times 10^6$, *B. subtilis* – $5,7 \times 10^6$, *C. albicans* – $1,8 \times 10^7$, *A. niger* – $2,3 \times 10^5$

Загальне мікробне число культур (*C. albicans* Д-6, *A. niger* Р-3) за різних концентрацій TiO_2 в різних умовах знаходиться в майже близьких межах, оскільки значної різниці в значеннях не помітно (допускається похибка 10 %).

Незначна різниця в значеннях може бути пов'язана з можливим відбором проб з меншим вмістом TiO_2 , ніж в інших, чи навпаки. Найоптимальнішим варіантом є оброблення TiO_2 УФ-випромінюванням, адже таким чином можна використовувати 2,5 % суспензію TiO_2 . Якщо не використовувати УФ, то потрібно брати 10 % суспензії TiO_2 . Варто зазначити, що розчини з порошком TiO_2 не пригнічують дію грибів і дріжджів.

Для виготовлення біодеградабельних плівок, що запобігають мікробіологічному псуванню, використовували полівініловий спирт, пектин яблучний, гліцерин. Формували плівки на тефлоновій поверхні виливанням з розчину і подальшим сушінням за температури 25 °С. Найоптимальнішим встановлено співвідношення компонентів у системі «ПВС–пектин–гліцерин»: 60:10:30 % мас. Досліджували фізико-механічні властивості, а саме: відносне подовження і міцність при розриві на розривній машині F-1000 без попереднього кондиціювання зразків.

Склад плівок та їх фізико-механічні характеристики наведено в табл. 2.

Таблиця 2.
Складові та показники якості плівок з нанодисперсним порошком TiO_2

Складові, %				ε_p , %	σ_p , МПа
ПВС	Пектин	Гліцерин	TiO_2		
60	10	30	1,0	384	48,3
60	10	30	2,0	380	52,7

Введення додатково дисперсного наповнювача для значення відносного подовження та міцності на розрив були цілком прийнятними. Міцність на розрив перевищувала міцність поліетиленової плівки (46,7 МПа).

Визначення антибактеріальних властивостей плівки з порошком TiO_2 проводили методом агарових дисків. Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3.
Антибактеріальні властивості плівок з порошком TiO_2

Культури	Зона затримки нанесеної плівки, мм			
	К	К	Zp_1	Zp_2
<i>E. coli</i>	0,00	0,00	9,00	15,00
<i>B. subtilis</i>	0,00	4,00	6,00	7,00
<i>C. albicans</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>A. niger</i>	0,00	0,00	0,00	0,00

Примітка. К – контрольний зразок ПВС–пектин–гліцерин 60:10:30; Zp_1 , Zp_2 – з додаванням до контрольного зразку 1 і 2 % TiO_2 відповідно

Результати табл. 3 підтверджують, що плівки з TiO_2 пригнічують розвиток бактерій (*E. coli* ІЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2): спостерігається затримка їх росту. На життєдіяльність грибів та дріжджів плівка з TiO_2 не впливає.

Ще однією перспективною сировиною, що запобігатиме мікробіологічному псуванню, є такий природний матеріал, як базальтовий туф (БТ). Середньостатистичні результати аналізу хімічного складу туфу, виражені через масові відсотки оксидів, наведено в табл. 4.

Таблиця 4.

Хімічний склад базальтового туфу родовища «Полицьке-2»

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
67,44	1,75	12,82	10,14	0,09	5,02	0,46	0,94	1,06	0,12	0,11

Узагальнення результатів аналізу показує, що БТ є алюмосилікатами з масовим співвідношенням Si/Al = 4,7÷5,9, які містять Ферум у кількості 68÷74 г/кг. Досліджувані туфи містять також мікроелементи: Манган, Цинк, Купрум, Ніколь, Кобальт у кількостях 0,71÷0,08 г/кг [8]. Отримана плівка має незначне забарвлення залежно від дозування алюмосилікатів, проте зберігає прозорість. Отже, використання TiO₂ та базальтового туфу дозволяє отримувати плівки, які запобігатимуть мікробіологічному псуванню виробів, що сприятиме подовженню терміну зберігання продукції.

Література

1. Євросоюз затвердив офіційне позначення наноматеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dt.ua/SCIENCE/evropeyskiy_soyuz_viznachivsyia_z_nanomaterialami-90481.html
2. Балабанов В.И. Нанотехнологии / В.И. Балабанов // Наука будущего. – М.: Эксмо, 2009. – С. 215–220.
3. Ситар О.В. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві / О.В. Ситар, Н.В. Новицька, Н.Ю. Таран [та ін.] // Фізика живого. – 2010. – № 18. – С. 113–116.
4. Фастовець П.М. Класифікація наноструктурованих матеріалів для інженерії поверхні деталей машин / П.М. Фастовець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5 (57). – С. 19–25.
5. The water-soluble fullerene derivative «radical sponge» exerts cytoprotective action against UVA irradiation but not visible-light-catalyzed cytotoxicity in human skin keratinocytes / L. Xiao, H. Takada, X. Gan, N. Miwa // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2006. – № 16. – P. 1590–1595.
6. Pham H.N. Toxic Hazard / H.N. Pham, T. Mc Dowell, E. Wilkins // J. Environ. Sci. Eng. Health. – 1995. – № 30. – P. 627.
7. Wills R.W. Synergism between porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) and salmonella choleraesuis in swine / R.W. Wills, J.T. Gray, P.J. Fedorka-Cray, K.J. Yoon, S. Ladely and J.J. Zimmerman, J. // Vet. Med. Sci. – 2000. – № 71. – P. 177–192.
8. Цимбалюк В.В. Адсорбційні та каталітичні властивості матеріалів на основі базальтового туфу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. хім. наук: спец. 02.00.04 «фізична хімія» / Цимбалюк Валентина Василівна. – Чернівці, 2011. – 24 с.

Морозостійкість тарних конструкцій із непластифікованого полівінілхлориду

В.І. Федун, О.М. Шнирук, А.Д. Петухов, д.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ

Полімерну великогабаритну тару, складські системи, піддони зараз виготовляють в основному з поліолефінів. Зниження вартості композицій із непластифікованого полівінілхлориду (НПВХ), особливо наповненого, достатньо високий модуль пружності порівняно з іншими багатотонажними полімерами показують на перспективність НПВХ [1]. Виникають питання з його термічних характеристик. Досвід із використання профілів для вікон з НПВХ, які експлуатуються в діапазоні температур від 30 до 70 °С, показує на їх надійність у часі. Певний інтерес представляє залежність окремих властивостей НПВХ як конструкційного матеріалу від температурних умов.

Властивості виробів з НПВХ залежать як від характеристик вихідного полімеру, так і від умов підготовки композицій з нього, умов переробки їх у вироби. Власне сам НПВХ являє собою аморфний полімер, молекули якого розташовані хаотично. Однак, встановлюючи під час переробки певні значення швидкості руху, тиску, температури розплаву, швидкості охолодження виробу, можна орієнтувати сегменти макромолекули полімеру в певних напрямках, у тому числі в тих, які збігаються з напрямками навантаження елементів тари.

Залежно від встановлених параметрів можна отримати різну ступінь орієнтації елементів макромолекул, їх групувань. Процес молекулярної орієнтації якоюсь мірою упорядковує структуру НПВХ, створює умови для утворення кристалів, змінює фізичні та механічні характеристики НПВХ.

У процесі експериментальних досліджень визначали модуль пружності НПВХ за температур, °С: -15; -10; -8; 0; 5; 30; 45 та 60. Зразки для досліджень вирізали зі спеціально виготовлених труб діаметром 160 мм із товщиною стінки 5 мм.

На рисунку зображена графічна залежність «напруження–подовження» НПВХ зі зразків труб за різних температур.

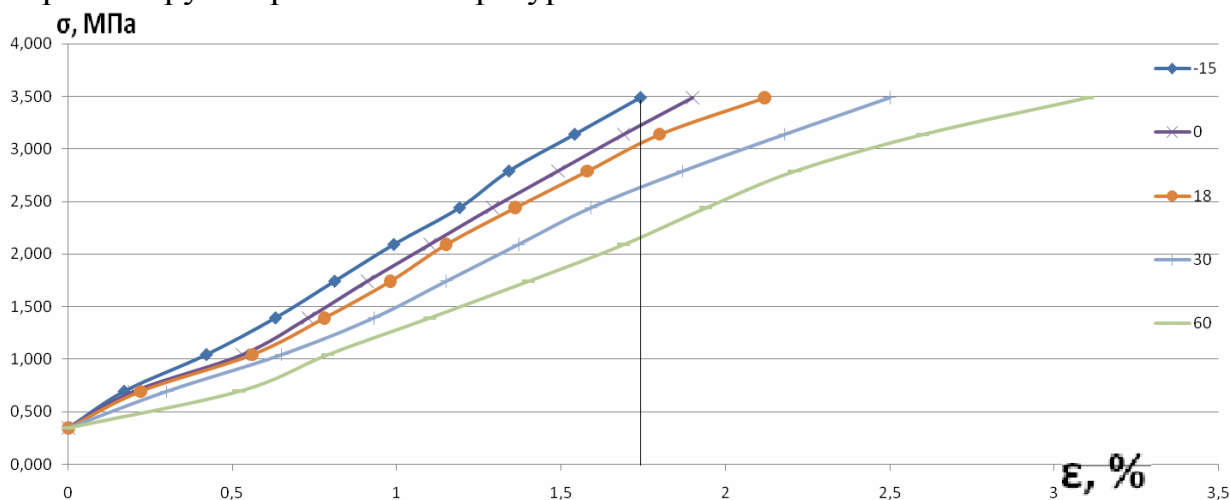


Рисунок. Напруження–подовження НПВХ за різних температур

Аналізуючи ці графіки та результати дослідження, можна зробити наступні висновки: у разі подовження зразку на 1,75 % модуль пружності змінюється на 37 % у діапазоні температур $-15 \dots 60$ °С. Ознак руйнування зразків не знайдено, час релаксації по довжині зразків зменшується в 3,5 рази (максимальна 4,1 хв).

Література

1. *Тюнькин И.В.* Влияние малой предварительной ориентации на механизм деформирования полимеров и композитов: дис. к. ф.-м. наук: И.В. Тюнькин. – Москва, 2011. – 170 с.

Дослідження впливу тиску на коефіцієнт тертя гранульованих полімерних матеріалів по металу

В.М. Витвицький, О.Л. Сокольський, к.т.н., І.О. Мікульонок, д.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ

Галузь виробництва виробів із полімерів є однією з найважливіших галузей промисловості. Вироби з полімерів застосовують практично в усіх напрямках матеріального виробництва і невиробничої сфери. Різні полімери – найчастіше поліетилен – масово використовують для виготовлення таких товарів, як полімерні плівки різного призначення, пакети для пакування тощо. Суттєве збільшення виробництва полімерних матеріалів потребує створення високопродуктивного обладнання для їх переробки, серед яких найчастіше використовуваними є черв'ячні екструдери [1].

Успішне створення нового обладнання та керування процесом залежать від точності врахування фрикційного режиму на поверхнях робочих органів машин, насамперед у зоні живлення черв'ячних екструдерів, продуктивність якої визначає продуктивність усього процесу. Тертя між перероблюваним матеріалом, циліндром та черв'яком відіграє принципову роль як засіб, що створює умови для переміщення та нагрівання матеріалу. Одним із важливих параметрів експлуатаційних режимів тертя є вплив навантаження.

Зазвичай коефіцієнти тертя полімерних матеріалів вимірюють за суцільним зразком, нехтуючи взаємодією між окремими частинками [2]. Водночас у зоні живлення черв'ячних екструдерів полімер перебуває саме у вигляді твердих гранул, які можуть проковзувати, перекочуватись одна по одній, деформуватися тощо, що впливає на рух матеріалу відносно робочих органів екструдера.

Метою проведених досліджень було експериментальне визначення коефіцієнтів тертя деяких гранульованих полімерних матеріалів по металевій поверхні та визначення залежностей між коефіцієнтами тертя і тиском, що створюється для забезпечення руху матеріалу, та висотою шару гранул, які одночасно перебувають у каналі екструдера, тобто від геометричних розмірів робочих поверхонь органів екструдера.

Експериментальне дослідження проводились відповідно до методики, детально описаної у [3] для таких типів полімерних гранул:

- поліетилен високої густини марки 15803-020 (ГОСТ 16337–77);
- сополімер етилену з вінілацетатом (севілену) марки 11104-030 (ТУ 6-05-1636–97);
- полістирол марки ПС С 1 3 (ГОСТ 20282–86).

Отримані залежності зображено на рисунку, на якому видно загальне зменшення залежності коефіцієнта тертя $K_{тр}$ від тиску P за умови зменшення глибини каналу.

Внаслідок наближення до максимальних досліджуваних навантажень майже на всіх кривих відбувається перехід через мінімум, тобто після досягнення певних значень тиску коефіцієнт тертя починає зростати з ростом навантаження. Вочевидь, це пов'язано з тим, що після певних значень тиску шар гранул

починає поводити себе подібно суцільному твердому тілу, залежність коефіцієнта тертя від навантаження якого має в загальному випадку вигляд кривої з мінімумом [2].

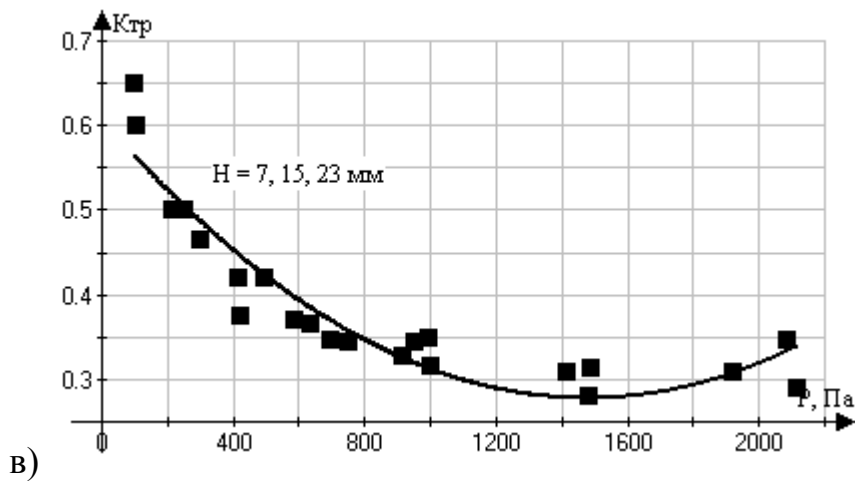
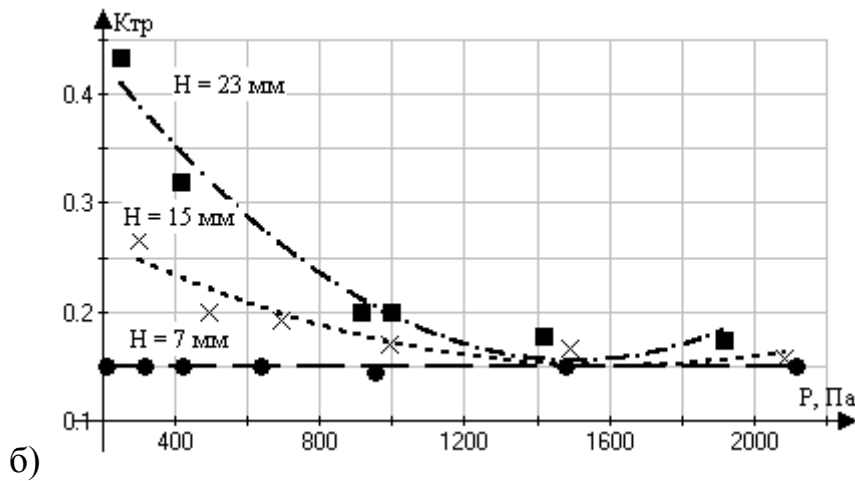
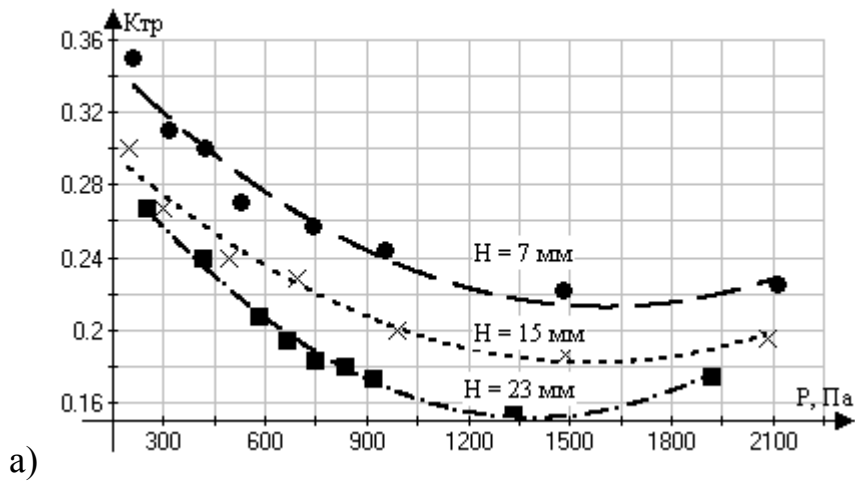


Рисунок. Залежність коефіцієнта тертя поліетилену (а), севілену (б) та полістиролу (в) по металевій поверхні від тиску за різних значень глибини каналу

Гранули поліетилену округлої форми і малодеформовані, тому під час руху вони мають можливість проковзувати з обертанням одна відносно одної. Таким чином, під час збільшення товщини шару гранул H тертя ковзання частково замінюється на тертя кочення, тому середнє значення коефіцієнта тертя зменшується зі збільшенням глибини каналу (рисунк, а).

Для севілену середнє значення коефіцієнта тертя збільшується зі збільшенням глибини каналу (рисунк, б), оскільки його гранули хоча й мають округлу форму, як і гранули поліетилену, але мають можливість проковзувати з обертанням одна відносно одної. Проте вони є деформованими і внаслідок цього взаємодіють одна з одною. Тому за малої товщини шару гранул H вони частково повертаються, а у разі збільшення товщини шару гранул – стискаються і рухаються як одне ціле.

Середнє значення коефіцієнта тертя полістиролу (рисунк, в) майже не залежить від збільшення глибини каналу. На рисунку, в зображена одна апроксимуюча крива за результатами вимірювань для трьох значень глибини H . Це можна пояснити тим, що його гранули мають не сферичну форму, а форму приплюснутих циліндрів з гострими гранями і майже не є деформованими. Тому повертання та стискання майже відсутнє, і шар гранул під час руху поводить себе як тверде тіло, тобто як єдине ціле, навіть за незначного навантаження.

Висновки

Врахування визначених залежностей під час конструювання та розрахунків нового обладнання для виготовлення полімерних виробів дозволить знизити енергоємність та підвищити продуктивність процесу екструзії, роблячи його економічно вигіднішим.

Література

1. Басов Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: учеб. для вузов / Н.И. Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович. – М.: Химия, 1986. – 488 с.
2. Белый В.А. Трение полимеров / В.А. Белый, М.И. Петроковец, В.Г. Савкин. – М.: Наука, 1972. – 202 с.
3. Витвицький В.М. Експериментальне дослідження коефіцієнта тертя гранульованого полімерного матеріалу по металевій поверхні / В.М. Витвицький, І.О. Мікульонок, О.Л. Сокольський // Актуальні задачі сучасних технологій: IV Міжнар. наук.-техн. конф. мол. учен. та студ., (Тернопіль, 25–26 лист. 2015 р.): збір. тез доп., т. I. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – С. 7.

Визначення впливу амфотерних полімерних смол на якість паперу із макулатури марок МС-6Б-3 і МС-7Б-2

А.А. Остапенко, В.А. Барбаши, к.х.н., НТУУ «КПІ», м. Київ

Серед продукції українських підприємств целюлозно-паперової галузі найбільші обсяги використання макулатури як основного компонента волокнистої композиції належать виробництву паперу для гофрування. Для забезпечення необхідних значень його фізико-механічних показників, передбачених вимогами відповідних нормативних документів, у технологічних потоках виробництва паперу для гофрування із макулатури останнім часом інтенсивно використовують різні хімічні допоміжні речовини, зокрема амфотерні полімерні смоли (АПС) [1].

У попередніх роботах [2–4] показано вплив деяких АПС – Ультрарез 200, Fennostrength PA21, Kymene 25X-Cel, Eka WS 325, Luresin KS та алкіл-кетен димер (АКД) Ультрасайз 200 виробництва компанії ТОВ «Скиф Спешиал Кемикалз» – на фізико-механічні показники паперу для гофрування із макулатури марок МС-5Б-2 і МС-8Б-3. Разом з тим у виробництві паперу для гофрування широко використовують макулатуру марок МС-6Б-3 та МС-7Б-2 [5]. Тому в роботі досліджено вплив дії вищенаведених АПС та АКД на фізико-механічні показники паперу для гофрування із макулатури марок МС-6Б-3 та МС-7Б-2.

Для цього в лабораторних умовах виготовлено серію зразків паперу масою 140 ± 8 г/м² із макулатури марок МС-6Б-3 та МС-7Б-2 з витратами АПС від 1 до 10 кг/т та АКД – 2 кг/т паперу. Залежності основних фізико-механічних показників паперу із різних марок макулатури від витрат АПС наведено на рис. 1–2. Як видно з рис. 1–2, спільна дія всіх досліджених АПС з АКД позитивно впливає на фізико-механічні показники паперу. Найвищий приріст показника опору продавлюванню (на 19 %) спостерігається у випадку використання АПС Ультрарез 200 за витрат 4 кг/т паперу із макулатури марки МС-6Б-3. Подальше збільшення витрати АПС від 6 кг/т до 10 кг/т призводить

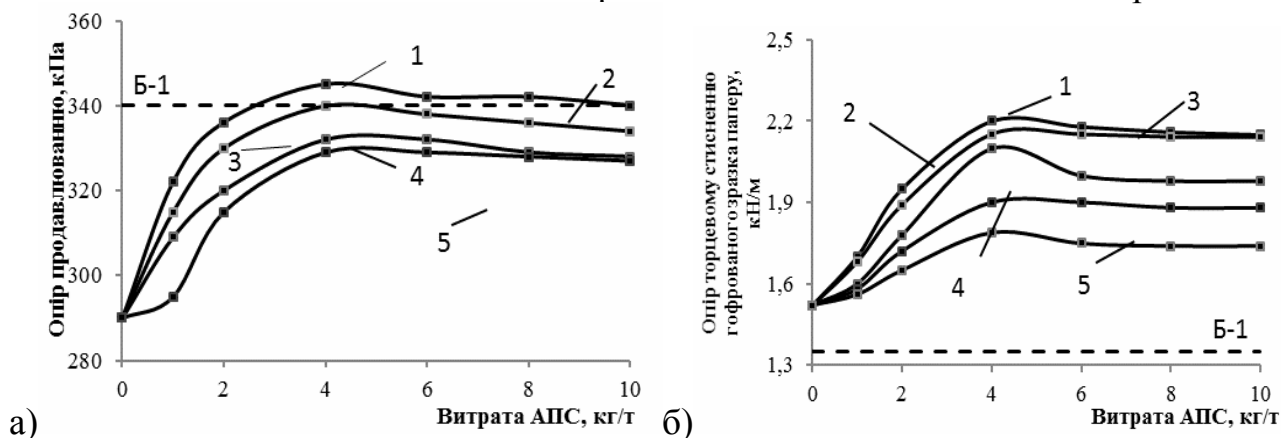


Рис. 1. Вплив витрат АПС Ультрарез 200 (1); Fennostrength PA21 (2); Kymene 25X-Cel (3); Eka WS 325 (4); Luresin KS (5) на опір продавлюванню (а) та опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу (б) із використанням макулатури марки МС-6Б-3

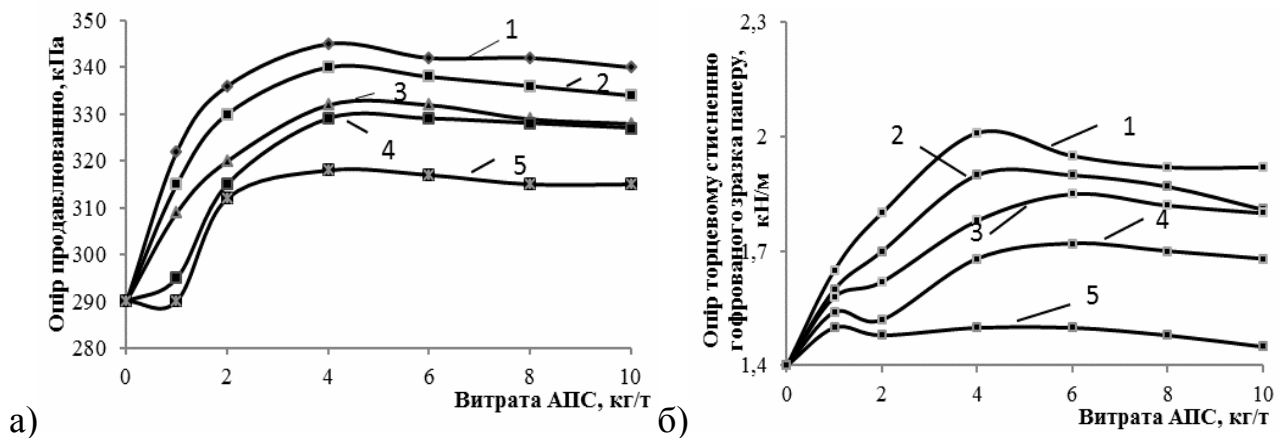


Рис. 2. Вплив витрат АПС Ультрарез 200 (1); Fennostrength PA21 (2); Кумене 25Х-Сел (3); Ека WS 325 (4); Luresin KS (5) на опір продавлюванню (а) та опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу (б) з використанням макулатури марки МС-7Б-2

до незначного зниження показника опору продавлюванню, що дозволяє зробити висновок про економічну недоцільність збільшення витрат АПС понад 4 кг/т.

Як показано на рис. 1б і 2б, максимальні значення величини опору торцевому стисненню гофрованого зразка паперу спостерігаються під час використання АПС Ультрарез 200 за витрат 4 кг/т (майже на 36 % для марки макулатури МС-6Б-3 і 30 % для макулатури марки МС-7Б-2). Проведеними дослідженнями також показано, що збільшення витрат вивчених АПС приводить до покращення показників жорсткості – опору площинному стисненню після лабораторного гофрування і торцевому стисненню гофрованого зразка паперу, які виготовлені з макулатури марок МС-6Б-3 та МС-7Б-2.

Таким чином, на основі отриманих даних можна зробити висновок про те, що для виробництва паперу для гофрування із макулатури марок МС-6Б-3 та МС-7Б-2 рекомендується використовувати амфотерні полімерні смоли Ультрарез 200 з витратою 4 кг/т та АКД з витратою 2 кг/т паперу.

Література

1. Остапенко А.А. Повышение качества бумаги из макулатуры химическими функциональными веществами / А.А. Остапенко, В.Н. Мороз, В.А. Барбаш, С.Ю. Кожевников, В.К. Дубовой, И.Н. Ковернинский // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 187–190.
2. Барбаш В.А. Вплив амфотерної полімерної смоли на показники зневоднення волокнистої суспензії і якості паперу / В.А. Барбаш, А.А. Остапенко // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2013. – № 3. – С. 104–107.
3. Барбаш В.А. Вплив структури амфотерних полімерних смол на якість паперу для гофрування / В.А. Барбаш, А.А. Остапенко,

- В.В. Трачевський // Вісник НТУУ «КПІ». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2015. – № 1. – С. 58–64.
4. *Барбаш В.А.* Вплив амфотерних полімерних смол на властивості пакувальних матеріалів із макулатури / В.А. Барбаш, А.А. Остапенко // Упаковка. – 2016. – № 3.
 5. Макулатура паперова й картонна. Технічні умови: ДСТУ 3500:2009 на заміну ДСТУ 3500-97 (ГОСТ 10700-97) зі скасуванням ГОСТ 10700-97. – К.: Держ. комітет України з питань техн. регулювання та споживчої політики, 2009. – 10 с.

Синтез нових пристроїв переміщення розгортки у самонакладах устаткування для виготовлення паковань

Я.Б. Стеців, УАД, м. Львів

Технологічний процес виготовлення паковань передбачає перетворення набору напівфабрикатів та матеріалів в об'єкт споживання певної форми, вмісту та з дизайнерським оформленням. Більшість операцій супроводжується накопиченням напівфабрикатів у самонакладах для подальшого поштучного переміщення їх у зону обробки. Практика експлуатації устаткування для виготовлення паковань свідчить, що за заданих технологічно-технічних умов практично неможливо підвищити його продуктивність через недостатню надійність і довговічність самонакладів.

Аналіз наукових та методичних розробок і публікацій у цьому напрямку засвідчив, що пристрої переміщення розгортки паковань в сучасних самонакладах укомплектовані великогабаритними металомісткими механізмами, використання яких є енерговитратним [1]. Одним із найперспективніших методів створення нових ефективних компактних пристроїв переміщення розгортки паковань є застосування кулачково-важільних механізмів (КВМ) із корегуванням руху або розмірів ланки [2].

На рис. 1 зображено кінематичну схему пристрою переміщення в самонакладі розгортки паковань машин для виготовлення паперових стаканів або харчових контейнерів.

Механізм працює наступним чином. Рух від кривошипа 1 передається шатуном 2 до повзуна 4 куліси 3. На повзуні 4 закріплений ролик 5, який переміщається по пазу 6 і викликає зміщення точки прикладання зусилля від шатуна 2 до куліси 3. Криволінійний профіль програмують згідно з бажаними вимогами до закону руху (ЗПР) переміщення каретки 8.

Актуальним та перспективним науковим завданням є розробка математичної моделі для удосконалення методу синтезу цих механізмів та створення сучасного програмного комплексу. Це дозволяє обґрунтувати раціональну побудову та підвищити якість проектування пристроїв для поштучного переміщення широкого спектра розгортки у самонакладах устаткування для виготовлення паковань.

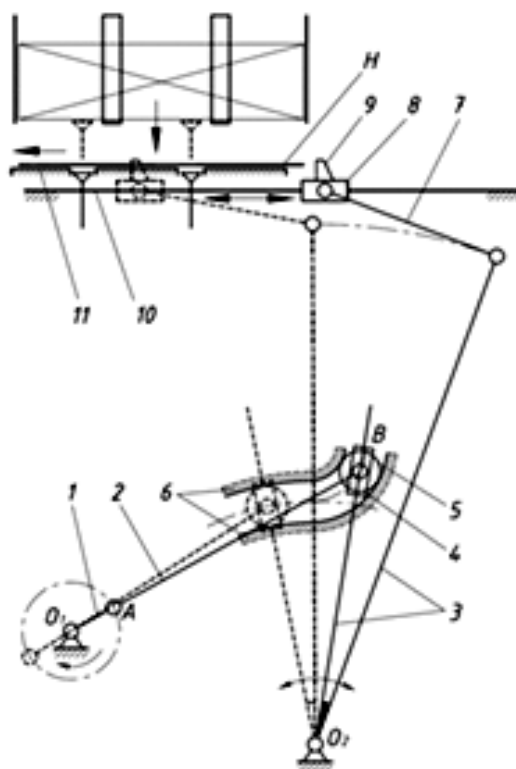


Рис. 1. Кінематична схема механізму переміщення розгортки в обладнанні для виготовлення паковань

Розроблена методика синтезу нового комбінованого механізму із КВМ дозволяє визначити його геометричні, кінематичні та енергосилові параметри на основі оптимізації за комплексом критеріїв. Головною умовою синтезу комбінованого механізму є дотримання потрібних ходу та ЗПР вихідної ланки механізму (наприклад, повзуна зі штовхачами або присмоктувачами).

На початковому етапі проводять синтез вихідного кривошипно-повзунного контура пристрою для визначення його геометричних параметрів та призначають ЗПР повзуну. Кінематичним синтезом цього контура визначають трансформований ЗПР на коромислі кривошипно-повзунного контура, положення якого задає положення веденого коромисла КВМ.

Отримані залежності можна розділити на два типи. Для циклоїдальних ЗПР повзуна («С₀», Шуна) забезпечується ЗПР коромисла у вигляді синусоподібної залежності зі значними спотвореннями. Для гармонійних ЗПР («К₀», «0000», поліноми 5-ї степені) пришвидження коромисла зменшується за хвилеподібною функцією.

У результаті наступного, третього етапу синтезу визначають довжини ланок першого контура (власне КВМ) у складі комбінованого механізму пристрою за умови дотримання нерозривності кінематичного зв'язку та кута хитання двоплечого коромисла з кулісою. Завершальний етап синтезу КВМ передбачає отримання профілю корегувального кулачка з одночасним дотриманням умов працездатності кулачкового і важільного механізмів.

Аналіз отриманих профілів корегувального кулачка (рис. 2) засвідчив, що вони суттєво відрізняються для прямого і зворотного ходів коромисла.

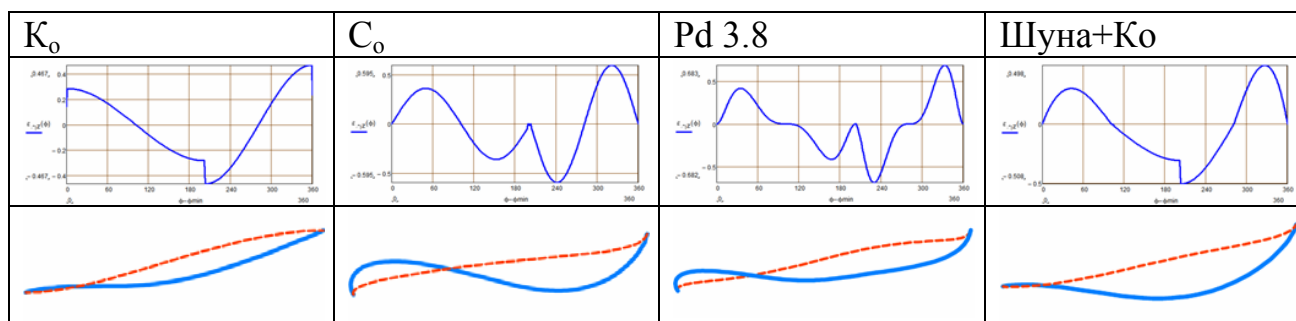


Рис. 2. Профілі корегувального кулачка за ЗПР різного типу

Встановлено, що ефективну працездатність забезпечують профілі кулачка для ЗПР з «м'яким ударом», які не створюють проблем у роботі самонакладів. Для більшості «безударних» ЗПР у крайніх положеннях профілю наявні заокруглення профілю малих радіусів, що унеможливорює створення кулачкової пари через недотримання умови віддалення від загострення профілю.

Запропоновано використовувати неоднорідні ЗПР, що дозволяє одночасно отримувати працездатний профіль кулачка і уникати «м'які удари» на початку руху веденої ланки.

За результатами аналітичних досліджень визначені геометричні параметри ланок та корегувального кулачка у створеному експериментальному стенді [3]. Підтверджена стабільна робота пристрою для переміщення розгортки на

відстань до 250 мм із швидкістю 140 ц./хв з одночасним зменшенням навантажень на 15–35 % (залежно від застосованого ЗПР штовхачів). Габарити ланок пристрою зменшені на 20–40 %.

Обґрунтовано засади та опрацьовано рекомендації для проектування удосконалених пристроїв поштучного переміщення розгорток у самонакладах пакувань на основі механізмів з програмовано-керованою зміною коромисла, виходячи з умов забезпечення їх енергоощадного функціонування, збільшення швидкодії та мінімізації габаритів.

Техніко-економічні розрахунки доводять доцільність удосконалення пристрою для переміщення розгорток в автоматі для формування картонних харчових контейнерів або стаканів.

Література:

1. *Хведчин Ю.Й.* Брошурувально-палітурне устаткування. Палітурне устаткування: підручник. Ч. 2. – Львів: УАД, 2007. – С. 180–181.
2. Патент №103240 (Україна). Пристрій для виведення плоских напівфабрикатів / Полюдов О.М., Рєгей І.І., Коломієць А.Б., Стеців Я.Б. – Бюл. № 18 від 25.09.2013. – 4 с.
3. *Stetsiv Yaroslav.* Experimental researches of mechanism with programmable movement of executive link for sheet semifinished items' feeder / Yaroslav Stetsiv // Технологічні комплекси. – № 2(10). – Луцьк: РВВ ЛуНТУ, 2014. – С. 129–133.

Зміни гідрофільності і текучості від складу композиції поліетилен–крейда
І.Л. Лісничук, А.В. Юрченко, О.М. Шнирук, Л.І. Мельник, к.т.н., НТТУ «КПІ», м. Київ

Для здешевлення виробів з полімерів, у тому числі тари й упаковки, та покращення їх технічних характеристик полімери наповнюють кальцитами. Перспективне використання вітчизняної крейди, якою багата наша держава, стримується її гідрофільністю, наявністю кристалізаційної вологи. Проблемними є змішування гідрофобних полімерів з гідрофільною крейдою, одержання гомогенного розплаву, адгезія крейди до металевих поверхонь і накопичення її в обладнанні на всьому шляху матеріалу, що переробляється. Необхідна гідрофобізація крейди, застосування якої пов'язано з технічними та економічними факторами.

Створення нових полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) наповненням крейдою приводить до необхідності досліджень змін їх характеристик; виникає потреба в розробці технологічних режимів переробки нових ПКМ. Для часткової реалізації цього було виконано дослідження впливу крейди на гідрофільність і текучість композиції поліетилену високого тиску (ПЕВТ) з крейдою.

Одержання наповненого полімеру передбачає такі умови, за яких поверхня твердих часток крейди повинна змочуватися полімером. Ці умови включають змішування за температур вище температури плавлення ПЕВТ. У цих умовах обов'язковим актом є адсорбція макромолекул на твердій поверхні з утворенням адгезійного зв'язку ПЕВТ – крейда.

Адсорбція макромолекул на твердій поверхні має низку особливостей порівняно з адсорбцією низькомолекулярних речовин. Внаслідок довголанцюгової природи і гнучкості макромолекули можуть адсорбуватися на поверхні досить протяжними ділянками, які містять десятки ланок, котрі повторюються. Деякі макромолекули адсорбуються декількома ділянками різної довжини, достатньо віддаленими одна від одної. Внаслідок великої площі контакту сумарна енергія адсорбції такої макромолекули може виявитися високою, навіть перевищувати енергію одиничного хімічного зв'язку.

Досліджувалась залежність крейдового наповнення ПЕВТ на величину крайового кута змочування поверхні водою. Крейда вводилась в ПЕВТ в розмірах 2.5; 5; 7.5 та 10 мас. %. Зразки отримували розрізанням вздовж осі раніше відформованих трубок, розігріванням ІЧ-нагрівачем та пресуванням між двома полірованими пластинами з фторопласту. Вимірювання проводилося на вимірювальному двокоординатному приладі ДИП-6-4, завдяки якому знімалися значення кута, що доповнює крайовий кут змочування, методом лежачої каплі. Результати досліджень наведені на рис. 1.

З отриманих результатів видно, що гідрофобність поверхні збільшується від ненаповненого зразку до такого, що містить 2,5 % крейди, з подальшим зменшенням після нього.

Досліджували вплив вітчизняної крейди на текучість ПЕВТ, який використовують для виготовлення морозостійких труб малого діаметра.

Проводили дослідження текучості розплаву композиції відповідно ISO 1133-1:2011 на капілярному віскозиметрі за таких умов: зусилля на поршень 33 N, діаметр капіляру 2 мм та температура 190 °C. Використовували для досліджень зразки у вигляді стружки ПКМ, яку завантажували в екструзійну камеру і ущільнювали в неї поршнем. Визначали зміну показника текучості розплаву (ПТР) внаслідок зміни вмісту крейди.

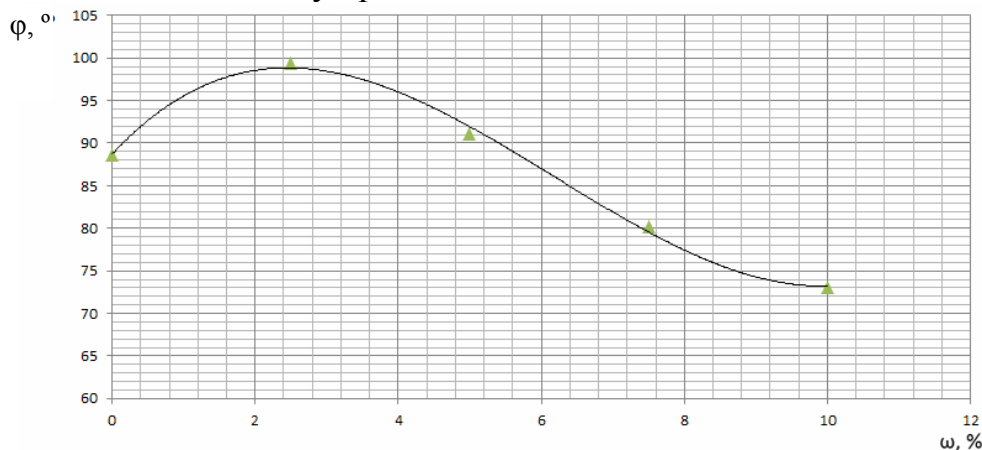


Рис. 1. Залежність крайового кута змочування (φ) поверхні від вмісту крейди (ω)

Склад ПКМ: полімер – ПЕВТ; стеаринова кислота (гідрофобізація крейди), наповнювач. Рецептури ПКМ, % мас.: ПЕВТ марки 15813-0204 – 100; стеаринова кислота – 3; молота крейда марки ММ1 – ω : 0; 2,5; 5; 7,5; 10. Результати досліджень наведені на рис. 2.

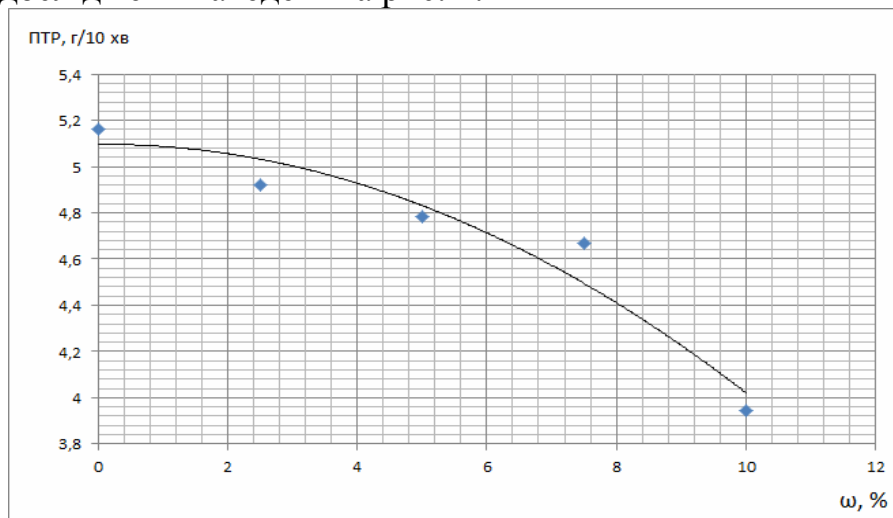


Рис. 2. Показник текучості розплаву для низки крейдових ПКМ

Спостерігається зниження текучості розплаву внаслідок зростання концентрації крейди в ПКМ. Відповідно, переробляючи розглянуті композиції в труби, необхідно врахувати зростання дисипації тепла в розплаві і підвищення опору головки під час формування заготовки.

Література

1. Фазовые процессы в гетерогенных полимерных системах / под. ред. Е.В. Лебедева. – К.: Наукова думка, 2012. – 431 с.

Вплив характеристик зволожувальних розчинів на стабільність процесу друкування пакувальної продукції

К.І. Золотухіна, к.т.н., О.М. Величко, д.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ», м. Київ

Одним з наукових напрямів дослідження друкарських засобів поширення інформації є триботехнічна система контактних методів друку, у якій елементи забезпечують водночас взаємодію між собою, формування інформаційного, матеріального й енергетичного потоків, їх взаємовплив зі зміною складу, структури і властивостей контактувальних пар та продукування відбитка – репродукції з наперед заданими параметрами, у тому числі і пакувальної продукції. Головним складником формування зображення є технологічне середовище друкарського контакту, яке водночас виступає головним збуджуючим чинником змін у триботехнічній системі. Тож, саме друкарсько-технічні характеристики складників технологічного середовища, їх взаємодія із задруковуваним матеріалом відповідають за певний напрям управління процесом друкування, корегування властивостей, вимірювання колірних характеристик відбитків для подальшого його удосконалення.

Перенесення фарби на задруковувані матеріали забезпечується параметрами друку і технологічного середовища. Зокрема, на процес перенесення впливають ступінь емульгування фарби зі зволожувальним розчином; поверхневі властивості офсетного полотна, друкарської форми і задрукованого матеріалу; товщина шару фарби на формі та її кількість і ступінь закріплення на відбитку. Відхилення режиму перенесення фарби від оптимальних параметрів має негативні наслідки.

Одним із найважливіших складників технологічного середовища друкарського контакту є зволожувальний розчин, який варто щоденно ретельно контролювати. Для забезпечення виробництва екологічної пакувальної продукції перспективним та актуальним є напрямок підвищення антибактеріальних властивостей зволожувальних розчинів, водночас зі збереженням стабільних показників кислотності, електропровідності і загальної мінералізації. Тож, дослідження були спрямовані на розроблення оптимального складу зволожувального розчину та вивчення впливу антибактеріальних добавок до концентратів зволожувальних розчинів на стабільність його показників упродовж тривалого проміжку часу.

Готували дослідні зразки зволожувальних розчинів, що різнилися кількісним вмістом антибактеріальної добавки.

Показники кислотності та електропровідності зволожувальних розчинів контролювали за допомогою рН-метру та кондуктометру, окрім того здійснювали вимірювання коефіцієнта пропускання на фотокolorиметрі 2КФК-МП. Таким чином, досліджували стабільність показників розроблених зволожувальних розчинів упродовж двох тижнів та порівнювали результати зі зразками відомих виробників, що дало змогу зробити висновки щодо доцільності застосування антибактеріальних добавок і зменшення концентрації ізопропилового спирту у складі зволожувального розчину.

Жорсткість води у складі зволожувального розчину знаходилася в межах 5–12 dH. Розчини готували в такому співвідношенні компонентів, щоб значення електропровідності знаходилися у межах 800–1500 мкСм/см, кислотності – 4,5–5,5, що відповідає оптимальним значенням.

Через тиждень досліджень відбулося незначне коливання кислотності зволожувального розчину. Так, для зволожувального розчину з концентратом відомого виробника кислотність збільшилася на 0,18 одиниць, а для розробленого дослідного зразка з добавками – коливалася в межах $\pm 0,02$ –0,04.

Показник електропровідності розчинів збільшився на 10–30 одиниць. Коливання електропровідності зволожувального розчину свідчать про ступінь його забрудненості. Найбільше підвищення електропровідності (на 30 одиниць) відбулося у зволожувальному розчині з додаванням концентрату відомого виробника.

Через два тижні електропровідність зволожувального розчину з додаванням концентрату відомого виробника піднялася ще на 40 одиниць, натомість електропровідність розчинів з 5–6 % добавки залишилася сталою і відповідала оптимальному значенню.

Зволожувальні розчини, приготовлені з концентратами, наявними на ринку, мають більший ступінь помутніння, ніж розроблені зразки, що свідчить про доцільність застосування антибактеріальних добавок.

Під час проведення досліджень встановлено максимально допустиму кількість добавок та підібрано оптимальний склад зволожувального розчину, збалансований за трьома показниками: кислотністю, жорсткістю, електропровідністю.

Розроблені модельні зразки зволожувального розчину були використані для дослідження друкарсько-технічних характеристик відбитків під час друкування водно-фарбовою емульсією. Аналіз результатів вимірювання показників оптичної густини, координат кольору CIE Lab, колірних відмінностей ΔE та часу первинного закріплення водно-фарбової емульсії на відбитку свідчить, що додаткове введення антибактеріальних добавок та вимірювання рН й електропровідності забезпечує стабілізацію колірних характеристик відбитків за ΔE в межах 2,2–4,2 та скорочення часу первинного закріплення фарби на відбитку для складування відбитків у стоси і подальшого їх застосування на обробних операціях на 5–8 хв.

Доцільним є продовження досліджень з визначення взаємодії компонентів водно-фарбової емульсії між собою та елементами друкарської форми, офсетним гумовотканинним полотнищем, задруковуваним матеріалом, встановлення рівномірності нанесення розчину, однорідності утвореної плівки та стабільності процесу друкування в цілому.

Автоматизація розрахунків технологічних параметрів друкування маркувань з нанофотонними елементами для функціональних пакувань

О.О. Грищенко, ВПІ НТУУ «КПІ», м. Київ

Для поліграфічного виготовлення міток з нанофотонними елементами новітніх функціональних пакувань із необхідними, тобто наперед заданими, фотолюмінесцентними характеристиками необхідно враховувати низку факторів, які впливають на ці характеристики в технологічному процесі. Розрахунок такого впливу є досить складним і об'ємним, тому використання спеціалізованого програмного забезпечення значно пришвидшує процес розрахунків і відповідно зменшує строки виготовлення продукції.

Метою дослідження є розробка алгоритму і програмного забезпечення для автоматизованого розрахунку технологічних параметрів друкування маркувань з нанофотонними елементами для новітніх функціональних пакувань із заданими фотолюмінесцентними характеристиками.

Алгоритм розрахунку параметрів технологічного процесу поліграфічного виготовлення нанофотонних елементів містить наступну послідовність операцій. Спочатку визначаються початкові критерії. Обирається призначення нанофотонних елементів – для друку новітніх пакувань і для друку ЦПДСО. У першому випадку далі вводяться параметри розміщення друкованого маркування відносно пакування, умови і термін його зберігання та параметри продукту, який будуть пакувати. Також вказується спосіб друку, задрукований матеріал (ЗМ) та його параметри. Далі вводяться параметри, які стосуються складу нанофотонної композиції: тип люмінесцентної складової та її характеристики, тип розчинника і тип полімеру, а також вміст цих компонентів у композиції. Потім вказуються відомі технологічні параметри, які стосуються друкарської форми: параметри друкарського процесу, параметри зображення, яке буде надруковане, і в разі необхідності параметри інших технологічних операцій, таких як покриття та фіксування.

Потім проводиться перевірка введених даних, і в разі невідповідності допустимим значенням виводиться помилка та рекомендації щодо їх зміни.

На основі введених параметрів нанофотонної композиції розраховуються початкові спектральні параметри відбитка: тип спектральної кривої, початкові показники інтенсивності люмінесценції на кожній ділянці спектру. На основі введених параметрів ЗМ розраховується коефіцієнт впливу ЗМ на кожній ділянці спектру. Далі розраховується вплив параметрів друкарського процесу, на основі розрахунків обчислюється відповідний коефіцієнт впливу. Після цього розраховується вплив параметрів післядрукарського процесу, на основі чого обчислюється відповідний коефіцієнт. На наступному етапі проводиться перевірка введення технологічних параметрів на їх повноту. Якщо технологічні параметри введені не в повному обсязі, проводиться розрахунок коефіцієнту впливу спектральних параметрів. На основі розрахованих коефіцієнтів визначаються і виводяться значення технологічних параметрів.

У разі повноти введення технологічних параметрів проводиться розрахунок спектральної кривої (у вигляді табличних значень) із врахуванням обчислених у

попередніх операціях коефіцієнтів. Потім на основі розрахованої спектральної кривої розраховуються показники люмінесценції – величин піків люмінесценції. Далі розраховується колір фотолюмінесценції у колірних координатах RGB. Наступним етапом здійснюється перевірка результатів розрахунків на відповідність допустимим нормам. У разі виявленої невідповідності виводяться рекомендації щодо зміни початкових даних.

На завершальному етапі здійснюється виведення результатів аналізу, спектральної кривої, показників люмінесценції та колірних координат RGB, за якими надається колір люмінесценції у візуальному відображенні.

На основі аналітичних досліджень та запропонованого алгоритму розрахунку технологічних параметрів друкування нанофотонних елементів було розроблено програмне забезпечення в сучасному програмному середовищі Delphi XE5. Інтерфейс комп'ютерної програми «Розрахунок технологічних параметрів друкування нанофотонних елементів» представлено на рисунку.

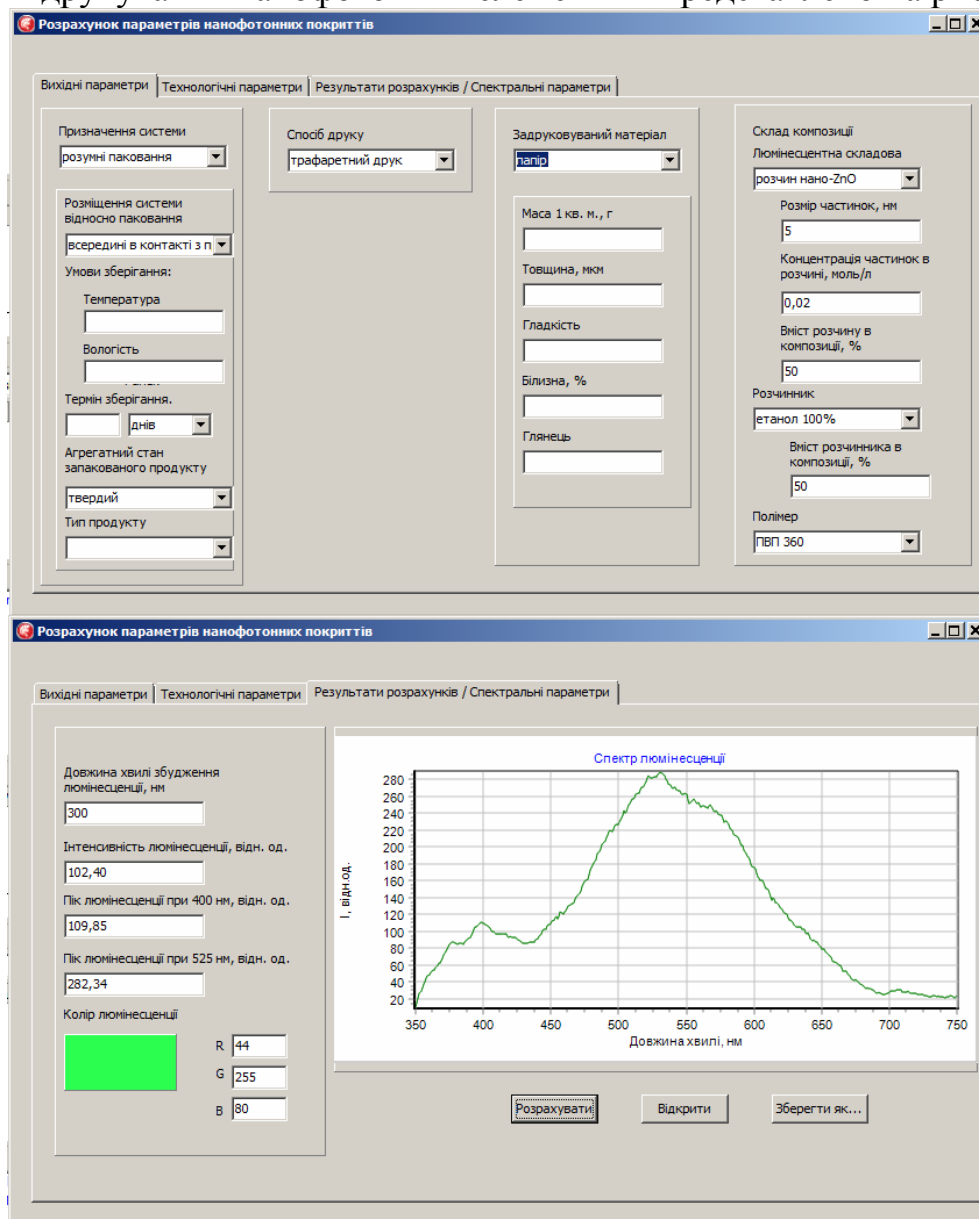


Рисунок. Інтерфейс програми розрахунку технологічних параметрів друкування нанофотонних елементів

У програмі використано аналітичні залежності, одержані в результаті досліджень, у яких було визначено вплив витратних матеріалів [1], технологічних параметрів формного [2] і друкарського процесу трафаретного і тампонного способів друку [3–4] на фотолюмінесцентні характеристики друкованих відбитків з нанофотонними елементами.

Отже, у результаті проведених досліджень було розроблено алгоритм і програмне забезпечення для розрахунку впливу технологічних параметрів друкування маркувань з нанофотонними елементами для новітніх функціональних пакувань на їхні фотолюмінесцентні характеристики, а також для розрахунку необхідних значень технологічних параметрів для одержання друкованих маркувань з нанофотонними елементами з наперед заданими фотолюмінесцентними характеристиками. Програмне забезпечення дозволяє автоматизувати розрахунки і зменшити строки виготовлення маркувань, які забезпечують функціональність новітніх харчових пакувань, що уможлиблюють спостереження за станом запакованого харчового продукту та інформування споживача про придатність і безпечність запакованого продукту до споживання.

Дослідження проводилися за підтримки Міністерства освіти і науки України в рамках НДР №2873п. Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф64/36-2015 від 27.10.15.

Література

1. *Сарапулова О.О.* Вплив властивостей задрукованого матеріалу на виготовлення друкованих нанофотонних систем / О.О. Сарапулова, В.П. Шерстюк // Технологія і техніка друкарства. – 2014. – № 3(45). – С. 103–112.
2. *Сарапулова О.О.* Вплив параметрів друкарської форми на люмінесцентні характеристики нанофотонних друкованих покриттів / О.О. Сарапулова // Технологія і техніка друкарства. – 2014. – № 1(43). – С. 97–106.
3. *Сарапулова О.О.* Технологічні особливості нанесення нанофотонних елементів пакувань трафаретним способом друку / О.О. Сарапулова, В.П. Шерстюк // Технологія і техніка друкарства. – 2013. – № 3. – С. 18–26.
4. *Сарапулова О.* Особливості відтворення нанофотонних міток тампонним способом друку / О. Сарапулова, В. Шерстюк // Матеріали доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції з проблем видавничо-поліграфічної галузі. – 2014. – С. 56–58.

Вплив способів пакування на термін зберігання неглазурованих помадних цукерок з жувальним ефектом

К. Антоненко, О.О. Кохан, к.т.н., НУХТ, м. Київ

Якість кондитерських виробів формується в процесі виробництва та залежить від якості сировини, пакувальних матеріалів, технології переробки та роботи технологічного устаткування, умов транспортування, зберігання і реалізації продукції.

Окремою складовою якості варто виділити термін зберігання готових виробів. Він є суттєвим показником, який обумовлює конкурентоспроможність готової продукції, особливо якщо її імпортують в інші країни. У наш час виготовляти високоякісну продукцію, щоб отримувати стабільні прибутки, замало. Дуже важливо вміти презентувати нові види виробів, знайти свого споживача та зайняти певну нішу на ринку солодкої продукції як в Україні, так і за її межами. Великий асортимент кондитерських виробів змушує виробничника шукати нові засоби привернення уваги споживача до своєї продукції, серед яких можна виділити використання нових добавок, яскраве і оригінальне пакування продукції [1].

У кондитерських виробках під час їх зберігання відбуваються фізичні, хімічні, мікробіологічні процеси, які погіршують якісні показники готової продукції. Основна задача упаковки – зберегти початкові властивості і характеристики харчового продукту, а також захистити його від шкідливого впливу зовнішніх факторів. Нова упаковка створює додаткові споживчі зручності і не тільки зберігає початкові характеристики продукту, а й покращує його якість.

У НУХТ запропоновано технологію виготовлення неглазурованих помадних цукерок з використанням комбінації гідроколоїдів желатину та гуміарабіку. Отримані вироби набувають привабливої та популярної на сьогодні у споживачів жувальної текстури. Але цим виробам, як і класичним помадним цукеркам, притаманне явище десорбції під час зберігання. Тому з метою подовження терміну зберігання цієї групи солодкої продукції ми проводили дослідження впливу пакувального матеріалу та способів пакування на якість виробів під час зберігання.

У дослідженнях використовували багатошаровий полімерний матеріал на основі металізованого поліпропілену.

Під час зберігання цукерок відбувається втрата вологи, що призводить до погіршення якісних характеристик виробу. Особливо значних змін зазнають структурно-механічні властивості цукерок, які стають твердими і втрачають притаманну їм текстуру.

Необхідно було дослідити, як буде змінюватися волога цукерок під час їх зберігання. Цукерки з жувальним ефектом пакували в поліпропілен металізований двома способами: «в перекрутку» (цей спосіб найбільш розповсюджений для помадних цукерок, але не забезпечує повної герметичності) та «флоу-пак», який дозволяє герметично пакувати виріб. Цукерки зберігали в приміщенні лабораторії за температури 18–20 °С та відносною вологістю в межах 75 %.

На рисунку показана зміна кількості вологи в цукерках під час їх зберігання.

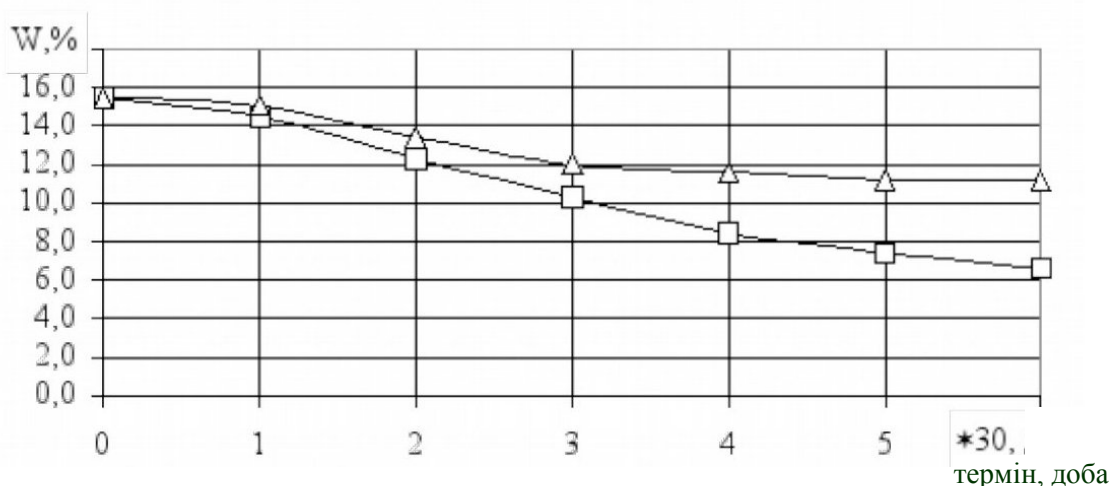


Рисунок. Зміна кількості вологи в цукерках з жувальним ефектом під час їх зберігання в упаковці «в перевертці» (—□—) та «флоу-пак» (—Δ—)

Як видно з рисунку, різний спосіб пакування по-різному захищає від втрати вологи зразки цукерок. Втрати вологи в зразках пакованих способом «в перевертці» відбувається інтенсивніше, ніж у зразках, пакованих способом «флоу-пак»: після 6 місяців зберігання різниця між вологою зразків становила менше 5 %, тоді як цукерки, загорнуті способом «в перевертці», втрачали близько 10 %.

Дослідження структурно-механічних властивостей зразків цукерок під час зберігання показав, що втрата вологи зразками цукерок спричиняє збільшення пружності виробів, що ускладнює процес розжовування цукерок та призводить до збільшення граничної напруги зсуву та зусилля розрізу, яке необхідно прикласти, щоб розрізати цукерку з геометричними розмірами $a \times b \times h = 40 \times 15 \times 20$ (таблиця).

Таблиця.
Зміна структурно-механічних властивостей зразків цукерок з жувальним ефектом під час зберігання

Цукерки з жувальним ефектом	Відносна пружність, %		Гранична напруга зсуву, кПа		Зусилля розрізу, Н	
	«в перевертці»	«флоу-пак»	«в перевертці»	«флоу-пак»	«в перевертці»	«флоу-пак»
Зразок у день виготовлення	74,5	74,5	50,0	50,0	36,0	36,0
Зразок після 6 місяців зберігання	85,6	81,4	98,0	87,0	68,9	62,0

Як видно з таблиці, після 6 місяців зберігання значення відносної пружності збільшується на 10–15 % і досягає значень у межах 80–86 %, що погіршує смакові якості цукерок та ускладнює процес розжовування виробів. Отже,

враховуючи те, що основним критерієм якості цукерок із жувальним ефектом є їхня текстура, а саме здатність до розжовування, можна зробити висновок, що гарантійний термін зберігання таких цукерок становить 5–6 місяців, залежно від пакувального матеріалу та способу пакування, до того моменту, коли значення відносної пружності досягає 85 %. Порівнюючи вплив способу пакування, варто зазначити, що інтенсивніше структурно-механічні характеристики змінюються в зразках, пакованих способом «в перекрутку», оскільки активне видалення вологи відбувається саме в цих зразках порівняно зі зразками, пакованими способом «флоу-пак», який є герметичним.

Висновки

Встановлено перевагу пакування цукерок із жувальним ефектом способом «флоу-пак» над способом «в перекрутку», що дозволяє збільшити тривалість збереження початкових властивостей готових виробів. Досліджено зміну основних органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних показників під час зберігання нових видів цукерок із жувальним ефектом і встановлено термін зберігання цих виробів, пакованих способом «флоу-пак», – 6 місяців, що робить ці вироби перспективними до впровадження в широке виробництво.

Література

1. *Кохан О.О.* Інноваційні технології кондитерських виробів подовженого терміну зберігання / О.О. Кохан, А.М. Дорохович // Матеріали III Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності» 9 вересня. – К.: НУХТ, 2014. – С. 41–47.

Синтез механізму транспортувальної системи із тривалою зупинкою під час виготовлення паковань на тамподрукарській машині

Д.С. Гриценко, к.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ», м. Київ

Механізми періодичної дії широко використовують у вузлах поліграфічних та інших машин, робочі ланки яких здійснюють періодичні рухи. Особливо актуально використовувати їх у сучасних циклових машинах для виготовлення паковань, транспортувальних пристроях, потокових лініях для надання періодичного руху ланкам та ін.

Під час виготовлення паковань на тамподрукарській машині за допомогою транспортувальних пристроїв здійснюється подавання виробів різних габаритів у зону друку. Також транспортувальні пристрої використовують як опорну поверхню під час друку, що ставить додаткові вимоги до наявності коливань та вібрацій у період вистою та впливає на точність суміщення фарб на відбитку і відповідно визначає якість друкованої продукції.

За допомогою кулачкових механізмів періодичного повороту як приводу таких транспортувальних систем можна забезпечити вимоги щодо точного вистою веденої ланки завдяки фіксації на рівнорадіусній ділянці по двох роликах, плавності періодичного руху та можливості вибору найбільш сприятливого закону періодичного руху, а також необхідне співвідношення періодів вистою та руху веденої ланки, можливість виконання геометричного та силового замикання кулачкової пари. Такі механізми порівняно прості у виготовленні й експлуатації, а також забезпечують кут повороту веденої ланки від 180° .

Проведені аналітичні дослідження дали можливість запропонувати механізм для приводу транспортувальної системи подавання паковань, який відповідає технологічному процесу тамподруку [1]. Схема такого механізму представлена на рисунку.

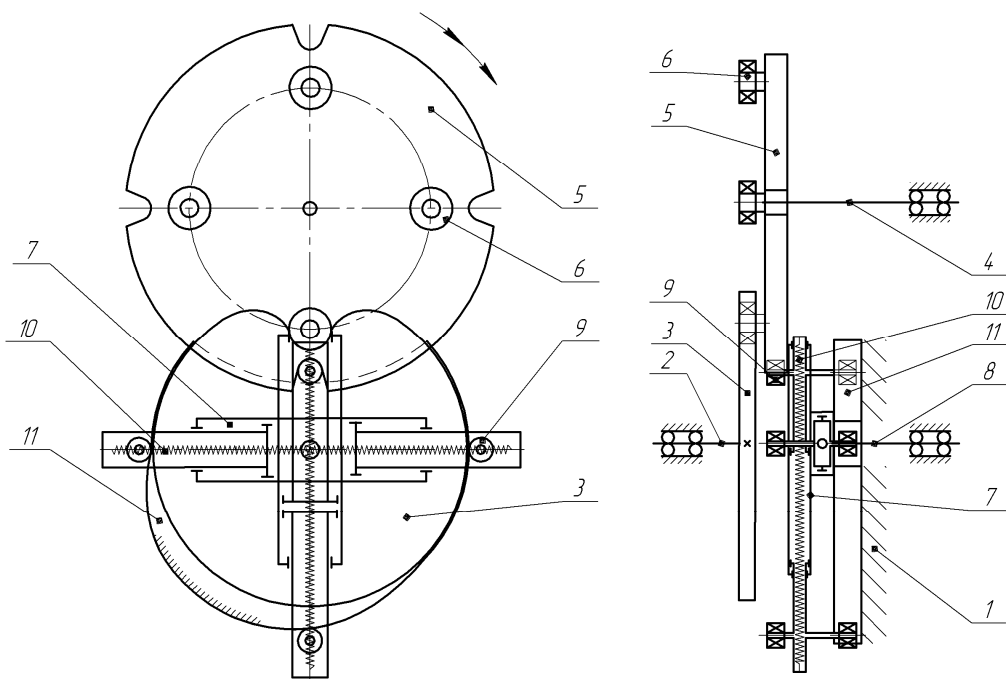


Рисунок. Схема кулачкового механізму періодичного повороту

Запропонований механізм складається з корпусу 1, головного вала 2 із встановленим на ньому кулачком 3, веденого вала 4 із встановленим на ньому коромисловим диском 5 з роликами 6, рівномірно розподіленими по колу, що взаємодіють з кулачком 3, хрестовини 7, встановленій на додатковому веденому валу 8, на якій закріплено ролики 9, а протилежні ролики з'єднуються між собою пружними ланками у вигляді пружин 10, ролики 6 взаємодіють з жорстко закріпленим у корпусі сектором 11. Робочий профіль кулачка 3 виконаний розімкненим за мінімальними радіус-векторами.

Використання такого механізму для приводу транспортувальних пристроїв тамподрукарських машин під час виготовлення пакувань дозволяє отримати надійне кінематичне замикання головного та ведених валів механізму періодичного повороту по двох роликах як під час періоду повороту, так і в період вистою. Запропонований механізм має широкий діапазон динамічного функціонування, забезпечує високу точність позиціонування ведених ланок і може бути використаний для отримання періодичного поворотного руху ведених ланок із забезпеченням різної тривалості їх руху та зупинки.

Література

1. Пат. 99753 України, МПК F 16 Н 25/00 (2015.01). Кулачковий механізм періодичного повороту/ Шостачук Ю.О., Гриценко Д.С., Рубан Д.І. – № u201413250; заявл. 10.12.2014; опубл. 25.06.2015. Бюл. №12. – 3 с.

Використання азоту в пакувальних технологіях

Ю.О. Ступак, К.В. Васильківський, к.т.н., НУХТ, м. Київ

Виробники харчових продуктів за допомогою передових технологій намагаються підвищити термін зберігання продукції і зменшити кількість хімічних добавок та консервантів.

Азот як основна складова повітря безпечний, не має кольору, смаку і запаху, хімічно інертний, не змінює консистенцію чи колір продукту. У харчовій промисловості азот зареєстрований як харчова добавка Е-941 і є газовим середовищем для пакування і зберігання продукції, холодоагентом. Рідкий азот використовують для фасування рідин, створення надлишкового тиску й інертного середовища в пакуванні. Це спричинило переверот у пакувальній індустрії за останні роки і зростання попиту на генератори азоту.

Сьогодні у світі і на українському ринку успішно застосовують технологію дозування рідкого азоту. Це пов'язано з тим, що потужні виробники напоїв шукають шляхи скорочення витрат і зменшення собівартості продукції, а застосування технології дозування рідкого азоту під час пакування дає можливість використовувати зручні, легкіші і дешевші контейнери з поліетилентерефталату (ПЕТФ) для холодних або гарячих продуктів.

Технологію кріогенної інжекції, що реалізується дозатором рідкого азоту, широко застосовують у лініях пакування під час фасування натуральних соків, негазованих мінеральних вод, напоїв, вина, рослинної олії для створення надлишкового тиску й інертного середовища в тарі з ПЕТФ, алюмінієвих та скляних банках, інших видах упаковки. Інжекцію рідкого азоту застосовують також під час «гарячого фасування» для запобігання деформації тонкостінної упаковки після охолодження і зменшення реалізаційних втрат через нетоварний вигляд упаковки.

Крапля азоту після подачі в упаковку інтенсивно випаровується, переходить у газоподібний стан, збільшується в об'ємі у 700 разів. Це фізичне явище дає можливість виконати дві важливі технологічні дії:

- до закупорювання витіснити з пляшки залишки повітря і кисню, замінити їх інертним газоподібним азотом, що збільшує термін зберігання продукту;
- після закупорювання газоподібний азот створює надлишковий тиск, що суттєво збільшує жорсткість і міцність упаковки з ПЕТФ і алюмінію, а це необхідно для раціонального складування і транспортування продукції.

Пристрої для дозування рідкого азоту створені для роботи в складі сучасних моноблоків фасування і закупорювання, але можуть працювати як окрема технічна одиниця у потокових лініях з фасування харчових продуктів і встановлюються між машинами наповнення і закупорювання. Монтаж і пуск у роботу займає всього кілька годин, а зміна насадок для різних типорозмірів тари – кілька хвилин.

Технічний комплекс для роботи з рідким азотом складається з ємності для зберігання скрапленого газу, трубопроводів, дозатора і блоку керування. Для

ефективної роботи обладнання воно не повинно обмерзати та має бути безпечним і надійним.

Подача азоту в тару повністю автоматизована і погоджена з роботою фасувальної машини. Інжекцію азоту виконують дискретно в кожен окрему упаковку або постійним потоком. Азот подають через клапан швидкої дії з ефективною вакуумною ізоляцією під низьким тиском для запобігання розбризкуванню. Пристрій з'єднаний безпосередньо з резервуаром для зберігання азоту за допомогою трубопроводів подачі рідкого азоту. Через точно заданий інтервал часу крапля рідкого азоту вводиться в упаковку до або після наповнення.

Необхідний внутрішній тиск у пляшці можна забезпечити розміром краплі азоту в мікронах або інтервалом часу до закупорювання пляшки. Крім точності дозування азоту, ще кілька факторів визначають кінцевий тиск у пляшці. Рідкий азот випаровується дуже швидко, тому для одержання заданих параметрів час переміщення упаковки має бути зведений до мінімуму. Перехід до зони закупорювання має бути плавним, без струшувань упаковки з киплячим азотом. Іншим фактором, що впливає на кінцеві параметри, тобто значення тиску в пляшці, є рівень заповнення упаковки продуктом. Якщо частка простору в горловині змінюється в результаті різного рівня заповнення, то і остаточний тиск у пляшці буде різним (коливання в межах 5 %). Пляшка з водою за недостатнього внутрішнього тиску може деформуватися під дією статичних і динамічних навантажень, а пляшка з великим тиском може зруйнуватися через температурні впливи. Також у разі недостатнього видалення кисню продукти можуть окислюватися і псуватися.

Транспортування рідкого азоту в межах виробництва здійснюють по трубопроводах, що поділяються на жорсткі і гнучкі. Жорсткі трубопроводи вимагають певної точності виготовлення для їхнього належного монтування. Гнучкі трубопроводи є універсальними і дають можливість реалізувати різні варіанти схем прокладання. Трубопроводи повинні транспортувати рідкий азот з мінімальним випаровуванням та втратами. Використовують 2 типи трубопроводів: з вакуумною ізоляцією і без неї. Трубопроводи без вакуумної ізоляції зазвичай мають піноізоляцію і втрати тепла у 20 разів більші, ніж у лініях з вакуумною ізоляцією. Основний тип трубопроводів для рідкого азоту – це трубопроводи з вакуумною ізоляцією (екранно-вакуумні). Вакуумна оболонка (рисунок) розміщується навколо внутрішньої труби з рідким азотом і зменшує втрати тепла.

У верхній точці трубопроводу розміщується сепаратор газової фази, що призначений для відокремлення парів азоту з метою гарантованої подачі тільки рідкої фази в лінії фасування напоїв.

Блок керування на базі сучасних промислових контролерів дає можливість оператору налагоджувати параметри дозування рідкого азоту з високою точністю. Об'єм дози рідкого азоту може варіюватися від 0,1 до 1,0 мл за теоретичної продуктивності до 20 тис. доз/год.

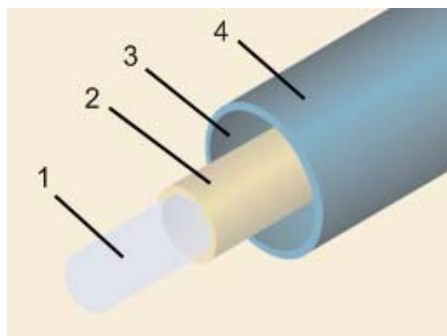


Рисунок. *Схема вакуумної ізоляції трубопроводу: 1 – рідкий азот; 2 – внутрішня трубка; 3 – вакуумна ізоляція; 4 – зовнішня труба*

Висновки

Азот – газ, який сьогодні використовують не тільки як компонент для створення модифікованої газової атмосфери, але й для покращення технології фасування напоїв. Це зумовило появу сучасних технологій і техніки для виробництва, зберігання та дозування рідкого азоту, які успішно починають використовувати в Україні.

Література

1. *Волынец В.Ф., Волынец М.П.* Аналитическая химия азота. – М.: Наука, 1977. – 307 с.
2. *Химия: Справ. изд. / В. Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрак и др.: Пер. с нем. 2-е изд., стереотип. – М.: Химия, 2000.*
3. *John W. Ross.* How to Dose Liquid Nitrogen Effectively // *Process cooling & equipment.* – 2000. July. – P. 6–28.

Оптимізація режимів роботи вібраційного об'ємного дозатора для дрібнодисперсних сипких матеріалів

Н.І. Магерус, Ю.П. Шоловій, к.т.н., НУ «ЛП», м. Львів

У проектуванні вібраційного об'ємного дозатора для дрібнодисперсних сипких матеріалів (СМ) важливим етапом є вибір його оптимальних режимів роботи, що забезпечуватимуть виконання технологічних функцій обладнання. Основними показниками ефективності роботи дозатора є висока продуктивність та точність за мінімальних енергозатрат. Ці показники обрані як критерії оптимізації. Продуктивність Q об'ємного дозатора з конічною розвантажувальною лункою 1 (рисунок), у якій знаходиться коливне конічне днище 2, є функцією швидкості витікання продукту $V_{вит}$, насипної щільності дозуючого матеріалу ρ_0 та площі випускного отвору розвантажувальної лунки $A_{в.о.}$. Точність вібраційного об'ємного дозатора визначається одним із параметрів розробленої моделі Лоренца [1], а саме r , який є функцією амплітуди a , частоти ω , геометрії розвантажувальної лунки, насипної щільності ρ_0 та густини частинок ρ_c СМ. Висока точність сформованої дози забезпечується при виконанні умови $r \geq r^*$, де r^* – значення параметра r моделі Лоренца, при якому відбувається безперервне та рівномірне витікання дрібнодисперсного СМ. Ще одним важливим критерієм оптимізації є споживана потужність N дозатора, яка є функцією швидкості витікання матеріалу $V_{вит}$ та приведеної маси системи $M_{пр}$.

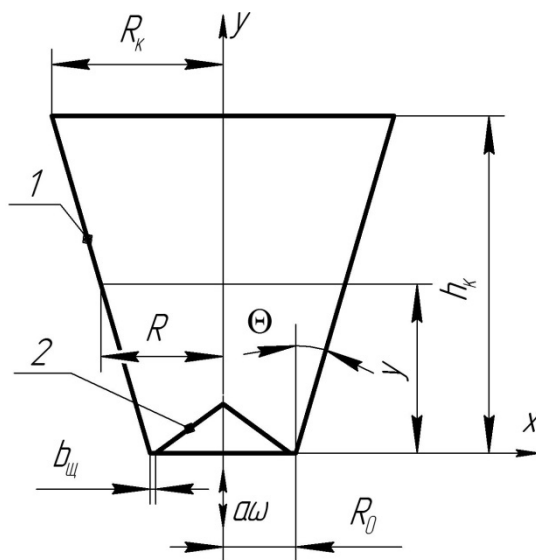


Рисунок. Структурна схема розвантажувальної лунки об'ємного дозатора

За головний критерій оптимізації обираємо продуктивність Q дозатора, оскільки для точності та потужності N можна однозначно встановити допустимі межі. Використовуючи метод головного критерію, задачу оптимізації режимів роботи вібраційного об'ємного дозатора можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} Q(V_{\text{вум}}, \rho_0, A_{\text{с.о}}) \rightarrow \max, \\ r(a, \omega, \Theta, R, y, R_{\kappa}, \rho_0, \rho_{\text{ч}}) \geq r^*, \\ N(V_{\text{вум}}, M_{\text{пр}}) \leq N_{\text{max}}, \end{cases} \quad (1)$$

де Θ – кут нахилу стінок розвантажувальної лунки дозатора; R – радіус розвантажувальної лунки дозатора в потенційному місці утворення склепіння y ; R_{κ} – максимальний радіус розвантажувальної лунки дозатора; N_{max} – максимальна потужність привода дозатора.

Як параметри оптимізації обрано амплітуду a та частоту ω коливань дозатора, на які накладено обмеження: 1) $a_{\min} \leq a \leq a_{\max}$ – визначається конструкцією вібророзбудника; 2) $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ – визначається технологічними можливостями привода.

Використавши формулу для визначення швидкості витікання $V_{\text{вум}}$ СМ під дією вібрації, продуктивність Q об'ємного дозатора можна записати у вигляді:

$$Q = L \cdot a \cdot \omega, \quad (2)$$

де $L = \rho_0 \cdot b_{\text{щ}} \cdot l_{\text{щ}} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{4}{\pi} \cdot Z_{\kappa} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right)\right)^2}$, де $b_{\text{щ}}$, $l_{\text{щ}}$ – ширина та довжина щілини випускного отвору розвантажувальної лунки дозатора; Z_{κ} – параметр інтенсивності коливань; $\varepsilon = 0,834\sqrt{S_h}$; S_h – число Струхалю.

Щоб знайти максимум функції продуктивності Q , використано метод невизначених множників Лагранжа [2]. Функція Лагранжа для продуктивності Q матиме вигляд [2]:

$$Q = L \cdot a \cdot \omega - \lambda_1(a - a_{\max}) - \lambda_2(\omega - \omega_2), \quad (3)$$

де λ_1 , λ_2 – множники Лагранжа.

Використавши формулу (3) та умови Куна-Такера [2], отримано такі значення невідомих: $a = a_{\max}$, $\omega = \omega_2$, $\lambda_1 = \frac{L}{\omega}$, $\lambda_2 = \frac{L}{a}$.

Для встановлення оптимальної продуктивності $Q_{\text{опт}}$ вібраційного об'ємного дозатора необхідно виконання обмежень за двома іншими критеріями оптимізації. Встановлено [1], що висока точність дозування реалізується при виконанні умови:

$$a\omega^2 \geq \frac{r^* \cdot g}{\frac{1}{\left(\frac{R_{\kappa}}{R}\right)^2 + 1 - \left(\frac{R}{R_{\kappa}}\right)^2} + \frac{2 \tan(\Theta) \cdot \left(\frac{R_{\kappa}^2}{R^3} + \frac{R}{R_{\kappa}^2}\right)}{\left(\left(\frac{R_{\kappa}}{R}\right)^2 + 1 - \left(\frac{R}{R_{\kappa}}\right)^2\right)^2} \cdot y + \frac{\rho_0}{\rho_{\text{ч}}}}. \quad (4)$$

Таким чином, використавши вираз (4) та беручи до уваги твердження, що у практиці проектування вібраційних об'ємних дозаторів економічно доцільно

конструювати дозатори, які працюють на частотах $\omega = \omega_p$, де $\omega_1 \leq \omega_p \leq \omega_2$ – робоча частота дозатора, встановлено оптимальні значення частоти ω_{onm} та амплітуди a_{onm} коливань робочого органа:

$$\omega_{onm} = \omega_p, a_{onm} = \frac{r^* \cdot g}{\left(\frac{1}{\left(\frac{R_\kappa}{R} \right)^2 + 1 - \left(\frac{R}{R_\kappa} \right)^2} + \frac{2 \tan(\Theta) \cdot \left(\frac{R_\kappa^2}{R^3} + \frac{R}{R_\kappa^2} \right)}{\left(\left(\frac{R_\kappa}{R} \right)^2 + 1 - \left(\frac{R}{R_\kappa} \right)^2 \right)^2} \cdot y + \frac{\rho_0}{\rho_u} \right) \cdot \omega_p^2}. \quad (5)$$

При цьому оптимальні значення продуктивності Q_{onm} та спожитої потужності N_{onm} дозатора визначаються за залежностями:

$$\begin{cases} Q_{onm} = \rho_0 \cdot b_{uc} \cdot l_{uc} \cdot a_{onm} \cdot \omega_{onm} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{4}{\pi} \cdot Z_\kappa \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right)\right)^2}, \\ N_{onm} = M_{np} \cdot g \cdot a_{onm} \cdot \omega_{onm} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{4}{\pi} \cdot Z_\kappa \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right)\right)^2}. \end{cases} \quad (6)$$

Отже, використовуючи залежності (6), можна встановити оптимальні значення амплітуди a_{onm} та частоти ω_{onm} коливань вібраційного об'ємного дозатора, що забезпечують високу точність та продуктивність роботи обладнання.

Література

1. Магерус Н.І. Вплив параметрів вібрації та геометрії лунки на рух дрібнодисперсного сипкого матеріалу у конічній лунці дозатора / Н.І. Магерус // Вібрації в техніці та технологіях. – 2014. – № 2. – С. 71–78.
2. Башняков О.М. Практична стійкість та структурна оптимізація динамічних систем / О.М. Башняков, Ф.Г. Гаращенко, В.В. Пічкур. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. – 197 с.

Аналіз фізико-механічних властивостей сипких матеріалів, що впливають на точність їх безперервного дозування

І.В. Коваленко, к.т.н., Д.С. Янцибаєв, НТУУ «КПІ», м. Київ

Безперервне дозування сипких матеріалів стало невід'ємною частиною сучасних технологічних процесів багатьох підприємств металургійної та харчової промисловості. Найбільш поширені на сьогодні лінійні вагові дозатори. Такої популярності вони набули, тому що мають оптимальне співвідношення між продуктивністю, точністю дозування та вартістю. Продуктивність дозаторів значною мірою залежить від гранулометричного складу і фізико-механічних властивостей дозованого матеріалу.

Припустимо, що частинки сипкого матеріалу масою m з коефіцієнтом тертя f_d рухаються по похилому живильнику, де відбувається тільки ковзання матеріалу по його поверхні, без переміщення часток всередині сипкого матеріалу.

Розглянемо основні сили, що діють на частинки сипкого матеріалу, які рухаються по похилій площині вниз: сила тертя $F_{тер}$, спрямована паралельно похилому живильнику, і сила тяжіння G .

Коефіцієнт тертя спокою f_0 чисельно дорівнює тангенсу граничного кута нахилу поверхні, при якій сипкий матеріал починає рухатись [1]. З урахуванням сили відриву $F_{відр}$ представимо силу тертя, яку повинні подолати частинки для початку руху по похилій площині [2]:

$$F_{тер} = f_0 v (\rho_1 - \rho_2) g \sin \alpha,$$

де v – об'єм частинок, що відриваються;

ρ_1 – об'ємна маса частинок;

ρ_2 – густина навколишнього середовища (повітря або рідина);

g – прискорення сили тяжіння;

α – кут нахилу живильника.

Рівняння, яке констатує рівність збільшення кінетичної енергії частинок роботі, сили, що зміщується на шляху L по похилому живильнику, має вигляд [1]:

$$\frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2} = (mg \sin \alpha - mg f_0 \cos \alpha)L,$$

де V_1 – початкова швидкість руху частинок по площині; V_2 – швидкість частинок сипкого матеріалу на виході з живильника.

Це рівняння справедливе при виконанні наступної умови [2]:

$$\alpha_{вн} > \alpha > \alpha_{рух}$$

де $\alpha_{вн}$ – кут внутрішнього тертя частинок сипкого матеріалу;

$\alpha_{рух}$ – кут нахилу живильника, при якому сипкий матеріал починає рухатись.

Вирішуючи рівняння відносно V_2 , отримаємо:

$$V_2 = \sqrt{2gL(\sin \alpha - f_d \cos \alpha) + V_1^2}.$$

У роботі [3] вводиться множник $\left(1 + \frac{nh}{b}\right)$, який враховує опір бічних стінок похилого живильника з прямокутною формою перетину, рекомендована

величина якого вибирається від 1,2 до 1,4. З урахуванням цього V_2 визначається як:

$$V_2 = \sqrt{2gL\left(\sin\alpha - f_d\left(1 + \frac{nh}{b}\right)\cos\alpha\right) + V_1^2}.$$

Вологість дозованого матеріалу істотно впливає на коефіцієнт його тертя по поверхні живильника, а отже, і на силовий вплив на ваговимірювальний датчик [1].

Основний фактор, що визначає статичне навантаження живильника, – сила тертя, що діє між стрічкою і підтримуючими її роликами [4, 5].

Згідно з методикою розрахунку [4] миттєва маса сипкого матеріалу на стрічці живильника визначається з рівності:

$$m_{\text{мит}} = \rho_n S_{\text{нт}} L_{\text{жс}},$$

де ρ_n – насипна об'ємна маса;

$S_{\text{нт}}$ – поперечна площа перерізу матеріалу на живильнику;

$L_{\text{жс}}$ – довжина живильника.

Насипна об'ємна маса визначається як добуток коефіцієнта розпушення $K_p = 0,567 \dots 0,9054$ на об'ємну масу ρ сипкого матеріалу, тоді з урахуванням вологовмісту W рівняння прийме вигляд [2]:

$$m_{\text{мит}} = K_p \rho (1 + W) S_{\text{нт}} L_{\text{жс}}.$$

Погонна маса сипкого матеріалу визначається за формулою:

$$m_{\text{пог}} = K_p \rho (1 + W) S_{\text{нт}}.$$

У роботі [4] коефіцієнт розпушення сипкого матеріалу на стрічці живильника визначається як відношення площі вантажу на стрічці до площі його поперечного перерізу (робиться припущення, що вантаж розташований на стрічці живильника у формі еліпсу, а сипкий матеріал – частинки круглої форми) та визначається у вигляді рівняння:

$$K_p(r) = \frac{\pi(0.64B^2 + 1.6Br)}{2\sqrt{3}(0.64B^2 + 2.34Br + 2.92r^2)},$$

де B – ширина стрічки живильника; r – радіус частинок.

Це рівняння не враховує вологу, яка заповнює пори навіть між самими дрібними частинками, але в цілому справедливе. Враховуючи це, об'єднаємо K_p і $(1+W)$ в один коефіцієнт розпушення, що враховує вологовміст сипкого матеріалу:

$$K_{ps} = K_p(1 + W).$$

Перетворимо рівняння для визначення сили опору на прямолінійній ділянці живильника з урахуванням вологовмісту сипкого матеріалу [5]:

$$\Delta F_n = K_{ps} \rho S_{\text{нт}} L_{\text{жс}} \left(k_n \left(\frac{\mu d}{D} + \frac{2f_k}{D} \right) \cos \varphi + \sin \varphi \right),$$

де k_n – результуючий коефіцієнт опору руху на прямолінійній ділянці, що приймає значення від 1,1 до 1,3;

μ – коефіцієнт тертя в підшипниках;

f_x – коефіцієнт тертя роликів і котків;

D, d – зовнішній та внутрішній діаметр роликів;

φ – кут нахилу живильника.

На ділянках вигину сила опору руху визначається з рівняння [5]:

$$\Delta F_{\text{в}} \approx T_{\text{нб}} \left(\xi + \frac{2\mu d}{D} \sin \frac{\theta}{2} \right),$$

де ξ – коефіцієнт опору руху від вигину тягового елемента;

$T_{\text{нб}}$ – натяг у точці набігання ділянки;

θ – кут, утворений сектором початку і закінчення ділянки вигину.

Результуюча сила опору (розрахункове статичне навантаження F_0) руху визначається як сума сил всіх ділянок. Враховуючи те, що в даній роботі розглядається тільки одна прямолінійна ділянка, отримаємо:

$$F_0 = \sum_{i=1}^n \Delta F_{\text{н}} l_i + \sum_{i=1}^n \Delta F_{\text{в}} l_i,$$

$$F_0 = K_{\text{рз}} \rho S_{\text{нл}} L_{\text{жк}} \left(k_{\text{н}} \left(\frac{\mu d}{D} + \frac{2f_{\text{к}}}{D} \right) \cos \varphi + \sin \varphi \right).$$

Динамічне навантаження привода живильника виникає в процесі пуску і визначається рухомими масами живильника і його привода [5]:

$$F_{\text{дин}} = \sum_{i=1}^n m_i a_{\text{п}} + (J_{\text{дв}} i_{\text{р}}^2 + J_{\text{п}}) \frac{a_{\text{п}}}{R_{\text{п}}^2},$$

де $F_{\text{дин}}$ – динамічна сила на приводному барабані радіусом $R_{\text{п}}$;

m_i – маса рухомих елементів прямолінійної ділянки з масою елементів попередньої ділянки вигину;

$J_{\text{дв}}, J_{\text{п}}$ – моменти інерції двигуна та привода;

$i_{\text{р}}$ – передавальне число редуктора привода;

$a_{\text{п}}$ – прискорення живильника при пуску.

Відповідно до розрахункового статичного навантаження $F_{\text{ст}}$ визначимо потужність електропривода живильника:

$$P_{\text{с}} = \frac{V_{\text{к}} K_{\text{з}} K_{\text{рз}} \rho S_{\text{нл}} L_{\text{жк}} \left(k_{\text{н}} \left(\frac{\mu d}{D} + \frac{2f_{\text{к}}}{D} \right) \cos \varphi + \sin \varphi \right)}{2 i_{\text{р}} \eta_{\text{р}}},$$

де $V_{\text{к}}$ – швидкість руху стрічки живильника;

$\eta_{\text{р}}$ – коефіцієнт корисної дії редуктора електропривода;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт запасу, що приймає значення від 1,1 до 1,3.

Визначимо момент опору M_0 на валу асинхронного електродвигуна при відомому передавальному числі редуктора:

$$M_0 = \frac{K_{\text{з}} K_{\text{рз}} \rho S_{\text{нл}} L_{\text{жк}} D_{\text{н}} \left(k_{\text{н}} \left(\frac{\mu d}{D} + \frac{2f_{\text{к}}}{D} \right) \cos \varphi + \sin \varphi \right)}{2 i_{\text{р}} \eta_{\text{р}}},$$

де $D_{\text{н}}$ – діаметр приводного елемента.

Для запобігання передчасного старіння і відмов асинхронного електродвигуна через виплавляння обмоток ротора [4] під час вибору двигуна необхідно

керуватися таким принципом: електромагнітний момент асинхронного електродвигуна має бути рівним або перевищувати момент опору M_o . Математична модель стрічкового живильника дозволяє врахувати додаткові інерційні маси, які викликані наявністю вологи в дозованих матеріалах, і випадковий характер насипної щільності, від якої залежить динамічне навантаження на елементи конструкції живильника.

Висновки

Проведений аналіз показав необхідність побудови математичних моделей, які б повною мірою описували характер руху сипкого матеріалу по робочих поверхнях дозаторів з урахуванням фізико-механічних властивостей сипких матеріалів. Це необхідно для підвищення надійності і точності дозування.

Література

1. *Першина С.В.* Весовое дозирование зернистых материалов / С.В. Першина, А.В. Катылов и др. – М.: Машиностроение, 2009. – 260 с.
2. *Шубин И.Н.* Технологические машины и оборудование. Сыпучие материалы и их свойства: учебное пособие для вузов / И.Н. Шубин, М.М. Свиридов, В.П. Таров. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 76 с.
3. *Зенков Р.Л.* Механика насыпных грузов / Р.Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.
4. *Ткачук А.Н.* Оценка влияния гранулометрического состава транспортируемого груза на режим работы приводных двигателей ленточных и скребковых конвейеров / А.Н. Ткачук, А.А. Жаботин // Взрывозащищенное электрооборудование 2009. Сборник научных трудов. – Донецк: УкрНИИВЭ, 2009. – С. 235–245.
5. *Белов М.П.* Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебное пособие для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.

Методи контролю якості поверхні анілоксових валиків

О.Л. Благодір, НТУУ «КПІ», м. Київ

Флексографічний спосіб друку відіграє визначальну роль для пакувальної індустрії, оскільки вже багато років користується популярністю завдяки здатності друкування на різноманітних пористих та невсотувальних матеріалах. Оцінка і контроль стану флексографічного друкарського обладнання і матеріалів – найголовніші складові стабільності друкарського процесу та, як наслідок, якості готового пакування. Однією з найважливіших ланок флексографічного друкарського процесу є анілоксовий валик. Саме він здійснює дозування фарби під час її перенесення на друкарську форму. Кількість фарби, що переноситься анілоксовим валиком, оцінюється його ємністю – об'ємом комірок на одиницю площі, вираженої в $\text{см}^3/\text{м}^2$ або ВСМ (млрд. $\text{мкм}^3/\text{дюйм}^2$). Ємність анілоксового валика не відповідає кількості фарби, що переноситься на задруковуваний матеріал, оскільки остання залежить від реологічних властивостей фарби, тиску в парах «анілоксовий валик – друкарська форма» та «друкарська форма – задруковуваний матеріал», геометрії комірок на поверхні анілоксового валика, адгезійних характеристик поверхонь анілоксового валика, друкарської форми і задруковуваного матеріалу, а також від інших факторів.

Для методики контролю обрано такі основні характеристики комірок анілоксових валиків: лініатура растра; ширина комірки; товщина стінки комірки; глибина комірки; кут нахилу стінок.

Упродовж експлуатації об'єм комірок анілоксового валика змінюється: як правило, зменшується через зношування поверхні анілоксового валика та забивання комірок засохлими залишками фарби. Внаслідок цього змінюється величина фарбоперенесення, що призводить до нестабільності кольоровідтворення та нерівномірного нанесення покривних матеріалів. Для контролю ємності анілоксових валиків розроблені спеціальні тестові методи і вимірювальні прилади [1].

Один із найпростіших способів визначення ємності анілоксових валиків полягає в тому, що на анілоксовий валик виливають певну, заздалегідь відому кількість рідини й оцінюють площу заповнених нею комірок. Під час застосування такого способу на анілоксовий валик спеціальним дозатором наносять певну кількість забарвленої рідини (для підвищення достовірності вимірювань рідину наносять на різні ділянки валика), після розтікання якої утворені плями промокають спеціальним папером. Промокальний папір сканують, і спеціальна комп'ютерна програма розраховує за отриманим зображенням ємність анілоксового валика.

Широку популярність також отримав тестовий набір, у який входить самоклейна смужка одноразового використання з вимірювальною шкалою та резервуаром, у якому містяться тестова рідина і полімерний ракельний ніж. Смужка наклеюється на поверхню анілоксового валика по колу, після чого рідина декілька разів акуратно видавлюється з резервуара ракелем. Кут ракельного ножа повинен становити при цьому близько 45° до поверхні валика,

а з резервуара повинна бути видавлена вся рідина. Ємність валика оцінюється за довжиною сліду, залишеного рідиною на поверхні анілоксового валика в напрямку видавлювання.

Недоліком таких систем контролю анілоксових валиків є відносно низька точність вимірювань, яка залежить переважно від кваліфікації оператора.

Мікроскопи з функцією вимірювання глибини є ще одними приладами, які використовують для контролю поверхні анілоксових валиків. Такі мікроскопи дозволяють оцінити геометричні розміри комірок анілоксових валиків та за спеціальною формулою розрахувати їх об'єм. Глибина в таких приладах визначається як різниця між точками фокусування на поверхні вала і на дні комірки. Аналогові мікроскопи застосовують тільки для контролю анілоксових валиків з металевим покриттям, тоді як цифрові мікроскопи, оснащені програмним забезпеченням з широкими можливостями аналізу сканованого зображення, застосовують для більшої точності вимірювання сучасних керамічних високолінійатурних валиків. Загальним недоліком мікроскопів є неможливість точного оцінювання форми комірок, що призводить до значних похибок вимірювання [1–2].

Високу точність вимірювання ємності анілоксових валиків можна досягнути, застосовуючи інтерферометри (наприклад, MicroDynamics 3DQC та WYKO Roll Score). Ці прилади використовують інтерференцію хвиль для вимірювання відстані до відбиваючого об'єкта (поверхні анілоксового валика). У інтерферометрі пучок світла просторово розділяється на два або більше когерентних пучки, які проходять різні оптичні шляхи, а потім сходяться разом. У місці сходження пучків спостерігається інтерференційна картина, вигляд якої, тобто форма і взаємне розташування інтерференційних максимумів і мінімумів, дозволяє здійснити оцінювання геометрії поверхні анілоксового валика з точністю до 10 нм. Як світлоприймач звичайно застосовують цифрову відеокамеру. На основі вимірюваних даних спеціальне програмне забезпечення створює контурну карту поверхні і розраховує середній кут растра, лініатуру, глибину, об'єми комірок і ємність анілоксового валика. Інтерферометри забезпечують максимальну точність вимірювань, однак висока вартість робить їх недоступними для більшості флексографічних підприємств. Послугу інтерферометричного контролю пропонують деякі виробники анілоксових валиків та сервісні компанії, але при цьому оперативність виконання вимірювання дуже низька. Розроблена технологія виготовлення рельєфних зліпків (за допомогою спеціальної фольги), що відтворюють рельєф, обернений до рельєфу поверхні валика, дозволяє замість самого анілоксового валика надсилати для аналізу зліпки його поверхні [3].

Ще одним сучасним приладом для перевірки чистоти та ступеня зношування анілоксового валика є цифровий 3D-мікроскоп AniCAM. Він представляє собою відеокамеру з системою фокусування, керованою з комп'ютера, що дозволяє отримувати серію знімків з мікроскопічною зміною кроку по глибині. Світлодіодне підсвічування складається з двох типів джерел освітлення – прямого осьового, спрямованого, як і камера, вертикально вниз, і необхідного для функції автофокусування, та двох рядів з 9 світлодіодів бічного радіального

підсвічування, що використовуються для освітлення стінок комірок валика. Ступінь інтенсивності підсвічування розраховується автоматично, виходячи з властивостей вимірюваного матеріалу. Програмне забезпечення створює тривимірну модель поверхні анілоксового валика і розраховує середній кут растра, лініатуру, глибину, об'єми комірок і ємність анілоксового валика [4]. Крім наявних професійних методів контролю якості поверхні анілоксових валиків, можна провести діагностику вала за допомогою комп'ютерного моделювання. Методика моделювання подана у роботі [5]. Запропоноване моделювання дозволяє оцінити об'єм комірок анілоксового валика. Для цього потрібно під мікроскопом оцінити форму комірки та відтворити її профіль за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, наприклад, у 2D чи 3D-редакторі. Після цього завантажити отримане зображення у програму для моделювання руху рідин і газів. Для проведення моделювання потрібно вказати низку параметрів: густина та в'язкість фарби, коефіцієнт поверхневого натягу, крайові кути змочування друкарської форми та анілоксового валика. Моделювання процесу фарбоперенесення з анілоксового валика на друкарську форму здійснюється розв'язанням рівнянь Нав'є-Стокса для в'язкої нестисливої рідини. Щоб розв'язати ці рівняння, використовують методи кінцево-різницевої апроксимації для знаходження значень тиску та швидкості для кожного елемента розрахункової сітки. За результатами моделювання можна розрахувати коефіцієнт фарбоперенесення як відношення об'єму фарби, що перенеслась на друкарську форму, до загального об'єму фарби у комірці. За значенням коефіцієнта можна зробити висновок про стан анілоксового валика. Отже, основною метою контролю ємності анілоксових валиків є забезпечення перенесення стабільної та передбачуваної кількості фарби на друкарську форму. Контроль об'єму комірок дає можливість зробити висновок про технічний стан анілоксового валика, діагностувати ступінь його зношування і виявити факт забивання комірок засохлою фарбою. Отримана інформація дає підставу для відбраковування анілоксового валика, направлення його на глибоке очищення, а також для тестування нових матеріалів (фарб, очищувальних засобів) та обладнання (систем очищення анілоксових валиків).

Література

1. Гудилин Д. Контроль объема ячеек анилоксов // Мир этикетки. – 2007. – № 4.
2. James A. Anilox Technology Applications // FlexoTech. – 2013. – № 4. – Р. 36–37.
3. White M. Anilox development and the need to clean // FlexoTech. – 2007. – № 3.
4. AniCAM – 3D-микроскоп для спецвидов // Флексо Плюс. – 2012. – № 1. – С. 20–23.
5. Благодір О.Л. Моделювання фарбоперенесення системами з анілоксовими валиками в зоні анілоксовий валик – друкарська форма для флексографічного друку / О.Л. Благодір, О.М. Величко // Квалілогія книги. – 2015. – № 2(28). – С. 111–117.

Шляхи підвищення точності дозування сипкої харчової продукції дозаторами дискретної дії

А.В. Павлюк, О.М. Гавва, д.т.н., А.В. Деренівська, НУХТ, м. Київ

Підвищення точності дозування сипких харчових продуктів є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого зменшує ризики виробника і покупця пакованої харчової продукції. Вирішення такого завдання полягає у вдосконаленні технології, складових елементів та їх компонувань у дозувальньо-фасувальних модулях пакувальних машин. Аналіз та оцінювання метрологічних характеристик цих модулів, їх продуктивності для конкретних типів та видів сипкої продукції дають можливість визначати шляхи підвищення точності дозування.

На сьогодні виділено два основних способи дозування сипкої продукції: об'ємний та ваговий [1]. До об'ємних способів відносять потоковий та з корегуванням за заданим параметром. Використання об'ємного способу дозування здебільшого суттєво спрощує операцію дозування та дає можливість забезпечити значну продуктивність пакувальних машин. До вагових способів дозування відносять комбінований (об'ємно-ваговий, ваговий подвійної дії) та комбінаційний (зважування частин дози в статичних умовах). За ваговим способом дозування виділяють три види похибок (три джерела похибок дозування):

- **дрейфовий.** Цей тип похибок характеризується пусковими режимами дозувального пристрою. Досягає мінімального значення під час введення затримок між вмиканням і початком дозування. Введення затримок зменшує продуктивність пристрою.
- **статичний.** Обумовлюється неточністю виконання конструктивних елементів зважувальної системи тощо. За нинішнього рівня технології машинобудування цей тип похибок становить десятку частину відносної похибки.
- **динамічний.** Викликаний перехідними процесами у зважувальній системі під час переміщення сипкої продукції у зважувальну ємність. Для його зменшення потрібні додаткові часові витрати (встановлення фільтрів, запрограмованих для визначення середнього значення ваги). Цей захід також зменшує продуктивність дозувального пристрою.

Динамічна похибка має дві складові: режимну і власну. Режимна похибка залежить від інтенсивності подачі продукції, площі перетину випускного каналу бункера, стабільності потоку тощо. Власна похибка обумовлена фізико-механічними властивостями сипкої продукції та її взаємодією з робочими органами дозатора. Зменшити її конструктор практично не може. Тому основною регульованою складовою похибки дозування є режимна похибка.

На сьогодні існують такі шляхи підвищення точності вагового дозування: технологічні та конструкційні [2].

Технологічний шлях умовно можна поділити на: застосування додаткових енергетичних збурень для стабілізації об'ємної маси продукції та її сипучості (вібраційний, механічний, аераційний, відцентровий, електромагнітний впливи

тощо); зміну способу формування складових дози продукції (об'ємно-ваговий, ваговий подвійної дії, комбінаційний).

Конструкційний напрям передбачає визначення оптимальних значень геометричних параметрів бункера, його випускного каналу, живильника, зважувальної ємності та встановлення стабілізаторів переміщення продукції живильником у зважувальну ємність тощо. До конструкційного напрямку можна також віднести вибір системи зважування (електромеханічна, тензометрична, ємнісна тощо) та системи оброблення і керування дозуванням.

Застосування таких шляхів підвищення точності дозування вимагає визначення та встановлення індивідуальних технологічних режимів для конкретної сипкої продукції і дозувального пристрою. Це складно забезпечити в реальних виробничих умовах, особливо у разі переходу з дозування одного виду продукції на іншу чи зміни величини потрібної дози.

Крім того, слід зазначити, що між точністю дозування та продуктивністю існує певна функціональна залежність. Здебільшого точність дозування зменшується, продуктивність збільшується. Пошук оптимального критерію відповідності цих двох параметрів для конкретного виду сипкої продукції дасть можливість створювати ефективні зразки дозаторів вагової дії.

Дозатори, що реалізують об'ємний спосіб дозування сипкої продукції, здебільшого характеризуються низькою точністю дозування. Це зумовлено впливом різних факторів, які вносять систематичні і випадкові похибки.

Сучасні шляхи підвищення точності об'ємного дозування умовно можна поділити на технологічні та конструкційні [3]. Конструкційні шляхи переважно передбачають оптимізацію геометричних параметрів бункера, мірної ємності, статичних стабілізаторів тощо. До технологічних шляхів, поряд із введенням додаткових енергетичних збурень для стабілізації насипної об'ємної маси сипкої продукції та її сипучості, можна віднести потоковий та роздільно-порційний спосіб дозування. Потоковий спосіб – високопродуктивний, потребує застосування відповідних витратомірів із запірною арматурою та системою керування. Потоковий спосіб формування дози має обмеження щодо застосування для відповідних груп сипкої продукції (різна об'ємна маса частинок, різний гранулометричний склад продукції тощо).

Роздільно-порційний спосіб дозування полягає в тому, що потрібна доза сипкої продукції відміряється не однією, а декількома окремими порціями із подальшим їх об'єднанням у потрібну дозу. При цьому частина порції буде відміряна з недобором до номінальної маси, а інша частина – з перевищенням маси за номінальне значення. Під час об'єднання порцій у потрібну дозу неточність відмірювання окремих порцій частково взаємно компенсується, чим підвищується точність дозування. Такий спосіб успішно застосовують у машинах для пакування в'язких харчових продуктів. Прототипи таких машин розроблено і для сипкої продукції. Для підвищення продуктивності дозувальних пристроїв, що реалізують роздільно-порційний спосіб дозування, розроблено трубчато-тарілчатий стаканчиковий дозатор (рисунок). Така конструкція об'єднує позитивні характеристики стаканчикового, трубчатого дозаторів та роздільно-порційний спосіб дозування.

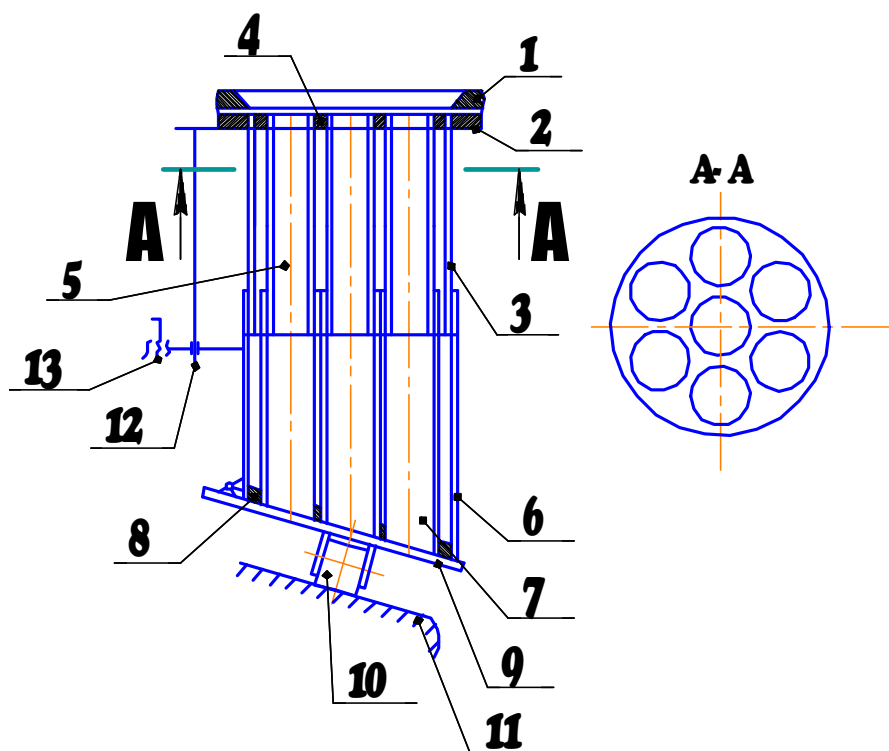


Рисунок. Схема трубчато-телескопічного стаканчикowego дозатора: 1 – днище бункера; 2 – рухома пластина; 3 – верхній стакан; 4 – дно верхнього стакана; 5 – верхні труби; 6 – нижній стакан; 7 – нижні труби; 8 – дно нижнього стакана; 9 – заслінка; 10 – ролик; 11 – копір; 12 – напрямна; 13 – механізм переміщення нижнього стакана

Як встановлено [3], точність дозування за роздільно-порційним способом дозування визначається:

$$\Delta M_{\text{п/н}} = \frac{\Delta M}{\sqrt{n}},$$

де ΔM – похибка однопорційного дозування; n – кількість порцій: $n = \frac{W}{W_n}$; де

W – об’єм дози; W_n – об’єм продукції в одній трубі:

$$W_n = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \left(h_i + \frac{1}{2} d \cdot \operatorname{tg} \alpha \right);$$

де h_i – висота i -ї труби; d – внутрішній діаметр труби, який визначається з умови переміщення сипкої продукції $d > d_{\min} \frac{4\tau_0(1 + \sin \varphi)}{\rho \cdot g}$; τ_0 – датчик

напруження зсуву продукції; ρ – кут природнього укосу продукції; φ – об’ємна маса продукції; g – прискорення вільного падіння; α – кут встановлення заслінки.

Вибір раціональної кількості труб у дозаторі залежить від технологічної складності виготовлення та схеми їх розташування. За цими критеріями доречно розміщувати труби в циліндричних стаканах і за коловою схемою. Кількість труб у стакані можна визначити з виразу: $n=1+6!$

Із умови мінімального опору переміщення продукції з бункера в труби, технологічності виготовлення можна рекомендувати: $n = 7$. За такого значення n :

$$\Delta M_{p/n} = \frac{\Delta M}{\sqrt{7}} = 0,38 \Delta M.$$

Коефіцієнт точності роздільно-порційного дозування можна визначити [2]:

$$K_T = \frac{2\Delta M}{\sqrt{nT}} = \frac{2\Delta M}{\sqrt{7T}} = 0,76 \frac{\Delta M}{T},$$

де T – поле допуску на масу дози продукції.

Висновки

На основі аналізу факторів, що впливають на точність дозування сипкої продукції, виділено два основні шляхи її підвищення: конструкційний та технологічний. Запропоновано та обґрунтовано ефективність трубчато-телескопічного стаканчикowego дозатора, що реалізує роздільно-порційний об'ємний спосіб.

Література

1. Гавва О.М. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко // За ред. О.М. Гавви. – Київ: ІАЦ «Упаковка», 2008. – 436 с.
2. Бондарчук Д.В. Розробка об'ємних дозувальних пристроїв підвищеної точності для сипких речовин / Д.В. Бондарчук // Наукові нотатки. – Луцьк, 2012. – № 37. – С. 45–49.
3. Пальчевський Б.О. Аналіз точності роздільно-порційного об'ємного дозування сипких матеріалів / Б.О. Пальчевський, Д.В. Бондарчук // Наукові нотатки. – Луцьк, 2010. – № 28. – С. 398–402.

Моделювання струменя повітряно-водяної суміші в пакувальних технологіях

А.М. Масляно, Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ

Проведення коректних розрахунків вихлопного струменя систем із сопловими пристроями потрібно починати з визначення значної кількості вихідних даних, які незавжди є постійними величинами. У прикладних дослідженнях точне визначення вихідних даних становить серйозну проблему, при цьому типовим є випадок, коли є значна невизначеність щодо низки вихідних параметрів і констант. У цьому разі складні моделі можна замінити простішими методами розрахунку плинності вихлопного струменя, які враховують всі фізичні фактори. Проведені дослідження присвячені фізичному і комп'ютерному моделюванню для визначення параметрів надзвукових струменів. Методику розроблено на основі спрощених моделей фізико-хімічних процесів вихлопу струменя повітряно-водяної суміші. Виконано опис синтезу результатів розрахунку для різних вхідних даних.

Вхідними параметрами дослідних моделей було обрано: параметри дослідного повітряного потоку (тиск, щільність, температура і швидкість потоку); параметри струменя у вихідному перерізі сопла: радіус вихідного перерізу сопла, тиск, температура газу і частинок, швидкість газу і частинок, склад газового потоку, розміри частинок.

Об'єктом дослідження обрано струмінь у вихідному перерізі сопла із використанням відомих, опублікованих у різних наукових виданнях значень і врахуванням таких основних компонентів продуктів повітряної і повітряно-водяної суміші: газові компоненти (O , O_2 , H , H_2 , HO , H_2O , CO , CO_2 , N_2 , NO), харчові барвники (бета-каротин (E160a)), які характеризуються як стабільні барвники, які роблять продукт привабливішим і природним. Їх колірний спектр варіює від світло-жовтого до помаранчевого; як жовтий (жовто-помаранчевий) барвник використовують вітамін B2 (рибофлавін) у формі самого вітаміну або його натрієвої солі рибофлавін-5-фосфорної кислоти (E101).

Вихідні дані моделі розподілу в поперечних перерізах струменя:

- тиск, густина, температура, відносні масові концентрації і коливання температури компонента газової фази; об'ємні витрати повітряно-водяної суміші за одиницю часу;
- густина розподілення (напилення) повітряно-водяної суміші і її температура на встановленій обмежувальній відстані від вихідного отвору сопла.

Основні блоки запропонованої комп'ютерної моделі наведено на рис. 1.

Наведемо приклад розрахунку, який базується на чисельному розв'язку системи рівнянь, які описують гетерогенний струмінь (газ + частинки).

Подібні системи (рис. 2), параметри яких було обрано в розрахунку, використовують на ділянках обеззараження споживчої тари, напилення вітамінного шару на продукти, здування залишків продукту перед операціями пакування.

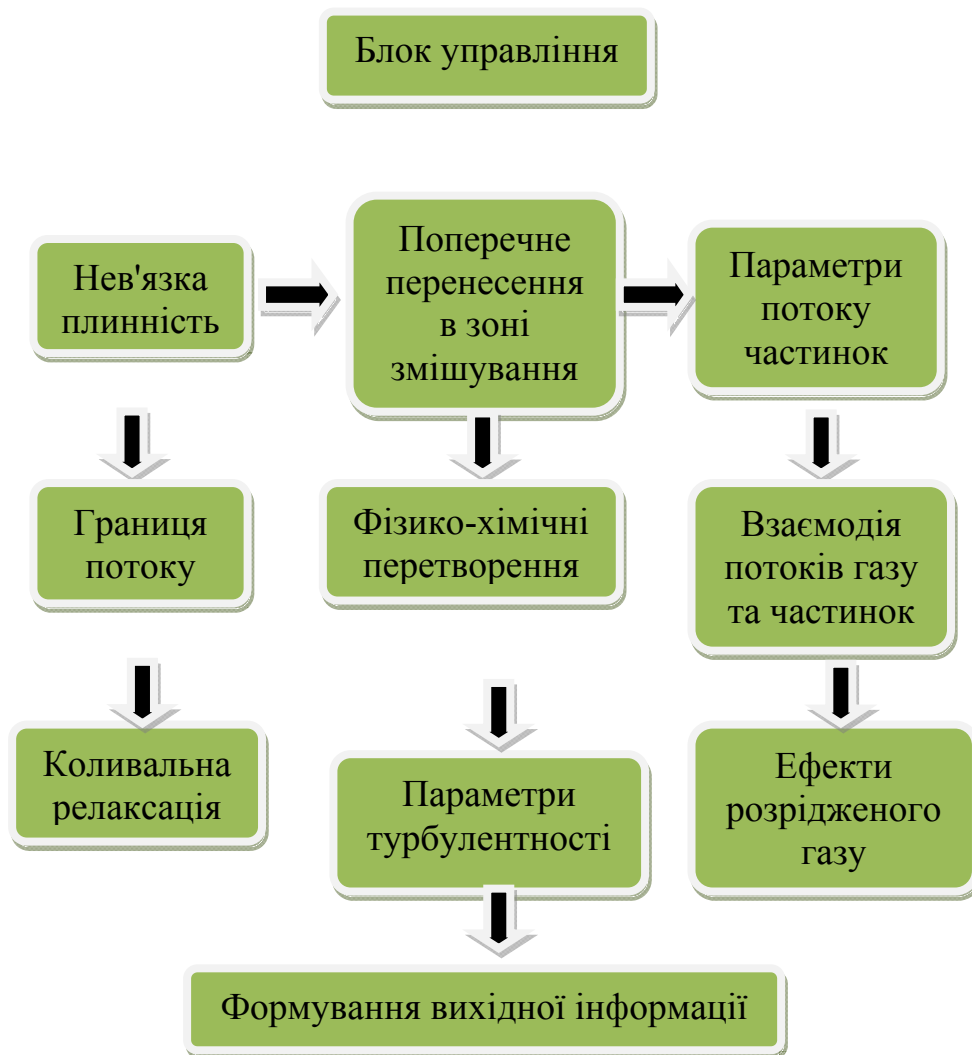


Рис. 1. Основні блоки комп'ютерної моделі

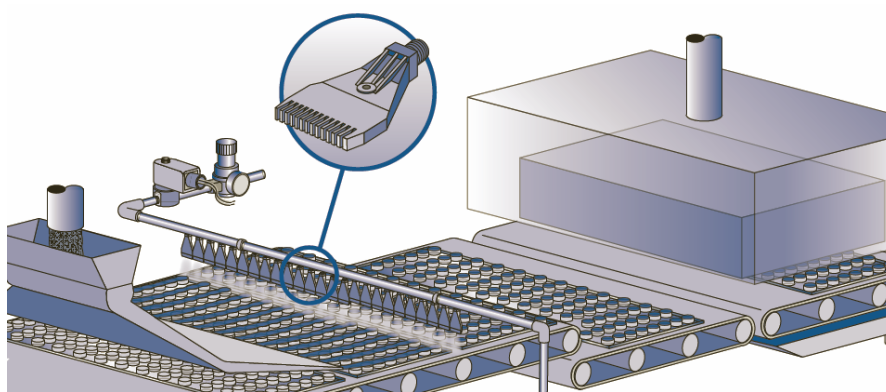


Рис. 2. Приклад застосування дослідної моделі в технологічному процесі нанесення вітамінного розчину на печиво

Для реалізації цих операцій найефективнішою системою сопла є Windjet Nozzle від виробника IDST [1] .

Газогідродинамічна течія розпилюється всередині камери сопла (рис. 3), має різні режими руху: від ламінарного до турбулентного.

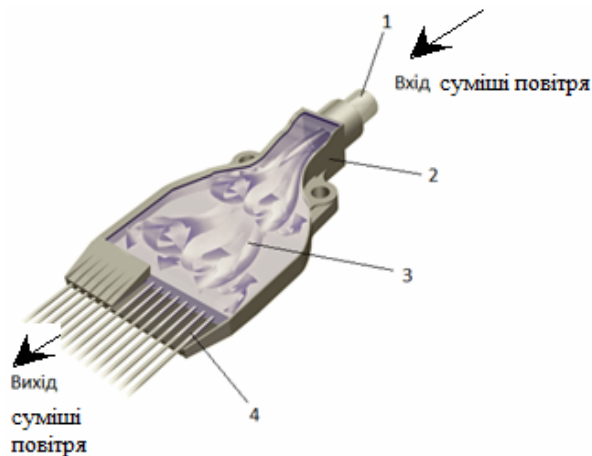


Рис. 3. Розподілення швидкісного потоку всередині камери сопла: 1 – вхідний отвір; 2 – корпус сопла; 3 – перехід з однопотокового струменя в багатопотоковий; 4 – вихідні отвори

Методика розрахунку [2] дає можливість визначити теоретичну швидкість у горловині сопла, що дорівнює:

$$v = \sqrt{2g \frac{R}{R-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R-1}{R}} \right] \cdot P_1 V_1},$$

де P_1 – абсолютний тиск у тому середовищі, де відбувається вприскування, Па/м²;

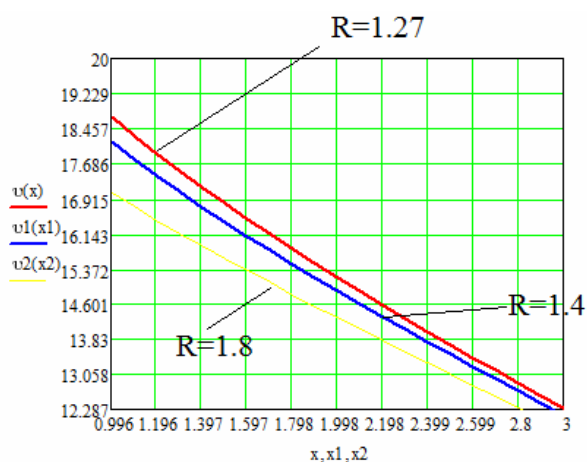
P_2 – абсолютний тиск у тому середовищі, куди здійснюється вприскування, Па/м²;

V_1 – питомий об'єм газу в тому середовищі, де відбувається вприскування, м³/кг;

R – показник адіабати, рівний для повітря 1,4; для насиченої водяної пари – 1,135; для перегрітої водяної пари – 1,3;

g – прискорення сили тяжіння, м/с².

Припустимо, що $V_1 = \text{const} = 2 \text{ м}^3/\text{кг}$; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, тоді P_2 буде змінним – (х).



Використавши програмні обчислення, знайдемо залежність зміни швидкості від зміни тиску P_2 , при цьому використаємо різні адіабатичні сталі R .

Тиск буде змінюватись за умовою: $x := 1, 1.1..10$ (рис. 4).

Рис. 4. Зміна швидкості потоку від тиску P_2

З рис. 4 виходить, що чим менша адіабатична стала, тим вища швидкість вприскування: у разі збільшення адіабатичної сталої зменшується швидкість потоку.

З умови витрат G (масових витрат):

$$G = F \sqrt{2g \frac{R}{R-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{R-1}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R+1}{R}} \right] \frac{P_1}{V_1}} \quad [\text{кг/сек}],$$

можна визначити її зміну від P_2 .

Припустимо, що тиск P_2 буде параметром x , який змінюється: $x := 1, 1.2.. 10$, тоді, залежність між витратами G та тиском x буде мати вигляд:

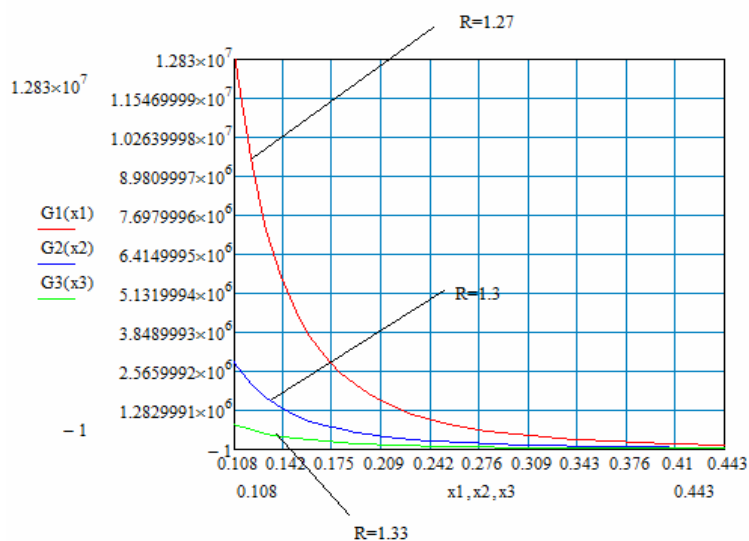


Рис. 5. Зміна витрати суміші повітря від тиску P_2

З рис. 5 можна зробити висновок, що зі збільшенням тиску в середовищі, звідки відбувається вприскування, витрати суміші повітря зменшується.

Аналіз розрахунку форсунок повітряного (чи парового) розприскування високого тиску показав, що при розрахунку форсунок повітряного (чи парового) розприскування високого тиску зазвичай застосовують великі швидкості. Для деяких конструкцій швидкість у місці розпилення доходить до критичної та навіть перевищує її. При розрахунку вихідних перерізів для газу (пари) можна прийняти, що процес усередині форсунки є адіабатичним. Тоді для витікання газів та парів через циліндричні та конусні сопла за умови відношення тисків більше критичного значення:

$$\varepsilon = \frac{P_2}{P_1} > \left(\frac{2}{R+1} \right)^{\frac{R}{R-1}},$$

теоретична швидкість в горловині сопла дорівнює:

$$\vartheta = \sqrt{2g \frac{R}{R-1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R-1}{R}} \right] \cdot P_1 V_1}.$$

Теоретичні витрати газу дорівнюють:

$$G = F \sqrt{2g \frac{R}{R-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{R-1}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R+1}{R}} \right] \frac{P_1}{V_1}} \quad [\text{кг/сек}].$$

Якщо відношення тиску рівне критичному або менше за нього, то витікання відбувається за умови відповідної (критичної) швидкості:

$$\varepsilon = \frac{P_2}{P_1} \leq \left(\frac{2}{R+1} \right)^{\frac{R}{R-1}},$$

$$v_{\text{кр}} = \sqrt{2g \frac{R}{R+1} P_1 V_1}.$$

Теоретичні витрати газу в цьому випадку будуть відповідати:

$$G = f \sqrt{2g \frac{R}{R-1} \left(\frac{2}{R+1} \right)^{\frac{2}{R-1}} \cdot \frac{P_1}{V_1}} \quad [\text{кг/сек}].$$

Критичне відношення ε для повітря рівне 0,528; для перегрітої водяної пари – 0,546; для сухої насиченої водяної пари – 0,577 [3].

У практичних розрахунках зручно користуватися рівняннями стану газу (пари). При цьому для випадку адіабатичного процесу ($S=\text{const}$) відношення для швидкості витікання набуває вигляду:

$$v = 91.53 \sqrt{i_1 - i_2} \quad [\text{м/сек}],$$

де i_1 і i_2 – ентальпія газу (пари) в початковому та кінцевому стані відповідно, що визначається за діаграмою i - S за заданими початковим тиском, температурою і кінцевим тиском.

При цьому за діаграмою визначають питомий об'єм V , температуру t , сухість пари x у кінцевому результаті.

Висновки

За результатами можна знайти оптимальні залежності між тисками в середовищах, звідки відбувається вприскування та куди. Важливою залежністю є залежність між швидкістю вприскування та витратою речовини. Залежності дають можливість також підбирати необхідні геометричні параметри форсунок та ефективну площу зрошування об'єктів.

Література

1. Turns S.R. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications. – New York: McGraw-Hill International Editions, 2000.
2. Стулов В.П. Лекції по газовій динаміці. – М.: Физматлит, 2004.
3. Луньов В.В. Перебіг реальних газів з великими швидкостями. – М.: Физматлит, 2007.

Визначення надійності пакувальних машин для в'язкої харчової продукції за комплексними показниками

М.М. Кузьменко, С.В. Токарчук, к.т.н., НУХТ, м. Київ

Оцінку результативності операцій пакування здійснюють за допомогою показників ефективності роботи пакувальної машини (ПМ). За характером відображення показники ефективності поділяють на економічні і технічні. Для оцінки економічного ефекту роботи здебільшого використовують вартісні показники. До них відносять: капітальні витрати на створення ПМ, питомі зведені витрати, собівартість виготовлення одиниці продукції тощо. Однак застосування економічних показників не дає точної оцінки ефективності роботи ПМ у зв'язку з відсутністю безпосереднього зв'язку між цими показниками та конструктивними особливостями машини. Тому важливим є використання саме технічних показників ефективності. До них відносять вихідні експлуатаційні показники (надійність, продуктивність, функціональна точність, гнучкість, енерговитрати, технологічність тощо), які характеризують службове призначення ПМ.

Надійність – це властивість ПМ зберігати в заданому інтервалі часу у заданих межах значення всіх параметрів, що характеризують її здатність виконувати необхідну функцію в заданих режимах і умовах застосування. Надійність характеризується такими показниками, як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність [1].

Для оцінки ПМ найбільш широко використовують комплексні показники надійності, які характеризують як її безвідмовність, так і ремонтпридатність. До комплексних показників надійності належить, передусім, коефіцієнт готовності K_2 , який визначає ймовірність того, що ПМ буде в працездатному стані у довільний момент часу, окрім запланованих періодів, під час яких її використання за призначенням не передбачено. Визначення дійсного значення готовності K_2 кожного окремого функціонального модуля (ФМ) відкриває шляхи до підвищення надійності і продуктивності ПМ загалом, а отже і до підвищення ефективності виробництва.

У виробничих умовах надійність можна визначити за методикою, яка передбачає проведення хронометражу роботи та простоїв машини, що полягає в реєстрації періодів її роботоздатного (випуск виробів необхідної якості та із заданою продуктивністю) та нероботоздатних (відхилення значень параметрів від заданих вимог, зупинка роботи) станів [1]. Нероботоздатний стан настає тоді, коли виникають несправності під час роботи її ФМ, тобто настає відмова. Необхідність налагодження хоча б одного з ФМ викликає зупинку всієї машини.

Об'єктами дослідження обрано наявні зразки діючих ПМ українських виробників [2], серед них: АВ – для пакування в жорстку тару (банка «Твіст-офф»); ДПН – для пакування в м'яку тару (пакет типу «Дой-пак»); АТЛ – для пакування в напівжорстку тару (полімерна та алюмінієва туби) та ін.

Збої в роботі дозатора, пов'язані з відхиленням маси дози продукту, регулюються без зупинки роботи машин, тому тривалість відновлення його

роботоздатності приймається рівною часу, затраченому на виготовлення або подачу однієї упаковки.

У ході спостереження за роботою машин для пакування в'язкої продукції було виявлено низку характерних для пакувальних машин цього типу видів відмов (порушення точності дозування, заминання пакувального матеріалу, неякісний зварний шов, деформування тари, порушення точності позиціонування тари тощо).

Виходячи з хронометражу роботи ПМ, визначено періоди безвідмовної роботи машин та тривалості відновлення роботоздатності кожного з ФМ машин. На основі часових проміжків для кожного ФМ визначено середній час напрацювання на відмову ФМ, середній час відновлення ФМ та коефіцієнт готовності кожного ФМ пакувальної машини.

На основі одержаних даних зробимо порівняльний аналіз надійності досліджуваних машин та їх ФМ (рис. 1, 2). По осі О-Х відображено порядкові номери функціональних модулів, а по осі О-У відображено значення коефіцієнта готовності.

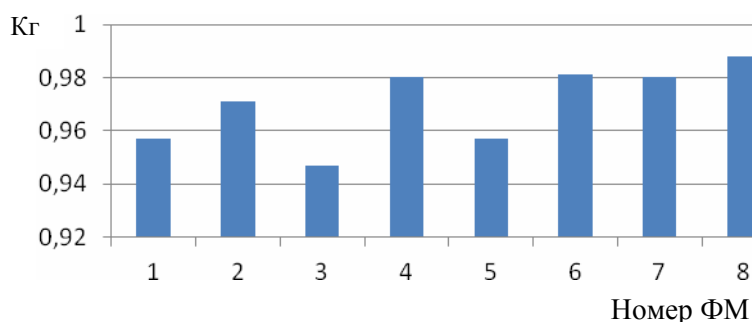


Рис. 1. Гістограма надійності ФМ машини ДПН для пакування в м'яку тару: 1 – механізм виділення і подачі пакета; 2 – механізм фіксації пакета; 3 – механізм розкриття пакета; 4 – механізм внутрішньомашинного переміщення тари; 5 – дозатор; 6 – механізм подачі та встановлення закупорювального засобу; 7 – механізм герметизації та датування; 8 – блок керування

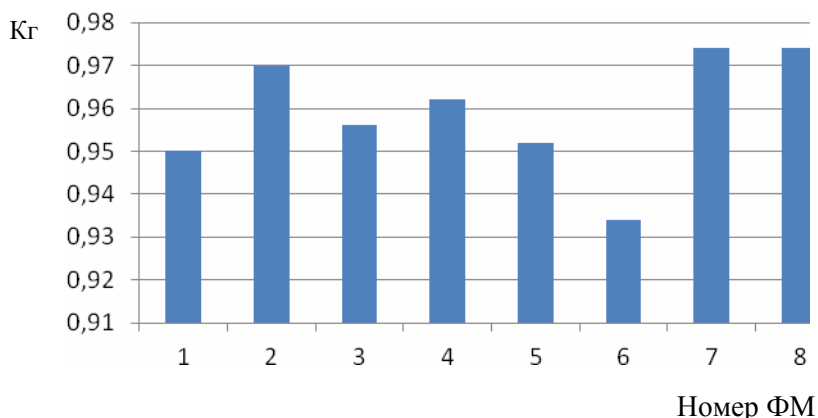


Рис. 2. Гістограма надійності АТЛ для пакування в напівжорстку тару (полімерна та алюмінієва туби): 1 – механізм переорієнтації туби; 2 – механізм досилання туби; 3 – механізм позиціонування туби; 4 – механізм внутрішньомашинного переміщення туби; 5 – дозатор; 6 – механізм герметизації та датування; 7 – механізм виведення тари; 8 – блок керування

Отримані гістограми дають змогу оцінити надійність розглянутих ФМ для представлених зразків ПМ та виділити найменш надійні: механізм герметизації та датування туб, механізм розкриття пакета тощо. Це зумовлено як певною недосконалістю конструкцій модулів, так і певними особливостями технологічних операцій і характеристиками пакувальних матеріалів. На основі отриманих даних було визначено коефіцієнти готовності машин загалом.

У результаті виконаних досліджень визначено дійні значення коефіцієнта готовності K_2 окремих ФМ машин для пакування в'язких продуктів у споживчу тару. Це дозволяє виділити модулі з найменшою надійністю та спрямувати подальші дослідження на удосконалення їх конструкцій та показників, що, у свою чергу, відкриває шляхи до підвищення надійності і продуктивності пакувальних машин загалом.

Література

1. *Пальчевський Б.О.* Дослідження технологічних систем: моделювання, проектування, оптимізація / Б.О. Пальчевський. – Львів: СВІТ, 2001. – 232 с.
2. *Гавва О.М.* Обладнання для пакування продукції у споживчу тару / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. – К.: ІАЦ «Упаковка», 2008. – 436 с.

Дослідження впливу зміщення осі контакту присоски відносно центра тяжіння структурних елементів групової упаковки на зусилля їх утримання

М.В. Якимчук, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ

Збільшення продуктивності пристроїв укладання потребує зменшення тривалості виконання технологічних операцій, яке передбачає збільшення швидкості переміщення робочих органів пристроїв захоплювання із структурними елементами групової упаковки та визначення оптимальних траєкторій їх руху.

Вирішення проблеми збільшення продуктивності машин для групового пакування відбувалося здебільшого внаслідок використання великої кількості захоплювальних пристроїв. Такий напрямок розвитку обмежує використання укладальних пристроїв у машинах для групового пакування та призводить, окрім усього іншого, до суттєвого збільшення габаритів ліній і питомих показників метало- і енергоємності.

Подальший пошук шляхів розвитку і вдосконалення укладальних пристроїв можливий за умови оптимізації траєкторії переміщення пакувальних одиниць та удосконалення конструкцій їх захоплювальних елементів.

Вирішити поставлене завдання можливо лише за умови відслідковування в реальному часі зміни силових параметрів утримання структурних елементів групової упаковки під час їх переміщення під дією додаткових зовнішніх факторів.

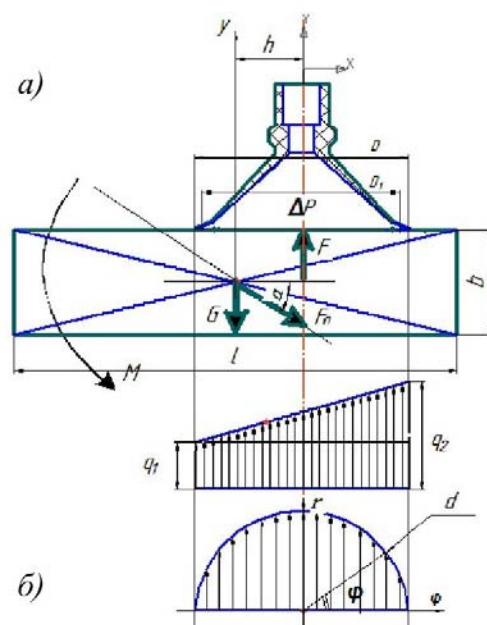


Рис. 1. Схема дії зовнішніх сил під час утримання вакуумним елементом упаковки за умови зміщення його відносно центра тяжіння упаковки

Аналіз пакувальних матеріалів для споживчих та транспортних упаковок показав, що найбільш використовуваним матеріалом є картон. Традиційно просторове переміщення пакованих у картонну упаковку харчових продуктів здійснюється за допомогою вакуумних захоплювальних пристроїв. Для таких пристроїв запропоновано удосконалити сучасні конструкції шляхом визначення

впливу розміщення осі присоски відносно центра мас упаковок на величину розрідження в ній.

У разі, коли центр тяжіння упаковки зміщений відносно осі присоски на величину h , а на присоску з боку упаковки масою m діє сила інерції F_{in} , відбувається перерозподілення тиску присоски на поверхню упаковки (рис. 1а). Найменший тиск q_1 визначає зону ймовірного відриву контакту присоски від упаковки (рис. 1б). Зміна питомого тиску з max до min визначається з рівняння:

$$q = q_0 + \frac{M_r}{I_p} r_\phi, \quad (1)$$

де q_0 – значення тиску за умови його рівномірного розподілення; r_ϕ – кутова координата, яка описує зону зміни питомого тиску; I_p – момент інерції опорної площини; M_r – момент від зовнішніх навантажень відносно поверхні контакту.

Мінімальний та максимальний питомий тиск становить:

$$\begin{cases} q_1 = \frac{4(F - (G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha))}{\pi d^2} - \left(\frac{(G + F_{in} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{in} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} \right) \frac{d}{2}; \\ q_2 = \frac{4(F - (G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha))}{\pi d^2} + \left(\frac{F_{in} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} + \frac{(G + F_{in} \sin \alpha)h}{I_p} \right) \frac{d}{2}. \end{cases} \quad (2)$$

За результатами теоретичних досліджень запропоновано:

- методику визначення величини розрідження в присосці, яка забезпечує утримання пакувальної одиниці за відомого h :

$$\Delta p = \left(\frac{(G + F_{in} \sin \alpha)h}{I_p} - \frac{F_{in} \cos \alpha \cdot b}{2I_p} \right) \cdot \frac{d}{2} + \frac{4(G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha)}{\pi d^2}; \quad (3)$$

- методику визначення максимального зміщення осі присоски відносно центра мас упаковки та за умови заданої величини розрідження в присосці:

$$h \leq \frac{2I_p}{(G + F_{in} \sin \alpha)d} (\Delta p - \frac{4(G + F_{in} \sin \alpha + W \sin \alpha)}{\pi d^2}) + \frac{F_{in} \cos \alpha \cdot bd}{4I_p}. \quad (4)$$

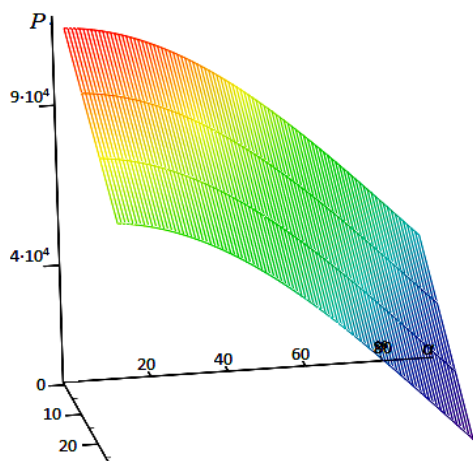


Рис. 2. Зміна розрідження в присосці ($P, \text{Па}$) як функції зміщення її осі розташування відносно центра тяжіння упаковки ($h, \text{мм}$) та кута дії сили інерції (α)

Результати числових розрахунків теоретичних досліджень наведено на рис. 2.

Для перевірки адекватності результатів теоретичних досліджень виготовлено експериментальні установки (рис. 3), на яких визначено вплив зовнішніх факторів на величину утримання упаковки захоплювальними пристроями з метою запобігання їх відриву під час виконання операцій переміщення.

Результати експериментальних досліджень наведено у вигляді рівнянь регресії, які показують вплив зовнішніх факторів на величину вакууму у вакуумних присосках:

$$P_{\text{вак}} = -1,79 + 0,006 d_{\text{прис}} + 0,003 S - 0,000279 Q_S b + 0,011 Q_S + 0,027 b, \quad (5)$$

де $d_{\text{прис}}$ – діаметр присоски, мм; $P_{\text{вак}}$ – тиск усередині порожнини вакуумної присоски, Па; b – товщина картону, мм; Q_S – повітропроникність матеріалу упаковки, мл/хв; S – площа контакту присоски з поверхнею пакувального матеріалу, м².

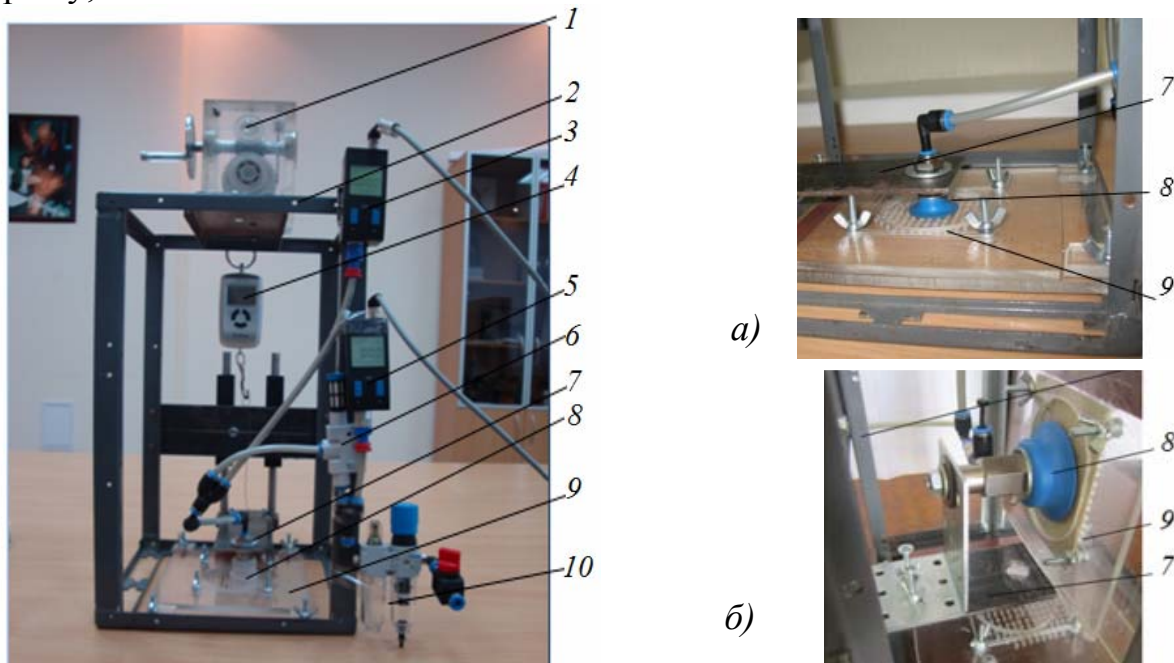


Рис. 3. Експериментальна установка для дослідження зусилля відриву (а) та зсуву (б) в мехатронному модулі з вакуумним захоплювальним пристроєм: 1 – черв'ячний редуктор; 2 – корпус установки; 3 – електронний манометр; 4 – електронний динамометр; 5 – електронний вакууметр; 6 – ежектор; 7 – жорстка пластина, на якій закріплена вакуумна присоска; 8 – вакуумна присоска; 9 – полімерна пластина з перфорованими отворами та механізмом кріплення досліджуваного зразка упаковки в горизонтальній площині; 10 – регулятор тиску

За результатами досліджень можна стверджувати, що величина вакууму в присосці суттєво залежить від величини відхилення осі присоски від центра ваги упаковки і менше – від кута зміни напрямку вектора сили інерції.

Література

1. Вакуумная техника: справочник. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
2. Дьяченко В.А. Исследование вакуумной удерживающей системы робота-стенохода / В.А. Дьяченко, В.Я. Краснослободцев, В.Ю. Скворцов // Вакуумная техника и технология. – 1996. – № 2. – С. 34–38.

Науково-технічне вдосконалення функціональних модулів формування структурних елементів групової упаковки

О.Р. Ніколюк, О.М. Гавва, д.т.н., Якимчук М.В., к.т.н., НУХТ, м. Київ

Групове пакування – це одна з важливих логістичних операцій, що переводить пакувальні одиниці у вантажі. Залежно від виду пакувальної одиниці, продуктивності технологічних ліній застосовують три способи формування групової упаковки: горизонтальний, вертикальний, комбінований [1]. Для пакувальних одиниць форми паралелепіпеда широко застосовують горизонтальний спосіб із пошаровим формуванням структурних елементів групової упаковки. На основі аналізу структури та циклограми машин для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда встановлено, що для реалізації високої продуктивності потрібно диференціювати операції формування структурних елементів та формувати групову упаковку шляхом накопичення шарів пакувальних одиниць на піднімально-опускній платформі. Для впровадження такої технології запропоновано нову конструкцію машини для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда (рис. 1).

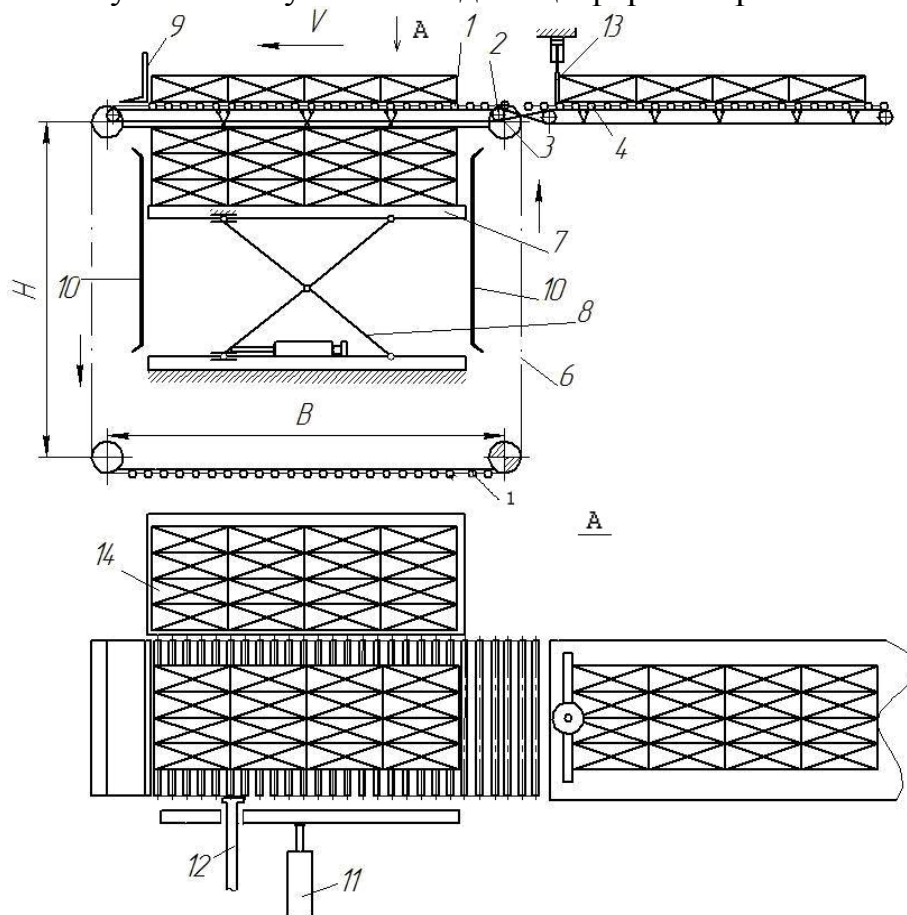


Рис. 1. Машина для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда

Машина складається з накопичувально-подавального конвеєра, механізму укладання, піднімально-опускного механізму, механізму зіштовхування групової упаковки та пристрою позиціонування і утримання транспортної тари.

Накопичувально-подавальний конвеєр наведено у вигляді роликового конвеєра 4, приводом якого є фрикційно-пасова передача. Конструкцією машини передбачено переміщення на накопичувальний конвеєр 4 попередньо сформованого шару пакувальних одиниць. Для позиціонування шару пакувальних одиниць на подавальному конвеєрі встановлено упорну площину 13, яка здійснює зворотно-поступальний рух. Механізм укладання конструктивно виконаний у вигляді двох замкнених ланцюгових конвеєрів 6, між якими у двох рівнях встановлено роликові доріжки 1. Довжина роликових доріжок визначається довжиною шару пакувальних одиниць. Роликова доріжка, що розташована на верхньому рівні, приводиться до руху фрикційно-пасовою передачею синхронного руху роликів на подавальному конвеєрі. Обмеження руху шару пакувальних одиниць на роликовому конвеєрі 1 здійснюється упорною площиною 9. Між ланцюговими контурами розташований піднімально-опускний механізм у вигляді нюрнберзьких ножиць 8. Приводом такого механізму є пневмопривод. Несучою площиною нюрнберзьких ножиць є платформа 7, на якій накопичуються шари пакувальних одиниць. Механізм зіштовхування групової упаковки наведено у вигляді вертикальної площини, яка рухається в горизонтальному напрямку за допомогою пневмопривода 11 та напрямної 12. Сформована групова упаковка переміщується в транспортну тару 14, яка позиціонується і формується відповідним механізмом. Сформований шар пакувальних одиниць подається на подавальний конвеєр 4 до моменту його контакту з упорною площиною 13. У момент, коли перший ролик роликової доріжки 1 переміститься на верхній горизонтальний рівень, синхронно приєднуються до руху фрикційно-пасові передачі подавального і укладального конвеєрів. Упорна напрямна 13 піднімається догори, і шар пакувальних одиниць переміщується на укладальний роликовий конвеєр 1. Досягнувши упорну напрямну 9, пакувальні одиниці зупиняються, а роликова доріжка продовжує переміщуватись по контуру ланцюга. Відведення роликової доріжки із-під шару пакувальних одиниць приводить до укладання їх на платформу піднімально-опускного механізму 8 або на попередньо укладений шар пакувальних одиниць. Процес накопичення і укладання шарів здійснюється в безперервному режимі, що дає змогу суттєво збільшити продуктивність машини. Сформована групова упаковка механізмом зіштовхування 11 переміщується у попередньо сформований і спозиціонований гофрокартонний ящик. Тривалість операції зіштовхування і переміщення на верхній рівень залежить від тривалості переміщення шару пакувальних одиниць із позиції подавального конвеєра в позицію укладального конвеєра. Для забезпечення якісного накопичення шарів пакувальних одиниць та визначення тривалості укладання шару з можливим вибором раціональних геометричних, кінематичних і силових параметрів механізму укладання доречно виконати дослідження операції укладання пакувальних одиниць відвідною приводною роликовою доріжкою. Особливістю операції укладання шару пакувальних одиниць механізмом із відвідною приводною роликовою доріжкою є ковзання пакувальних одиниць по циліндричній поверхні ролика, а не по ребру, як це наведено в роботі [2]. Під час математичного моделювання

операції укладання можна виділити такі характерні етапи переміщення пакувальних одиниць з ковзанням (рис. 2):

- по робочій поверхні ролика та упорній площині;
- по робочій поверхні ролика;
- по робочій поверхні ролика і поверхні укладання;
- по напрямній площині і поверхні укладання;
- по поверхні укладання.

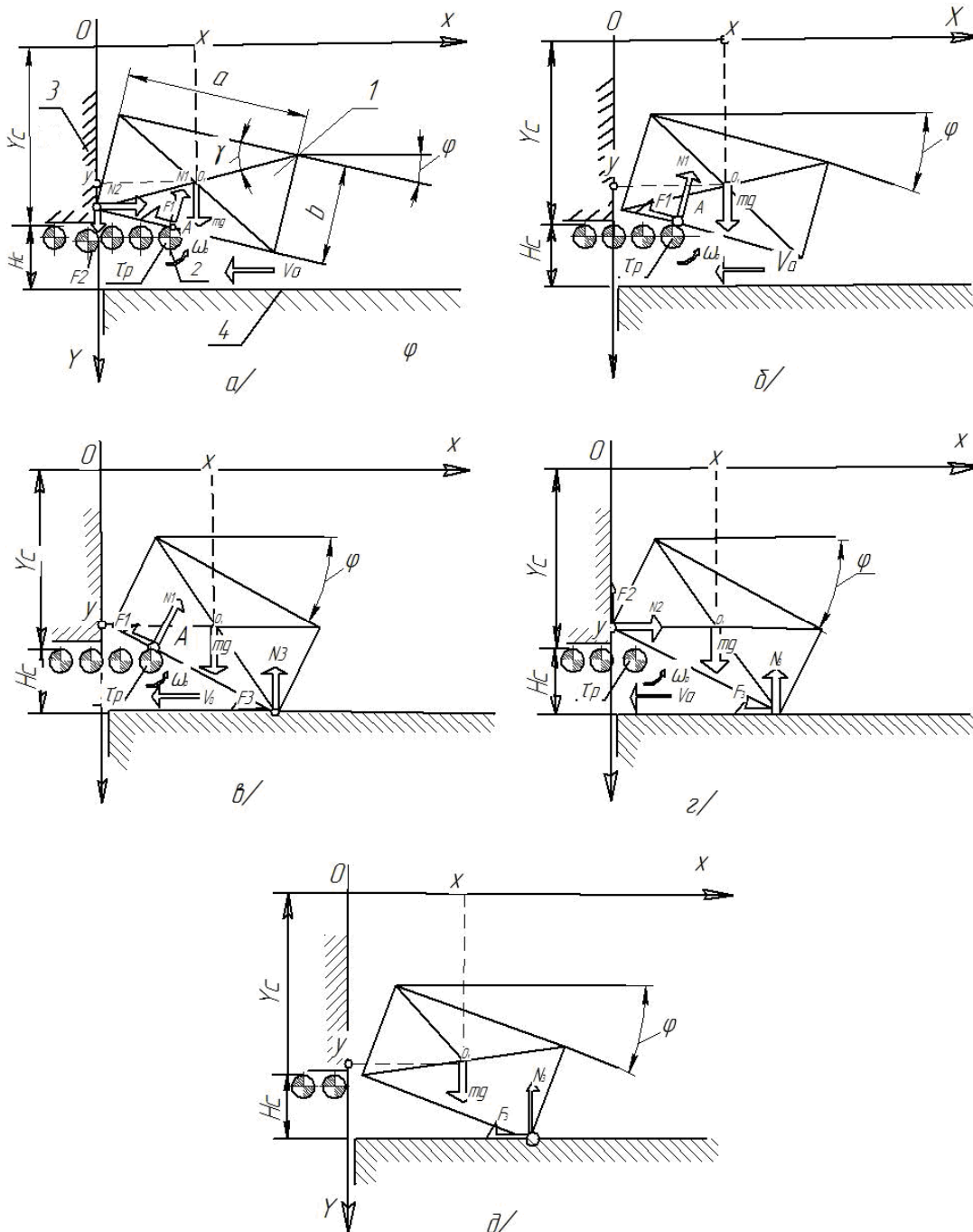


Рис. 2. Характерні етапи руху пакувальної одиниці під час укладання її відвідною приводною роликовою доріжкою

На першому етапі складний плоский рух пакувальної одиниці починається в момент рівності довжини робочої поверхні відвідної приводної роликової доріжки значенню S_0 .

Значення S_0 можна визначити з умови статичної рівноваги пакувальної одиниці в горизонтальному положенні на роликовій доріжці:

$$S_0 = 0.5c(1 - f_1 f_2) \cos \gamma, \quad (1)$$

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя ковзання пакувальної одиниці по ролику і напрямній площині: $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, де a, b – довжина та ширина пакувальної одиниці; $\gamma = \arctg \frac{b}{a}$. У місцях контакту пакувальної одиниці з напрямною площиною і останнім роликом доріжки діють нормальні реакції N_1 і N_2 та сили тертя ковзання F_1 і F_2 . При цьому пакувальна одиниця здійснює обкочування з ковзанням по робочій поверхні ролика. У разі подальшого зменшення робочої довжини доріжки можливі відрив пакувальної одиниці від напрямної площини, її контакт з поверхнею укладання. Умови закінчення першого етапу руху пакувальної одиниці можуть бути нерівні:

$$N_2 \leq 0; \quad (2)$$

$$y \geq Y_c + H_c - 0.5c \cos(\gamma + \varphi) \quad (3)$$

або

$$H_c \leq \cos \gamma \cdot \sin \varphi - (S_0 \cdot v_0 \cdot t + r_p \sin \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (4)$$

де H_c – відстань від робочої поверхні роликової доріжки до поверхні укладання; Y_c – відстань від осі координат XOY до поверхні роликової доріжки; v_0 – швидкість переміщення роликової доріжки; φ – кут повороту пакувальної одиниці; r_p – радіус ролика. Виконання умови (2) відповідає початку другого етапу руху пакувальної одиниці, а умови (4) – третьому. Операцію укладання пакувальної одиниці, залежно від співвідношення значень геометричних параметрів пакувальної одиниці і механізму укладання, можна розглядати як сукупність етапів різної кількості. Так, у разі виконання умови (4) в момент закінчення першого етапу, другий етап не наступить. Розглянемо послідовно етапи руху пакувальної одиниці, врахувавши виконання умов (2) та (4). Другий етап характеризується складним плоским рухом пакувальної одиниці 1 під час відведення приводної роликової доріжки 2. У цьому разі пакувальна одиниця продовжує обкочування по поверхні ролика з ковзанням по лінії контакту. Під час обкочування з ковзанням у місці контакту діє реакція N_1 і сила тертя ковзання F_1 , яка діє по дотичній до поверхні ролика і спрямована в бік, протилежний додатковому напрямку X . Основною ознакою закінчення цього етапу руху пакувальної одиниці є контакт з поверхнею укладання. Математичне описання умови закінчення другого етапу наведено у вигляді нерівності (4). Наступний етап характеризує рух пакувальної одиниці у разі одночасного його ковзання по поверхні укладання і робочій поверхні ролика. Тривалість цього етапу залежить від співвідношення геометричних параметрів пакувальної одиниці і механізму укладання, а також коефіцієнта тертя ковзання f_2 між пакувальною одиницею і поверхнею укладання. Умови закінчення третього етапу можна записати у вигляді таких нерівностей:

$$N_1 \leq 0; \quad (5)$$

$$x \leq 0.5c \cos(\varphi - \gamma). \quad (6)$$

Виконання умови (5) та (6) відповідає початку четвертого етапу руху пакувальної одиниці. На четвертому етапі пакувальна одиниця здійснює плоский рух із ковзанням по поверхні укладання і напрямній площині. Можливе також виконання тільки однієї умови, яка визначається формулою (6). У цьому разі настає п'ятий етап руху пакувальної одиниці. П'ятий етап характеризує плоский рух пакувальної одиниці під час ковзання її нижнього ребра по поверхні укладання. Кінцеві формули і рівняння, що описують поетапний рух пакувальної одиниці під час її укладання відвідною приводною роликів доріжкою, а також граничні умови для кожного етапу, наведені в таблиці.

Таблиця.

Розрахункові формули для визначення основних параметрів операції укладання пакувальних одиниць відвідною приводною роликів доріжкою

Етапи	Розрахункові формули і рівняння	Введені позначення
1	2	3
Перший етап	Початкові умови: $t = 0, \varphi_{n1} = 0, x_{n1} = 0, 5a, y_{n1} = Y_c - 0.5h$ $\ddot{x} = 0.5c(\dot{\varphi} \sin(\gamma - \varphi) - \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\gamma - \varphi));$ $\ddot{y} = \ddot{\varphi} E_\varphi + \dot{\varphi}^2 F_\varphi + 2\dot{\varphi} \cdot v_0 \cdot \sec^2 \varphi;$ $\ddot{\varphi} = (\dot{\varphi}^2 (0.5 \cdot c \cdot \cos(\gamma - \varphi) (A_\varphi \cdot N_\varphi - f_2 \cdot L_\varphi) + F_\varphi \cdot L_\varphi) +$ $+ L_\varphi (g - 2v_0 \cdot \sec^2 \varphi)) \left(\frac{A_\varphi \cdot c^2}{12} + E_\varphi \cdot L_\varphi - 0.5c \times \right.$ $\times \sin(\gamma - \varphi) (f_2 \cdot L_\varphi - A_\varphi N_\varphi) \left. \right)^{-1};$ $N_1 = \frac{m}{A_\varphi} (g + f_2 \ddot{x} - \ddot{y}); N_2 = \frac{m}{A_\varphi} (B_\varphi (\ddot{y} - g) + \ddot{x} \times$ $\times (A_\varphi - f_2 B_\varphi))$ Умови закінчення етапу: $y = Y_c + H_c - 0.5c \cdot \cos(\varphi + \gamma), N_2 = 0$	$S_0 = 0.5c(1 - f_1 \cdot f_2) \cdot \cos \gamma; A_\varphi = (f_1 + f_2) \sin \varphi + (1 -$ $- f_1 \cdot f_2) \cos \varphi; B_\varphi = \sin \varphi - f_1 \cdot \cos \varphi; E_\varphi =$ $= \sec^2 \varphi (v_0 \cdot t - 0.5c(1 - f_1 \cdot f_2) \cos \gamma - r_p \cdot \sin \varphi -$ $- 0.5c \cdot \cos^2 \varphi \cdot \cos(\gamma - \varphi)); F_\varphi = \sec^3 \varphi (2 \cdot v_0 \cdot t \times$ $\times \sin \varphi - r_p (1 + \sin^2 \varphi) - c(1 - f_1 \cdot f_2) \cdot \sin \varphi \times$ $\cos \gamma + 0.5c \cdot \sin(\gamma - \varphi) \cdot \cos^3 \varphi;$ $K_\varphi = \sec \varphi (v_0 \cdot t - r_p \cdot \sin \varphi - 0.5c \cdot \cos \gamma (1 -$ $- f_1 \cdot f_2 - \cos \varphi)) + 0.5c \cdot f_1 \cdot \sin \gamma;$ $L_\varphi = K_\varphi + (\sin \varphi - f_1 \cos \varphi) (\sin(\gamma - \varphi) + f_2 \times$ $\times \cos(\gamma - \varphi) \cdot 0.5c;$ $N_\varphi = 0.5c(\sin(\gamma - \varphi) + f_2 \cdot \cos(\gamma - \varphi)).$
Другий етап	Початкові умови: $t = 0; \varphi_{n2} = \varphi_{k1}; \dot{\varphi}_{n2} = \dot{\varphi}_{k1}$ $\ddot{x} = c^2 (g \cdot \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 \cdot B_\varphi - 2\dot{\varphi} D_\varphi) (\cos \varphi + ...$ $+ f_1 \cdot \sin \varphi) (c^2 + 12 \cdot A_\varphi \cdot E_\varphi)^{-1};$ $\ddot{y} = g - c^2 (g \cdot \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 B_\varphi - 2\dot{\varphi} D_\varphi) (\cos \varphi + ...$ $+ f_1 \cdot \sin \varphi) (c^2 + 12 \cdot A_\varphi \cdot E_\varphi)^{-1}$ $\ddot{\varphi} = 12(g \cdot \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 B_\varphi - 2\dot{\varphi} D_\varphi) E_\varphi (c^2 + 12 \times$ $\times A_\varphi \cdot E_\varphi)^{-1};$ $N_1 = mc^2 (g \cdot \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 B_\varphi - 2\dot{\varphi} D_\varphi) (c^2 + 12 A_\varphi E_\varphi)^{-1}.$ Умови закінчення етапу: $\ddot{\varphi} = 0, y = Y_c + H_c - 0.5c \cdot \cos(\gamma - \varphi)$	$A_\varphi = (v_0 \cdot T - S_0 + x) \cos \varphi - (Y_c + r_p - y) \cdot \sin \varphi;$ $B_\varphi = (S_0 - v_0 \cdot T - x) \cdot \sin \varphi - (Y_c + r_p - y) \cos \varphi;$ $D_\varphi = (v_0 + \dot{x}) \cdot \cos \varphi + \dot{y} \cdot \sin \varphi;$ $E_\varphi = (x - S_0 + v_0 \cdot T) \cos \varphi - (Y_c + r_p - y) \times$ $\times \sin \varphi + 0.5c \cdot f_1 \cdot \sin \gamma.$

Третій етап	Початкові умови: $t = 0; \varphi_{n3} = \varphi_{k2}; \dot{\varphi}_{n3} = \dot{\varphi}_{k2}$ $\ddot{x} = A_{\varphi} \cdot \ddot{\varphi} + B_{\varphi} \cdot \dot{\varphi}^2$ $\ddot{y} = 0.5c(\dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi + \gamma) - \ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi + \gamma))$ $\ddot{\varphi} = (\dot{\varphi}^2((F_{\varphi} \cdot D_{\varphi} - f_3 K_{\varphi})(0.5c \cdot D_{\varphi} \cdot \sin(\varphi + \gamma) + B_{\varphi} \times$ $\times E_{\varphi}) - B_{\varphi} K_{\varphi}) + mg \cdot D_{\varphi} (D_{\varphi} \cdot F_{\varphi} - f_3 \cdot K_{\varphi}))((c^2 / 12) \times$ $\times C_{\varphi} \cdot D_{\varphi} + A_{\varphi} \cdot K_{\varphi} + (F_{\varphi} \cdot D_{\varphi} - f_3 \cdot K_{\varphi})(0.5c \cdot \cos(\varphi + \dots$ $+ \gamma) D_{\varphi} - A_{\varphi} \cdot E_{\varphi}))^{-1}$ $N_1 = m(\ddot{\varphi}(A_{\varphi}(1 + f_3 E_{\varphi}) - 0.5c \cdot f_3 \cdot \cos(\varphi + \gamma) \cdot D_{\varphi} +$ $+ \dot{\varphi}^2(0.5c \cdot f_3 \cdot D_{\varphi} \sin(\varphi + \gamma) + f_3(g \cdot D_{\varphi} + B_{\varphi} \cdot E_{\varphi}))$ $+ B_{\varphi})(C_{\varphi} \cdot D_{\varphi})^{-1}$ $N_3 = m(\ddot{\varphi}(A_{\varphi} \cdot E_{\varphi} - 0.5c \cdot D_{\varphi} \cdot \cos(\varphi + \gamma)) + \varphi^2 \times \dots$ $\times (0.5c \cdot D_{\varphi} \sin(\varphi + \gamma) + B_{\varphi} \cdot E_{\varphi}) + g D_{\varphi}) \cdot C_{\varphi}^{-1}$ Умова закінчення етапу: N1=0	$A_{\varphi} = \cos ec^2 \varphi(r_p(1 - \cos^3 \varphi) + 0.5c(\sin \gamma \times$ $\times \cos \varphi + \sin(\varphi + \gamma) + 0.5 \cdot \cos(\varphi + \gamma) \times$ $\times \sin 2\varphi);$ $B_{\varphi} = \cos ec^3 \varphi(\tau_p(\sin \varphi(1 + \sin^3 \varphi) + 2 \cos \varphi \times$ $\times (\cos \varphi - 1)) + 0.5c(\sin \gamma \cdot \cos^2 \varphi + \sin \varphi \cdot \cos(\varphi +$ $+ \gamma)(1 - 2 \sin^2 \varphi) - \sin(\varphi + \gamma) \cdot \cos \varphi \cdot \sin^2 \varphi)$ $C_{\varphi} = \sin \varphi(1 - f_1) + \cos \varphi(f_3 - f_1)$ $D_{\varphi} = \sin \varphi - f_1 \cos \varphi$ $E_{\varphi} = \cos \varphi - f_1 \cdot \cos \varphi$ $F_{\varphi} = 0.5c(\cos(\varphi + \gamma) - f_3 \cdot \sin(\varphi + \gamma))$ $K_{\varphi} = (x - S_0 + g_c \cdot T + r_p \sin \varphi) \cos \varphi + \dots$ $+ 0.5c \cdot f_1 \cdot \sin \gamma$
Четвертий етап	Початкові умови: $t = 0; \varphi_{n4} = \varphi_{k3}; \dot{\varphi}_{n4} = \dot{\varphi}_{k3}$ $\ddot{x} = -0.5c(\ddot{\varphi} \cdot \sin(\varphi - \gamma) + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos(\varphi - \gamma))$ $\ddot{y} = -0.5c(\ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi + \gamma) - \dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi + \gamma))$ $N_2 = m(\ddot{x} + f_3(g - f_2 \cdot \ddot{x} - \ddot{y})(1 + f_2 \cdot f_3)^{-1})$ $N_3 = m(g - f_2 \ddot{x} - \ddot{y})(1 + f_2 \cdot f_3)^{-1}$ $\ddot{\varphi} = (\frac{2g}{c} - A_{\varphi} + \dot{\varphi}^2(A_{\varphi}(f_2 \cdot \cos(\gamma - \varphi) - \sin(\gamma -$ $- \varphi)) - B_{\varphi} \cdot \cos(\gamma - \varphi))(\frac{1}{3}(1 + f_2 \cdot f_3) + A_{\varphi}(f_2 \times$ $\times \sin(\gamma - \varphi) - \cos(\gamma - \varphi)) - B_{\varphi} \cdot \sin(\gamma - \varphi))^{-1}$ Умови закінчення етапу: N2=0, $\varphi=0$	$A_{\varphi} = f_3 \cdot \sin(\varphi + \gamma) - (1 - f_2 \cdot f_3) \cos(\gamma - \varphi) - \dots$ $- \cos(\gamma + \varphi) - f_3 \cdot \sin(\gamma - \varphi)$ $B_{\varphi} = f_2 \cdot \cos(\gamma - \varphi) - (1 + f_2 \cdot f_3) \sin(\lambda - \varphi)$
П'ятий етап	Початкові умови: $t = 0; \varphi_{n5} = \varphi_{k4}; \dot{\varphi}_{n5} = \dot{\varphi}_{k4}$ $\ddot{y} = 0.5c \cdot (\dot{\varphi}^2 \cdot \sin(\varphi + \gamma) - \ddot{\varphi} \cdot \cos(\varphi + \gamma))$ $\ddot{x} = f_3(\ddot{y} - g); \ddot{\varphi} = (-(2g / c)(\cos(\varphi + \gamma) -$ $- f_3 \cdot \sin(\varphi + \gamma)) + \dot{\varphi}^2(0.5 \cdot \sin 2(\varphi - \gamma) - f_3 \sin^2(\varphi +$ $+ \gamma))) (\frac{1}{3} + \cos^2(\varphi + \gamma) - 0.5 f_3 \sin 2(\varphi + \gamma))^{-1}$ Умова закінчення етапу: $\varphi = 0$	

Одержані залежності – здебільшого нелінійні диференціальні рівняння, які розв'язуються числовими методами. Тривалість операції укладання шару пакувальних одиниць відповідною роликовою приводною доріжкою можна визначити за формулою:

$$T_y = n \sum_{i=1}^{i=5} t_i, \quad (7)$$

де n – кількість пакувальних одиниць у ряду шару групової упаковки; t_i – тривалість i -го етапу операції укладання пакувальних одиниць на піднімально-опускную платформу.

Висновки

На основі аналізу та синтезу технологічних схем та структури машин для групового пакування пакувальних одиниць форми паралелепіпеда запропоновано нову структуру і конструкцію машини, яка забезпечує безперервний режим укладання шарів пакувальних одиниць на платформу піднімально-опускного механізму, що суттєво збільшує продуктивність машини. Для вибору раціональних кінематичних і геометричних параметрів механізму накопичення шарів пакувальних одиниць розроблено математичну модель переміщення шару пакувальних одиниць відвідною роликовою привідною доріжкою на платформу піднімально-опускного механізму.

Література

1. *Гавва О.М.* Обладнання для групового пакування / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волочко. – К.: ІАЦ, «Упаковка», 2009. – 115 с.
2. *Кривопляс А.П.* Пакетоформирующие машины / А.П. Кривопляс, А.А. Кукибный, А.П. Беспалько и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 242 с.

Динаміка і енергетичні співвідношення в механічних системах

С.М. Мироненко, О.О. Бойко, к.т.н., НУХТ, м. Київ

Обладнання в технологіях пакування харчової продукції в багатьох випадках має ознаки циклічно діючих машин-автоматів, у яких фази переміщення робочих органів супроводжуються періодами вистою. Закони руху останніх є цілком певними і їх переміщення вважаються усталеними в загальній оцінці, однак при цьому присутні такі елементи перехідних процесів, як розгін і програмований вибіг. У зв'язку з цим робочий хід складається з двох частин. На першій з них переміщення робочого органа є прискореним, на другій – сповільненим. Вказане стосується як поступальних, так і обертальних переміщень. Здебільшого дослідження динаміки механічних систем вирішують завдання пошуку співвідношень між взаємодіючими масами, кінетичними і динамічними параметрами таких взаємодій. Порівняно із силовими параметрами оцінки енергетичних витрат вони є еквівалентними у своїх значеннях, однак у більшості задач можливості рекуперації енергетичних потенціалів не розглядаються.

До припущень у дослідженнях належить те, що точками прикладання рушійних сил і сил опору приймаються центри мас ведучих і ведених ланок. Робота сил тяжіння за цикл роботи механізму дорівнює нулю, тому що центри мас ланок переміщуються по замкнутим траєкторіям, а напрямки векторів сил тяжіння незмінні. Однак у середині циклу руху машини робота сил тяжіння відмінна від нуля.

Подвоєний інтерес до перехідних процесів, по-перше, пов'язаний з динамічними складовими навантажень, які є реакціями на прискорення під час руху мас. По-друге, зміни швидкостей означають наявність енергетичних трансформацій. Очевидно, що такі характеристики взаємопов'язані, оскільки величина кінематичної енергії $mV^2/2$ визначає величину енергетичних витрат на розгін системи. Це приводить до можливості порівняльної оцінки систем із різними законами на основі амплітуд швидкостей або їх аналогів.

Одночасно динамічні складові навантажень відображуються амплітудами в залежностях з визначення прискорень. Результати порівняльних оцінок для різних законів $d^2s/d\varphi^2 = f''(\varphi)$ наведені в таблиці стосовно кулачкових механізмів із фазовим кутом робочого ходу $\varphi_1 = \varphi'_1 + \varphi''_1$, де φ'_1 і φ''_1 – ділянки фазового кута φ_1 відповідно прискореним і сповільненим рухами. Їх із співвідношення визначено як $k = \varphi'_1 / \varphi''_1$.

У таблиці присутній показник $h = S_{\max}$.

Одержані порівняльні дані наведені як відношення амплітуд аналогів швидкостей і прискорень різних законів до відповідних параметрів параболічного закону руху в ряди за ранжиром:

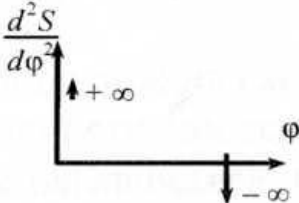
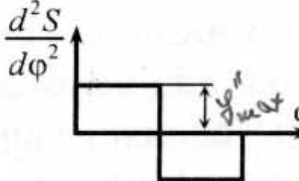
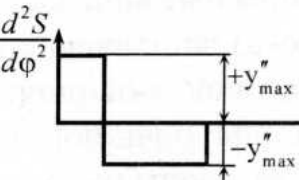
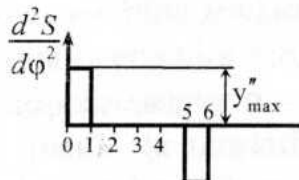
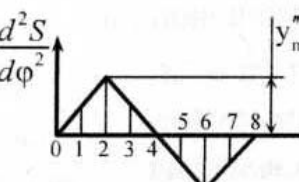
для аналогів швидкостей:

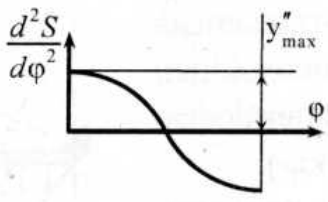
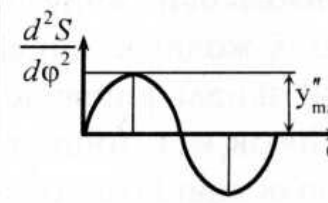
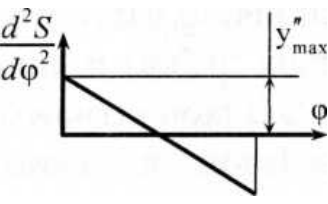
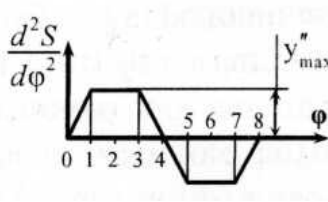
0,5	0,6	0,75	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,57
(1)	(3)	(7)	(2a)	(26)	(4)	(6)	(8)	(5)

для аналогів прискорень:

1,0	0,5(1+k)	1,23	1,33	1,5	1,57	1,8	2,0	2,2
(2a)	(26)	(5)	(8)	(7)	(6)	(3)	(4)	(1)

Таблиця.
Амплітуди аналогів швидкостей і прискорень
для різних законів $d^2s/d\varphi^2 = f''(\varphi)$

Закон руху	Графік $\frac{d^2s}{d\varphi^2} = f''(\varphi)$	Максимальне значення		Співвідношення аналогів швидкостей	Співвідношення аналогів прискорень
		$\frac{ds}{d\varphi}, \text{ м}$	$\frac{d^2s}{d\varphi^2}, \text{ м}$		
1. Лінійний		$\frac{h}{\varphi_1}$	$\pm \infty$	0,5	∞
2а. Параболічний		$2 \frac{h}{\varphi_1}$	$4 \frac{h}{\varphi_1^2}$	1,0	1,0
2б. Несиметричний		$2 \frac{h}{\varphi_1}$	$+ 2(1+k) \frac{h}{\varphi_1^2}$ $- \frac{2(1+k)}{k} \frac{h}{\varphi_1^2}$	1,0	$+0,5(1+k)$ $-0,5(1+k)$
3. Модифікований лінійний		$1,2 \frac{h}{\varphi_1}$	$7,2 \frac{h}{\varphi_1^2}$	0,6	1,8
4. Трикутний		$2 \frac{h}{\varphi_1}$	$8 \frac{h}{\varphi_1^2}$	1,0	2,0

5. Косинусої- дальний		$\frac{\pi}{2} \cdot \frac{h}{\varphi_1}$	$\frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{h}{\varphi_1^2}$	1,57	1,23
6. Синусоїда- льний		$2 \frac{h}{\varphi_1}$	$2\pi \frac{h}{\varphi_1^2}$	1,0	1.57
7. Рівномірно зменшуване прискорення		$\frac{3}{2} \cdot \frac{h}{\varphi_1}$	$6 \frac{h}{\varphi_1^2}$	0,75	1,5
8. Змінювання прискорення по трапеції		$2 \frac{h}{\varphi_1}$	$\frac{16}{3} \cdot \frac{h}{\varphi_1^2}$	1,0	1,33

Висновки

Наведені ряди супроводжуються адресними відмітками, які відповідають порядковим номерам законів, наведеним у таблиці. З порівняння видно, що жоден з них не відповідає обом сформульованим екстремальним умовам найменших енергетичних витрат і найменшим динамічним навантаженням. Це означає, що остаточний вибір на користь певного закону має здійснюватися на основі інших феноменологічних міркувань. Одне з них стосується особливості першого ряду стосовно однакових максимальних швидкостей у п'яти законах. З їх числа на увагу заслуговує трапецеїдальний з однією з найкращих комбінацій швидкостей і прискорень.

Література

1. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1993. – 591 с.
2. Соколенко А.І., Українець А.І., Шевченко О.Ю. та ін. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування: Навчальний посібник / За ред. проф. А.І. Соколенка. – К.: П.П. Люксар, 2005. – 252 с.
3. Соколенко А.І., Васильківський К.В., Юхно М.І та ін. Гальмування вантажів аеродинамічними упорами // Упаковка. – 2013. – № 5. – С. 50–52.

Для формування такої структури шару необхідно змінювати попередню орієнтацію вантажів (розвертання на 90° та зміщення відносно осі попереднього руху вантажу). Здебільшого ці операції виконують за допомогою окремого функціонального модуля пакетоформуючої машини. З метою ресурсо- та енергозбереження доцільним є виконання операцій орієнтування тарних вантажів на гравітаційних спусках.

Схеми гравітаційних спусків із орієнтуючими робочими органами наведені на рисунку.

Транспортна система з гравітаційним спуском складається з: конвеєра 1 подачі тарних вантажів, що розташовані на другому рівні виробничої ділянки; гравітаційного спуска 2; орієнтуючого робочого органа 3 (упор, напрямна площина); відвідного конвеєра 4, що розташований на першому рівні виробничої ділянки або є приймальним конвеєром пакетоформуючої машини. Вантаж 5 послідовно переміщується по трьох складових транспортної системи та відповідно до структури розташування вантажів у шарі взаємодіє з робочими органами орієнтуючих пристроїв.

Для математичного моделювання переміщення вантажу з подавального конвеєра 1 на відвідний конвеєр 4 з його орієнтацією доречно весь процес навести сукупністю окремих етапів, що характеризуються однаковою фізикою навантаження на тарний вантаж. Тривалість процесу переміщення дорівнює сумі витрат часу на кожному етапі.

Висновки

На основі проведених досліджень одержано аналітичні залежності, за допомогою яких можна визначити тривалість операцій, кінематичні і силові параметри, геометричні параметри гравітаційного спуску робочих органів орієнтування та їх раціональне розташування відносно гравітаційної площини. Алгоритм розв'язання одержаних рівнянь передбачає застосування числових методів, тому що більшість рівнянь є нелінійними диференціальними рівняннями. Попередньо проведені експериментальні дослідження підтвердили адекватність припущень і математичних моделей.

Література:

1. *Гавва О.М.* Обладнання для обробки транспортних пакетів / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко. – К.: ІАЦ «Упаковка», 2006. – 96 с.
2. *Кривопляс А.П.* Пакетоформирующие машины / А.П. Кривопляс, А.А. Кукибный, А.П. Беспалько и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 240 с.
3. *Гавва О.М.* Наукові основи розрахунку параметрів потоків транспортних систем харчових виробництв – дис. докт. техн. наук. – К.: УДУХТ, 1996. – 534 с.

Маркетингове дослідження спиртових настоянок та їх упаковки

А.В. Гросул, к.е.н., Г.А. Синицина, ХДУХТ, м. Харків

Розвиток конкурентних відносин у всіх сферах вітчизняної економіки, зокрема, у харчовій промисловості, закономірно приводить до розробки управлінського інструментарію, що забезпечує успішне функціонування підприємств галузі. За останні роки спостерігається тенденція зростання витрат підприємств лікеро-горілчаної промисловості на дослідження товару (товарної марки, упаковки, фасування) та його позиціонування. Зміни тенденцій споживання на ринку FMCG обумовлюють актуальність обраної теми.

Лікеро-горілчаний ринок характеризується падінням внутрішнього попиту внаслідок зростання цін на алкогольну продукцію на тлі низької платоспроможності споживачів; незначним сезонним коливанням, особливо в категорії міцних напоїв; зростанням частки «тіньового» ринку; незначною переорієнтацією споживачів на інші категорії алкогольних напоїв.

Ми провели маркетингове дослідження, метою якого було, по-перше, виявлення попиту на спиртові настоянки, по-друге – визначення оптимального об'єму їх упаковки. Для цього розробили анкету, попередньо апробували її та внесли необхідні корективи. Анкетування проводили протягом січня 2016 р. Для обробки анкет використовували програмний засіб Microsoft Excel.

Генеральна сукупність складалась з потенційних споживачів міцних напоїв, зокрема настоянок, що мешкають на території м. Харкова. Дослідження проводили серед респондентів (чоловіки / жінки) у віці від 18 років.

Обсяг вибірки склав 150 респондентів, які були опитані в мережах підприємств роздрібної торгівлі ТОВ «ФОЗЗІ-ФУД», ТОВ «Сучасний модерн», ТОВ «Таврія-В», ТОВ СУАП «Європоль», ТОВ «Восторг».

На якісне питання «Причини, за якими Ви вживаєте алкогольні напої зі смаковими добавками?» 53 особи (35,3 % респондентів) відповіли: «Замінюють лікарські препарати». Отриману відповідь підтверджують результати дослідження TNS MMI за I квартал 2015 р.: 65 % українців (вибіркова сукупність склала 5 тис. респондентів, які мешкають у містах з населенням більш ніж 50 тис. осіб) економлять на медичних послугах і лікарських препаратах (на 5 % зменшили витрати) [1]. Як зазначають експерти Apteka.ua, споживачі замінюють оригінальні дорогі фармацевтичні препарати традиційними, у тому числі спиртовими настоянками на лікарських рослинах. Лікувальні властивості настоянок обумовлені присутністю в них різноманітних за складом і будовою хімічних речовин і сполук. Лікарські рослини як носії алкалоїдів, глікозидів, біологічно активних речовин, жирних і ефірних олій, незамінних амінокислот та інших речовин є найбільш ефективними. У зв'язку з цим доцільно, на наш погляд, позиціонувати настойки в невеликих кількостях як лікарський препарат.

Відповіді на питання «Яким спиртовим настоянкам Ви віддаєте перевагу?» наведено на рисунку.

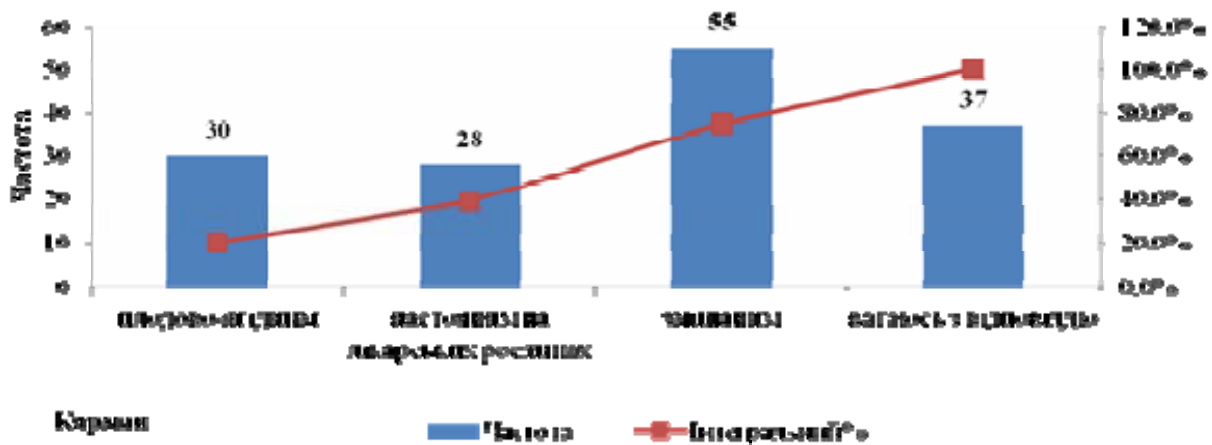


Рисунок. Графік гістограми розподілу частот груп факторів, які визначають спиртові настоянки, яким респондент віддає перевагу

З рисунка можна зробити наступні висновки: зі 150 опитаних 55 респондентів (36,7 %) віддають перевагу змішаним спиртовим настоянкам; 37 респондентів (24,7 %) вагались з відповіддю; 30 респондентів (20 %) віддають перевагу плодово-ягідним настоянкам, а 28 респондентів (18,7 %) – настоянкам на лікарських рослинах. Такий розподіл відповідей свідчить про звичку споживання респондентами традиційних настоянок відомих торгових марок.

За результатами проведеного анкетування можна зробити наступні висновки:

1. Жінки серед 150 респондентів склали 41,3 % (62 відповіді), чоловіки – 58,7 % (88 відповідей).
2. Цільовою віковою групою є респонденти 36–40 років: 41 відповідь (27,3 %) зі 150 опитаних, друге місце займає інтервал значень – 31–35 років – 30 відповідей (20 %). Такий розподіл вікових груп обумовлений тим, що вони складаються з життєво активних, працездатних і найбільш платоспроможних верств населення, які найменше серед інших скоротили витрати на купівлю алкогольних напоїв.
3. Цільовою групою є респонденти, що мають дохід від 2501 до 3500 грн. на місяць: 47 респондентів (31,3 %) зі 150 опитаних; респонденти з доходом 1500–2500 грн. на місяць склали 27,3 % (41 респондент); у 34 респондентів (22,7 %) місячний дохід становить більш ніж 5500 грн.
4. Зі 150 респондентів 43 особи (28,7 %) зазвичай купують горілку; 20 респондентів (13,3 %) – настоянки, з них 16 жінок і 4 чоловіка. Результати проведеного нами опитування підтверджують експерти міжнародного холдингу «Global Spirits» (горілчані бренди «Хортиця», «Первак»): найпопулярнішими напоями на вітчизняному лікеро-горілчаному ринку залишаються класичні горілки, тоді як смакові горілки займають незначну частку [2].
5. 64 особи (42,7 %) найчастіше купують алкогольні напої в тарі об'ємом 0,5 л. Слід зазначити, що за останній час підвищились обсяги продажу алкогольних напоїв у тарі об'ємом 0,2; 0,25; 0,37 л. У першу чергу це

пов'язано з меншою ціною, що підтверджують результати опитування: 53 особи (35,3 %) серед факторів, що впливають на їх вибір під час купівлі алкогольних напоїв, виділили ціну; 28 осіб (18,7 %) – відомість торговельної марки; 21 особа (14 %) – смакові якості.

6. 95 осіб (63,3 % опитаних) найчастіше купують алкогольні напої в супермаркетах. Такий відсоток відповідей свідчить, що більшість респондентів купують продовольчі товари в торговельних мережах з метою отримання якісного продукту за оптимальною ціною, скориставшись запропонованими підприємствами торгівлі програмами лояльності. Крім того, у супермаркетах представлений широкий асортимент алкогольних напоїв, і покупець має можливість вибору. За таких умов вітчизняні виробники запроваджують дієві інструменти ідентифікації своїх лікero-горілчаних виробів серед аналогічних. Одним із таких інструментів є упаковка. У зв'язку з цим розробка упаковки та її тестування є наступним етапом процесу тестування товару після обґрунтування вибору цільової аудиторії споживання.

Таким чином, за результатами опитування цільову аудиторію настоянок складають переважно жінки у віці від 31 до 40 років, заміжні, які є службовцями приватних компаній з доходом на місяць в розмірі від 2501 до 3500 грн. Саме на цей сегмент ринку з урахуванням психографічного типу, особливостей споживчої поведінки необхідно спрямовувати стратегії позиціонування, розробляти програми лояльності та здійснювати брендинг. Якщо позиціонувати настойки в невеликих кількостях як лікарський препарат, доцільно, на наш погляд, розливати їх у пляшки об'ємом 0,2; 0,25; 0,37 л.

Варто зазначити, що результати проведеного маркетингового дослідження є основою для подальшої розробки маркетингових комунікативних стратегій підприємств лікero-горілчаної промисловості та сприятимуть удосконаленню їх маркетингової політики та конкурентостійкості.

Література

1. Украинцы стали больше экономить // Маркетинговые исследования в Украине. – 2015. – № 3(70), май-июнь. – С. 8.
2. Украинцы перешли на чекушки и подкосили мировой рынок водки // Маркетинговые исследования в Украине. – 2015. – № 4(71), июль-август. – С. 56–58.

Дослідження якості пакування в трасологічній експертизі коньяків України

Л.Ю. Крестьянполь, к.т.н., П.Л. Різак, ЛНТУ, м. Луцьк

Коньяки України розливають у скляні пляшки і в інший скляний, порцеляновий і фаянсовий сувенірний посуд місткістю: 0,05; 0,1; 0,2; 0,25; 0,275; 0,35; 0,375; 0,4; 0,45; 0,5; 0,61; 0,68; 0,7; 0,75; 0,8; 1,0 дм³ і більше [1] (рис. 1).

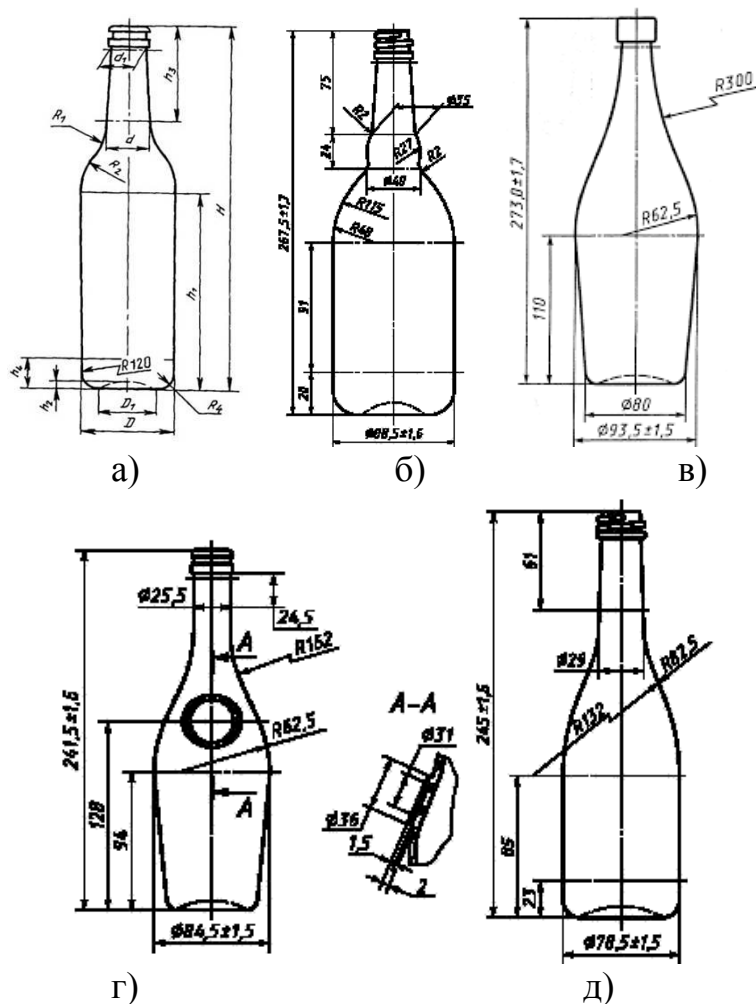


Рис. 1. Типи пляшок, які використовують для розливу коньяків: скляна пляшка типу III (а); скляна пляшка типу VI (б); скляна пляшка типу XX (в); скляна пляшка типу XIX (г); скляна пляшка типу XXIV (д)

На рис. 2. наведено зразки тари, які виробники найчастіше використовують для пакування коньяків України. Форма та дизайн пляшки може варіюватись залежно від виробника та його вподобань.

Для закупорювання пляшки виробники здебільшого використовують пробки типу «Камю» (рис. 3). Прототипом цього закупорювального засобу можна вважати пробку відомого французького коньячного бренду «Samus», який у своїй лінійці коньяку використовував подібну конструкцію закупорювального засобу. Звідси відповідно і пішла назва «Камю».



Рис. 2. Зразки пляшок для коньяків України

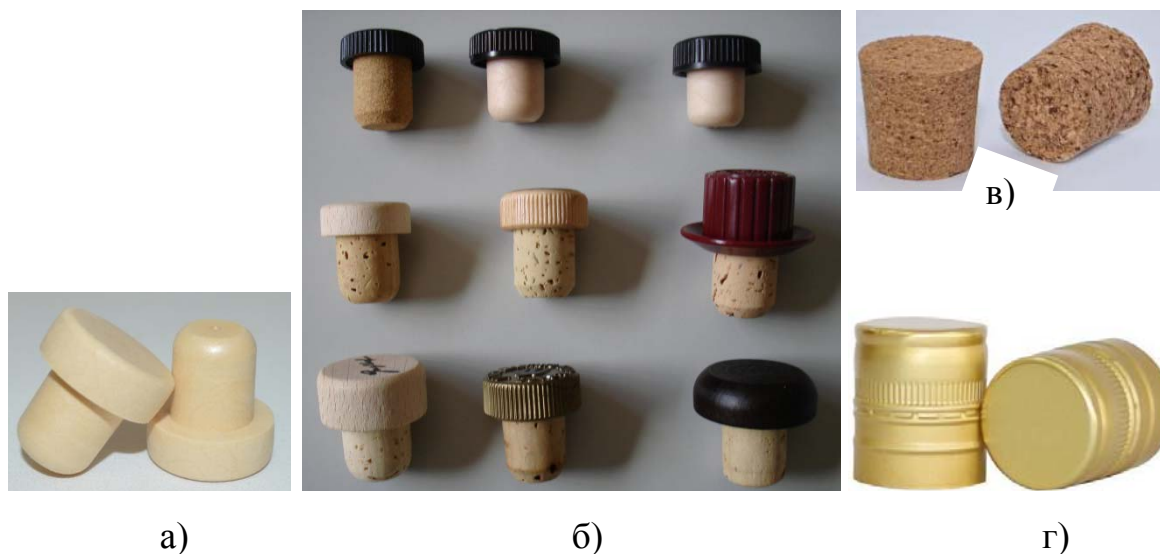


Рис. 3. Зразки закупорювальних засобів для коньяків України: з полімерного матеріалу (а); комбіновані (б); з коркового дерева (в); алюмінієві гвинтові ковпачки (г)

Пробки цієї конструкції можуть бути виготовлені повністю з полімеру (рис. 3а) або бути комбінованими, наприклад: верх пробки виготовлений з полімерного матеріалу, а низ з коркового дерева (рис. 3б). Можна зустріти пробки, виготовлені суто із коркового матеріалу (рис. 3в). Деякі виробники досі віддають перевагу звичайним алюмінієвим гвинтовим ковпачкам з прокладками (рис. 3г). Це спричинено дешевизною цього виду закупорювальних засобів.

На кожну пляшку наносять маркування у вигляді відтиску, який містить наступну інформацію: торговий знак підприємства виробника, номінальну місткість, дату виготовлення, позначення стандарту. Дозволено розміщувати маркування на дно або нижню частину корпусу пляшки (рис. 4) [2].

Кожна пляшка з коньяком України має містити етикетку та кольєретку, комбіновану етикетку з кольєреткою або етикетку та контретикетку згідно з чинними нормативними документами [3].

Всю інформацію, нанесену на пакування, можна поділити на основну, комерційну та споживчу товарну інформацію.

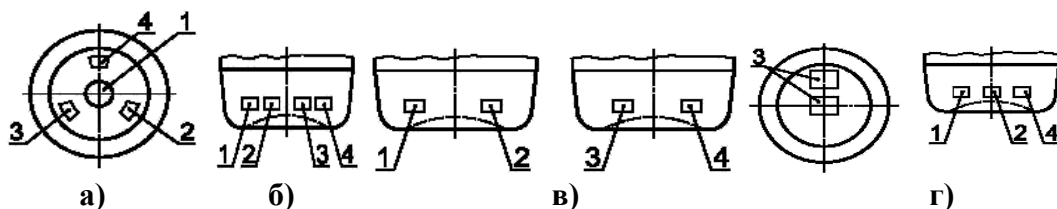


Рис. 4. Способи нанесення маркування на скляну пляшку: на дні пляшки (а); на нижній частині корпусу пляшки (б); на двох протилежних сторонах (в); на нижній частині корпусу пляшки та дні (г); 1 – торговий знак; 2 – номінальна місткість; 3 – дата виготовлення; 4 – рік виготовлення



Рис. 5. Види та форми інформації, нанесеної на етикетку та контретикетку коньяку України «Закарпатський»: 1 – основна товарна інформація; 2 – споживча товарна інформація; 3 – комерційна товарна інформація; 4 – цифрова; 5 – образотворча; 6 – знакова; 7 – штрихова [4]

Для проведення дослідження ми вибрали пакування коньяку «Закарпатський» вітчизняного виробника ТМ «Тиса» (рис. 5). Цей напій можна віднести до середньої цінової категорії, продукція якої найчастіше купується споживачами, а також знаходиться в зоні ризику для фальсифікації. Все частіше на ринку алкогольних напоїв з'являється продукція, яка імітує відомі торгові марки. Ми розглянули основні ідентифікаційні ознаки пакування відомих алкогольних брендів порівняно з їх аналогами (рис. 6).

Ідентифікаційні ознаки:

1. Різні види закупорювальних засобів. У зразка а комбінований металополімерний ковпачок, а у зразка б – алюмінієвий.

2. Наявність у зразка б кольєретки, тоді як у справжнього зразка вона відсутня.
3. Невідповідність форми та змісту етикетки. На етикетках двох зразків дублюється інформація з назвою продукту, торговою маркою, споживчою інформацією, проте відрізняються шрифти та художнє оформлення.
4. У зразка б відсутнє спеціальне дизайнерське денце.
5. Зразки відрізняються між собою висотою та формою пляшки.



Рис. 6. Зразки справжнього (а) та підробного (б) пакування для коньяку «Закарпатський» з ідентифікаційними ознаками

Дослідження зразків пакування дозволило виявити низку ознак, за якими можна ідентифікувати фальсифіковану продукцію. Усі виявлені ознаки невідповідності пакування дають змогу пересічному споживачу оцінити товар під час купівлі, не застосовуючи спеціальних методик безпосередньо в процесі купівлі товару.

Література

1. ДСТУ ГОСТ 10117.1-2001 «Буылки стеклянныы для пищевых жидкостей. Общие технические условия». – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 13 с.
2. ДСТУ ГОСТ 10117.2-2001 «Буылки стеклянныы для пищевых жидкостей. Типы, параметры и основные размеры». – Минск:

- Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 23 с.
3. Закон України «Про інформацію»: Закон України від 09.10.1992р. № 2657. Т. 4 // Закони України. – К., 1996. – С. 72–88.
 4. Інформаційні технології в проектуванні системи захисту пакованої продукції: монографія / Б.О. Пальчевський, О.А. Крестьянполь, Л.Ю. Крестьянполь; за ред. проф. Б.О. Пальчевського. – Луцьк: Вежа. – Друк, 2015. – 160 с.
 5. *Тахо-Годи Х.-М.* Судебно-трасологическая экспертиза. Выпуск 2. – М., 2012. – 71 с.
 6. Стаття, в якій порівнюються за ідентифікаційними ознаками алкогольні напої [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://nnm.me/blogs/Ser-ser/identifikaciya-i-falsifikaciya/>
 7. ДСТУ 4700:2006 Коньяки України. Технічні умови. – К.: Держстандарт України, 2006. – 20 с.
 8. Закон України «Про безпечність та якість харчових продуктів» № 2809-IV в редакції від 6 вересня 2005 р.

Соціально-етична відповідальність виробників пакувальних матеріалів для харчових продуктів як необхідна складова маркетингової діяльності

Є.В. Бучацький, А.В. Сисоєва, ОНЕУ, м. Одеса

Сьогодні інтенсивна конкуренція змушує виробників харчових продуктів шукати нові способи привернення уваги цільових споживачів. Велика кількість іноземних компаній та деякі українські компанії використовують для цього заходи соціально-етичного маркетингу, показуючи, що вони не тільки задовольняють потреби споживачів, а й піклуються про їхнє здоров'я та стан довкілля. Варто зазначити, що такі заходи дійсно покращують імідж компаній та приносять більші прибутки, партнери шукають такі компанії власноруч.

Така ж ситуація цілком виправдовує себе і для виробників пакувальних матеріалів. Вдалі соціальні заходи неодмінно привернуть увагу суспільства, нових партнерів – виробників харчових продуктів, що буде певним «козирем» у конкурентній боротьбі та підвищить вплив на стрімко зростаючому ринку пакувальних матеріалів України (адже в країнах, що розвиваються, ринок пакувальних матеріалів стрімкіше зростає, ніж у розвинутих країнах, а Україна вважається країною, що розвивається).

Для формування власних пропозицій були використані статистичні дані World Packaging Organization та інформація іноземних компаній, які формують свою комунікативну політику в соціально-етичному напрямку.

Метою статті є розробка рекомендацій щодо вдосконалення комунікативної політики компаній-виробників пакувальних матеріалів, що підвищить успішність їх функціонування на стрімко зростаючому ринку пакувальних матеріалів України.

Українським виробникам пакувальних матеріалів варто наслідувати іноземних конкурентів у соціально-етичному напрямку функціонування. Цей напрям в українських компаніях знаходиться на стадії зародження або взагалі відсутній. Варто звернути увагу, що компанії-виробники упаковки працюють на ринку B2B, для якого однією з головних особливостей є наявність вторинного (похідного) попиту. Інакше кажучи, динаміка попиту на пакувальні матеріали прямо пропорційно залежить від динаміки попиту на кінцеву продукцію. Безперечно, така особливість характерна і для підприємств, які функціонують у галузі харчової промисловості. Разом з тим для виробників харчових продуктів здоров'я їх споживачів та задовільний стан довкілля дуже важливі, що дуже сильно впливає на імідж.

Отже, дотримання таких принципів виробниками пакувальних матеріалів приверне не тільки увагу громадськості, а й увагу цільових споживачів – підприємств харчової промисловості, що в майбутньому, можливо, призведе до створення спільних проектів, тобто появи певної інтеграції, що значно покращить партнерські стосунки і зближить компанії. На рисунку у вигляді схеми зображено комплекс заходів, який, на нашу думку, допоможе компаніям здійснювати свою соціально-етичну діяльність.

Проводячи комунікативну політику, необхідно враховувати особливості і мотивацію різних категорій споживачів, представлених на українському ринку.

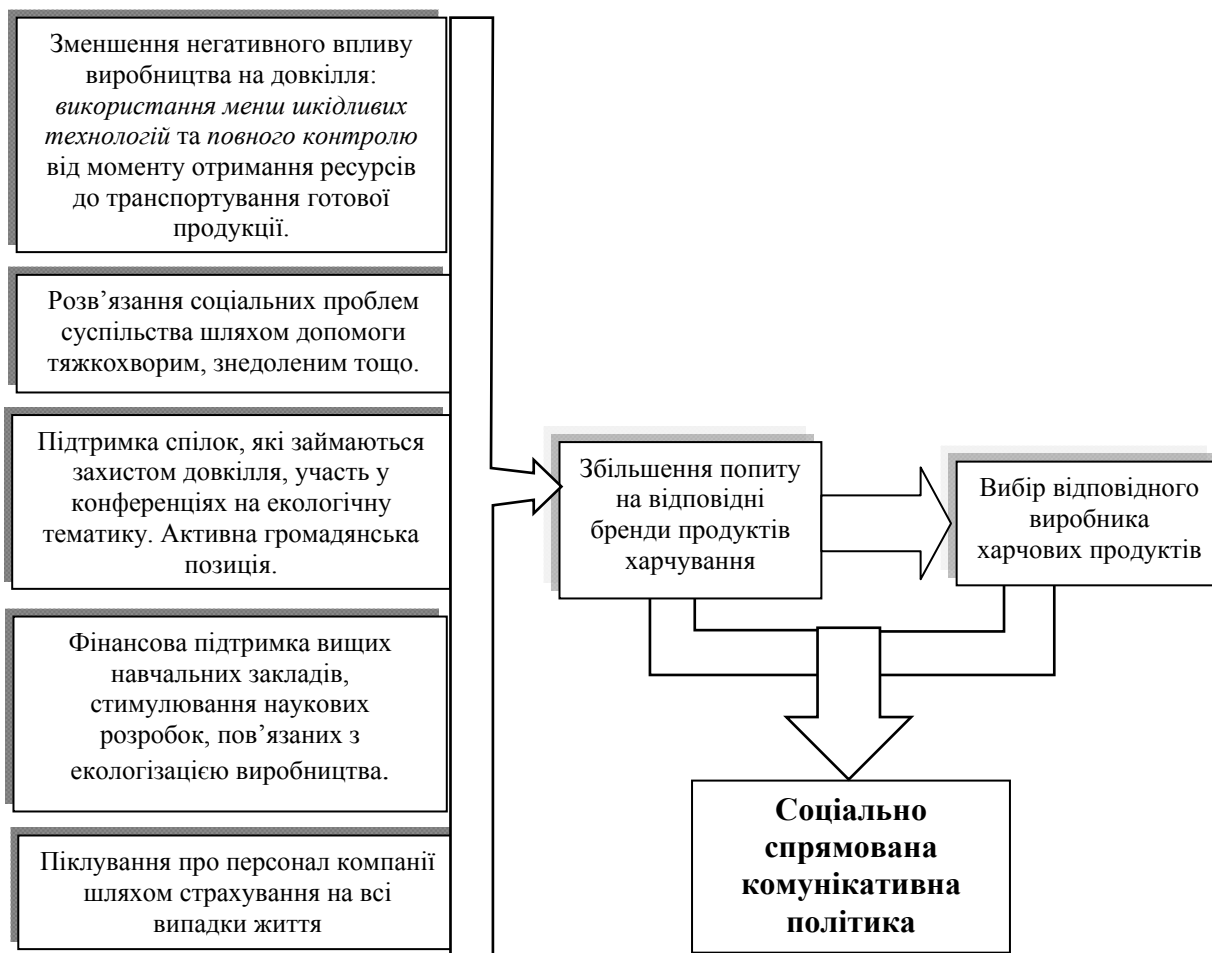


Рисунок. *Заходи соціально-етичного маркетингу*

Ми запропонували **типологію споживачів харчових продуктів** залежно від ключових переваг, які вони прагнуть отримати від покупки:

1. *Споживачі, орієнтовані на модні віяння чи статус.* Цей тип споживачів керується виключно модними трендами, його хвилює передусім, як він виглядає в очах оточуючих, прагне, щоб всі хотіли бути схожими на нього. Купуючи товар, йому байдуже, яка його цінність, важливіше за все – його зовнішній вигляд.

2. *Споживачі, які переймаються майбутнім.* Здоров'я та екологія – головні вектори їхнього вибору. Такі споживачі завжди віддаватимуть перевагу екологічнішим товарам в екологічних упаковках. Цей тип споживачів дуже переймається як сьогоdnішнім станом навколишнього середовища, так і його станом у майбутньому, хвилюється за здоров'я своїх дітей та намагається завжди робити «правильний» вибір, тобто ігнорувати свої слабкості та примхи заради здорового майбутнього.

3. *Споживачі, рухомі виключно цінністю товару.* Такому типу споживачів взагалі неважливо, як виглядає товар, у що він обернений. Для нього важливий тільки кінцевий результат – задоволення власної потреби. До такого типу можуть належати як бідні верстви населення, котрим важливіше просто

задовольнити потребу якомога економнішим варіантом, так і багатії, котрі керуються тільки своїми власними переконаннями.

Таблиця.

Перелік PR-заходів для українських виробників пакувальних матеріалів

Інструменти PR	Запропоновані заходи
Спеціальні заходи	• Участь або організація суботників, висадка дерев тощо. • Проведення семінарів, пов'язаних з рішеннями для мінімізації шкідливості виробництва для навколишнього середовища.
Айдентика	Розробка фірмового стилю, який мав би натяк на екологічність.
Статті, публікації	Участь у написанні статей у журналах, пов'язаних з пакувальною індустрією, чи в наукових журналах на тематику екологізації виробництва, пропонування певних заходів тощо.
Інтернет	«Приближення» до вторинних споживачів, тобто споживачів харчових продуктів. Сторінки у соціальних мережах, спілки, групи, надання можливості зворотного зв'язку тощо.
Спонсорство та благодійність	Купівля обладнання для медичних закладів, допомога тяжкохворим.
Внутрішні клуби та спілки	Створення клубів та спілок захисників навколишнього середовища, які займалися б проблемами екології на місцевому рівні та пропонували розв'язання цих проблем.
Корпоративна культура	Прищеплення співробітникам бажання захищати навколишнє середовище, спонукати їх до цього та певним чином заохочувати.

Використання цих інструментів не дає 100 % вірогідності того, що один чи інший захід принесе користь. Для підвищення вірогідності отримання зиску від використання інструментів PR бажано постійно повідомляти громадськість про проведення того чи іншого заходу, тримати її у курсі справи (таблиця). Ці дії сприятимуть поступовому формуванню вдалого іміджу в уявленні споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт American Packaging Corporation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ampkcorp.com
2. Офіційний сайт Graham Packaging Company [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.grahampackaging.com
3. Офіційний сайт Neopack The Tube [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.neopac.com/
4. WPO News The potential of Ukrainian packaging industry. – September 2014.
5. WPO: Position Paper Market Trends and Developments. – April 17, 2008. – Р. 6.

Стеарати металів – дестабілізуючі добавки під час утилізації відходів полімерної упаковки

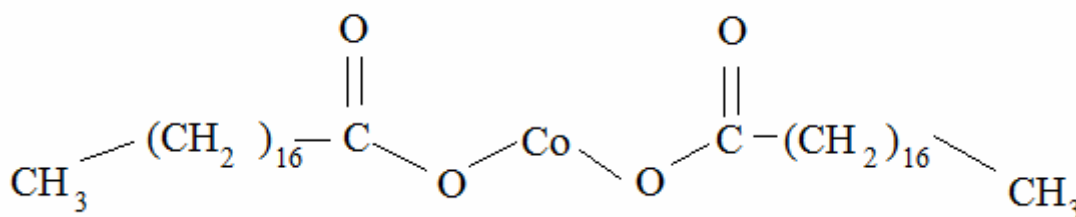
А.О. Клещова, О.М. Шнирук, А.Д. Петухов, д.т.н., НТУУ «КПІ», м. Київ

Питання екологічності гнучкої полімерної упаковки постає все гостріше. Необхідно, щоб під дією штучних та зовнішніх природних факторів вона руйнувалася до такого стану, у якому була б «прийнята» ґрунтом до свого складу або перероблена мікроорганізмами до первинних нешкідливих речовин. Для реалізації таких напрямків утилізації відходів полімерної упаковки перспективними є таймерні технології.

Основною особливістю цих технологій є «таймерність», яка закладається в полімерній композиції і забезпечує спрацювання механізму саморуйнування виробу через встановлений час. Ефективними в цьому відношенні є стеарати металів третього і четвертого періодів таблиці Д.І. Менделєєва. У роботі, що представлена, розглянуто теоретичні передумови цього.

Першим із представників цього ряду стеаратів як дестабілізуюча добавка таймерної композиції був досліджений стеарат кобальту. Доцільність дослідження CoO обумовлено відомою його дією як промотора адгезії сикатива, каталізатора фотостаріння, в основному еластомерів, поширеністю на гумових, шинних виробництвах, економічною доступністю [1].

Механізм дестабілізуючої дії стеарату кобальту



під час попередніх досліджень приймався наступним. Під впливом УФ-променів (фотоліз) і надання додаткової енергії (наприклад, квант світлової енергії), найменш міцний зв'язок $-\text{O}-\text{Co}-\text{O}-$ рветься і утворюється активний макрорадикал, що починає руйнувати ланцюг поліетилену



В основі дестабілізуючого ефекту стеарату кобальту лежить зміщення електронної густини внаслідок різниці в електронегативностях між йоном металу Co^{2+} і кислотним залишком стеаринової кислоти. Під час потрапляння кванту світлової енергії зростає енергія активації, що веде до розриву зв'язку з наступним окисненням.

Попри набуття широкого використання в сполуках, кобальт залишається важким металом і заміна його на інший або комплекс сполук інших металів, близьких або приблизно подібних за порядком значення електронегативності, підвищить екологічність продукції і вирішить деякі питання.

У процесі підбору стеаратів металів, що створили б гідну заміну стеарату кобальту, пропонуємо спиратися на факт циклічності в значеннях

електронегативності металів третього і четвертого періодів періодичної таблиці (рисунок).

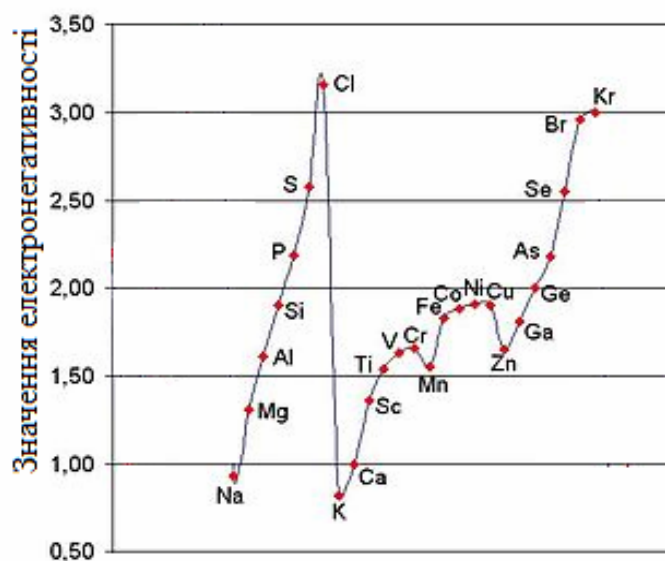


Рисунок. Циклічність характеру зміни значень електронегативностей металів

Запропоновано приділити увагу околу значень електронегативностей, у який потрапляє кобальт. У цьому околі знаходяться такі метали, як титан, ванадій, хром, залізо, нікель, мідь. За теоретичними припущеннями механізм дії стеаратів металів цього околу передбачається аналогічним дії стеарату кобальту.

Спираючись на циклічну зміну порядку значень електронегативності металів, можна припускати, що найбільший дестабілізуючий ефект буде мати стеарат алюмінію, а найменший – стеарат натрію. Доцільність перевірки властивостей стеаратів кальцію та калію полягає в тому, що вони знаходяться в одному періоді з кобальтом. Тому небезпідставним є припущення про циклічність властивостей стеаратів металів. Очевидним є і те, що циклічним буде і послаблення дестабілізуючого ефекту, що призведе до підвищення концентрації вищезгаданих стеаратів у рецептурах композицій.

Крім цього, перехід до стеаратів калію, кальцію, натрію, магнію та алюмінію зумовлений також і економічними факторами. Ці сполуки мають значно ширше розповсюдження, ніж сполуки металів тріад, і вартість їх в рази нижча. Економічний та екологічний аспекти повністю виправдовують підвищення концентрації стеарату або комплексу стеаратів у полімерній композиції.

Стеаринова кислота в чистому вигляді чинить значно слабший дестабілізуючий ефект, ніж сполука металу певної, бажано значної, електронегативності, її використовують для утворення додаткових дестабілізуючих радикалів.

Література

1. Стеарат кобальта [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sis.ru/index.php/ru/cobalt/cobalt-stearate>

*Загальна редакція к.х.н. В.М. Кривошей
Наукова редакція д.т.н., проф. О.М. Гавва
Верстка та коректура Л.М. Андріянова*

Організатори конференції не завжди поділяють погляди авторів. За зміст доповідей та достовірність інформації відповідальність несуть автори.