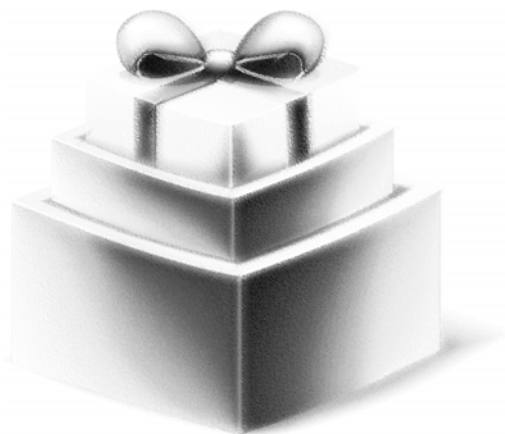


**Міністерство освіти і науки України
Клуб пакувальників України
Національний університет харчових технологій
АТ «Київський міжнародний контрактний ярмарок»**

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

Додаток до журналу «Упаковка®»



За підтримки:



Київ — 2018

ЗМІСТ

В.В. Громова, О.Л. Сокольський, к.т.н., <i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i> Дослідження процесу формування полімерних виробів з отриманням їх рівнотовщинності.....	5
М. Огірко, С.Ф. Гавенко, д.т.н., УАД, м. Львів Сенсорний аналіз паперів і картонів для пакування харчових продуктів.....	9
В.М. Дагдій, О.Л. Сокольський, к.т.н., <i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i> Моделювання процесу видувного формування ПЕТ-тари з преформ.....	12
І.В. Ніколаєва, А.Д. Петухов, д.т.н., <i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i> УФ-руйнування тонких пакувальних плівок із ПЕВТ	16
К.І. Золотухіна, к.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Особливості підготовки зволожувальних розчинів при оформленні пакувань плоским офсетним друком.....	20
О.О. Гриценко, Д.С. Гриценко, к.т.н., <i>ВПІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i> Регулювання контрастності тонових нанофотонних маркувань для розумних пакувань, виготовлених з використанням наночастинок карбону струминним способом друку	22
В.Ю. Олішкевич, І.І. Регей, д.т.н., УАД, м. Львів Експериментальне визначення технологічних зусиль руйнування з'єднувальних мостиків при видаленні обрізків із відштанцьованого аркуша	26
Р.В. Бубела, І.В. Шаблій, к.т.н., П.М. Ривак, к.т.н., УАД, м. Львів Дослідження властивостей коробок із гофрокартону	29
Е.Д. Андреевских, ДНУ ім. Олеся Гончара, г. Днепр Концептуальна гра, или проект на свободную тему (серия упаковок для парфюмов «Zana»)	32
І.В. Коваленко, к.т.н., Є.М. Глінський, <i>НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ</i> Завантажувальний бункер для матеріалів із різним кутом природного укосу	35

Ю.П. Шоловій, к.т.н., Н.І. Магерус, к.т.н. НУ «ЛП», м. Львів Умови витікання дрібнодисперсних сипких матеріалів з конічної лунки бункера під дією вібрації.....	38
Є.В. Бродець, О.М. Гавва, д.т.н., А.В. Деренівська, к.т.н, НУХТ, м. Київ Розроблення та дослідження мехатронного модуля для дозування важкоплинної сипкої продукції шнековим дозатором безперервної дії	42
Б.В. Михайлик, О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ Реалізація оптимального закону формування дози рідкої продукції ваговим способом.....	47
О.М. Горчакова, М.В. Якимчук, д.т.н., НУХТ, м. Київ Дослідження мехатронних модулів для дозування рідкої продукції на основі використання пневматичних шлангових затворів	51
О. Онофрійчук, О. Кохан, к.т.н., НУХТ, м. Київ Вплив пакувального матеріалу та способу пакування на зміну кристалічності помадних цукерок на основі глюкози, фруктози, лактози.....	54
О.О. Бойко, к.т.н., С.М. Мироненко, НУХТ, м. Київ Вакуумування в технологіях пакування	58
Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., НУХТ, м. Київ Дослідження функціональних мехатронних модулів у структурі синтезу пакувальних машин	60
В.М. Якимчук, О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ Особливості компонування зон робочого сервісного простору робототехнічних комплексів пакування	64
Д.С. Гриценко, к.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ Удосконалення механізму привода транспортувальної системи тамподрукарської машини	67
Т.Т. Гнатів, Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., С.В. Токарчук, к.т.н., НУХТ, м. Київ Аналіз динаміки сильфонного пневмоциліндра з інерційним навантаженням.....	69
В.Л. Степчук, Б.П. Валецький, к.т.н., Луцький НТУ Автоматизація розрахунків параметрів та побудови ескізу складського приміщення з фронтальними стелажми	72

УДК 621.789

Дослідження процесу формування полімерних виробів з отриманням їх рівнотовщинності

В.В. Громова, О.Л. Сокольський, к.т.н., НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Сучасне виробництво хімічної, фармацевтичної, харчової продукції, мінеральних вод і газованих напоїв важко уявити без використання полімерної тари. Виробників приваблюють відносно низька вартість, невелика вага, стійкість до ударних навантажень, широкі можливості дизайну.

Метод видувного формування є основним способом формування порожнистих виробів, і в результаті ряду удосконалень цей метод дає змогу отримувати вироби місткістю від одиниць мілілітрів до декількох десятків і сотень літрів [1, 2].

Незважаючи на те, що дослідженням полімерної тари, її властивостями, процесом виготовлення виробів та переробкою займається велика кількість дослідників, деякі проблеми досі не вирішені: тривалий цикл виготовлення, шорсткість поверхні, недостатня товщина стінок виробу, висока різнотовщинність та ін.

Існує декілька технологічних різновидів видувного формування, які відрізняються способами виготовлення й видуву заготовки. У даній роботі розглядається метод формування шляхом екструзії трубчастої заготовки з її негайним видувом. За допомогою екструдера формується заготовка у вигляді трубки (рукава), яка потім надходить у форму, де й відбувається власне процес формування виробу за рахунок створення всередині заготовки підвищеного тиску повітря.

Метою роботи є моделювання розподілу товщини по висоті порожнистого виробу, отриманого методом видувного формування, та розробка методики розрахунку необхідної форми заготовки для отримання рівнотовщинних виробів.

Формування пов'язане з виникненням різнотовщинності в результаті неоднакового ступеня роздування по висоті заготовки залежно від форми виробу й розтягу розплавленої заготовки, яка виходить із екструдера, під дією власної ваги [3]. Найбільша товщина виявляється поблизу горловини й на центрі денця, а найменша – на заокругленні денця й місцях найбільшого роздуву [4].

На рис. 1-2 зображено початкові дослідження видуву пляшки за допомогою числового моделювання. При цьому було враховано такі вихідні дані: внутрішній тиск $P = 5$ атм, початкова товщина заготовки з поліетилену задавалася рівномірною та складала 3 мм, радіус заокруглення денця прийнято рівним 4,5 мм. У результаті виконаних досліджень встановлено, що пляшку сформовано за 1,25 с. Але наявність проблеми різнотовщинності підтверджується.

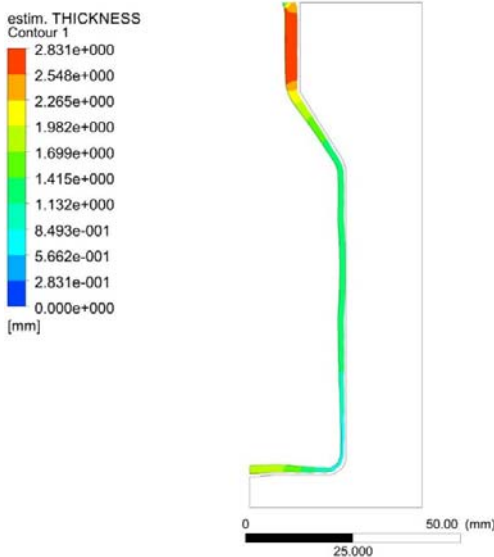


Рис. 1. Розподіл товщини стінки пляшки

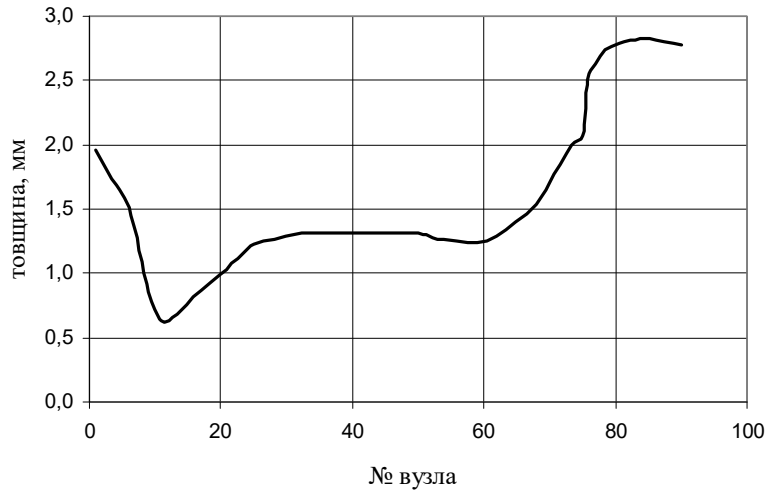


Рис. 2. Профіль товщини стінки пляшки по висоті

Наступним етапом досліджень було застосування методики розрахунку профілю товщин заготовки, яка може забезпечити необхідну товщину стінок пляшки. Для кожного вузла заготовки розраховуємо товщину H_i , яка потім буде задаватися програмно перед видувом:

$$H_i = H_{i-1} + \alpha \cdot \left(\frac{h_c}{h_f} - 1 \right) \cdot H_{i-1},$$

де $\alpha \approx 0,9$ – фактор релаксації; $h_c = 1$ – задана товщина; h_f – поточна товщина, отримана попереднім моделюванням; H_{i-1} – початкова товщина.

Розрахувавши значення H_i , отримуємо розподіл товщин пляшки. На рис. 3 зображено товщину стінки в різних характерних точках готової пляшки, на рис. 4 – графік порівняння товщини стінки пляшки до застосування методики вирівнювання товщини та після. Товщина дна та плечиків має бути більшою.

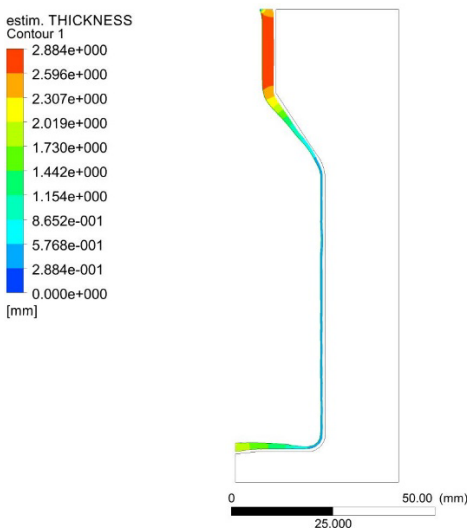


Рис. 3. Розподіл товщини стінки готової пляшки

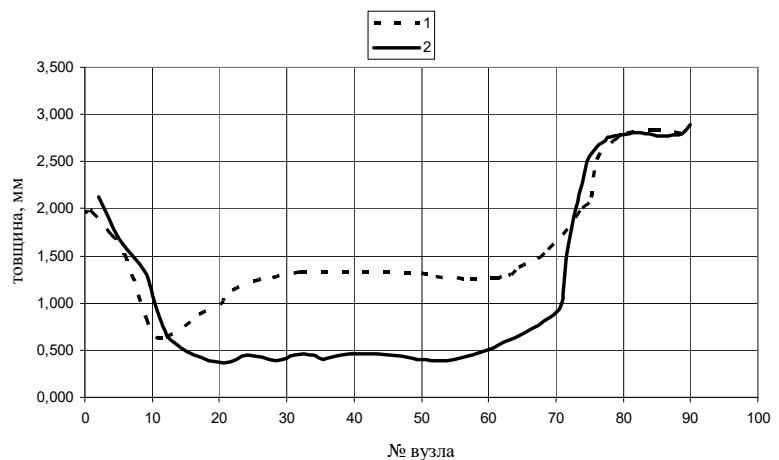


Рис. 4. Профіль товщин по висоті пляшки: 1 – попередній; 2 – після застосування методики

З рис. 3, 4 видно, що за допомогою даної методики досягається більша однорідність стінок пляшки. Різновтовщинність зменшується майже вдвічі. Для оцінювання достовірності розрахункових даних проведено порівняння отриманих розрахунковим шляхом товщин пляшки з оптимізованою за пропонованою методикою заготовкою з дійсними значеннями товщини пляшки. На рис. 5 зображено розподіл товщин пляшки, з яким проводилося порівняння, на рис. 6 – графік порівняння розподілу товщини стінок пляшки з розрахованими значеннями його товщини.

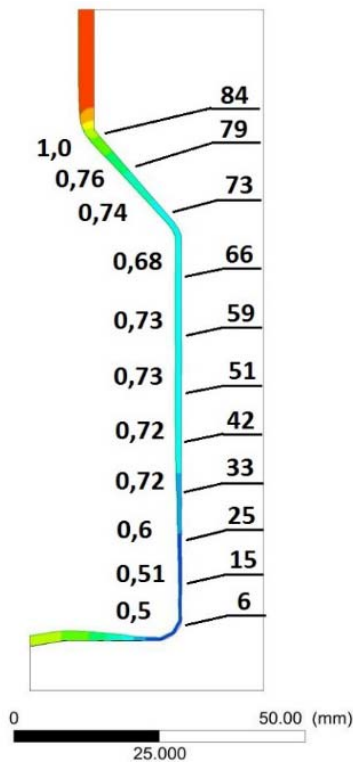


Рис. 5. Розподіл товщини стінки пляшки по висоті

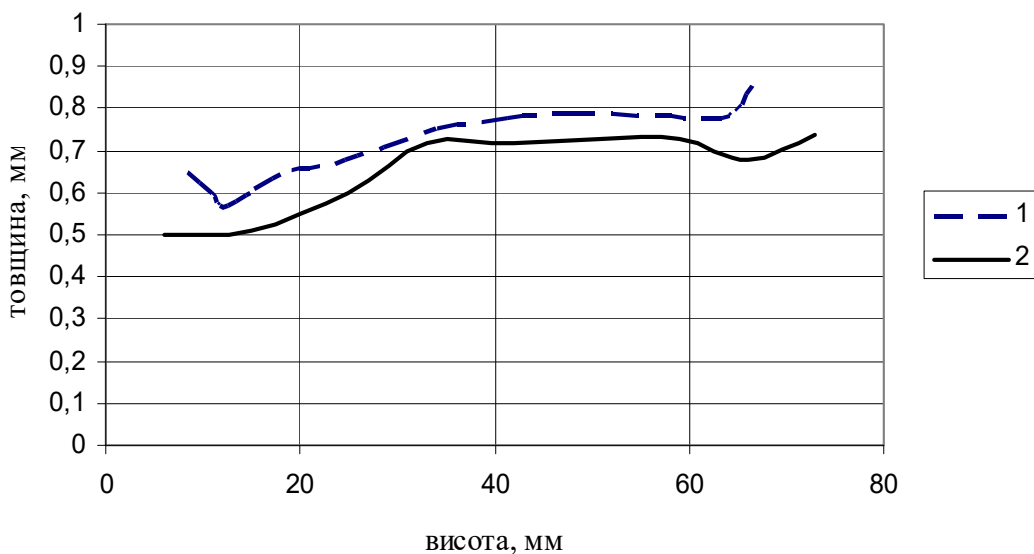


Рис. 6. Розподіл товщини стінок пляшки: 1 – розрахункові значення; 2 – виміряні значення

Порівняння графіків на рис. 6 показує, що результати, отримані в даній роботі, можна вважати достовірними. Товщина реальної пляшки коливається від 0,51 мм до 0,73 мм, а розкид розрахункових значень – від 0,64 мм до 0,87 мм.

Висновок

Методика розрахунку та оптимізації товщини стінки є доцільною для виробництва порожнистих виробів методом екструзійно-видувного формування. Надалі можна впровадити розрахунок на підприємствах пакувальної індустрії за заданим розподілом товщини стінки тари.

Література

1. *Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В.* Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов: учебник для вузов. – М. : Химия, 1991. – 352 с., ил.
2. *Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А.* Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. – М. : Химия, 1986. – 488 с.
3. *Крыжановский В.К.* и др. Производство изделий из полимерных материалов: Учеб. пособие. – СПб. : Профессия, 2004. – 464 с., ил.
4. *Peplinski K., Bielinski M.* Processing and functional properties of the containers prepared by blowing extrusion in variable processing conditions. // *Polimery.* – 2009. – 54. – nr 6. – P. 448–456.

Сенсорний аналіз паперів і картонів для пакування харчових продуктів

М. Огірко, С.Ф. Гавенко, д.т.н., УАД, м. Львів

Як відомо, всі пакування виконують ряд функцій – захисну, інформаційну, маркетингову, екологічну і споживчу. Вони регулюються міжнародними, європейськими, українськими правовими актами [1]. Паперові та картонні пакування, в які запаковують продукти харчування, є важливим елементом, від якого залежить якість самих продуктів. Крім того, важливо, щоб субстанції, які містяться в структурі пакувань, не зашкодили здоров'ю людини і не потрапляли до харчових продуктів, що може призвести до зміни їх смаку або запаху. Аби уникнути цього недоліку, виробники пакувань підбирають відповідні матеріали. Наприклад, застосовують для оздоблення пакувань фарби і лаки з низьким рівнем власного запаху або без нього; використовують матеріали, які не мають шкідливих хімічних субстанцій, таких як мінеральні оливи [2]. Сьогодні популярними є органолептичні методи досліджень, які можуть бути використані для сенсорного аналізу запакованих продуктів. Важливими в даному методі досліджень є органи чуття людини (смак, слух, зір, нюх, дотик). Звісно, що такі методи сенсорного аналізу залежать від багатьох чинників, зокрема:

- віку експерта (вважається, що найчутливішими є люди у віці 20–25 років, потім вразливість стабільна в межах 40–45 років і зі зростанням віку спадає);
- статі (жінки розпізнають краще солодкі й солоні смаки, чоловіки – кислі) [3].

Мета досліджень полягала у визначенні змін смаку й запаху продуктів, які могли настати внаслідок міграції субстанцій з пакувальних матеріалів. У дослідженнях було використано декілька методів, зокрема парних порівнянь, метод «два з трьох», метод «два з п'яти».

Пакування для харчових продуктів повинно бути своєрідним бар'єром для зовнішніх субстанцій, зокрема для тих, які можуть зашкодити здоров'ю людини та одночасно впливати на органолептичні властивості продукту, наприклад запах і смак. До головних шкідливих субстанцій, які можуть мігрувати з пакувань, належать альдегіди, кетони, вуглеводи, фталати. Субстанціями, які можуть мігрувати з друкарських фарб і лаків, є мінеральні оливи, ефіри, полімери, бензофеноли, гексанол, бісфенол тощо [4]. Органолептична оцінка може бути виконана початкова, пунктова та преференційна, з використанням тесту Робінсона. Ефективним методом досліджень є газова хроматографія.

Об'єктом досліджень були: крейдований папір Hi-Kote Gloss (граматура 150 г/м²) і картон Alaska (граматура 250 г/м²), задруковані голубою фарбою HUBER REFLECTA, червоною фарбою CORONA MGA 5100 і чорною фарбою марки PON-556, з яких передбачалось виготовлення пакувань для харчової продукції.

На основі тесту Робінсона було побудовано залежності оцінки запаху й смаку досліджуваних задрукованих паперу та картону. Виявлено, що після 24 годин контакту з шоколадними тістечками пакувальних матеріалів, задрукованих зеленою фарбою HUBER REFLECTA, зміни запаху й смаку були мінімальні

при контакті з картоном Alaska (від 1.0 бала – зміна запаху продукту і 0.5 бала – зміна смаку) і з папером Hi-Kote Gloss (від 1.5 бала – зміни запаху і 1.0 бала – зміни смаку). Максимальні зміни смаку й запаху відчували експерти при дослідженні паперу й картону, задрукованих чорною фарбою марки PON-556. Середні значення змін запаху та смаку досліджуваних продуктів показали папір і картон, задруковані червоною фарбою марки CORONA MGA 5100 (таблиця).

Таблиця.

Результати оцінки запаху та смаку продукту при контакті з задрукованим пакувальним матеріалом

Пакувальний матеріал	Зміни запаху/смаку (в балах)		
	Фарба HUBER REFLECTA (зелена)	Фарба CORONA MGA 5100 (червона)	Фарба PON-556 (чорна)
папір Hi-Kote Gloss	1.5 (запах) / 1.0 (смак)	3.0 (запах) / 1.5 (смак)	4.5 (запах) / 2.0 (смак)
картон Alaska	1.0 (запах) / 0.5 (смак)	3.5 (запах) / 1.0 (смак)	5 (запах) / 1.5 (смак)

Аналіз результатів досліджень показав, що смак і запах шоколадних тістечок змінювався залежно від виду фарби, якою були задруковані пакувальні матеріали, що узгоджується з відомими результатами проведених раніше досліджень [5]. Фарби, які не містили мінеральних олив, показали незначні зміни запаху й смаку харчових продуктів при контакті з ними, що було підтверджено результатами газової хроматографії. Побудовані контрольні карти Шухарта типу U дали змогу виявити відхилення й кількісно оцінити неправдоподібні відповіді експертів (рисунок).

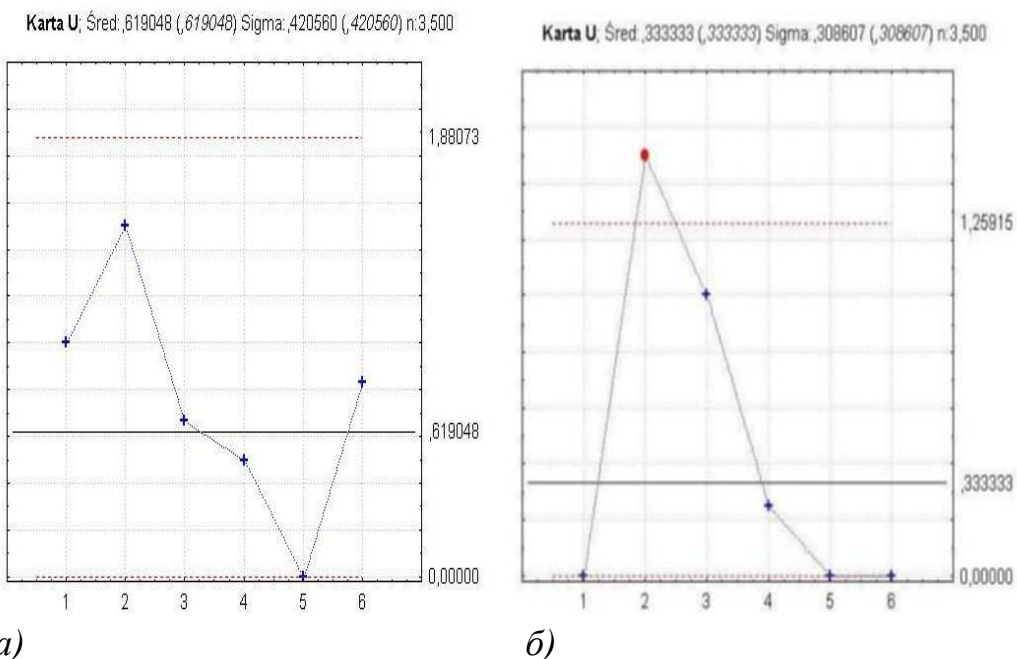


Рисунок. Контрольні карти Шухарта типу U, які показують зміни запаху продуктів, упакованих в папір (а) і картон (б), задруковані фарбою HUBER REFLECTA

Аналіз карт показує, що найбільше помилок було допущено другим експертом при оцінюванні запахів за методом «два з трьох». В цілому при органолептичній оцінці зміни запаху й смаку шоколадних тістечок для досліджуваних задрукованих пакувальних матеріалів виставлені експертами значення становили 0.5 бала, що згідно з обраною шкалою оцінювання є мінімально допустимим відхиленням.

Література

1. *Кривошей В.М.* Упаковка в нашому житті / В.М. Кривошей. – К. : ІАЦ «Упаковка», 2001. – С. 160.
2. *Гавенко С.* Маркировка: технология, оборудование, материалы : монография / С. Гавенко, С. Хаджинова. – Львов ; Лодзь : Лига-Пресс, 2015. – 208с.
3. Sensor analysis of prints created by aroma inks and aroma varnish [Електронний ресурс] / [S. Havenko, K. Stepień, P. Petryk and others] // Materiały z Międzynarodowej naukowo-technicznej konferencji INPAP 2015. – Gniw, Poland. – 2015. – 80 min / 700 MB. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).
4. *Zakowska H.* Opakowania a środowisko: monografia / H. Zakowska. – Warszawa: wydawnictwo naukowe PWN SA. – 2017. – 268 s.
5. *Ziółkowska E., Kmieciak S.* Badanie zmian zapachu i smaku przy kontakcie opakowania z żywnością // Opakowanie . – 2010. – № 11. – S. 26–29.

Моделювання процесу видувного формування ПЕТ-тари з преформ

В.М. Дагдій, О.Л. Сокольський, к.т.н., НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Видувне формування ПЕТ-тари – це двоступінчастий процес, до якого входить виготовлення преформи, яка являє собою полімерну заготовку, та отримання з неї шляхом роздуву пляшки для пакування харчових та нехарчових, газованих та негазованих рідин.

Процес виготовлення ПЕТ-пляшки складається з декількох стадій. Спочатку кожна преформа захоплюється за кільце на шийці спеціальними цапфами та подається в камеру нагріву (рис. 1а). Там вона розм'якшується. Усередині камери нагріву преформи постійно обертаються навколо своєї осі, щоб нагрівання було рівномірним. Після цього розігріті преформи на певний час залишаються для зрівнювання температури, а потім подаються у відкриті форми для видуву пляшок (рис. 1б). Як тільки форма закривається (рис. 1в), преформа негайно витягується й попередньо надувається (рис. 1г). Витягування виконується механічно за допомогою спеціального розтягувального стрижня. Потім протягом менш ніж 1 с триває фаза видування, у ході якої пляшка набуває своєї остаточної форми (рис. 1д). Після цього розтягувальний стрижень виймається, пляшка охолоджується, форма відкривається й випускає готову пляшку [1].

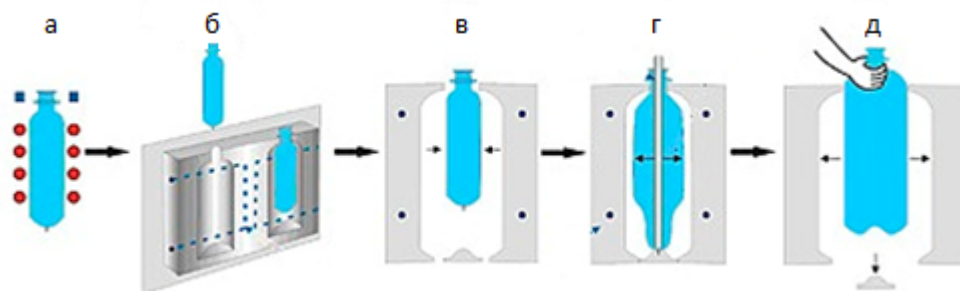


Рис. 1. Стадії виготовлення ПЕТ-пляшки

Програмне забезпечення ANSYS Polyflow забезпечує сучасну технологію динаміки рідини для вирішення різних завдань у галузі полімерів, скла, металів та цементу [2]. Воно широко використовується для проектування та оптимізації процесів екструзування, термоформування, видування, формування скла та формування бетону. Інженери-конструктори використовували програмне забезпечення ANSYS Polyflow понад 25 років, щоб мінімізувати час фізичного прототипування при виготовленні формувальних інструментів або зменшення варіації товщини для поліпшення якості термоформованих або видувних виробів [3].

Метою проведених досліджень було визначення варіанта технологічних та геометричних параметрів для видувного формування ПЕТ-тари з преформ.

У даній роботі розглянуто процес формування ПЕТ-тари з преформи з 2D-осесиметричною геометрією. Для моделювання процесу видуву в системі ANSIS було взято два варіанти геометрії: без штока (рис. 2а) та зі штоком (рис. 2б).

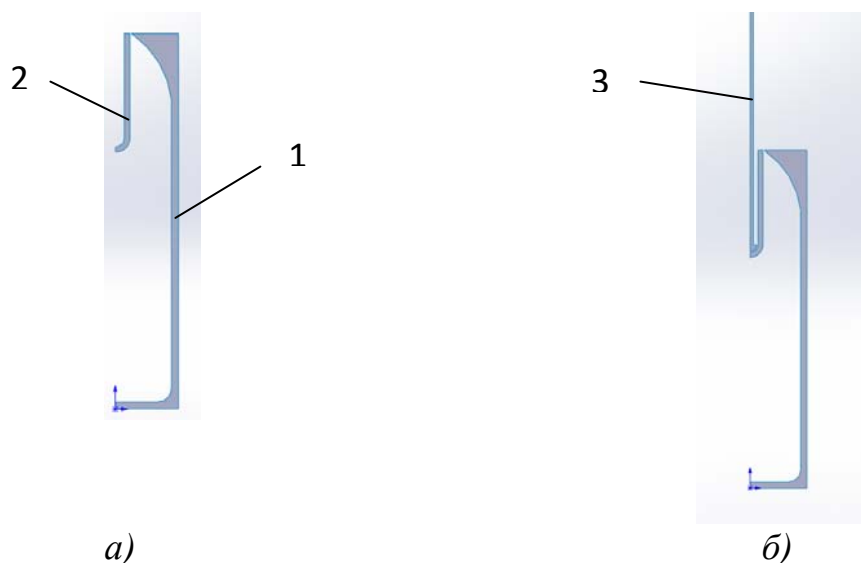


Рис. 2. Геометрія без штока (а) та зі штоком (б): 1 – форма, 2 – преформа, 3 – шток

Внутрішня поверхня преформи задається як вільна поверхня з певним тиском у ній; зовнішня поверхня преформи – як вільна поверхня до контакту з роздувною формою з певним проковзуванням.

Форма для видуву вважається недеформованою.

У результаті моделювання видуву без штока було виявлено, що пляшка розривається, коли товщина стінки сягає критичного значення (рис. 3а).

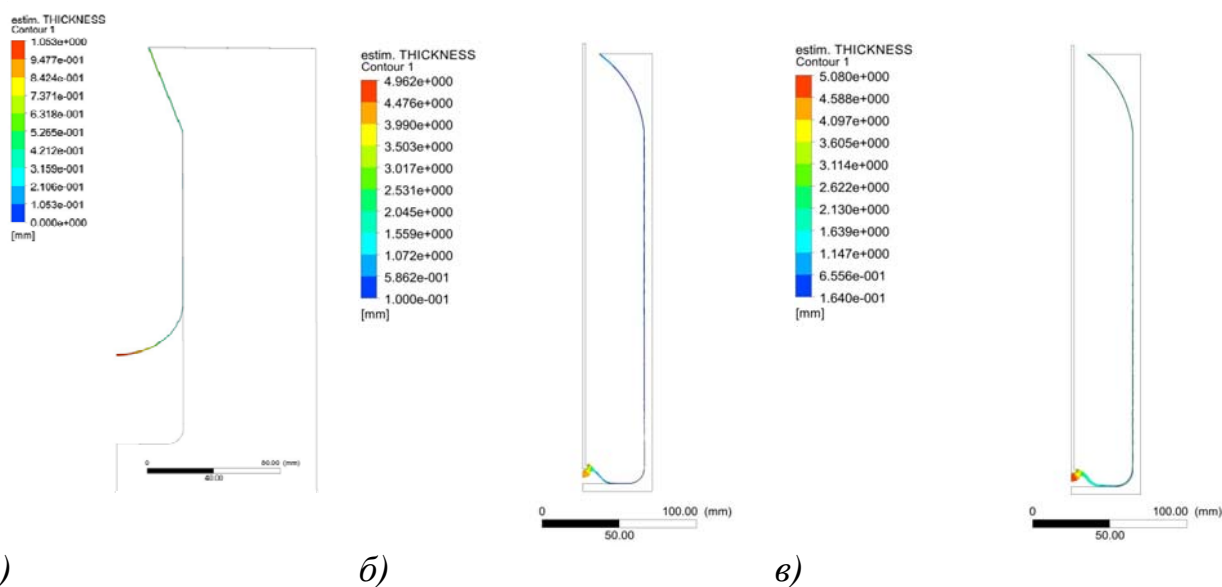


Рис. 3. Результати моделювання процесу видувного формування ПЕТ-тари з преформи: а – без штока; б – зі штоком за ізотермічних умов; в – зі штоком за неізотермічних умов

Моделювання видуву зі штоком було проведене за ізотермічних (рис. 3б) та неізотермічних умов (рис. 3в), коли температура збільшується лінійно від низу (100 °С) до горловини (120 °С), а температурна залежність в'язкості ПЕТ підпорядковується закону Арреніуса. У результаті моделювання пляшка видувається повністю, проте за неізотермічних умов товщина стінки рівномірніша.

Розрахунки проведені за таких умов:

1. Швидкість пуансона – 0,6 м/с, час роздуву – 0,38 с, тиск – 1,5 МПа;
2. Швидкість пуансона – 0,8 м/с, час роздуву – 0,31 с, тиск – 1,9 МПа;
3. Швидкість пуансона – 0,4 м/с, час роздуву – 0,48 с, тиск – 0,8 МПа;
4. Швидкість пуансона – 0,8 м/с, час роздуву – 0,31 с, тиск – 1,9 МПа, температура збільшується лінійно від низу до горловини.

Розрахунковий розподіл товщин стінки пляшки по висоті представлено на рис. 4.

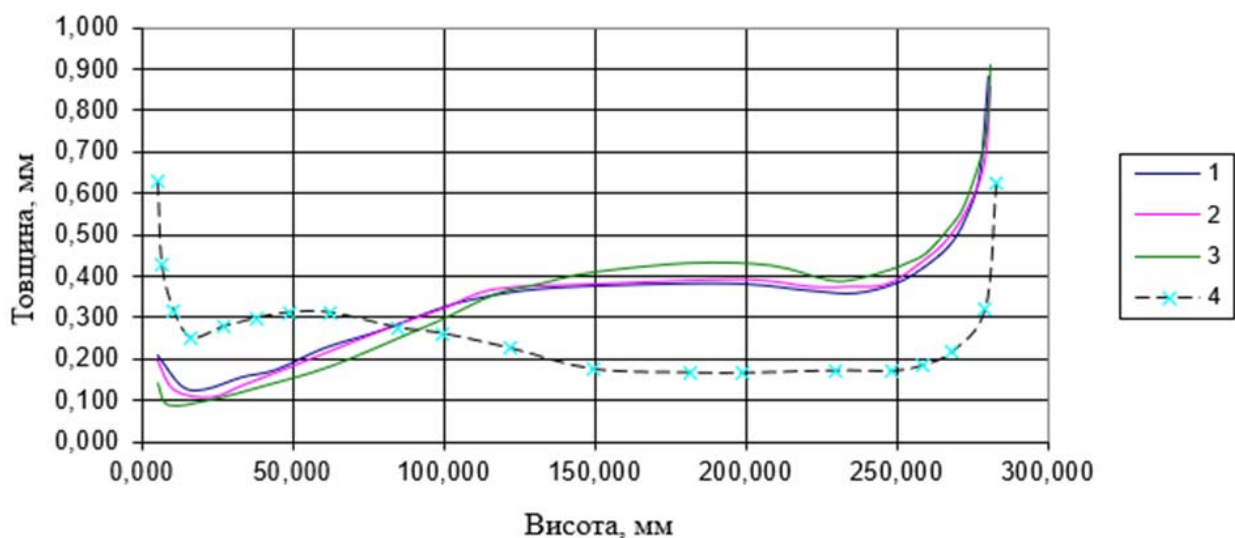


Рис. 4. Розподіл товщини стінки по висоті пляшки за ізотермічних (1–3) та неізотермічних (4) умов

Висновок

Моделювання процесу видуву без штока виявило, що пляшка розривається, коли товщина стінки сягає критичного значення. Моделювання процесу видуву зі штоком було проведене в чотирьох варіантах, це дало змогу виявити таку залежність – зі збільшенням швидкості штока зменшується час видуву, але при цьому потрібно збільшувати тиск. Формування за рівномірної температури преформи не дає змоги отримати рівнотовщинну пляшку. Для досягнення більш рівномірної мінімально достатньої товщини необхідно прогрівати преформу диференційовано по висоті залежно від ступеня роздуву в даній області.

Література

1. Справочник упаковщика [Электронный ресурс] // Способы упаковки. ПЭТ бутылки: история, свойства, технология производства. URL: <https://ref.unipack.ru/119/>
2. ANSYS, Inc, Basic analysis procedures guide release 5.5. <http://www.ansys.com>
3. *Pham X-T., Thibault F., Lim L-T.* Modeling and simulation of stretch blow molding of polyethylene terephthalate // *Polymer Engineering & Science*. 2004. 44(8). P. 1460–1472.

УФ-руйнування тонких пакувальних плівок із ПЕВТ

І.В. Ніколаєва, А.Д. Петухов, д.т.н., НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Збереження довкілля зараз у людства на першому плані, особливо у виробників та споживачів тонких пакувальних плівок (ТПП). Збір і підготовка до рециклінгу вживаних стретч-плівок, пакетів різних типів, сміттєвих мішків та інших подібних виробів практично не вирішувані. Їх щомісяця в Україні використовують мільярди, тому стоїть на державному рівні питання про заборону їх виготовлення та вживання. Ця глобальна проблема з'явилася не сьогодні. Її вирішення – пошук способів деградації полімерів та полімерних композицій, вироби з яких зможуть самі себе утилізувати. Цей пошук продовжується десятиріччями і поки остаточно не закінчений.

Якщо раніше зусилля дослідників були спрямовані тільки на створення полімерних матеріалів, стійких до впливу факторів навколишнього середовища, то зараз перед ними стоять зворотні завдання – знайти керовані шляхи їх руйнування вже як відходів. Мета досліджень – отримати полімерні композиції плівок, котрі зберігають експлуатаційні характеристики тільки протягом періоду споживання. Потім вони повинні зазнати фізико-хімічних перетворень (під дією знову ж факторів навколишнього середовища), зручних для подальшого біологічного руйнування, для того щоб легко включитися в процеси метаболізму природних біосистем.

Загальних способів саме деградації відходів синтетичних полімерів споживання немає. Спалювання та захоронення не беруться до уваги. Кожний полімер, композиція, виріб має свій спосіб деградації. Тут на дослідника чекає успіх. За кордоном полімери, які піддаються фотодеструкції, дедалі більше застосовуються в сільському господарстві, наприклад, при мульчуванні рослин на відкритому ґрунті, а також при виготовленні одноразового посуду. Наукові основи рециклінгу полімерних відходів, руйнування поліконденсаційних полімерів, особливо ПЕТФ, досліджені в багатьох роботах [1–3].

У цій роботі розглянуто участь ультрафіолетової частини сонячної радіації в позитивній деградації тонких плівок з поліетилену високого тиску, а саме ПЕВТ марки 15803-020. При дослідженні використано суперконцентрати на основі ПЕВТ, наповнені мармуром (табл. 1).

*Таблиця 1.
Характеристика мармуру ОМУАСАРВ®1ТКА*

Марка	Вміст CaCO ₃ , %	Вміст MgCO ₃ , %	Вміст Fe ₂ O ₃ , %	Мах розмір часток (D98%), мкм	pH
ОМУАСАРВ®1ТКА	> 98	< 2	< 0,05	8	9,5

Зразки плівки виготовлено на класичній технологічній лінії (рис. 1). Використання черв'ячно-дискового екструдера сприяло підвищенню гетерогенності розплаву.

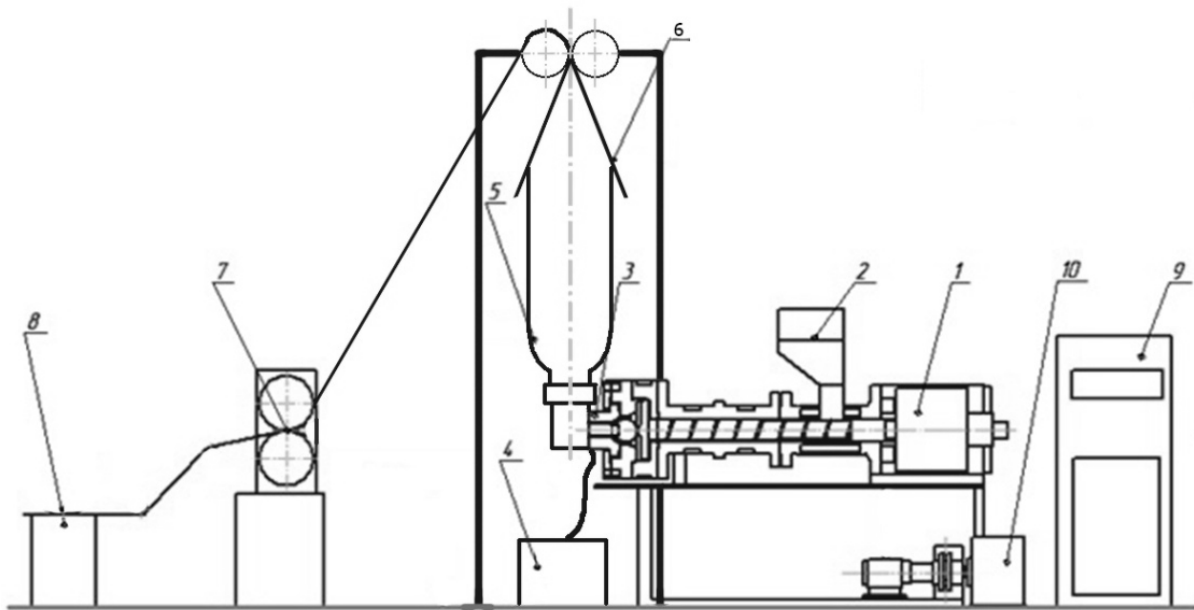


Рис. 1. Схема технологічної лінії для одержання рукавної плівки: 1 – черв’ячно-дисковий екструдер; 2 – завантажувальний бункер; 3 – рукавна головка; 4 – компресор; 5 – рукав плівки; 6 – складальні щоки (пластини); 7 – тягнучий пристрій; 8 – стіл для відбору зразків плівки; 9 – шафа теплової автоматики; 10 – електродвигун екструдера

Таблиця 2.
Основні технологічні параметри лінії для виробництва рукавної плівки
(на чистому ПЕВТ 15803-020)

Характеристики процесу та обладнання	Значення
Температура, °С: зона завантаження	65
І-ї черв’ячної зони	150
II-ї черв’ячної зони	165
дискової зони	200
головки	190
Продуктивність, кг/год	5,1
Швидкість прийому плівки, м/хв	1,8
Ширина рукава, мм	до 600
Товщина плівки, мкм	10–100

Для імітації зовнішніх чинників руйнування деградуючої плівки було використано камеру на основі витяжної шафи з УФ-лампю ДРТ-1000 (рис. 2). Для запобігання додаткового нагріву стінки витяжної камери покрито фольгою. Лампа ДРТ-1000 розташована посередині камери.

Зразки в камері було витримано під ультрафіолетом (лампа потужністю 1000 Вт) протягом 10, 20, 30 годин.

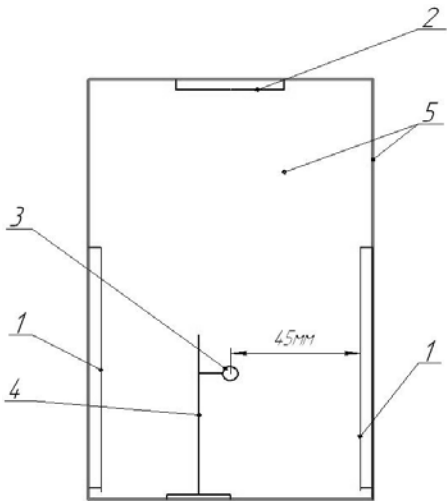


Рис. 2. Камера для витримки під УФ-випромінюванням: 1 – зразки; 2 – витяжка; 3 – УФ лампа ДРТ-1000; 4 – штатив; 5 – фольга

Умовну міцність та відносне видовження визначено на розривній машині моделі РП-100-1. Відстань між затискачами 30 мм, швидкість руху затискачів 200 мм/хв.

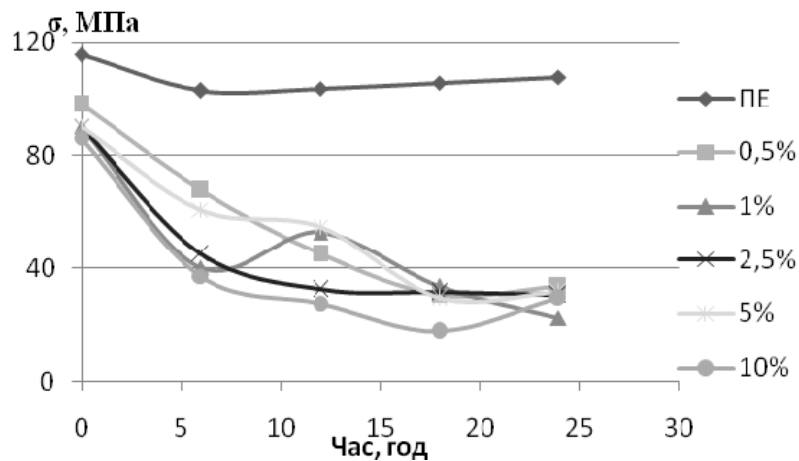


Рис. 3. Залежність поздовжньої умовної міцності σ , кгс/см² для чистого ПЕВТ та композицій із вмістом мармуру s , % (0,5 %, 1 %, 2,5 %, 5 %, 10 %) від часу витримки під УФ-випромінюванням

Як видно з рис. 3, дія УФ-випромінювання за такий малий проміжок часу практично не змінює показник міцності для плівки на основі чистого ПЕ. Також видно, що для наших композицій дія УФ-випромінювання погіршує значення умовної міцності.

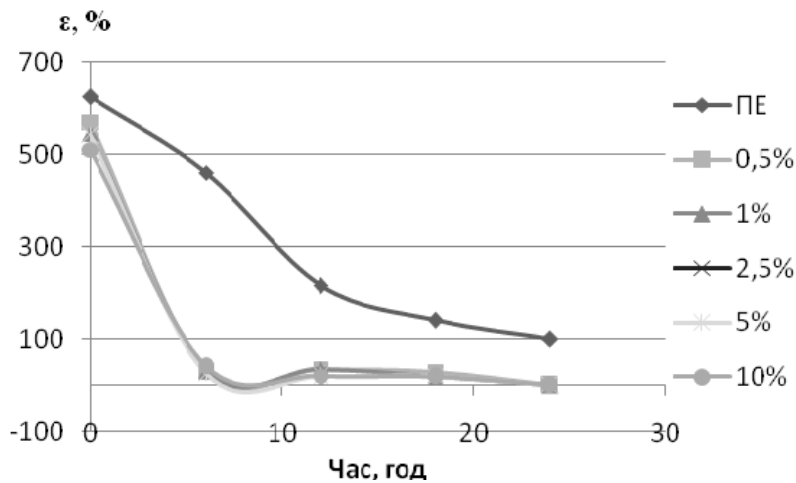


Рис. 4. Залежність відносного видовження ε , % у поздовжньому напрямку для чистого ПЕ та композицій вмісту мармуру c , % (0 %, 1 %, 2,5 %, 5 %, 10 %) від часу витримки під УФ-випромінюванням

З рис. 4 наглядно видно швидке падіння відносного видовження під дією УФ-випромінювання.

Наповнення мармуром композиції неоднозначно впливає на її деструкцію під дією зовнішніх факторів. Механічні властивості плівки швидко знижуються при всіх концентраціях вмісту мармуру.

Висновки

Проведено дослідження руйнування УФ-випромінюванням ТПП з ПЕВТ 15803-020 та композицій з наповненням суперконцентратом мармуру до стану, зручного для біоруйнування.

Література

1. Мандзюк І.А. Розвиток наукових основ технологій рециклінгу полімерних відходів : дис. докт. техн. наук : 05.18.18 / Мандзюк Ігор Андрійович. – Хмельницький, 2012. – 270 с.
2. Савченко Б.М. Фізико-хімічні перетворення в процесах рециклінгу вторинних конденсаційних полімерів та їх сумішей : дис. докт. техн. наук : 05.17.06 / Савченко Богдан Михайлович. – Київ, 2014. – 390 с.
3. Мікульонок І.О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, «Політехніка», 2017. – 324 с.

Особливості підготовки зволожувальних розчинів при оформленні паковань плоским офсетним друком

К.І. Золотухіна, к.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Внаслідок постійного підвищення вимог до якості пакувальної та поліграфічної продукції відбувається пошук методів і засобів удосконалення технологій плоского офсетного друку зі зволоженням, зокрема в напрямках забезпечення екологічності виробництва, зменшення забруднення при експлуатації й профілактиці фарбових і зволожувальних апаратів. Зволожувальні розчини в процесі друкування або зберігання в міжопераційний період із часом можуть змінювати свої властивості. Зокрема, відбувається зміна рН, зростає електропровідність, виникає піноутворення, розчин набуває бурого відтінку. Порушується водно-фарбовий баланс: виникає затягування растрової крапки, тінення відбитків тощо. Як наслідок, погіршується якість поліграфічної та пакувальної продукції. Для запобігання зміні властивостей зволожувального розчину застосовуються спеціальні способи його підготовки та оброблення. Зокрема, зволожувальний розчин оброблюють магнітним полем шляхом прокачування навколо або через постійний магніт водяного потоку з одночасною дією змінних електромагнітних полів. Способи різняться часом оброблення зволожувальних розчинів та рекомендаціями щодо діапазону значень магнітної індукції. Однак при застосуванні даних способів продуктивність технологічного процесу при друкуванні гібридними фарбами продукції для їх лакування УФ-лаками в лінію не підвищується.

Тож шляхом зміни складу та умов проведення процесу підготовки зволожувального розчину для плоского офсетного друку була поставлена мета забезпечити скорочення часу закріплення відбитків при друкуванні гібридними фарбами для їх лакування УФ-лаками в лінію зі збереженням стабільності властивостей зволожувального розчину в результаті обробки при тривалому зберіганні.

Для проведення дослідження було розроблено експериментальний розчин і модельну гібридну друкарську фарбу. Обрання гібридної фарби суттєве, оскільки наявність УФ-компонентів у складі фарби звужує граничну межу ступеня емульгування, що важливо враховувати під час друкування. Експериментальні зразки зволожувального розчину готували послідовним змішуванням його компонентів (води та концентратів) до встановлення рівня рН в межах 4,7–5,5. Для доведення показника електропровідності до рівня 800–1500 мкСм/см додавали ізопропиловий спирт та антибактеріальну добавку (зразки 1–3, таблиця). Після приготування зволожувальний розчин (зразки 1–3, таблиця) обробляли магнітним полем, шляхом пропускання через магнітну воронку з магнітною індукцією 40 ± 10 мТл, та додатково опромінювали в УФ-спектральному діапазоні 200–400 нм впродовж 10–30 хв. Зразок розчину 4 (таблиця) не містив антибактеріальної добавки та не був додатково оброблений. Водно-фарбову емульсію готували шляхом уведення приготовлених зволожувальних розчинів у пропорції 1:4 до модельної гібридної фарби. Збалансована суміш фарби та зволожувального розчину дає важливу для

офсетного друку стабільну емульсію. Відхилення у вигляді емульгування фарби ведуть до проблем при друкуванні. Можуть знижуватися спектральні характеристики відбитків, кольорове охоплення тощо. Таким чином, перенесення саме водно-фарбової емульсії в друкарському контакті із застосуванням антибактеріальних добавок до зволожувальних розчинів є важливим аспектом дослідження. Друкування здійснювалося на лабораторному прободрукарському пристрої ЛПУ-1. Вимірювали оптичну густину й колірні характеристики відбитків (таблиця).

Таблиця.
Вплив зволожувальних чинників на колірні параметри відбитків

Показник	Gold Star Fountain Solution	Stabilat D	Varn Supreme	ЗР без антибактеріальної добавки
	1	2	3	4
Оптична густина відбитків, Б	1,43	1,4	1,5	1,43
Координати кольору СІЕ: L	47,43	48,05	49,81	46,85
a	71,59	70,72	68,94	70,74
b	0,94	-1,51	-3,52	1,29
Колірні відмінності ΔE	4,0	2,2	4,2	4,5
Час первинного закріплення водно-фарбової емульсії на відбитку, хв	7	10	9	15

Як видно, приготування зволожувального розчину із застосуванням поширених буферних сумішей та додаткове введення 2–6%-ї антибактеріальної добавки й попередня підготовка розчину та вимірювання рН і електропровідності забезпечують стабілізацію колірних характеристик відбитків за ΔE в межах 2,2–4,2. Також на 5–8 хв скорочується час первинного закріплення фарби на відбитку при друкуванні гібридними фарбами для їх лакування УФ-лаками в лінію при нормованих показниках оптичної густини для складування відбитків у стоси й подальшого їх застосування на обробних операціях.

Аналіз результатів вимірювання змін показників рН та електропровідності зволожувального розчину, оптичної густини відбитків та часу їх первинного закріплення засвідчив, що запропонований спосіб підготовки зволожувального розчину забезпечує стабілізацію його властивостей упродовж 720 год. зберігання.

Застосування антибактеріальної добавки в складі зволожувального розчину та зазначеного способу його обробки дали змогу зменшити кількість ізопропилового спирту у зволожувальному розчині з 10 до 8 %. Під час друкування таким розчином растрова крапка на відбитках більш чітка, плашки насичені та яскраві, а сам розчин стає більш стабільним – набагато довше залишається чистим за рахунок суттєвого уповільнення процесу кристалізації солей та утворення шкідливої мікрофлори.

Регулювання контрастності тонових нанофотонних маркувань для розумних паковань, виготовлених з використанням наночастинок карбону струминним способом друку

О.О. Гриценко, Д.С. Гриценко, к.т.н., ВПІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Виготовлення розумних паковань шляхом нанесення нанофотонних маркувань на поверхню пакувальних матеріалів струминним способом друку є досить перспективним і технологічно доцільним [1]. Застосування струминного друку для виготовлення міток дозволяє використовувати існуючі виробничі лінії та не вимагає значних капіталовкладень для переоснащення виробництва. У той же час при проектуванні виробництва розумних паковань слід враховувати вплив технологічних факторів на оптичні характеристики нанофотонних маркувань. Зокрема, вибір задрукованого матеріалу спричиняє значний вплив на люмінесцентні характеристики друкованих маркувань, особливо за наявності в їх складі тонових елементів (з градаційними переходами від світлого до темного).

Метою роботи є визначення методів регулювання контрастності тонових нанофотонних маркувань для розумних паковань, виготовлених на папері струминним способом друку фарбовими композиціями на основі наночастинок карбону. У даному дослідженні було використано струминний спосіб друку, тому як об'єкти досліджень було обрано зразки у вигляді паковань з паперу. Для виготовлення струминним способом друку зразків у вигляді растрових полів розмірами 2×2 см було використано:

- 1) фарби у вигляді водних розчинів з наночастинками карбону, одержаними за методикою [2];
- 2) папір для струминного друку без оптичних відбілювачів (non-OVA paper), зразки якого мали різну всотувальну здатність поверхні, що визначається ступенем проклейки паперу;
- 3) струминний принтер Epson Stylus SX 4300 із роздільною здатністю 600 dpi. Для запису спектрів люмінесценції зразків було використано флуоресцентний спектрометр Perkin Elmer LS 55, умови вимірювань: довжина хвилі світла збудження люмінесценції $\lambda_{\text{збудж.}} = 330$ нм, оптична ширина щілин 10 нм і 5 нм, швидкість сканування 500 нм/хв, емісійний фільтр при 350 нм, excitation correction: on, emission correction: off.

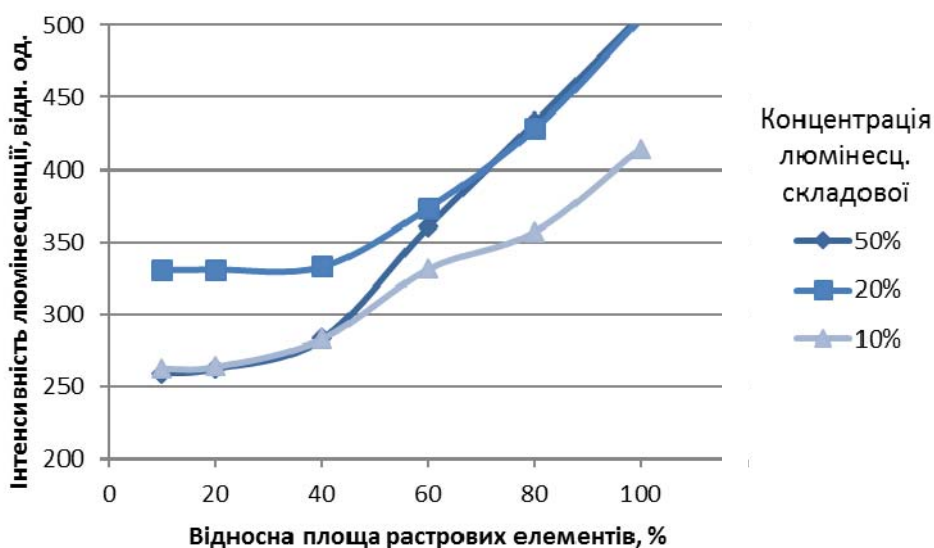
На інтенсивність люмінесценції одержаних друкованих зображень, а отже їх контрастність, впливає низка факторів. Основними визначальними факторами для струминного друку та їх значення, які варіювалися в даному дослідженні, були:

- 1) склад фарби, а саме концентрація наночастинок карбону в фарбовій композиції (10 %, 20 %, 50 %);
- 2) відносна площа растрових елементів тонового маркування (10 %, 20 %, ..., 100 %);
- 3) всотувальна здатність поверхні паперу (відносно низька, середня та найвища).

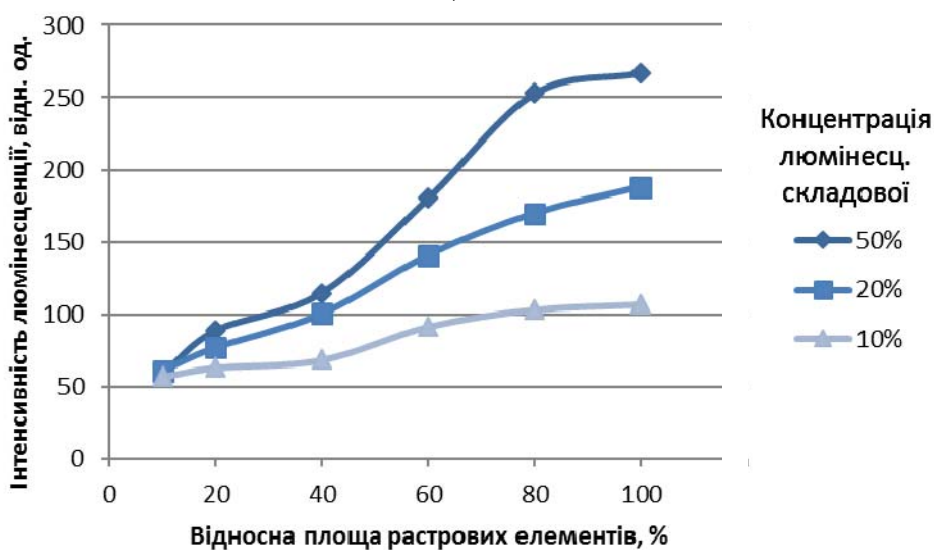
Ступінь проклейки досліджуваних паперів становила 2,00 мм для паперу А (найменша всотувальна здатність), 1,25 мм для паперу Б (середня всотувальна здатність) та 0,75 мм для паперу К (найбільша всотувальна здатність).

Було виявлено, що спектри люмінесценції є типовими для всіх досліджуваних паперів і відрізняються лише висотою (інтенсивністю) піка при 430 нм. Визначено, що положення піка люмінесценції не змінюється для досліджуваних типів паперу та концентрацій наночастинок карбону, тобто спостерігається зміна інтенсивності люмінесценції відбитків без зміни кольору люмінесценції.

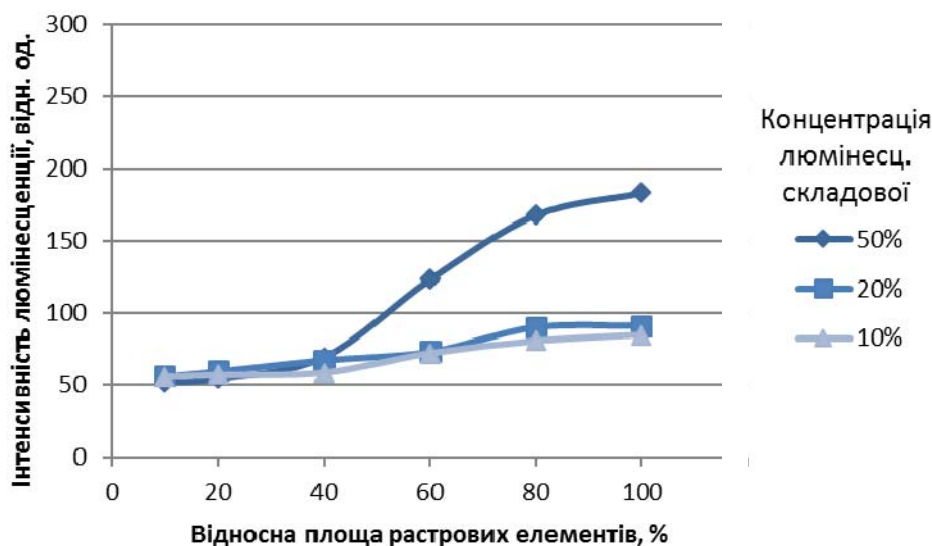
На рис. 1 наведено градаційні криві зі зведеними даними про висоти піків спектрів люмінесценції для тонових полів з відносною площею растрових елементів 0 % (люмінесценція паперу), 10 %, 20 %, ..., 100 %, при використанні концентрацій наночастинок карбону 10 %, 20 % і 50 %, для досліджуваних паперів.



а)



б)



в)

Рис. 1. Залежності інтенсивності люмінесценції відбитків струминного друку від відносної площі растрових елементів растрового поля: а – папір А (низька всотувальна здатність), б – папір Б (середня всотувальна здатність), в – папір К (найвища всотувальна здатність серед досліджуваних типів паперу)

Як видно з рис. 1, градаційні криві для різних типів паперів мають різний характер. Із градаційних кривих можна визначити контрастність зображення (різницю між найсвітлішими та найтемнішими ділянками зображення) для даних типів паперів (рис. 2).

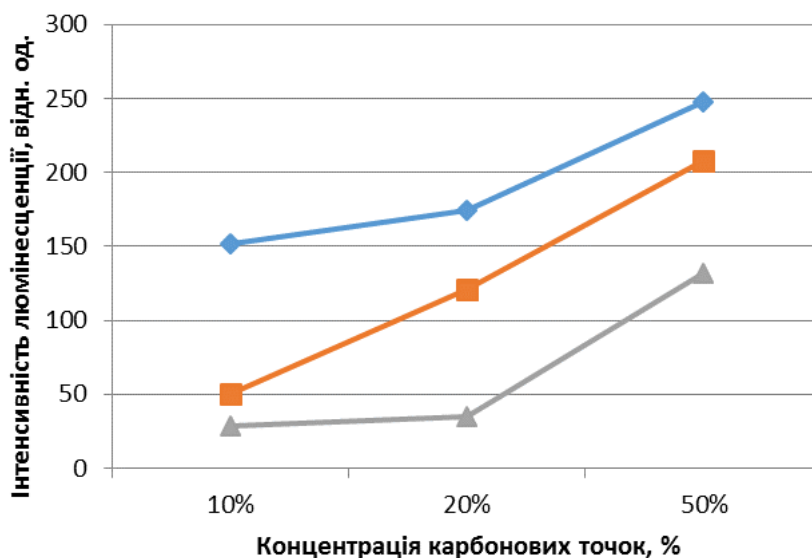


Рис. 2. Контрастність відтворення градацій люмінесцентними фарбами для паперів А (—◆—), Б (—■—) і К (—▲—) при концентрації наночастинок карбону у фарбовій композиції 10, 20 і 50 %

Як видно з рис. 2, найбільшу контрастність тонового зображення можна одержати при використанні паперу А (із найменшою всотувальною здатністю) і

концентрацією наночастинок карбону 50 % у фарбовій композиції. При зменшенні їх концентрації на папері А контрастність буде зменшуватися менш виражено, ніж на паперах Б і К (із більшою всотувальною здатністю).

Отже, підвищення концентрації карбонових точок у фарбовій композиції призводить до підвищення контрасту друкованого зображення, і вказаний ефект є тим більш значимим, чим більшою є всотувальна здатність задрукованого матеріалу. Загалом використання найбільшої з досліджуваних концентрацій наночастинок карбону (50 %) у фарбовій композиції дає можливість одержати найвищу контрастність тонового зображення на папері з будь-якою всотувальною здатністю поверхні.

Встановлені закономірності дають змогу керувати контрастністю друкованих маркувань для розумних пакувань шляхом варіювання вмісту наночастинок карбону у фарбовій композиції та всотувальної здатності (ступеня проклейки) задрукованого матеріалу.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф64/10-2016 від 28.03.16.

Література

1. *Сарапулова О.О.* Нанофотонні та нанофотокаталітичні системи для друкованих пакувань. Проблеми створення / О.О. Сарапулова, В.П. Шерстюк // Упаковка. – 2013. – № 6. – С. 30–34.
2. Highly luminescent S, N co-doped graphene quantum dots with broad visible absorption bands for visible light photocatalysts / [D. Qu, M. Zheng, P. Du, Y. Zhou et al.]. – *Nanoscale*. – 2013. – Vol. 5 (24). – P. 12272–12277.

Експериментальне визначення технологічних зусиль руйнування з'єднувальних мостиків при видаленні обрізків із відштанцьованого аркуша

В.Ю. Олішкевич, І.І. Регей, д.т.н., УАД, м. Львів

Сучасні аркушеві штанцювальні машини – це високопродуктивне складне та багатофункціональне обладнання, в якому інтегровано автономні операційні технічні модулі [1]. Для забезпечення транспортування між секціями устаткування відштанцьовані розгортки мають цільну конструкцію завдяки вузьким перемичкам (з'єднувальним мостикам). Для формування мостиків різальні крайки висікальних лінійок у поперечному напрямку в певних місцях профрезерують тонким інструментом. Такі пази (рис. 1) виготовляють у висікальних лінійках штанцювальної форми відповідно до наявних правил та рекомендацій [2]. Ширина паза a (рис 1, б), як правило, на 0,1–0,2 мм більша за товщину аркуша картону Δ , глибина паза b дорівнює $\Delta + 0,5$ мм.

Метою дослідження є визначення технологічно необхідних зусиль руйнування з'єднувальних мостиків пакувального картону та встановлення залежностей зусилля від товщини картону, величини вертикального переміщення інструмента, що спричиняє розривання з'єднувальних мостиків, виявлення впливу напрямку розташування волокон щодо натискної лінійки, ширини з'єднувального мостика.

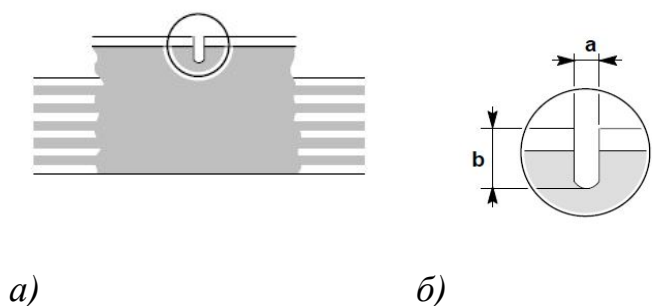


Рис. 1. Схема висікальної лінійки з пазом для формування з'єднувальних мостиків у процесі штанцювання розгортки пакувань (а); геометричні параметри паза (б)

Для дослідження технологічних зусиль, що виникають у процесі виготовлення розгортки картонних споживчих пакувань, а саме в процесі руйнування з'єднувальних мостиків та виламування обрізків із відштанцьованих розгортки, застосовано запропонований метод та розроблений пристрій, який дає змогу усувати недоліки існуючих на сьогодні методів вимірювання зусиль та отримувати в стабільних умовах функціональні залежності зміни зусилля руйнування від вертикального переміщення інструмента. У приладі реалізовано можливість одночасної реєстрації зусилля руйнування мостиків та вертикального переміщення інструмента.

Зразок картону K (рис. 2) розміщують на спеціальній плиті 1 , яка закріплена жорстко до станини приладу. Натискна лінійка 2 кріпиться на повзуні 7 з динамометричною скобою 4 за допомогою затискного елемента 5 . Повзун 7 приводиться ексцентриковим механізмом 8 , циліндричною зубчастою 9 і черв'ячною 10 передачами від двигуна 11 .

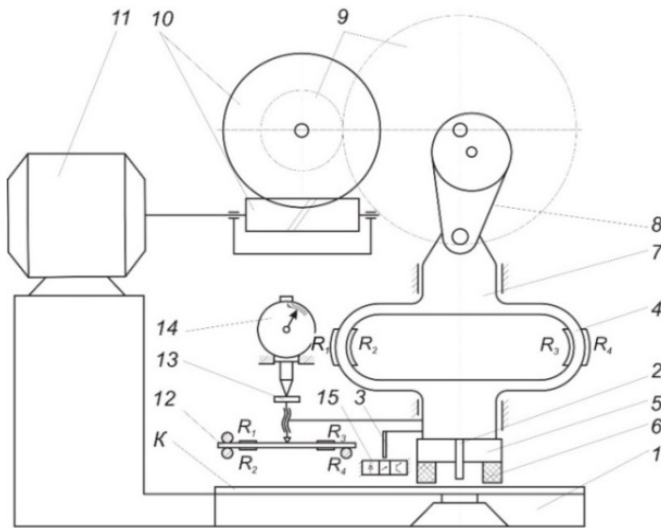


Рис. 2. Схема експериментального пристрою для дослідження зусиль руйнування з'єднувальних мостиків при виламуванні обрізків

Переміщення повзуна 7 визначається зміною деформації балки 12 закріпленим на нижній частині повзуна мікрометричним гвинтом 13 у міру вертикального переміщення інструмента, тарування якого забезпечується індикатором годинникового типу 14. Для точного запису початку контакту натискної лінійки з картонною заготовкою застосовується оптичний щілинний давач 15, який у момент проходження пластини 3 записує зміну зусилля руйнування мостиків та вертикального переміщення інструмента, а ежекторними подушками 6 забезпечується надійне фіксування досліджуваного зразка [3].

За результатами досліджень отримано залежності зусилля руйнування від величини вертикального переміщення інструмента $F = f(s)$. На рис. 3 представлено характерний графік отриманої залежності зусилля руйнування мостиків від вертикального переміщення інструмента, що спричиняє їх руйнування.

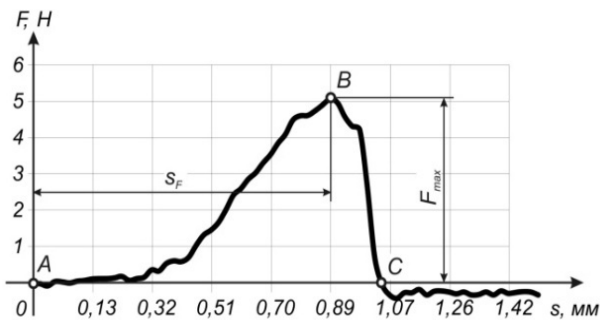


Рис. 3. Графік залежності технологічного зусилля руйнування з'єднувальних мостиків від величини вертикального переміщення інструмента

В точці А інструмент торкається відштанцьованої картонної заготовки. Відтак починається вертикальне переміщення інструмента, що спричиняє розривання мостиків і, відповідно, зростання зусилля руйнування. На певній ділянці зусилля монотонно зростає, досягаючи максимального значення в точці В, що демонструє величину технологічного зусилля руйнування мостиків для даного виду картону. Після досягнення максимального значення відбувається руйнування з'єднувальних мостиків. Як наслідок, деформація динамометричної скоби різко знижується до точки С.

За результатами досліджень отримано залежності зусилля руйнування $F = f(\Delta)$ від товщини картону. Аналізуючи отриману графічну залежність (рис. 4), можна констатувати, що зусилля руйнування з'єднувальних мостиків монотонно зростає залежно від товщини картону.

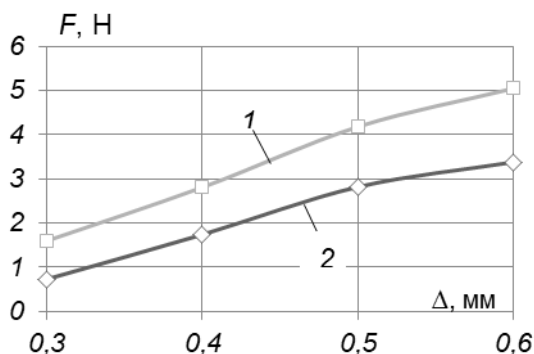


Рис. 4. Графік залежності зусилля руйнування з'єднувальних мостиків завширшки 0,5 мм від товщини картону: поперек (1), вздовж (2) волокон

У процесі експериментальних вимірювань отримано статистичний ряд вимірювань двох значень, що об'єднуються залежністю $F = f(\Delta)$. Для спрощення користування отриманими залежностями підбирають емпіричні формули, які є незамінними для подальшого аналізу. Характер зміни зусилля руйнування з'єднувальних мостиків $F(H)$ залежно від товщини картону описано емпіричною формулою:

$$q_{m.n.} = A \cdot \delta^n, \quad (1)$$

де A ($H / мм^{n+1}$) і n – характеристики певного виду картону.

Для картону Alaska з розміром з'єднувальних мостиків 0,5 мм:

– вздовж волокна: $F = 12,115 \cdot \Delta^{2,251}, \quad (2)$

– поперек волокна: $F = 12,705 \cdot \Delta^{1,6981}. \quad (3)$

Експериментальні дані засвідчують, що зусилля руйнування з'єднувальних мостиків для крейдованого картону завтовшки від 0,3 до 0,6 мм (через кожні 0,1 мм зміни його товщини) зростає від мінімального значення 0,73 Н до максимального 16,2 Н. Зростання зусилля відбувається непропорційно збільшенню товщини картону. Зі збільшенням товщини досліджуваного картону вдвічі зусилля руйнування зростає приблизно втричі. Встановлено, що при обробці заготовок картону впоперек волокон значення зусилля приблизно на 40 % більші, ніж при висіканні вздовж. Результати досліджень мають важливе значення при розв'язуванні практичних задач, зокрема при визначенні сумарних навантажень у штанцювальних пресах, крутних моментів і споживаної потужності в секції видалення обрізків.

Література

1. Регей І.І. Споживче картонне пакування (матеріали, проектування, обладнання для виготовлення) : навч. посіб. / Іван Іванович Регей. – Львів : УАД, 2011. – 144 с.
2. AutoplatineSP. Оснастка для производства заготовок. BOBSTSA. – 2006. – 218 с.
3. Олішкевич В.Ю., Кандяк Н.М., Терницький С.В. Виламування обрізків з відштанцюваних картонних заготовок (експериментальна оцінка технологічного навантаження) // Наукові записки. – 2017. – №2 (55). – С. 47–60.

УДК 621.798+676.8

Дослідження властивостей коробок із гофрокартону

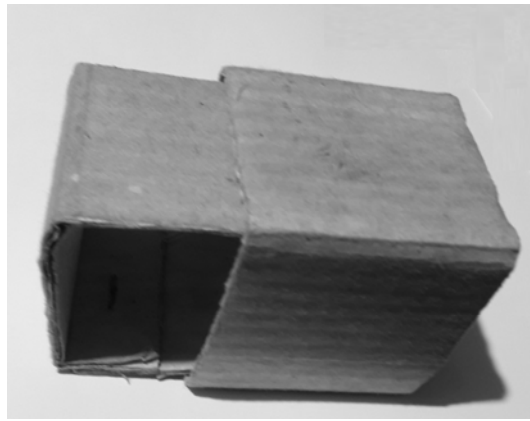
Р.В. Бубела, І.В. Шаблій, к.т.н., П.М. Ривак, к.т.н., УАД, м. Львів

Гофрокартон широко застосовується в різних сферах, у тому числі для виготовлення пакувань. Перевагою його є екологічність, оскільки він виробляється з природних полімерів.

Метою даної роботи є визначення впливу способу скріплення гофрокартонних коробок на їх міцнісні властивості. Досліджували два види коробок – чотириклапанну та розсувну з розмірами 100×100×100 мм (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Чотириклапанна (а) та розсувна (б) коробки

Коробки виготовляли з гофрокартону марок В і Е фірми «ДизАрт» (м. Львів).

Скріплення здійснювали степлером скобами 24×6 мм, термоклеєм Ogimelt 93 (ширина смужки 8 мм) та двосторонньою липкою стрічкою 3М 6 мм вздовж ребер коробок на відстані 1 мм від краю клапана.

За величину міцності коробок із гофрокартону приймали навантаження до їх руйнування при стисканні на вертикальному гідравлічному пресі.

Результати досліджень засвідчують, що міцність коробок залежить не тільки від фізико-механічних властивостей гофрокартону, але й від способу скріплення коробок. Експериментами підтверджено, що надзвичайно важливим фактором для забезпечення стійкості коробок до дії навантаження є правильний вибір напрямку гофрів у коробках з гофрокартону. Так, розсувні коробки з гофрокартону В найбільшу міцність мають, коли напрям гофрів у картоні перпендикулярний до площини стискання (рис. 2).

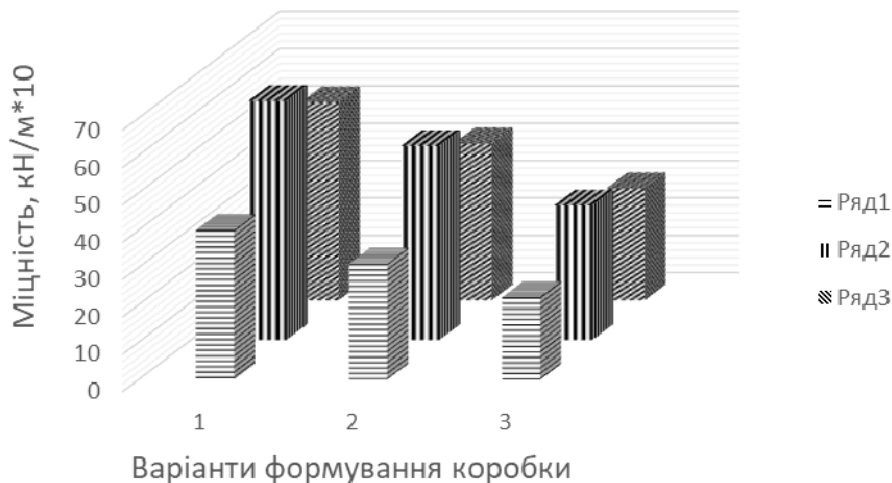


Рис. 2. Міцність розсувної коробки з гофрокартону В при скріпленні скобами (ряд 1), термоклеєм (ряд 2), липкою стрічкою (ряд 3). Варіант формування коробки: 1 – напрям гофрів зовнішнього та внутрішнього коробів перпендикулярно до площини стискування; 2 – напрям гофрів зовнішнього коробка перпендикулярно, а напрям гофрів внутрішнього – вздовж площини стискування; 3 – напрям гофрів зовнішнього та внутрішнього коробів паралельно до площини стискування

Головним фактором, що визначає міцність чотириклапанних коробок з гофрокартону, є його товщина (рис. 3).

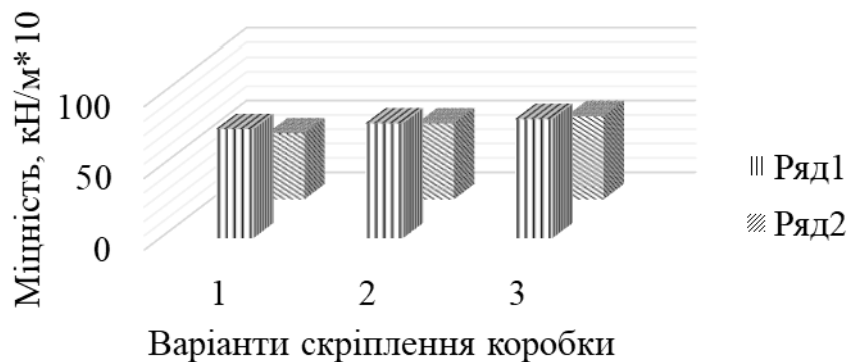


Рис. 3. Міцність чотириклапанної коробки з гофрокартону В (ряд 1) і гофрокартону Е (ряд 2) при скріпленні скобами (варіант 1), липкою стрічкою (варіант 2), термоклеєм (варіант 3).

Найбільшу міцність обох видів коробок з гофрокартону забезпечує термоклейове скріплення. Крім того, міцність залежить від ширини й товщини смужки клею, що наноситься на клапани. Проте технологія скріплення термоклеєм є дуже енергозатратною (розігрів клею) та строго регламентованою в часі.

Як показали проведені дослідження, найтехнологічнішим способом скріплення коробок із гофрокартону є скріплення двосторонньою липкою стрічкою, хоча міцність коробок у цьому разі є дещо нижчою, ніж при скріпленні термоклеєм.

Література

- 1.** *Кривошей В.М.* Упаковка в нашому житті. – К. : Упаковка, 2001. – 160 с.
- 2.** *Шредер В.Л., Пилипенко С.Ф.* Упаковка из картона. – К. : Упаковка, 2004. – 560 с.
- 3.** Производство коробок из картона и гофрокартона. – Режим доступа: <http://compuart.ru/http:/article/18622>

Концептуальная игра или проект на свободную тему (серия упаковок для парфюмов «Zana»)

Е.Д. Андреевских, Днепровский национальный университет им. Олеся Гончара

«Я всегда пытался делать вещи, которые могли бы отвлечь людей от насилия, жестокости, морализирования. По существу, я всегда рассматривал дизайн как профессию проектирования больше «игрушек», чем товаров; и если я говорю «игрушки», то говорю это в самом высоком смысле слова, т.е. я подразумеваю предметы, которые помогают мечтать и надеяться, помогают работать, сохранять цельность мироощущения...».

Этторе Соттсасс, итальянский дизайнер

Созданию серии упаковок для парфюмерии «Zana» предшествовало мое знакомство с творчеством великого современного архитектора Захи Хадид. Меня очаровала и поразила ее авангардная, харизматичная архитектура деконструктивизма. Я прочла все, что было возможно, о ее жизненном и творческом пути, изучила все ее архитектурные шедевры. Эти любовь и энергия «зарядили» и постоянно поддерживали и вдохновляли меня на создание серии парфюмов «Zana». Архитектура Захи Хадид формировала мою концепцию, в ней я находила ответы и решения всего комплекса серии упаковок. Она же подсказывала мне конструктивно-пластичные поиски коробок и флаконов, помогала держать цельность и разнообразие всего комплекса в целом, чувствовать материал и пластичный язык формообразования. Были разработаны отдельные элементы, фрагменты конструктивных решений упаковки, но не было чего-то главного – «гвоздя», на котором бы все держалось и развивалось. После долгих проб и ошибок я наконец сумела найти внутренний концептуальный стержень, ось – идею, вокруг которой вращались все элементы проекта. Этим стержнем стал логотип «Zana».



Рис. 1. Логотип «Zana»

Логотип «Zana» (рис. 1) является базовой и формообразующей идеей всего проекта. Он прост, лаконичен, выразителен, помогает раскрыть содержание и

образную индивидуальность серии. Конструктивное решение логотипа строится из простых геометрических протоэлементов, которые создают визуальный образ архитектуры и индивидуальность логотипа. Логотип должен быть только черного цвета (любимый цвет Захи). Он пронизывает всю серию упаковок и является главным и основным графическим, образным и информационным элементом концептуального решения. Именно на игре логотипа, его конструкции, форме, образе, направленности на плоскости и в пространстве упаковки строится единство и разнообразие проекта.



Рис. 2. Серия упаковок «Поэзия пространства»

Серия упаковок «Поэзия пространства» (рис. 2) представляет визуальное решение современной архитектуры деконструктивизма. Образное решение серии строится на игре логотипа «Zana», который объединяет все компоненты формообразующих элементов и позволяет выразить индивидуальный характер серии.

Серия состоит из четырех упаковок, основу которых составляют прямоугольные призмы из прозрачной ПВХ пленки. Упаковка состоит из двух частей: вкладыша-фиксатора в форме буквы Z и прозрачной коробки, а также трех флаконов для духов и флакона парфюмерной воды авторского дизайна.



Рис. 3. Серия упаковок «Экспрессия»

Серия упаковок «Экспрессия» (рис. 3) представлена тремя ассиметричными прямоугольными призмами с диагональным наклоном, символом постоянного движения формы, времени и жизни. Упаковки изготовлены конструктивным фальцеванием из листа белого картона. Выразительная конструкция и

графическое решение логотипа создают единую игру формы, графики, материала и формируют художественное содержание серии упаковок.



Рис. 4. Серия упаковок «Близнецы»

Серия упаковок «Близнецы» (рис. 4) представлена двумя прямоугольными призмами единой формы, конструкции, технических параметров – все как у близнецов, вот только внутренне, по содержанию они разные. И эта разница проявляется в игре графических и образных элементов, они по-разному взаимодействуют с формой и пространством упаковки.

В каждой упаковке находится индивидуальный флакон, дизайн которого радикально отличается один от другого по форме, образу и конструктивным характеристикам. Это игра единства и разнообразия, когда графические символы и образы соединяются и единое целое с формой и текстурой упаковки, когда внутренние объекты (флаконы) органично вливаются в тело упаковки, создавая индивидуальность и харизму всей серии.

Основной целью этого проекта были визуальная игра единства и разнообразия образности и графического языка, формы и конструкции упаковок, а также эмоциональная игра с потребителем, формирование у него позитивного коммуникативного восприятия.

Литература

1. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. – М. : Прогресс, 1974. – 392 с.
2. Жадова Л. Этторе Соттсасс // Декоративное искусство СССР. – 1978. – № 12. – С. 60–69.
3. Шульц Д. Типизация топографического искусства и модулов. – М. : Книга, 1990. – С. 9–156.
4. Миклош П. Коммерческая визуальная культура // Интерпрессграфик. – 1976. – № 1.
5. Костина-Кассанелли Н. Заха Хадид // Личности. – 2016. – № 95. – С. 7–27.
6. Шредер В.Л., Пилипенко С.Ф. Упаковка из картона. – Киев : ИАЦ «Упаковка», 2004. – 557 с.

Завантажувальний бункер для сипких матеріалів із різним кутом природного укосу

І.В. Коваленко, к.т.н., Є.М. Глінський, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Склепіння можуть виникати в процесі витікання матеріалу, якщо напруга, яка виникає в матеріалі, не перевищує його міцності. Якщо площа отвору не досягає граничного значення, спостерігається утворення стійкого склепіння. При цьому з отвору висипається тільки частина матеріалу, який міститься всередині склепіння, далі витікання припиняється.

На практиці руйнування стійких склепінь найчастіше пов'язане з труднощами через відсутність прямого доступу до них. Дослідження явища склепіння в процесі витікання сипкого матеріалу з ємності, вплив різних взаємозалежних факторів на склепіння, а також визначення заходів щодо запобігання й ліквідації склепіння становлять наукову та практичну цінність.

Розрізняють два типи перешкод у процесі витікання сипкого матеріалу [1]: склепіння (припинення витікання – закупорка) і утворення перемичок (обмеження витікання – як її функція, що утворює гальмівні імпульси).

На процес утворення склепіння впливають фізико-механічні властивості сипкого матеріалу (природний кут укосу). Крім цього, цей процес залежить від геометричних параметрів бункера. Тому було вирішено створити бункер, який максимально спрощує процес дозування матеріалу та створює мінімальну можливість утворення склепінь.

Завданням цієї моделі є вдосконалення конструкції завантажувального бункера для матеріалу за рахунок утворення похилих стінок приймальної воронки, при цьому всі стінки приймальної ємності повинні розташовуватись під різним кутом (залежно від природного укосу продукту) в деякому діапазоні, наприклад від 10 до 75°. Це дає змогу переробити різні матеріали на одній установці та запобігає склепінню для різних матеріалів.

Заявлене технічне рішення ілюструється 3D-моделлю та кресленням, на яких представлено завантажувальний бункер для кускового матеріалу. До завантажувального бункера для кускового матеріалу входить приймальна ємність із випускною горловиною (рис. 1).

Сполучення бічних стінок із випускною горловиною приймальної ємності утворюють зони, що демпфують, із захисного шару з дрібнофракційної сировини, сформованого під кутом природного укосу. Всі бічні стінки приймальної ємності виконані похилими (рис. 2).

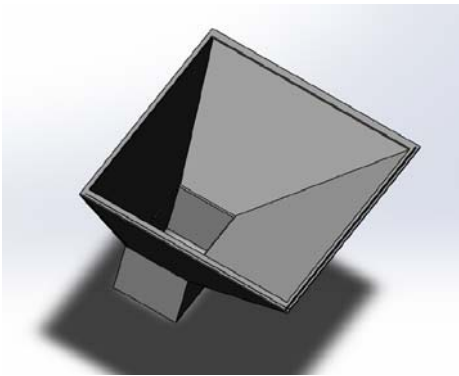


Рис. 1. 3D-модель бункера

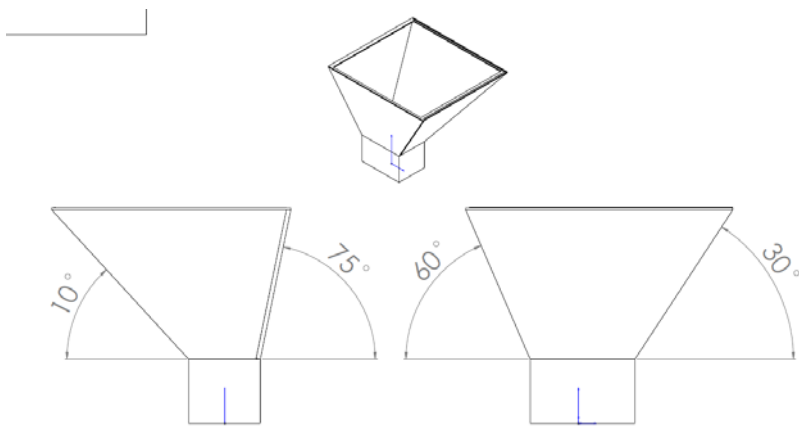


Рис. 2. Зображення бічних стінок приймальної ємності

Також було проведено математичне моделювання процесу проходження частинок по стінках бункера за допомогою програми Ansys, при цьому були використані стала швидкість $V = 0,1 \text{ м/с}$ і прискорення вільного падіння $G = 9,81 \text{ м/с}^2$. У результаті виконаних досліджень встановлено, що 200 ітерацій було зроблено за 9 хв 57 с. На рис. 3 зображено сітку бункера, яка використовується для реалізації математичної моделі. На рис. 4–5 показано результати математичних дослідів руху сипких матеріалів по стінках бункера. Шкали на рис. 4–5 відображають швидкість частинок по стінках бункера.

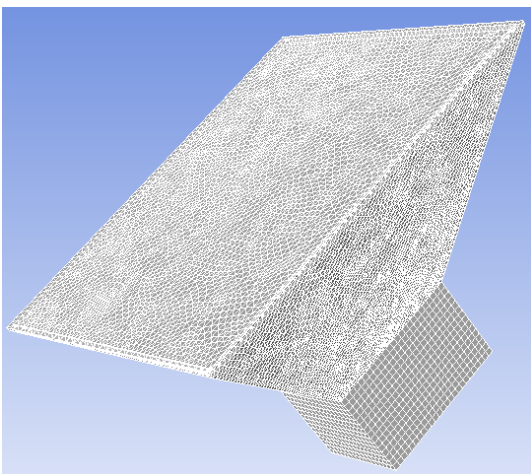


Рис. 3. Зображення сітки виробу

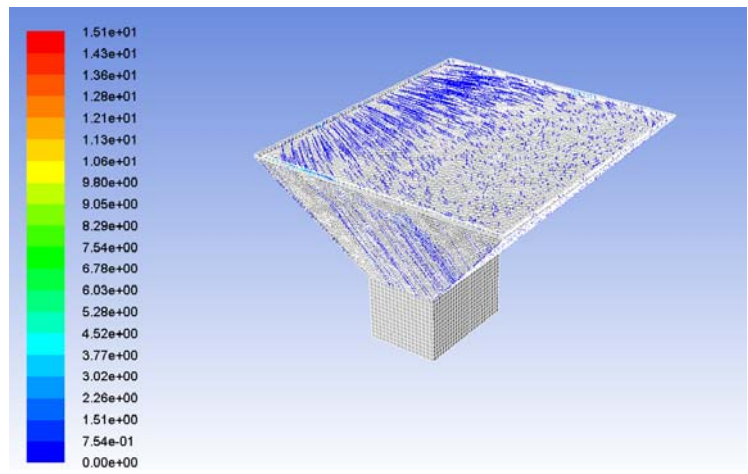


Рис. 4. Зображення руху частинок по стінках бункера

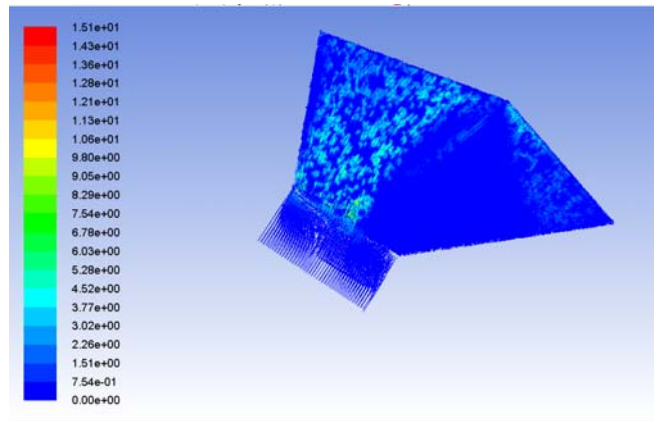


Рис. 5. Зображення ліній руху частинок по бункеру

Результати математичного моделювання дають змогу стверджувати, що швидкість руху частинок матеріалу з однаковим кутом природного укосу більша вздовж стінок із більшим кутом (рис. 2).

Наразі проводяться експерименти для підтвердження актуальності бункера з різними кутами стінок. Завантажувальний бункер є одним із вузлів технологічного ланцюга із транспортування або перероблення сипких матеріалів. Це визначає значні обсяги матеріалів, що надходять у прийомну ємність і виходять у випускні горловину. Промислове застосування заявленого пристрою дає можливість усунути склепіння для різних матеріалів і пиловиділення при перевантаженні маси сипких матеріалів на підприємствах харчової та нехарчової промисловостей.

Література

1. *Гячев Л.В.* Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Л.В. Гячев. – М. : Машиностроение, 1968. – С. 16–21.

швидкість повітряного потоку можна отримати, враховуючи усі три змінні x_1 , y_1 , z_1 , а безрозмірні параметри моделі Лоренца σ , r , b мають вигляд [2]:

$$\sigma = \frac{\nu}{\gamma_n}, \quad r = \frac{\alpha^{*2} \eta g \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho_c} + C(y) + \frac{dC(y)}{dy} \cdot y \right) \cdot \frac{\Delta U}{h_k}}{\nu \gamma_n (\alpha^{*2} + \beta^{*2})^3}, \quad b = \frac{4\beta^{*2}}{\alpha^{*2} + \beta^{*2}}. \quad (2)$$

Моделювання поведінки дрібнодисперсних СМ під дією вібрації проведено за допомогою програмного середовища MathCAD. Для дослідження руху матеріалу обрано конічну розвантажувальну лунку із геометричними параметрами: $R_0 = 0,08$ м, $\Theta_1 = 25^\circ$, $h = h_k = 0,3$ м. Як дослідний продукт обрано дрібнодисперсний СМ із фізико-механічними властивостями: $\rho_0 = 0,6 \cdot 10^3$ кг/м³; $\rho_c = 0,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Результатом моделювання стали графічні залежності (рис. 2-3), які вказують на три можливі стани продукту під дією вібрації.

Для моделювання ущільнення дрібнодисперсного СМ (рис. 2) використано такі режими вібрації: $\nu = 20$ Гц; $a = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м, та прийнято значення коефіцієнта кінематичної в'язкості $\nu = 0,05$ м²/с.

Характерним показником вібрації в моделі Лоренца (1), що визначає ефективність роботи дозатора, є параметр r . Для дрібнодисперсних СМ при $r < r^*$ спостерігається ущільнення матеріалу (рис. 2). На графіку цей стан відповідає довільній кривій у фазовому просторі координат x_1 , y_1 , z_1 . Значення r^* залежить від геометрії лунки, а також властивостей дрібнодисперсного СМ.

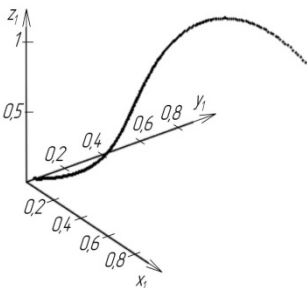


Рис. 2. Довільна крива – ознака ущільнення матеріалу

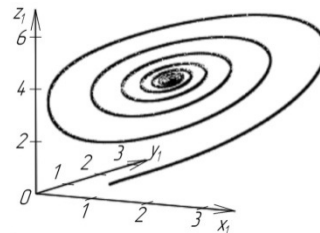


Рис. 3. Крива у вигляді спіралі – ознака циркуляційного руху

Тому для конкретного дрібнодисперсного СМ, з метою уніфікації параметра r^* , необхідно попередньо експериментально дослідити вплив режимів роботи бункера a , ν та висоти шару матеріалу h на коефіцієнт кінематичної в'язкості ν продукту. При зростанні параметра r вище r^* у розвантажувальній лунці дозатора спостерігається впорядкований рух СМ у вигляді циркуляційних потоків, що відображається у фазовому просторі координат x_1 , y_1 , z_1 кривою у вигляді спіралі (рис. 3). Моделювання циркуляційних рухів СМ реалізовувалось при $\nu = 20$ Гц, $a = 3 \cdot 10^{-3}$ м та $\nu = 0,04$ м²/с.

При значному збільшенні параметра r моделі Лоренца $r \geq r^{**}$ циркуляційні рухи переходять у хаос, що графічно відображається у вигляді дивного атрактора (замкненої петлі) (рис. 4). Для моделювання хаотичних рухів дрібнодисперсного СМ у розвантажувальній лунці дозатора прийнято такі режими вібрації: $\nu = 40$ Гц; $a = 5 \cdot 10^{-3}$ м, та використано наступне значення коефіцієнта кінематичної в'язкості $\nu = 0,03$ м²/с.

Аналіз графіків (рис. 2–4) дає змогу візуально встановити режим руху матеріалу в розвантажувальній лунці бункера залежно від типу кривої.

Графік із нерухомою точкою чи граничним циклом із короткою траєкторією (рис. 2) відповідає ущільненню дрібнодисперсного СМ. Спіралеподібна крива (рис. 3) відповідає граничному циклу з довгою траєкторією і, відповідно, циркуляційним рухам матеріалу; дивний атрактор (рис. 4) – ознака хаотичних рухів матеріалу в бункері. Ефективна робота дозатора реалізовується при циркуляційних або хаотичних рухах СМ у розвантажувальній лунці.

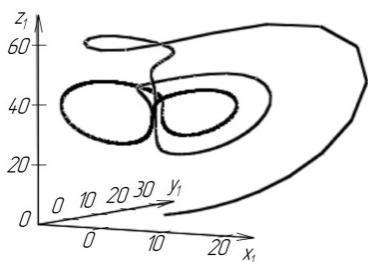


Рис. 4. Крива у вигляді атрактора – ознака хаотичного руху

Значний вплив на продуктивність Q бункера мають його режими роботи a , v . За допомогою формули (3) встановлено вплив даних параметрів на продуктивність бункера (рис. 5).

$$Q = 2 \cdot \rho_0 \cdot b_o \cdot l_o \cdot a \cdot \pi \cdot v \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{4}{\pi} \cdot Z_k \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right)\right)^2} \quad (3)$$

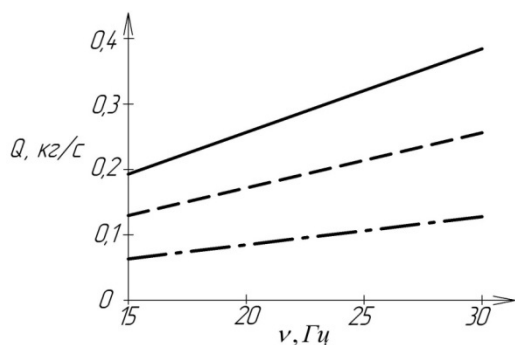


Рис. 5. Залежність $Q=f(v)$: — — — — — $a = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, — — — — — $a = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, — — — — — $a = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Для моделювання використано такі значення вхідних параметрів: $\rho_0 = 450 \text{ кг/м}^3$; $Re = 50$; $Z_k = 0,2$; $l_o = 0,5 \text{ м}$; $b_o = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Аналіз залежностей (рис. 5) дозволяє стверджувати, що чим більші амплітуда a та частота v коливань днища розвантажувальної лунки бункера, тим кращі показники текучості дрібнодисперсного СМ і, відповідно, його продуктивність Q . При збільшенні частоти коливань v від 15 до 30 Гц продуктивність бункера зростає приблизно у два рази.

При експлуатації вібраційного бункера на високих частотах v можна істотно підвищити його продуктивність Q і тим самим – ефективність роботи. Однак при цьому суттєво зростають динамічні навантаження на робочі елементи конструкції. Підвищення амплітуди коливань a також призводить до зростання

продуктивності Q бункера. Таким чином, підбором оптимальних режимів коливань a та ν віброзбудника можливо регулювати його продуктивність Q .

Висновок

Використання моделі Лоренца (1) дає змогу прогнозувати рух продукту залежно від обраного режиму вібрації. Основним показником у моделі Лоренца, за яким визначається ефективність роботи дозатора, є параметр r , що характеризує стан, у якому перебуває СМ під впливом вібрації: ущільнення, циркуляційні рухи, хаотичні рухи. Тому проектування вібраційного бункера для дрібнодисперсних СМ за допомогою встановлених параметрів моделі Лоренца дозволяє підібрати режими вібрації та геометрію лунки, що зможуть забезпечити наперед задані параметри технологічного процесу. Використання результатів досліджень дає можливість підвищувати продуктивність вібраційних бункерів для дрібнодисперсних СМ.

Література

1. *Пирожков Д.Н.* Сведение гидродинамической модели виброоживленного сыпучего материала к системе Лоренца / Д.Н. Пирожков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул, 2008. – № 8. – С. 59–65.
2. *Шоловій Ю.П.* Моделювання поведінки дрібнодисперсного сипкого матеріалу під дією вібрації у конічній лунці дозатора за допомогою системи Лоренца / Ю.П. Шоловій, Н.М. Тимошенко, Н.І. Магерус // Технологічні комплекси. – 2014. – № 1. – С. 109–117.

Розроблення та дослідження мехатронного модуля для дозування важкоплинної сипкої продукції шнековим дозатором безперервної дії

Є.В. Бродець, О.М. Гавва, д.т.н., А.В. Деренівська, к.т.н., НУХТ, м. Київ

На сьогодні для пакувального машинобудування гостро стоїть питання щодо забезпечення точності дозування продуктів, особливо під час дозування важкоплинної, зв'язної продукції. Шнеки широко застосовуються в дозувальних пристроях машин для пакування важкоплинної, пиловидної сипкої продукції в споживчу тару [1].

Основними недоліками шнекових дозаторів є невисока продуктивність і низька точність дозування. Для усунення останнього, особливо коли дозується коштовний продукт, вводять цілий ряд удосконалень. Найпростішим є встановлення контрольно-зважувальної системи, що корегує кінцеву дозу. Крім цього, застосовують: нормалізатори тиску продукції; шнеки зі змінним кроком; вібророзбуджувачі; вібрувальні шнеки; шнеки з обертальними шнековими камерами; пристрої, що задають число обертів або кут повороту шнека; вакуумування зони заповнення витків шнека; вилучення вистоювання шнека; відсікання дози тощо. Але і за таких конструктивних удосконалень не вдається повністю виключити дію на масу дози сил інерції рухомих елементів шнекового дозатора. Крім цього, під час подачі продукція обов'язково повертається в шнековій камері, що призводить до нерівномірного розподілу осьової швидкості подачі продукції, а також до її подрібнення. Всі ці явища створюють умови нерівномірного розподілу мас дози.

Саме тому виникла потреба створити шнековий дозатор із жорстко обмеженими інтервалами переміщення рухомих деталей, дію інерційних сил яких на масу дози було б виключено або зведено до мінімуму. Подрібнення продукції при цьому також зводилося б до найменших значень, тобто продукція повинна переміщатись тільки в осьовому напрямку шнека, без значного повертання.

Для досягнення цієї мети запропоновано нову конструкцію мехатронного модуля дозування сипкої продукції шнековим дозатором (рис. 1). Принцип роботи мехатронного модуля такий: сипкий продукт примусово подається завантажувальним шнеком 1 у вхідний дозувальний патрубок 2 і переходить у конічний бункер 3 із лопатевою вібруючою мішалкою 4, далі до циліндричного патрубку 5, потім при примусовому переміщенні каліброваним дозувальним шнеком 6 – у дворукавний канал 7, обмежений заслінкою 8 для розподілення потоку продукції до лійок 9. Заслінки лійок зв'язані з тензометричною системою зважування 10 та системою 11 керування приводом 12, заслінкою 8, електромагнітом 13 [2].

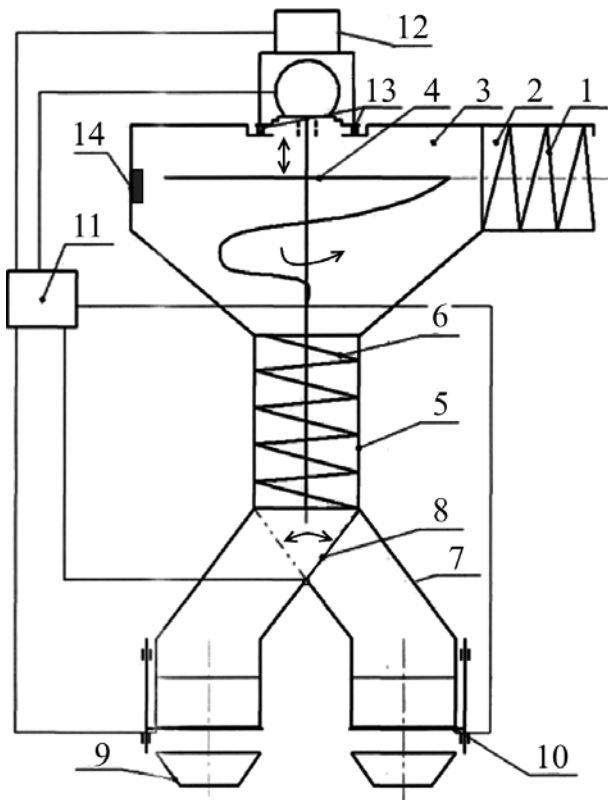


Рис. 1. Мехатронний модуль для дозування важкоплинної сипкої продукції шнековим дозатором безперервної дії

Встановлення заслінки 8 забезпечує безперервний режим роботи шнека 6. Привод шнека 12 закріплений на кришці бункера через пружні планки. За допомогою електромагніта 13 рама з приводом та шнеком здійснюють коливальні зворотно-поступальні рухи. Об'єм продукції в бункері контролюється датчиком рівня 14.

Така конструкція мехатронного модуля дає можливість зменшити склепування продукту всередині дозуючого пристрою за рахунок примусової вібрації під час обертання лопатевої мішалки й дозувального шнека, а також забезпечити можливість переміщення продукції вздовж осі шнека. За рахунок примусового розділення потоку продукції та контролю ваги дози за допомогою зворотних зв'язків із приводами суттєво підвищується точність формування дози.

Для визначення раціональних параметрів мехатронного модуля виконано аналітичні дослідження руху сипкої продукції під дією обертального та коливального рухів шнека.

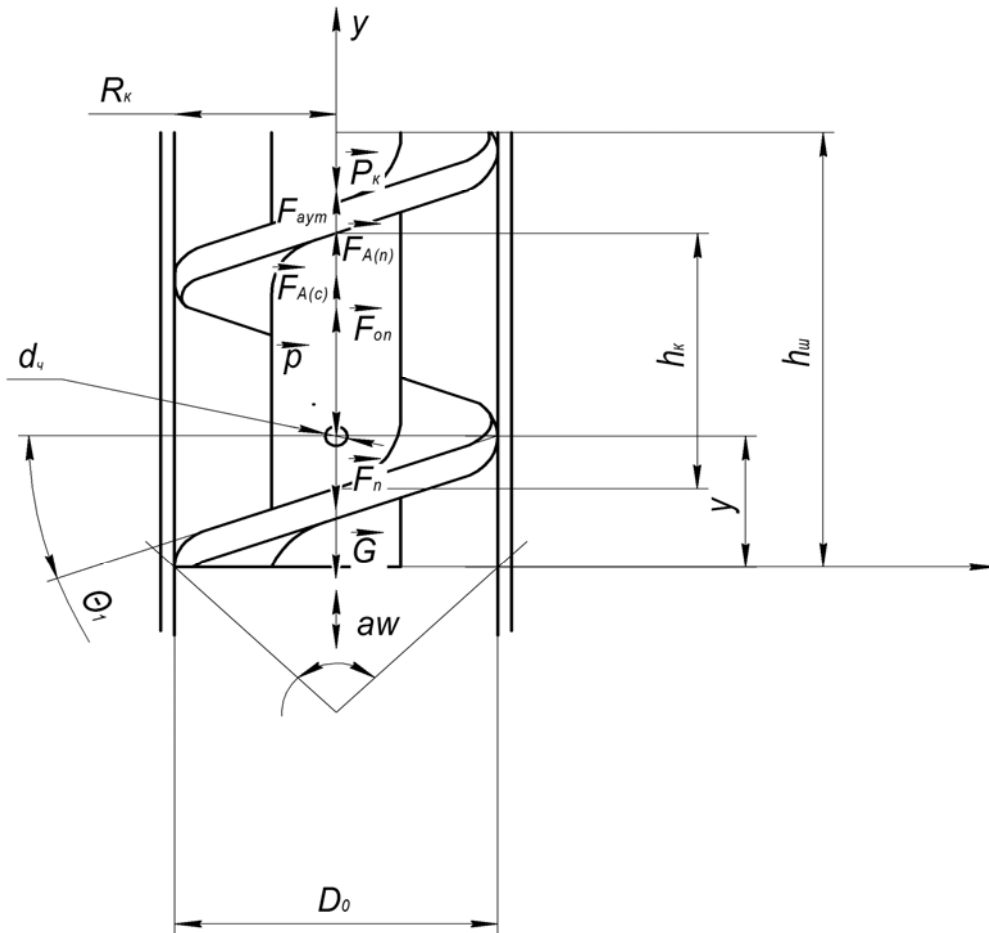


Рис. 2. Сили, які впливають на рух важкоплинної сипкої продукції, що перебуває під дією вібрації

Рух матеріальної частинки сипкої продукції під дією поверхні шнека, за заданих параметрів шнека та закону його обертання, описується такими диференціальними рівняннями (рис. 2):

$$\begin{cases} -N \cdot f_1 \cdot \frac{V_\rho}{V_{\text{від}}} + m \cdot \omega_{\text{неп}}^2 \cdot \rho + m \cdot \omega_{\text{від}}^2 \cdot \rho + 2 \cdot \omega_{\text{неп}} \cdot \omega_{\text{від}} \cdot \rho - m \cdot \frac{d^2 \rho}{dt^2} = 0; \\ N \cdot \sin(\alpha) - N \cdot f_1 \cdot \frac{\omega_{\text{від}} \cdot \rho}{V_{\text{від}}} - m \cdot \rho \cdot \varepsilon - 2m \cdot \omega_{\text{від}} \cdot \frac{d\rho}{dt} - 2m \cdot \omega_{\text{неп}} \cdot \frac{d\rho}{dt} - m \cdot \rho \cdot \frac{d\omega_{\text{від}}}{dt} = 0; \\ N \cdot \cos(\alpha) + N \cdot f_1 \cdot \frac{h \cdot \omega_{\text{від}}}{V_{\text{від}}} - m \cdot g + m \cdot h \cdot \frac{d\omega_{\text{від}}}{dt} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де N – нормальна реакція; f_1 – коефіцієнт тертя ковзання продукції по поверхні шнека; V_ρ – швидкість частинки продукції вздовж осі O_ρ ; t – тривалість переміщення; ρ , φ , z – координати полярної системи координат, у якій розглядається рух матеріальної частинки; φ – зміна кута у відносному русі; $V_{\text{від}}$ – відносна швидкість частинки продукції; $\varphi_{\text{неп}}$ – переносна кутова швидкість; $\varphi_{\text{від}}$ – відносна кутова швидкість; ε – кутове прискорення; $h = H/2\pi$ – параметр шнека; H – крок гвинта шнека; α – кут нахилу гвинтової лінії; g – прискорення вільного падіння.

Розв'язавши числовими методами рівняння (1), одержимо кінематичні параметри руху сипкої продукції.

Ефективність переміщення важкоплинних сипких матеріалів за допомогою вертикального шнекового дозатора значною мірою залежить від фізико-механічних характеристик продукту. Використання впливу вібрації на сипкий продукт дає можливість змінювати його поведінку та властивості, реалізовувати рух у потрібному напрямку, а також здійснювати неперервну циркуляцію матеріалу в розвантажувальній лунці циліндричної частини бункера. Тому важливо для кожного типу важкоплинного сипкого продукту встановлювати амплітуду й частоту коливань збудника, що дає можливість забезпечувати його неперервне та рівномірне переміщення вздовж шнека.

Для дослідження впливу режимів коливань шнека на ефективність переміщення сипкого продукту використаємо рівняння Нав'є-Стокса:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial V_x}{\partial t} = -\frac{\partial \rho}{\rho \cdot \partial x} + \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right) - V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} - V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y}; \\ \frac{\partial V_y}{\partial t} = -\frac{\partial \rho}{\rho \cdot \partial x} + \nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right) - V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} - V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} + g \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_q} + \frac{\rho_n}{\rho_q} - 1 \right) + \dots \\ \dots + \frac{6g \cdot \rho \cdot k \cdot f \cdot (h_k - y) \cdot \text{sign}(V_y - a \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \cdot e^{-\delta_{3.n} \cdot y})}{d_q \cdot \rho_q} + \frac{3 \cdot c_n \cdot \rho_n}{4 \cdot d_q \cdot \rho_q} \times \dots; \\ \dots \times |U_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot e^{-\delta_{3.n} \cdot y} - V_y| \times \text{sign}(U_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot e^{-\delta_{3.n} \cdot y} - V_y) + \dots \\ \dots + \frac{6 \cdot \tau_0}{4 \cdot f \cdot d_q \cdot \rho_q} \cdot \text{sign}(V_y - a \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \cdot e^{-\delta_{3.n} \cdot y}), \end{array} \right. \quad (2)$$

де V_x , V_y – горизонтальна й вертикальна компоненти швидкості сипкого продукту; t – час; $\nu = \mu/\rho$ – приведений коефіцієнт кінематичної в'язкості продукції; μ – коефіцієнт ефективної в'язкості продукції; ρ – об'ємна маса продукту, що знаходиться під дією вібрації; ρ_q – об'ємна маса частини сипкої продукції; ρ_n – об'ємна маса повітря; c_n – коефіцієнт опору повітря; d_q – умовний діаметр частинок продукції; k – коефіцієнт рухливості матеріалу; x , y – поточні координати частинок продукції; h_k – висота конічної розвантажувальної частини шнека; a – амплітуда коливань шнека; $\omega = 2 \cdot \pi \cdot V$ – кругова частота коливань шнека; V – робоча частота коливань; U_0 – амплітудне значення швидкості руху повітря в дозувальному шнеку; $\delta_{3.n}$ – коефіцієнт загасання швидкості повітряного потоку; τ_0 – дотичне напруження.

Розв'язавши числовими методами систему рівнянь (2), визначимо раціональні параметри коливальної системи, що забезпечує рівномірне переміщення продукції шнековим дозатором.

Висновки

1. Для забезпечення високої точності дозування та продуктивності розроблено шнековий мехатронний модуль безперервної дії для дозування важкоплинної сипкої продукції.

2. Встановлені аналітичні дослідження дають можливість визначити раціональні параметри руху сипкої продукції під дією шнекової поверхні, що обертається та здійснює вібраційний рух уздовж руху продукції.

Література

1. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – К. : ІАЦ «Упаковка», 2010. – 744 с.
2. Патент на корисну модель 120578 UA. МПК (2006): G01F 11/00, B65B 1/06 (2006.01). Дворукавний пристрій для дозування сипких харчових продуктів / Гавва Олександр Миколайович; Кривопляс-Володіна Людмила Олександрівна; Ковтун Роман Олегович; Токарчук Сергій Володимирович; Деренівська Анастасія Василівна. Власник: Національний університет харчових технологій. – Патент опубліковано 10.11.2017, бюл. № 21/2017. – Режим доступу: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=240952>

Реалізація оптимального закону формування дози рідкої продукції ваговим способом

Б.В. Михайлик, О.М. Гавва, д.т.н., НУХТ, м. Київ

На даному етапі розвитку пакувального обладнання актуальним питанням є забезпечення високої точності дозування продукції [1]. Вагове дозування є перспективним напрямом, оскільки дає змогу забезпечувати високу точність за різних значень дози продукції. При цьому похибка дозування не має прямого зв'язку з об'ємом дози, а залежить від процесу дозування.

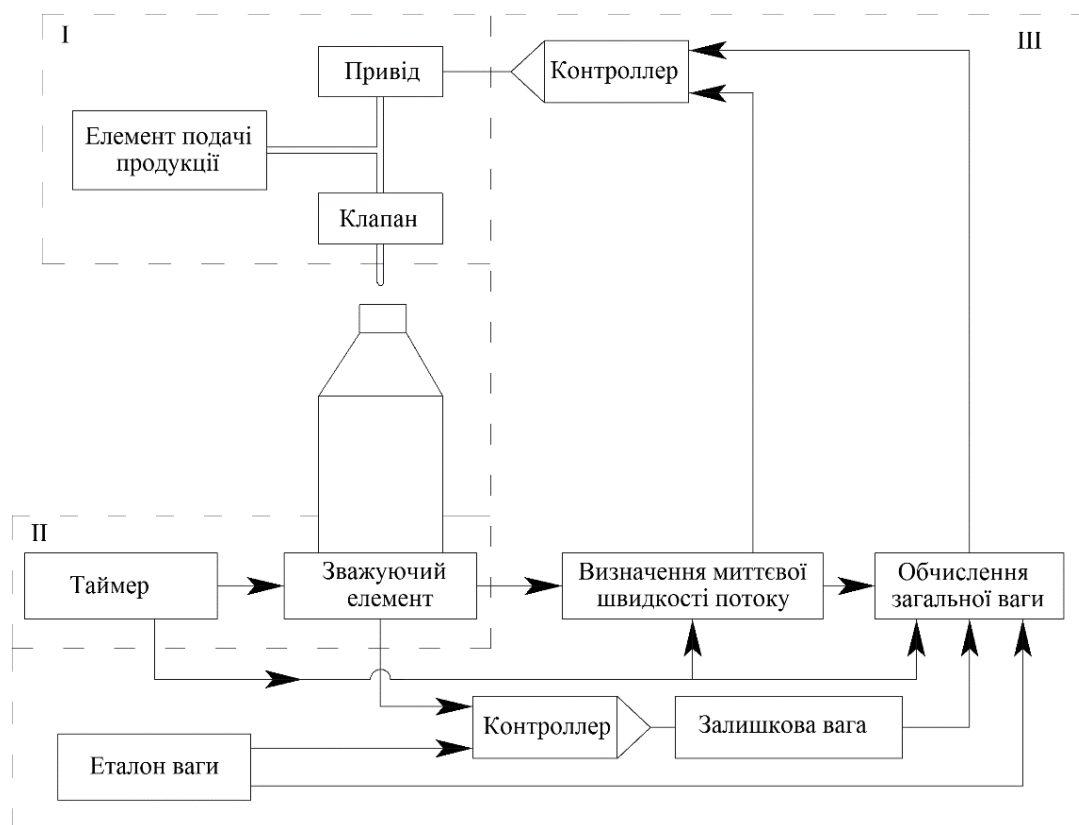


Рис 1. Структурна схема вагового дозуючого пристрою: I – блок елементів подачі продукції; II – блок елементів зворотного зв'язку; III – блок елементів оброблення сигналу

У роботі як об'єкт дослідження прийнято структурну схему мехатронного вагового дозуючого пристрою [2]. Її можна поділити на три частини, кожна з яких виконує свою функцію (рис. 1): 1) блок елементів подачі продукції (регулює надходження продукту до тари); 2) блок елементів зворотного зв'язку (надає в систему поточні дані); 3) блок елементів оброблення сигналу (приймає сигнал від блоку елементів зворотного зв'язку та після опрацювання видає керуючий сигнал на привід).

У ході визначення раціонального закону наповнення було використано споживчу тару у вигляді пляшки. З урахуванням її геометричних розмірів складено систему рівнянь, що описують процес дозування в кожний окремий момент часу. Дозування проводиться в чотири етапи. Перехід між етапами відбувається тоді, коли номінальне значення загальної сили, що діє на

тензометричну систему, досягає значення, що відповідає заданій дозі. При виконанні кожного наступного етапу зменшується пропускна здатність клапанної системи.

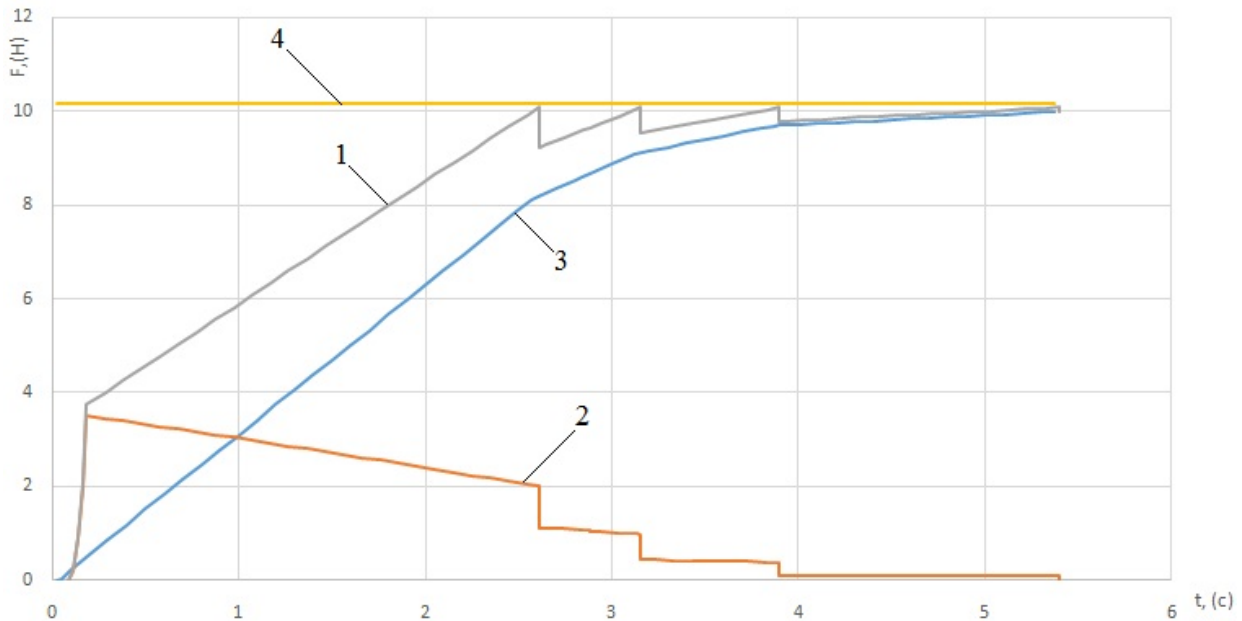


Рис. 2. Зміна зусилля, що сприймається тензометричною системою вагів: 1 – загальне значення сили, що діє на тензометричну систему; 2 – динамічна складова сили, що діє на тензометричну систему; 3 – вага продукції, що пройшла через клапан; 4 – значення сили, що відповідає вазі сформованої дози продукції

Отримані дані, що характеризують процес наповнення тари, апроксимуємо за допомогою тригонометричної функції (1). Похідна цієї функції характеризує приріст продукції в кожний момент часу:

$$f(t) = a + b \cdot \cos(c \cdot t + d) \quad (1)$$

Для подальших досліджень прийнято такі конструктивні виконання клапанів: конічної; сферичної з насадкою, що не повторює форму клапана; сферичної з насадкою, що повторює форму клапана; циліндричної форм. Виконані теоретичні дослідження дали можливість отримати функції зміни площі поперечного перерізу клапана від вертикальної координати їх положення, які в свою чергу були прив'язані до попередньо знайденого раціонального закону миттєвого приросту продукції в тарі для клапанів конічної (2), сферичної з насадкою, що не повторює форму клапана (3), сферичної з насадкою, що повторює форму клапана (4) та циліндричної (5) форм.

$$\pi \cdot h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \left[2 \cdot r_1 - h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi - \alpha}{2}\right)\right] \cdot \rho \cdot g \cdot v = -3.5925 \cdot \sin(0.3559 \cdot t - 1.6033) \quad (2)$$

$$\pi \cdot r_1 \cdot r_2 \left(1 - \left(\frac{\sqrt{r_1^2 - r_2^2} - h}{\sqrt{r_1^2 - \frac{r_2^2}{4}}}\right)^2\right) \cdot \rho \cdot g \cdot v = -3.5925 \cdot \sin(0.3559 \cdot t - 1.6033) \quad (3)$$

$$\pi \cdot r_1 \cdot \left(\frac{1}{\sin\left(\frac{\pi-\alpha}{2}\right)} - \sin\left(\frac{\pi-\alpha}{2}\right) \right) \cdot \rho \cdot g \cdot v = -3.5925 \cdot \sin(0.3559 \cdot t - 1.6033) \quad (4)$$

$$2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot h \cdot \rho \cdot v \cdot g = -3.5925 \cdot \sin(0.3559 \cdot t - 1.6033) \quad (5)$$

Розв'язавши отримані рівняння відносно координати вертикального положення клапана h , було визначено функцію положення клапана в кожний момент часу, перша похідна якої характеризує швидкість, а друга – прискорення його переміщення.

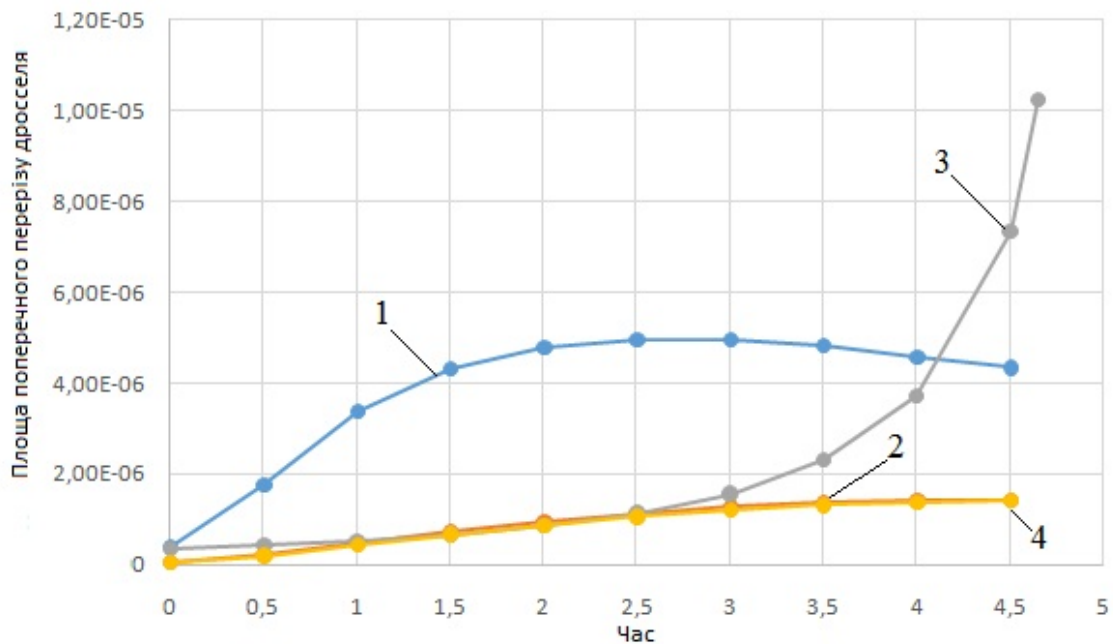


Рис. 3. Порівняння зміни площі поперечного перерізу дроселювання в процесі дозування для різних видів клапанів: 1 – конічний клапан; 2 – сферичний з насадкою, що не повторює форму клапана; 3 – сферичний з насадкою, що повторює форму клапана; 4 – циліндричний клапан

Для реалізації отриманих залежностей виконано синтез пневматичного привода. Оскільки закон руху описує поступове зменшення пропускної здатності, дроселювання відбувається лише на штоковій порожнині. Визначено ефективну площу дроселювання для кожної форми розглянутих клапанів (рис. 3).

Висновки

Реалізація вагового методу дозування рідкої продукції зі зворотним зв'язком дає змогу виконати дослідження процесу наповнення тари, внаслідок чого одержано раціональний закон наповнення тари. Проведений аналіз та розрахунки поширених форм клапанів надав змогу одержати раціональні закони руху клапанів та виконати синтез пневмопривода з метою реалізації попередньо заданого закону руху.

Література

1. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – К. : ІАЦ «Упаковка», 2010. – 746 с.
2. Pat. US5515888A. Int. Cl⁶ B65B 1/04. Measuring weight by integrating flow // Andre Graffin – № 5515888; Eing. 25 Sept. 1994; Ver. 14 May. 1996.
3. Герц Е.В. Пневматический привод. Теория и расчет / Машиностроение, 1985. – 359 с.

Дослідження мехатронних модулів для дозування рідкої продукції на основі використання пневматичних шлангових затворів

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

Тенденції розвитку рідких харчових напоїв вимагають створення більш гнучких та універсальних фасувальних пристроїв, зокрема дозаторів для харчових рідин. Новітні дозатори повинні бути розроблені згідно з вимогами, які виникають на споживчому ринку, та мають відповідати певній уніфікації незалежно від виду рідкої продукції та типу тари, мати можливість перенастроювання на різні величини дози.

Одним із перспективних напрямів розробки конструкцій нових дозаторів, які відповідають зазначеним вимогам, є використання пневматичних шлангових затворів. Відмінною рисою шлангових затворів є переріз, який можна регулювати за допомогою зміни тиску повітря.

На основі проведеного аналізу конструкцій шлангових затворів запропоновано структурну схему мехатронного модуля для дозування рідких харчових продуктів (рис. 1).

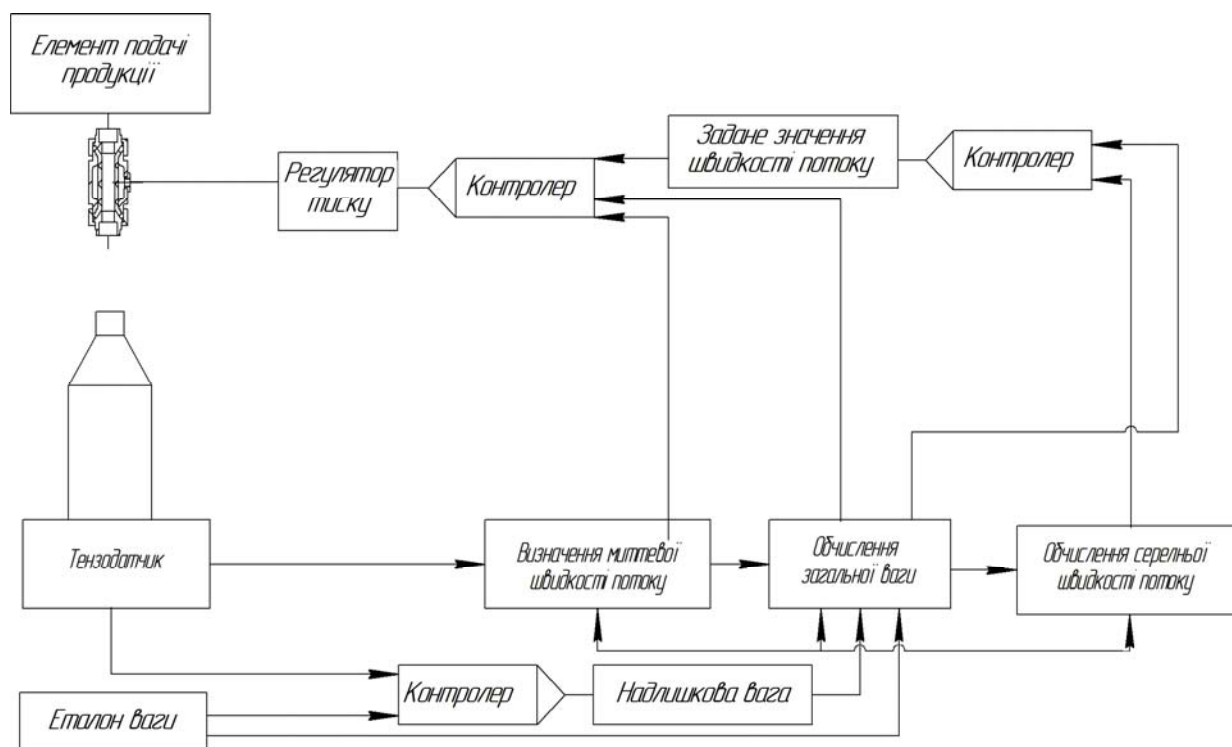


Рис. 1. Структурна схема мехатронного модуля для дозування рідких продуктів за допомогою пневматичного шлангового затвора

Наповнення упаковки рідкими харчовими продуктами в запропонованій структурній системі керування здійснює контролер, який аналізує миттєву та відносну швидкості потоку рідкої продукції та її вагу. На основі отриманих даних контролер за допомогою регулятора тиску контролює площу прохідного перерізу пневматичного шлангового затвора, через який подається рідкий харчовий продукт, за рахунок чого відбувається суттєве підвищення точності дозування.

Для виконання досліджень було проаналізовано конструкції дозаторів типу пневматичного шлангового затвора вітчизняних і закордонних виробників та встановлено їх переваги й недоліки. Конструкція типового шлангового затвора представлена на рис. 2.

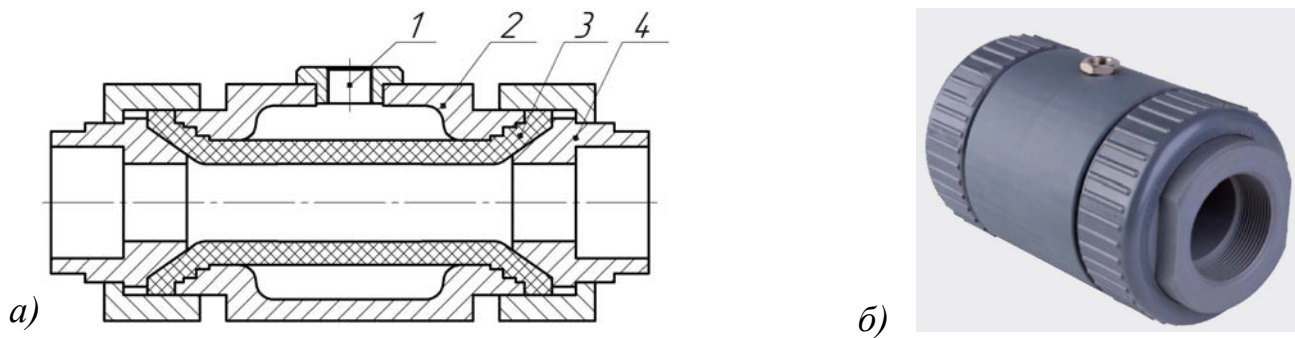


Рис. 2. Пневматичний шланговий затвор: конструкція (а), де 1 – патрубок подачі стисненого повітря; 2 – корпус; 3 – патрубок з еластичного матеріалу; 4 – фланець; загальний вигляд (б)

На першому етапі проектування мехатронного модуля для дозування рідких харчових продуктів було визначено залежності зміни ефективної площі перерізу прохідного патрубку шлангового затвора від тиску керування. Для розрахунку було розроблено розрахункову схему (рис. 3).

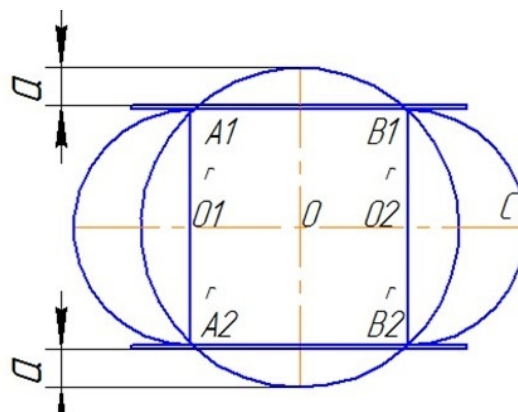


Рис. 3. Розрахункова схема роботи шлангового затвора

Якщо на затворі дозатора відсутнє стиснене повітря, то ефективна площа перерізу прохідного патрубку визначається за формулою:

$$f_0 = \pi \cdot R^2, \quad (1)$$

де R – внутрішній радіус патрубку.

При подачі стисненого повітря відбувається зміна форми ефективної площі на величину a від вихідного положення. Патрубок набуває форми, що складається з прямокутника $A_1A_2B_2B_1$ і двох півкіл з радіусом r .

Вважаючи, що периметр всередині патрубку в площині перетину не змінюється, можна записати співвідношення:

$$2\pi R = 2A_1B_1 + 2\pi r. \quad (2)$$

$$\text{З рис. 3 видно, що } r = R - a \text{ та відрізок } A_1B_1 = \pi a. \quad (3)$$

Тоді площа перетину частково пережатого патрубку визначається за формулою:

$$f = 2A_1B_1 2r + \pi r^2 \quad (4)$$

Підставивши рівняння (3) та (4) в рівняння (2), було отримано величину зміни ефективної площі f як функцію від величини переміщення a :

$$f(a) = \pi(R^2 - a^2). \quad (5)$$

Змінювати площі прохідного перерізу затвора можна регулюванням тиску в корпусі (рис. 2). При цьому прохідний переріз f може встановлюватися за рівнянням (5). Витрата рідини Q (м³/год) через перетин затвора f (см²) визначається як:

$$Q = 5,04 \cdot f \cdot \zeta^{-0,5} \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right)^{1/2}, \quad (6)$$

де ζ – безрозмірний коефіцієнт опору; ΔP – перепад тиску на перерізі f .

Отримані результати аналітичних досліджень представлені у вигляді графіка зміни ефективної площі від вхідного тиску (рис. 4).

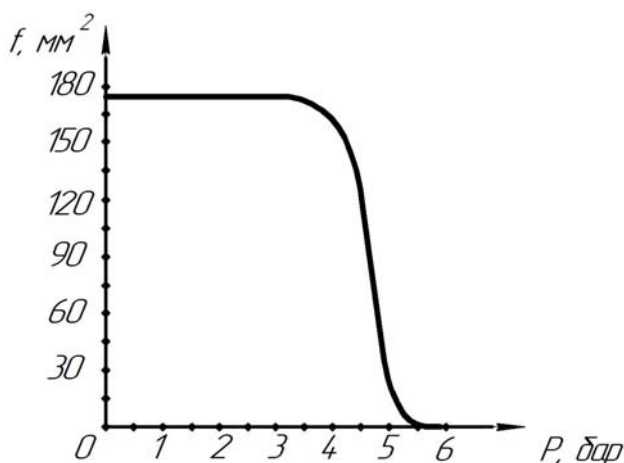


Рис. 4. Графік зміни ефективної площі f від вхідного тиску P

Таким чином, на основі проведених аналітичних досліджень було розроблено математичну модель розрахунку зміни ефективної площі прохідного перерізу затвора як функції зміни тиску керування. Встановлено, що така залежність є нелінійною й характеризується малим діапазоном зміни ефективної площі. Даний ефект суттєво впливає на методику роботи системи керування мехатронного модуля з пневматичним шланговим затвором та вибір її елементів.

Література

1. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры / Д.Ф. Гуревич. – Москва : ЛКИ, 2008. – 480 с.
2. Каталог продукции АКО Corporation. Пневматические шланговые задвижки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.perezhimnoj-klapan.ru/materialy-dlja-zagruzki.html>. – Дата доступа: 03.03.2018.

Вплив пакувального матеріалу та способу пакування на зміну кристалічності помадних цукерок на основі глюкози, фруктози, лактози

О. Онофрійчук, О. Кохан, к.т.н., НУХТ, м. Київ

В Україні великою популярністю користуються різні кондитерські вироби. Серед цієї великої групи солодощів слід виділити групу помадних цукерок, основою яких є цукрова та молочна помади, до складу яких входить натуральна сировина: цукор, патока, молоко. Такі цукерки не містять компонентів, не рекомендованих дітям молодшого віку або від яких у малечі можуть виникнути небажані наслідки для здоров'я.

Для того, щоб виріб завоював прихильність серед широкої аудиторії споживачів, від повинен задовольнити всі очікування населення і навіть здивувати. Для цього продукт повинен певним чином відрізнитися від його попередників-аналогів, зберігати гарні органолептичні показники протягом терміну реалізації та не лише нести психологічне задоволення від споживання продукту, а й здійснювати оздоровчий вплив на організм споживача. Ми пропонуємо виробництво помадних цукерок з використанням комбінацій цукрів – лактози, фруктози та глюкози. Цукерки, виготовлені на основі комбінації глюкози та фруктози, рекомендуються для споживання як джерело «швидких» вуглеводів, а цукерки на основі комбінації лактози та фруктози мають показник глікемічності, майже на 50 % нижчий від класичного зразка цукрової помади, тому дані вироби можна рекомендувати для людей, хворих на цукровий діабет.

Оскільки в рецептуру розроблених цукерок входить гігроскопічний цукор фруктоза, ці вироби слід пакувати так, щоб запобігти відволоженню поверхні цукерок. При зберіганні цукерок кристалічної структури збільшуються розміри кристалів твердої фази, вони починають відчуватися на смак і погіршують органолептичні властивості виробів. Тому доцільно дослідити зміни кристалічності пакованих зразків цукерок при зберіганні їх протягом трьох місяців.

Зразки цукерок пакували в металізований поліпропілен способом «у перекрутку» – найбільш поширеним для помадних цукерок. Цукерки зберігали в приміщенні лабораторії при температурі 18–20 °С та відносній вологості в межах 75 %.

Визначення кристалічності було проведено за допомогою рентгенографічного методу [1]. Для того, щоб ідентифікувати цукри в готових виробках, було проведено рентгенофазні дослідження окремо кожного цукру. Дифрактограми, зняті при опроміненні зразків цукерок на комбінації цукрів у день виготовлення та через три місяці зберігання, наведені на рис. 1, 2.

Аналізуючи дані, наведені на рис. 1, можна зробити висновок, що піки в готовому виробі відповідають пікам фруктози та лактози. Свіжоприготовлена помада на основі лактози та фруктози має досить дрібнокристалічну структуру. Так, пік на 20° цукру лактози має інтенсивність 150000, фруктози – 52000, а готового виробу 4500. Це можна пояснити значним вмістом у виробі гігроскопічної фруктози, яка дуже повільно викристалізовується.

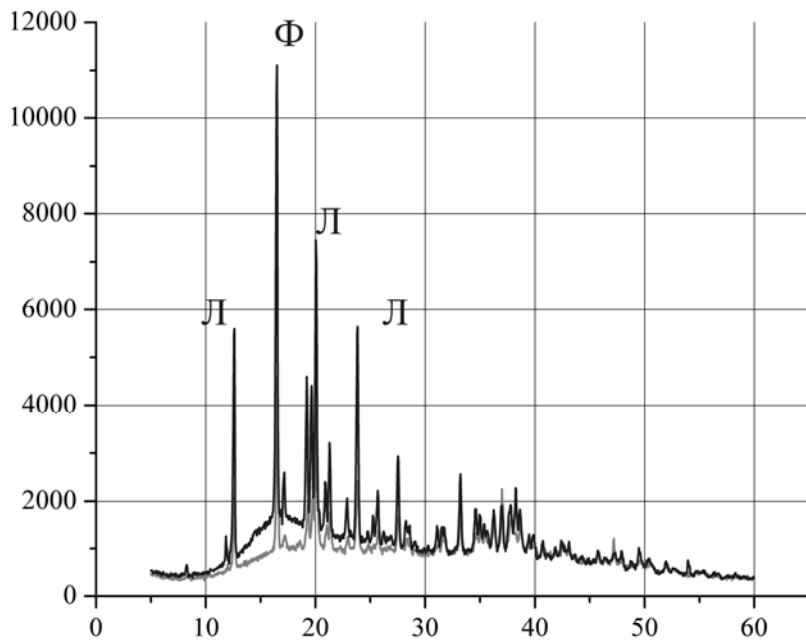


Рис. 1. Дифрактограма цукерок на основі фруктози та лактози: — — свіжа помада; — — через три місяці зберігання

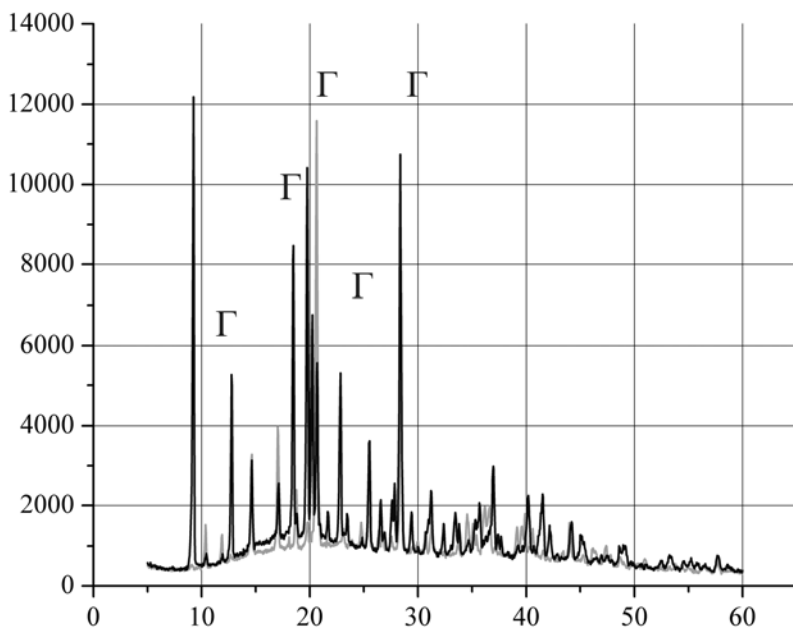


Рис. 2. Дифрактограма цукерок на основі фруктози та глюкози: — — свіжа помада; — — через три місяці зберігання

При зберіганні цукерок площа піків збільшується (рис. 1), що говорить про збільшення кристалічної фази в помаді. Частина графіка аналізу свіжої помади й помади при зберіганні накладається, але спостерігається і збільшення піків на 12° – з 2100 до 5700, на 18° – з 4500 до 11000, 20° – з 3500 до 7000, 22° – з 2500 до 5500. Порівнюючи це збільшення із піками цукру фруктози, можна зробити висновок, що навіть таке збільшення кристалів не впливатиме на погіршення органолептичних показників досліджуваного зразка помадних цукерок. Піки дифрактограм зразка цукерки, виготовленої на фруктозі та глюкозі, належать кристалічній глюкозі (рис. 2), тобто кристалічна фаза помадної маси

переважно представлена кристалами глюкози. Це пояснюється тим, що під час отримання помади відбувається охолодження та інтенсивне перемішування помадного сиропу, що містить цукри глюкозу та фруктозу. І так як серед цих цукрів саме глюкоза має меншу розчинність, вона буде першою викристалізовуватися з пересиченого помадного розчину.

Порівнюючи дифрактограми свіжовиготовленого зразка та зразка цукерок через три місяці зберігання, спостерігаємо збільшення інтенсивності піків, що свідчить про збільшення кристалічності твердої фази досліджуваної цукерки. Проте при кутах дифракції 17° та 21° спостерігається незначне зменшення інтенсивності піків. Це можна пояснити тим, що відбувається перерозподіл вологи в рідкій фазі помади і, напевно, часткове розчинення існуючих кристалів помади.

Свіжоприготовлена помада на основі глюкози та фруктози має досить дрібнокристалічну структуру (рис. 2). Наприклад, пік на 28° , характерний для глюкози, має інтенсивність 22500, фруктози – 11000, а готовий виріб має інтенсивність лише 6100. З рисунку видно, що при зберіганні площа піків збільшується, що говорить про збільшення кристалічної фази у помаді. Частина графіка аналізу свіжої помади й помади при зберіганні накладається, але спостерігається і збільшення піків на 12° – з 1500 до 5000, на 19° – з 2500 до 8500, 28° – з 6500 до 10500. Також спостерігається поява нових піків на 9° – 12100, 20° – 10250, 22° – 5500. Підвищення кристалічності та збільшення розмірів кристалів твердої фази можна пояснити процесом викристалізації малорозчинної глюкози та порівняно незначним вмістом гігроскопічної фруктози. Але порівнюючи із піками фруктози, можна зробити висновок, що навіть таке збільшення кристалів не впливатиме на органолептичні показники досліджуваного продукту.

Для підтвердження результатів дифрактограм нами було проведено мікроскопічний аналіз цукрів та помадних цукерок на основі глюкози-фруктози, лактози-фруктози свіжовиготовлених і після зберігання протягом трьох місяців упакованими в металізований поліпропілен способом «у перекрутку».

Після отримання мікроскопічного зображення досліджуваних зразків зі збільшенням 1600 було визначено середні розміри кристалів зразків цукерок (таблиця).

Таблиця.
Середній розмір кристалів помадних цукерок на основі глюкози-фруктози та лактози-фруктози

Зразок	Середній розмір кристалів, мкм
Помадні цукерки, виготовлені на основі:	
глюкози та фруктози свіжовиготовлені	1,25
глюкози та фруктози через 3 міс. зберігання	3,13
лактози та фруктози свіжовиготовлені	0,63
лактози та фруктози через 3 міс. зберігання	1,88

Отже, дані, наведені в таблиці, підтверджують результати дифрактограм: кристалічність помадних цукерок при зберіганні незначно збільшується. Якщо порівнювати розміри кристалів готових виробів навіть через три місяці зберігання, то вони значно менші за кристали найдрібнішого цукру глюкози: кристали розмірами 3,13 мкм має глюкозно-фруктозна помада, 1,88 мкм – лактозно-фруктозна помада, а цукор глюкоза має розмір кристалів 18,7 мкм.

Із проведених досліджень можна зробити висновок, що при зберіганні упакованими в металізований поліпропілен традиційним способом «у перекрутку» протягом трьох місяців зразки цукерок не зазнають значних змін у якості. Основним показником якості помадних цукерок є розмір кристалів твердої фази помади, а в досліджуваних зразках цукерок розміри кристалів твердої фази помади значно менші за максимально допустиме значення – 25 мкм.

Література

1. *Кузнецова Г.А.* Качественный рентгенофазовый анализ : методические указания / Г.А. Кузнецова. – Иркутск : ИГУ, 2005. – 28 с.

Вакуумування в технологіях пакування

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

Технологічні досягнення 50-х років минулого століття у створенні вакуумних технологій привели до підвищення інтересів в оцінюванні впливів ефектів різкого зниження тисків у середовищах харчових виробництв.

До числа факторів, які супроводжують зниження тисків у рідинних або вологих середовищах, належать порушення умов термодинамічної рівноваги й перехід їх до метастабільних станів із наступним генеруванням парової фази. Оскільки такі зміни відбуваються в умовах адіабатних процесів, то генерування парової фази супроводжується швидким зниженням температури. Залежно від досягнутих рівнів тисків швидкість зменшення температур лежить в інтервалах від 1 до 10 градусів за 1 с. Такого рівня енергетичний імпульс оцінюється потужністю в 5–7 кВт в об'ємі 0,001 м³. Йому відповідають генерування гідродинамічних ударів, кавітаційні ефекти, інтенсивний масообмін, руйнування міжклітинних структур рослинного походження.

Особливі наслідки має поєднання технологій вакуумування середовищ та осмомолекулярної дифузії. Таке поєднання є корисним стосовно ягідної, овочевої й фруктової продукції та здійснюється додаванням до оброблюваної сировини цукру. Включення механічної осмомолекулярної дифузії приводить до вилучення рідинної фази з клітин рослинного походження. Взаємодія такої рідинної фази із цукром закінчується утворенням концентрованих сиропів, у яких цукор у твердій фазі відсутній. При цьому важливо, що повторне утворення кристалів цукру місця не має, а зворотний осмомолекулярний потік приводить до відновлення ягідних, фруктових та овочевих структур до природної форми.

При проведенні дослідження було використано дослідну установку (рис 1). Порядок проведення дослідження був такий. До вакуумної камери 1 закладається зразок 2, камера 1 герметизується. Після герметизації камери вмикається вакуумний насос 6 та створюється розрідження на рівні 0,06–0,04 атм залишкового тиску. Для контролю якості герметизації камери та перебігу самого досліду було встановлено манометр 7. У продукті, охолодження якого планувалося дослідити, розташовувались термопари, а в камері 1 було зроблено спеціальний герметичний отвір для виводу термопар. Електрорушійна сила, яка виникає у спаї термопар, передається через блок оцифровки 3 та блок перетворення оцифрованого сигналу 4 на комп'ютер. Перетворення значень ЕРС термопари в температуру відбувається автоматично блоком 3. Отримані значення температури середовища зберігаються в комп'ютері. Для контролю процесу значення температури продукту одночасно відображаються на екрані комп'ютера.

Проведені дослідження дали змогу підтвердити теоретичні припущення про швидкість охолодження продуктів при вакуумній обробці.

Поєднання вакуумних впливів і процесів осмомолекулярної дифузії означає досягнення осмотичних станів, що, за нашими спостереженнями, дає

можливість подовжити термін стабілізації якісних та енергетичних показників до трьох років.

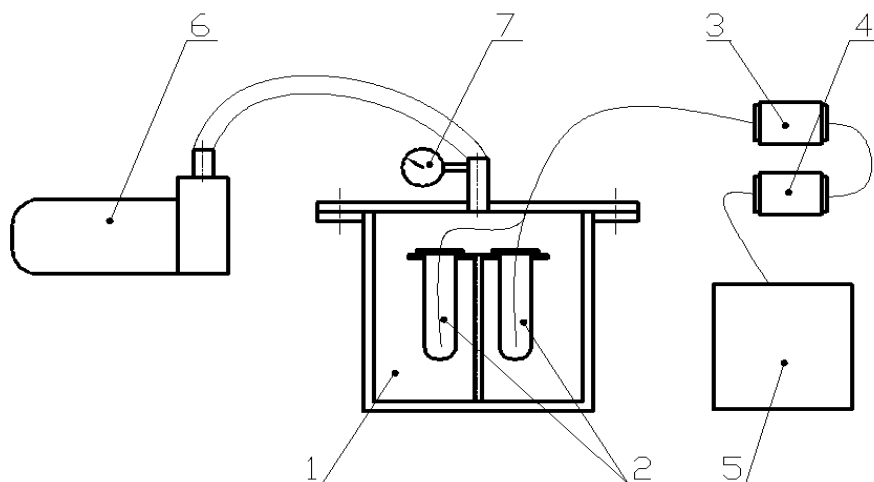


Рис. 1. Схема дослідної установки: 1 – вакуумна камера; 2 – ємкість із середовищем, що досліджується; 3 – блок оцифровування сигналу термопар; 4 – блок перетворення оцифрованого сигналу; 5 – комп'ютер; 6 – роторний вакуумний насос; 7 – мановакууметр

Хоча такі терміни в життєвих і природних циклах потрібні обмежено, однак із погляду ефективності стабілізації вони говорять самі за себе.

На додаток до формулювання «м'яких» упаковок нами розроблено методи одержання вакуумних упаковок на основі склотари, що відкриває нові можливості в реалізації запропонованих технологій. Важливим наслідком низькотемпературних режимів обробки є повне збереження вітамінних і навіть ферментативних структур.

Література

1. Бойко О.О. Вакуумування в технологіях пакування / О.О. Бойко, І.А. Гонга // Матеріали доповідей ІХ Науково-практичної конференції молодих вчених «Новітні технології пакування», додаток до журналу «Упаковка». – Київ, 2013. – С. 47–48.
2. Maksimenko I. Particularity of phase transitions in the vacuum technology / I. Maksimenko, O. Voiko // Journal Of Food And Packaging Science Technique And Technologies. – Plovdiv, Bulgaria, 2013. – Year II. – Vol. 2. – P. 172–175.
3. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів у харчових і мікробіологічних технологіях : монографія / А.І. Соколенко, В.А. Піддубний, О.Ю. Шевченко. – К. : Люксар, 2008. – 443 с.

Дослідження функціональних мехатронних модулів у структурі синтезу пакувальних машин

Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., НУХТ, м. Київ

Вступ. Процеси пакування харчових продуктів базуються на основі взаємозв'язків між конструктивними, кінематичними, динамічними та інформаційними параметрами окремих пакувальних машин та їх функціональних модулів у структурі потоково-технологічних ліній. Сучасний стан розвитку пакувального обладнання передбачає використання мехатронних функціональних систем для виконання як основних, так і допоміжних технологічних операцій [1]. У результаті дослідження стану робототехнічного обладнання в харчовій галузі визначено напрям роботи над актуальними питаннями моделювання операцій оброблення штучних харчових продуктів і пакувального матеріалу. Дослідження спрямоване на вдосконалення наявного та створення нового пакувального обладнання та підвищення ефективності його роботи.

Матеріал і методи. Матеріалами дослідження є розроблення енергоефективних багатофункціональних мехатронних модулів у структурі синтезу модуля подачі плівки пакувального рулонного матеріалу на основі неоднорідної технічної системи (рис. 1). Як методи дослідження при розробленні математичних моделей застосовано методи теоретичної механіки, математичного аналізу, математичної фізики й сучасні числові методи.

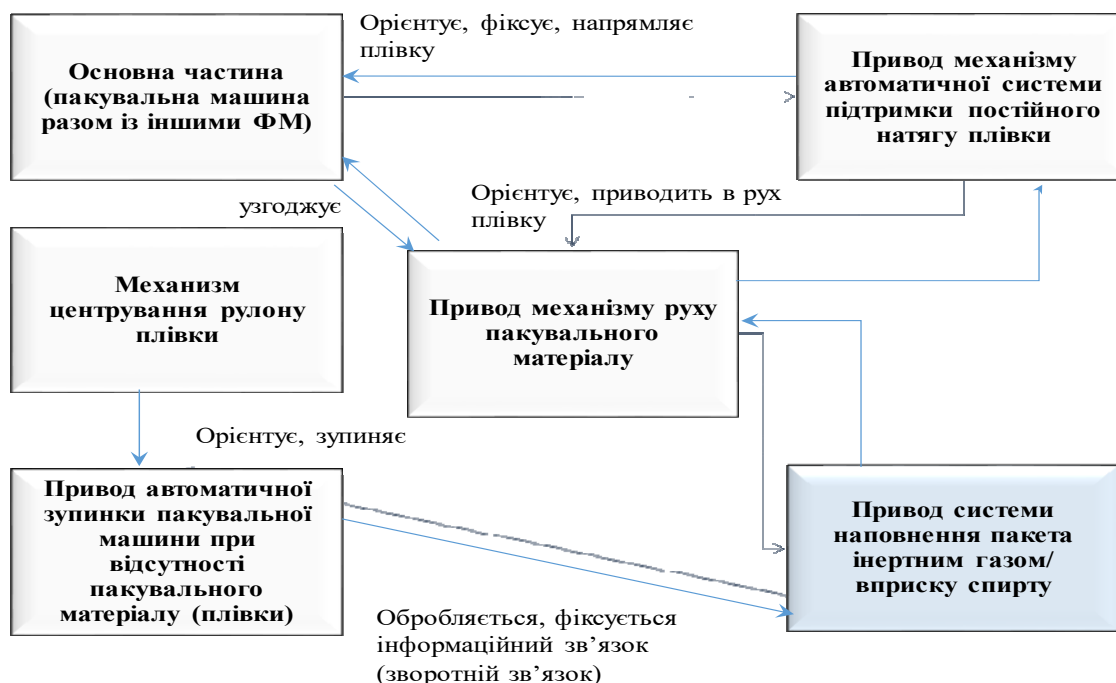


Рис. 1. Узагальнена структура інформаційно-логістичних зв'язків для механізму руху плівки пакувального матеріалу й привода системи підведення інертного газу для формування споживчої упаковки

Задачами дослідження були процеси взаємодії між окремим функціональним пристроєм пакувальної машини й системою керування зі знизеним енергоспоживанням. У процесі дослідження розглядалося формування двошарової газомісної споживчої упаковки на основі гнучких полімерних матеріалів для вертикальних і горизонтальних пакувальних машин. У середині упаковки продукт підвішується, немов у гамаку, і захищений від пошкодження (рис. 2). Упаковка заварюється з двох кінців, сам продукт оточений невеликою подушкою із суміші інертних газів. У складі пакета – дві газонаповнені каверни, де можуть міститися харчові продукти – хліб, овочі або салати [3]. Як видно з наведеної нижче схеми, порожнина із продуктами перебуває всередині іншої, зовнішньої порожнини, заповненої сумішшю кисню й вуглекислого газу.

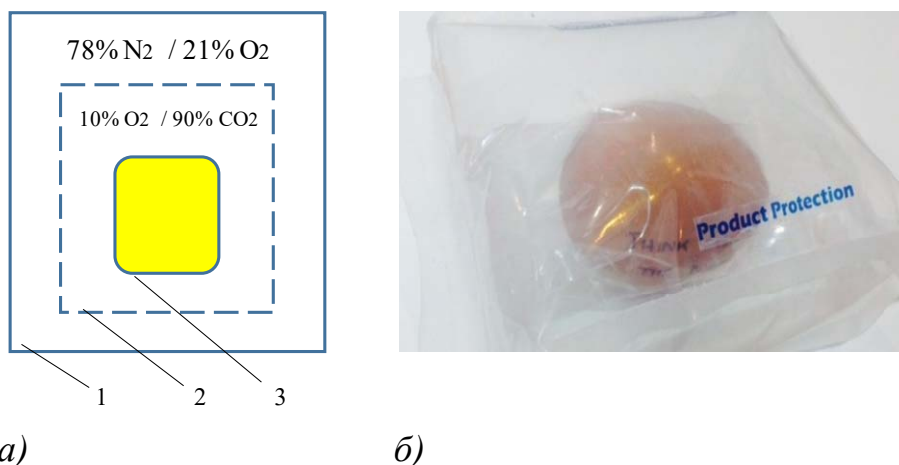


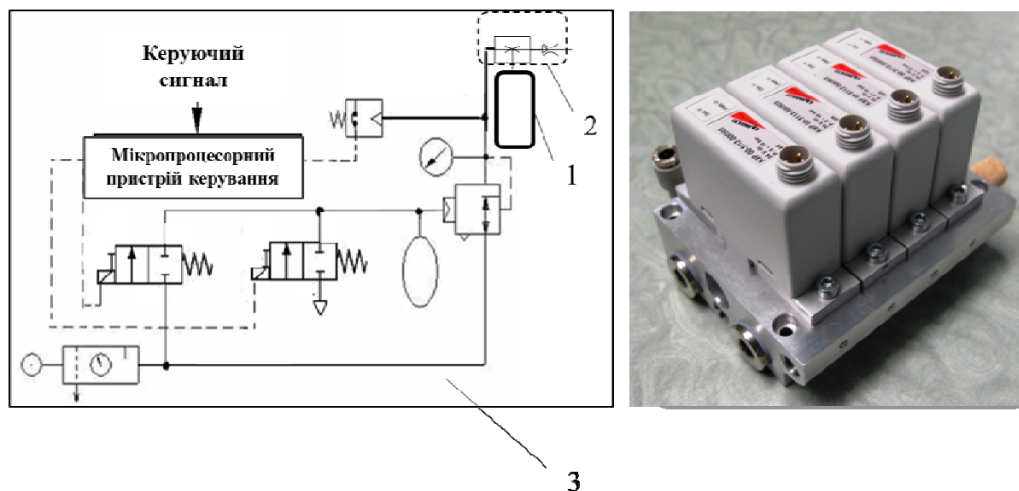
Рис. 2. Двошарова упаковка Double Bubble: структура і склад газового середовища в упаковці (а), де 1 – зовнішній шар упаковки, 2 – внутрішній шар упаковки, 3 – штучний харчовий продукт; зовнішній вид сформованої упаковки (б)

Перший варіант Double Bubble – 10 % кисню і 90 % вуглекислого газу у внутрішній та 90 % кисню і 10 % вуглекислоти в зовнішній порожнинах. Другий – 60 % кисню і 40 % вуглекислоти для внутрішньої, при 80 % кисню і 20 % вуглекислого газу для зовнішньої. Власне каверни з продуктами наповнені інертним газом за допомогою керуючого функціонального блоку (рис. 3) із системою зворотного зв'язку. Маса витрати газу в процесі його підведення сопловим елементом із ресивера описується рівняннями Сен-Венана і Ванцеля [2]. При ізоентропійному витіканні для докритичного режиму справедливе рівняння (1), для надкритичного режиму – залежність (2).

$$G_s = fp_0 \sqrt{\frac{2k}{RT_0(k-1)} \left[\left(\frac{p_{o.c.}}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_{o.c.}}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \frac{p_{o.c.}}{p_0} \geq \beta_{kp}; \quad (1)$$

$$G_s = fp_0 \sqrt{\frac{k}{RT_0} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \frac{p_{o.c.}}{p_0} \leq \beta_{kp}; \quad (2)$$

де G_s – масова витрата стисненого повітря (кг/с); f – площа прохідного перетину сопла (m^2); R – питома газова константа, Дж/(кг·К); T_0 – абсолютна статична, повна температура (К); k – показник адіабати.



а)

б)

Рис. 3. Пристрій керування для створення газової суміші всередині упаковки Double Bubble за заданою концентрацією: принципова схема керування одного із чотирьох модулів подачі газу (а), де 1 – ресивер газу, 2 – система ежектор-сопло, 3 – принципова схема керування пристроєм подачі газу; загальний вид пристрою (б)

На рис. 4 представлено результати обчислення витрат через різні соплові пристрої.

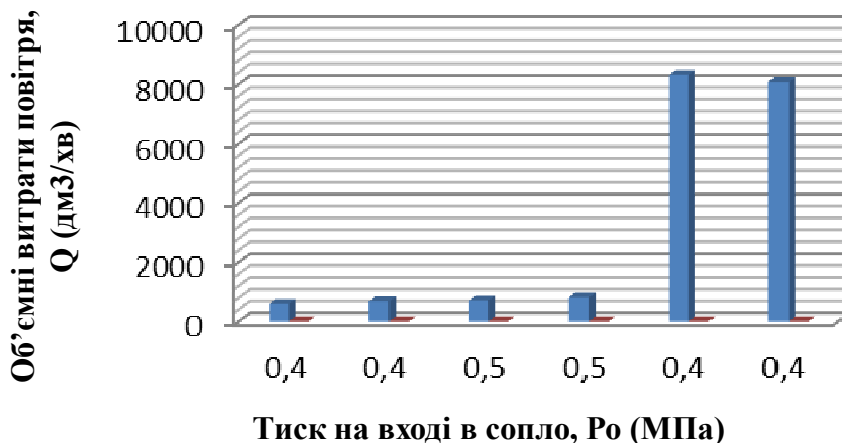


Рис. 4. Гістограма витратних характеристик сопла й відкритої циліндричної насадки за умов, коли задано такі конструктивні параметри: сопло ($P_0 = 0,4$ МПа, $P_0 = 0,5$ МПа, $d = 4$ мм, $d = 14$ мм, $L = 200$ мм); відкритий переріз трубопроводу без звуження на виході

Висновки. На базі проведених досліджень запропоновано модель керування пристроєм системи наповнення споживчої упаковки інертним газом із мікропроцесорною системою. Розроблено алгоритм діагностики

пневмосистеми, визначено умови управління розподілом тиску та параметри системи пневмосопла.

Література

1. *Bhave M., Janardhanan S., Dewan L.* ‘A smart higher order sliding mode control of rigid articulated robotic manipulator with passive joints’ // *Int. J. of Modelling, Identification and Control*. 2015. Vol. 23. No. 3. Pp. 260–266.
2. *Stevenson R., Yang Z., Jairazbhoy V.* Transient Bernoulli flow in multi-port fluid devices with arbitrary geometry // *Appl. Math. Modelling*, in press, doi:10.1016/j.apm. 2006.11.002.
3. *Karnopp D.C., Margolis D.L., Rosenberg R.C.* *System Dynamics, Modeling and Simulation of Dynamic Systems*, third ed. Wiley Interscience, 2000.

Особливості компонування зон робочого сервісного простору робототехнічних комплексів пакування

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

Промислові роботизовані комплекси є одним із нових напрямів автоматизації виробничих процесів у пакувальній індустрії. Роботизація технологічних процесів пакування базується на створенні перш за все гнучкого керування багатофункціональних технологічних комплексів як сукупності пов'язаних пристроїв і систем управління в реальному часі. Якісне функціонування цих комплексів вимагає врахування численних особливостей об'єкта регулювання в умовах обмежень зовнішнього середовища. Важливим технічним завданням, що виникає при створенні пакувальних роботизованих комплексів, є підвищення вимог, насамперед до надійності та гнучкості управління. Розв'язання цього завдання на початковій стадії проектування пов'язане з компонуванням. При цьому важливим питанням робототехнічних комплексів є визначення необхідних розмірів зони обслуговування.

У роботі виконано математичне моделювання руху робочих органів для визначення геометричних розмірів маніпулятора за умови відомих розмірів зони обслуговування.

За результатами проведеного аналізу компонування схем можна стверджувати, що сучасні роботизовані комплекси – це багатокоординатні маніпулятори. Типова структурна схема роботизованого комплексу складається з таких систем: механічної, керування, зв'язку з оператором, приводів, інформаційної та операційної (рис. 1).

Механічна система зазвичай виготовлена у вигляді маніпулятора. Конструкцію маніпулятора умовно поділяють на дві групи: лінійна та шарнірно-складальна (рис. 2). Кожна група характеризується ступенем вільності, тобто кількістю площин, у яких може переміщуватись об'єкт.

Маніпулятори лінійного типу мають ступінь вільності до п'яти, а шарнірно-складального – до восьми.



Рис. 1. Типова структурна схема роботизованого комплексу пакування

Електронна система керування забезпечує покоординатне позиціонування.

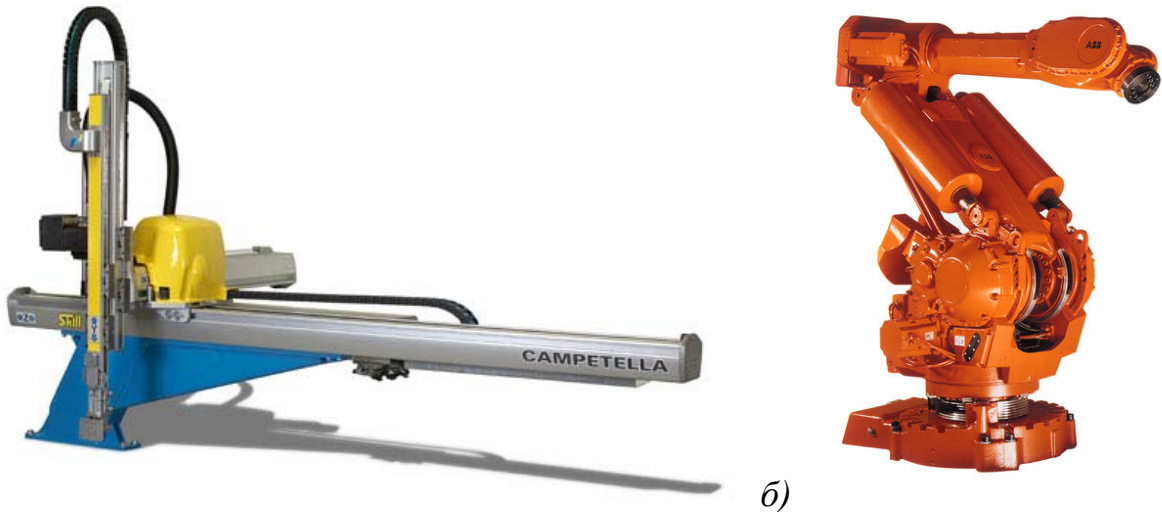


Рис. 2. Конструкція маніпуляторів: лінійного типу компанії Campetella (а); шарнірно-складального типу компанії АББ (б)

Типова розрахункова схема зон сервісу для маніпуляційного робота наведена на рис. 3.

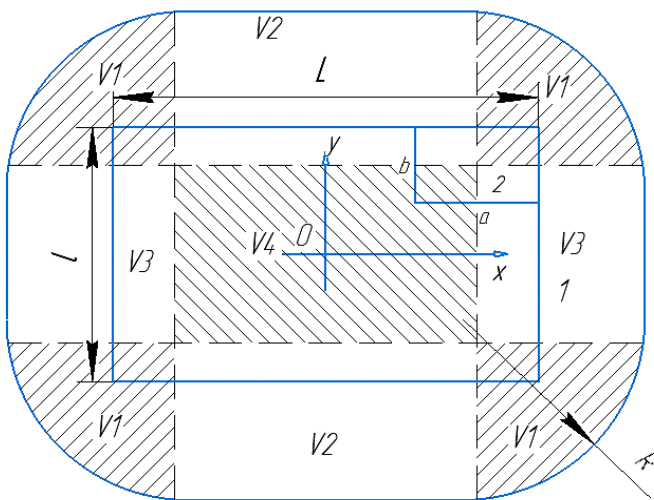


Рис. 3. Компонувачна розрахункова схема робочої зони сервісу: 1, 2 – відповідно індуктор і якор x, y-ШД; R – довжина «випрямленої» руки; a, b – довжина і ширина бази; L, l – довжина і ширина індуктора 1; V₁₋₄ – частини зони сервісу маніпулятора; X, Y – переміщення бази уздовж координатних осей

Якщо прийняти за основу зону сервісу маніпулятора без x, y-ШД, то можна обчислити її відносне збільшення при використанні в якості бази планарного електромеханічного модуля. Якщо відомі максимально віддалені точки робочої зони, що обслуговуються людиною, то зону сервісу можна описати еліпсом так, щоб усі максимально віддалені точки були в його середині. Розглянемо перетин поверхні сервісу горизонтальною площиною (рис. 4).

Робочу зону обслуговування при заданому x, y-ШД забезпечить максимальний радіус руки маніпулятора. Якщо задатися значенням R_{min} , то мінімально необхідні переміщення руки по осях x, y-ШД визначаються з рівнянь:

$$X_{max} = \frac{2R(R^2 - R \cdot M + M \sqrt{2R \cdot M})}{R^2 + M^2};$$

$$Y_{max} = \frac{2M(M^2 - R \cdot M + R \sqrt{2R \cdot M})}{R^2 + M^2};$$

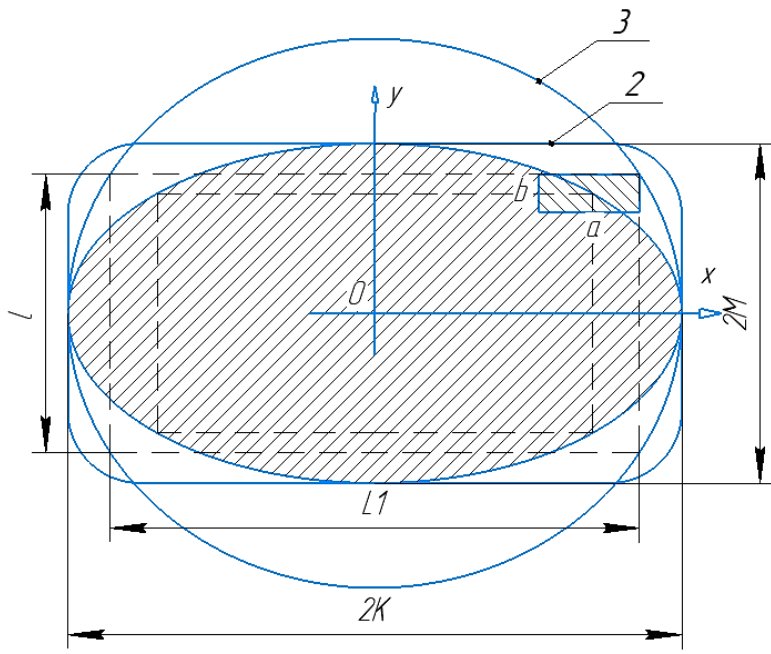


Рис. 4. Розрахункова схема робочої зони сервісу «під людину», де: K, M – півосі еліпса; 1 – робоча зона, в якій людина маніпулює пакувальними одиницями, наприклад, при груповому пакуванні; 2 – зона сервісу маніпулятора з використанням x, y -ШД; 3 – зона сервісу маніпулятора без x, y -ШД

Висновки

Визначено, що найбільш типовими схемами компоновки робототехнічних комплексів для пакування харчових продуктів з одним маніпулятором є одно-, дво- та чотирипотоківі рівні.

У роботі вдосконалено методику визначення сервісного робочого простору. Для її реалізації визначено та запропоновано базове положення маніпулятора на рухомій станині, при якому вектор, що збігається з віссю ортогональної площини переміщень основи і проходить через його центр мас, колінеарний і протилежний вектору поля гравітації.

Для зменшення робочої зони сервісу її перетин площиною паралельної магнітоповітряному зазору рухомої основи маніпулятора доцільно описувати рівнянням еліпса і, виходячи з цього, визначати необхідні параметри маніпулятора й рухомої основи.

Література

1. Попов Е.П. Автоматическое регулирование и управление. – М. : Наука, 1966.
2. Интеллектуальные системы автоматического управления // Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 576 с.
3. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. – М. : Высшая школа, 1986. – 264 с.

Удосконалення механізму привода транспортувальної системи тамподрукарської машини

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

Для подавання виробів, які задруковуються, у зону друку використовують транспортувальні пристрої. У тамподрукарських машинах такі пристрої здійснюють періодичний рух. Періодичний привід транспортувальних пристроїв здійснюється за допомогою механізмів періодичного повороту, сервоприводів або крокових двигунів. При використанні сервоприводів виникає необхідність використання датчиків зворотного зв'язку, з'являється ускладнений блок управління, а також виникає потреба фіксації ведених мас під час гальмування. Споживання енергії кроковими двигунами однакове як у період роботи, так і в період холостого ходу. При перенавантаженнях та через невисоку питому потужність двигунів втрачається контроль положення ведених ланок, що негативно впливає на точність позиціонування. Для зменшення динамічних навантажень у системі, які виникають під час пуску двигуна, доцільно використовувати механізми привода з постійно працюючими двигунами. Перетворення неперервного обертального руху в періодичний обертальний рух, який описується диференціальними рівняннями, відбувається за допомогою механізмів періодичного повороту. Аналіз таких механізмів [1] показав, що технологічному процесу тамподруку найбільше відповідають кулачкові механізми періодичного повороту, за допомогою яких забезпечується точність фіксації веденої ланки під час вистою по двох роликах і рівнорадіусній ділянці кулачка, можливість виконання будь-якого закону періодичного руху та необхідне співвідношення періоду вистою до повного кінематичного циклу за вимогами технологічного процесу.

Для зменшення динамічних навантажень та забезпечення контакту ролика із профілем кулачка під час роботи кулачкового механізму використовують механізми з пружною ланкою [2]. Основною особливістю таких механізмів є те, що значну ведену масу необхідно зрушити з місця, що здійснюється за допомогою пружини. Збільшення веденої маси приводить до збільшення жорсткості та розмірів пружини. Але збільшення розмірів пружини призводить до збільшення габаритних розмірів механізму привода. Тому з метою збільшення обертального моменту для привода більшої веденої маси або зменшення розмірів кулачкового механізму пропонується використовувати подвійну кількість пружин.

Пропонується кулачковий механізм, схема якого представлена на рисунку. В такому механізмі замикання кулачкової пари здійснюється двома пружними ланками 8, 9, у яких один кінець закріплений на ексцентрично встановленому пальці 7 на додатковій шестерні, а інші кінці – на окремих ексцентрично встановлених пальцях на кулачку 10, 11. У даному механізмі на головному валу 1 жорстко закріплюють кулачок 2, на веденому валу 3 жорстко закріплюють коромисловий диск, роль якого виконує зубчасте колесо 4, на якому встановлюють ролики 5, які контактують з кулачком 2, на одній осі з головним валом встановлюють додаткову шестерню 6, причому передаточне відношення

зубчастої передачі дорівнює кількості зупинок, які робить коромисловий диск за один повний оберт.

Запропонований механізм працює наступним чином. У початковому положенні, коли ролик 5 починає контактувати з ділянкою профіля кулачка 2 із радіус-векторами, які зменшуються, коромисловий диск 4 повертається за допомогою пружних ланок 8, 9, які передають обертальний момент за допомогою додаткової шестерні 6. Слід зазначити, що за допомогою такого механізму можна здійснювати привід веденої маси тільки в одному напрямку.

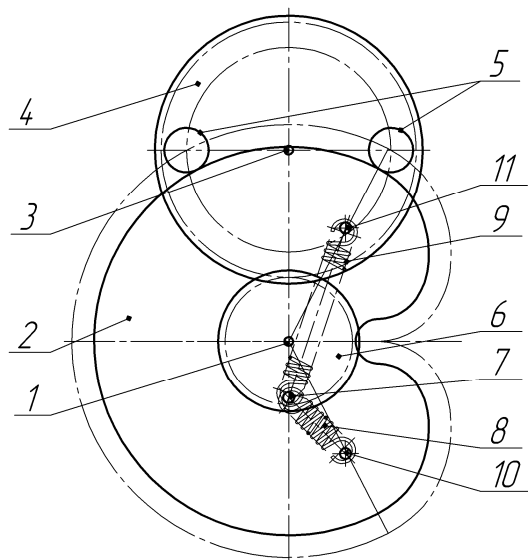


Рисунок. Кулачковий пристрій періодичного повороту

Отже, за допомогою запропонованого конструктивного рішення можна збільшити обертальний момент на веденому валу або для існуючої транспортувальної системи зменшити габарити механізму привода.

Література

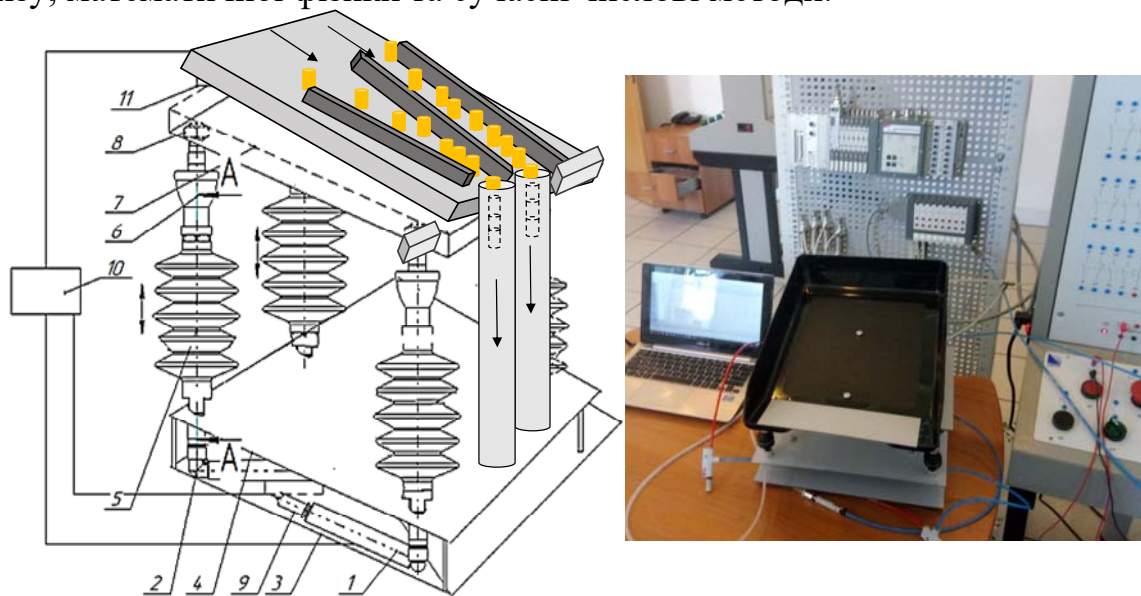
1. Петрук А.І. Визначення раціональної структури механізмів періодичного повороту поліграфічних машин / А.І. Петрук, Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2007. – № 3–4. – С. 86–94.
2. Пат. 32250 України, МПК (2006) F 16 Н 25/00. Пристрій для періодичного обертового руху веденої ланки / А.І. Петрук, Д.С. Гриценко, О.Я. Моргун. – № u200714825; заявл. 26.12.2007; опубл. 12.05.2008. – Бюл. № 9. – 3 с.

Аналіз динаміки сифонного пневмоциліндра з інерційним навантаженням

Т.Т. Гнатів, Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., С.В. Токарчук, к.т.н., НУХТ, м. Київ

Вступ. Робота присвячена дослідженню та обґрунтуванню конструктивних рішень завантажувальних вібраційно-інерційних функціональних модулів для технологічних машин. Аналіз технічних рішень вібраційно-інерційної системи бункер – живильник і бункер – лоток дав змогу відокремити найбільш поширену систему керування на основі електропневмопривода, яка забезпечує великий діапазон зміни динаміки характерних технологічних процесів. Одним із поширених технічних рішень у вібраційно-інерційних системах є заміна пневмоциліндрів на пневмомускули (ПМ). Для вдосконалення конструктивних рішень приводів завантажувальних вібраційно-інерційних функціональних модулів для блістерних машин нами запропоновано конструкцію сифонних пневмоциліндрів (СП) на знакозмінному тиску.

Матеріал і методи. Матеріалами дослідження є СП в дослідній розробленій авторами конструкції вібраційно-інерційного лотка-живильника. СП за технічними характеристиками можна порівнювати із ПМ. Задачею дослідження є розроблення енергоефективних багатofункціональних мехатронних модулів у структурі синтезу модуля вібраційно-інерційного лотка-живильника для дрібно-штучних продуктів (рис. 1). Як методи дослідження при розробленні математичних моделей застосовано методи газодинаміки, математичного аналізу, математичної фізики та сучасні числові методи.



а)

б)

Рис. 1. Привод вібраційно-інерційного живильника: загальна схема компоновки приводу (а), де 1 – ежектор, 2 – кутовий фітінг, 3 – опорний лоток, 4 – проміжний лоток, 5 – СП, 6 – напрямний самоцентрувальний шарнір із різьбовим кріпленням, 7 – верхня плита фіксації, 8 – гайка, 9 – трубопровід, 10 – блок керування мікропроцесорною системою з контрольно-вимірвальним приладом і зворотним зв'язком, 11 – контрольно-вимірвальні прилади на основі акселерометра; загальний вид експериментальної установки (б)

Задачами експериментального дослідження є:

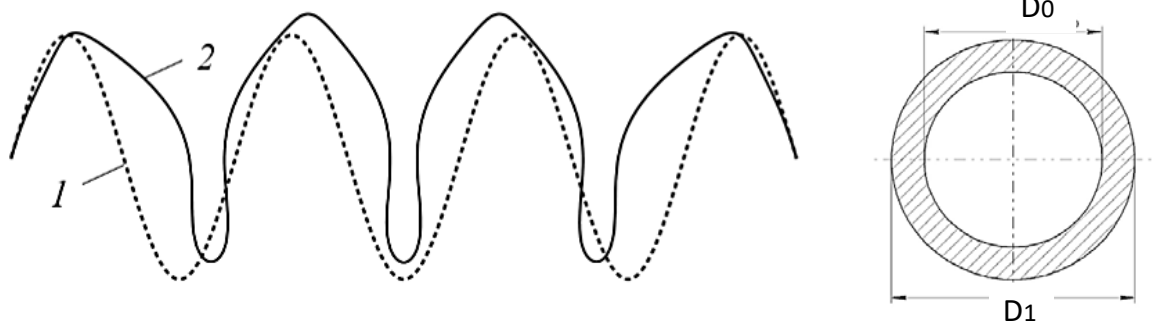
а) перевірка прийнятих припущень при розробці математичної моделі щодо реальних умов;

б) перевірка адекватності математичної моделі щодо реального процесу руху й розділення дрібно-штучної продукції в системі вібраційно-інерційного лотка завантажувача;

в) визначення параметрів вибору СП, зокрема критичного тиску навантаження. Розрахунок стійкості СП виконано з такими припущеннями: СП є стрижнем із приведеною жорсткістю згину; осьова сила, яка виникає в зафіксованому патрубку сільфона, дорівнює добутку умовної площі перерізу оболонки та внутрішнього тиску; сільфон на дослідній установці має шарнірне кріплення; вирішення задачі щодо втрати стійкості стрижня із шарнірним кріпленням на основі формули Ейлера за критичним зусиллям:

$$F = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (1)$$

Розглянемо СП як пустотілий циліндр із невідомою товщиною стінки (рис. 2) за меридіаном гофрованої оболонки.



а)

б)

Рис. 2. Привод вібраційно-інерційного живильника: загальна форма меридіана (а), де 1 – форма до подачі тиску в СП, 2 – форма після подачі тиску в СП; умовний циліндричний переріз СП (б).

Проведено розрахунки гофрованої оболонки з параметрами: l – довжина сільфона, модуль пружності $E = 0,023$ Па (матеріал – NBR), зовнішній радіус сільфона $R_1 = D_1/2 = 25$ мм; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,5$; тиск $q_n = 1$ МПа; довжина одного гофру $w = 5$ мм; кількість гофр СП $m = 6$; радіус спряження $r = 2$ мм. Ефективний модуль Юнга через осьову жорсткість сільфона K дорівнює:

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

Момент інерції даного перерізу та його площі знаходимо за формулами:

$$I = \frac{\pi^2(D_1^4 - D_0^4)}{64}; \quad S = \frac{\pi^2(D_1^2 - D_0^2)}{4}; \quad (3)$$

де $R_0 = D_0/2$ – внутрішній радіус сільфона (мм); S – активна площа сільфона (мм²). Підставляючи (3) у (1), отримаємо:

$$F = \frac{\pi^2 Kl(D_1^4 - D_0^4)}{16l^2(D_1^2 - D_0^2)}; \quad (4)$$

Після перетворень отримаємо:

$$F = \frac{\pi^2 KD_{eq}^2}{8l}, \quad \text{позначимо} \quad D_{eq}^2 \approx \frac{(D_1^2 + D_0^2)}{2} \quad (5)$$

$$F = \frac{p\pi D_{eq}^2}{4}, \quad (6)$$

Підставляємо (6) у (5) і знаходимо формулу критичного внутрішнього тиску сільфона:

$$p = \frac{\pi K}{2l} = \mu \frac{\pi K}{l}, \quad (7)$$

де $\mu = 0,5$ при шарнірному кріпленні, $\mu = 1$ при змішаному, $\mu = 2$ при жорсткому.

Таким чином, критичний внутрішній тиск СП залежить від осьової жорсткості, сумарної довжини гофрів та способу закріплення.

Висновки

Проаналізовано СП за критичним навантаженням. На базі проведених досліджень запропоновано модель керування пристроєм вібраційно-інерційного лотка на основі електропневмопривода, яка забезпечує великий діапазон зміни динаміки характерних технологічних процесів переміщення й розділення потоку штучних продуктів.

Література

1. *Blaauwendraad J., Hoefakker J.H.* Structural shell analysis, springer netherlands, 2014. [8] V.L. Berdichevsky, Variational principles of continuum mechanics. Vol. 2, Applications, springer. Berlin, 2009.
2. *Eliseev V., Vetyukov Yu.* Finite deformation of thin shells in the context of analytical mechanics of material surfaces // Acta Mechanica. 2010. Vol. 209. No. 1–2. Pp. 43–57.
3. *Chapelle B., Bathe K.J.* The finite element analysis of shells – Fundamentals, Computational Fluid and solid Mechanics. 2nd ed. Springer. Berlin, 2011.

Автоматизація розрахунків параметрів та побудови ескізу складського приміщення з фронтальними стелажими

В.Л. Степчук, Б.П. Валецький, к.т.н., Луцький НТУ

Правильний розрахунок параметрів складу дає змогу значно знизити витрати на зберігання виробленої продукції, що в свою чергу допоможе збільшити прибутковість підприємства, знизивши його затрати на додаткове обладнання. Основною метою даного програмного забезпечення є отримання сформованої бази результатів обчислень та ескізу для проектної документації складського приміщення.

Алгоритм, вбудований у програму, розраховує всі розміри, габарити, відстані, кількість потрібних секцій, стелажів, деталей стелажа та відхилення розміщень об'єктів у складському приміщенні. Також передбачено розрахунок колон за їх необхідності.

Програма дає змогу експортувати графічні результати у файл (*.SCR) (AutoCAD Script), що дає можливість перегляду всіх потрібних розмірів та редагування ескізу складського приміщення для подальшої реалізації. Програма може обчислити будь-які значення та будь-які розміри. Обмеження є лише у виведенні графічного результату в самій програмі. Також передбачено експорт у файли растрової графіки (*.BMP) та (*.JPG).

За замовчуванням, при створенні нових розрахунків у файл програми автоматично вносяться дані для стандартизації параметрів складського приміщення та його об'єктів.



Рис. 1. Приклад розрахунку. Ескіз складського приміщення на 875 палетомісць

Для обрахунку алгоритм використовує такі значення, введені користувачем: габарити палети з вантажем; кількість палетомісць, палетомісця по висоті та ширині стелажа, стелажів у одному ряду; відстань між рядами (робочий коридор) та здвоєними рядами, від колони до стелажа та палети з вантажем до траверси; випирання палети зі стелажа, відстань між палетами на стелажі; кратність стелажів, профілі балок, стійок, траверс; колони (габарити, крок у ширину, періодичність розміщення, початок періодичності); відступи (створення додаткового простору). Усі перелічені значення вільно корегуються, що робить програму універсальною для будь-якого розрахунку.

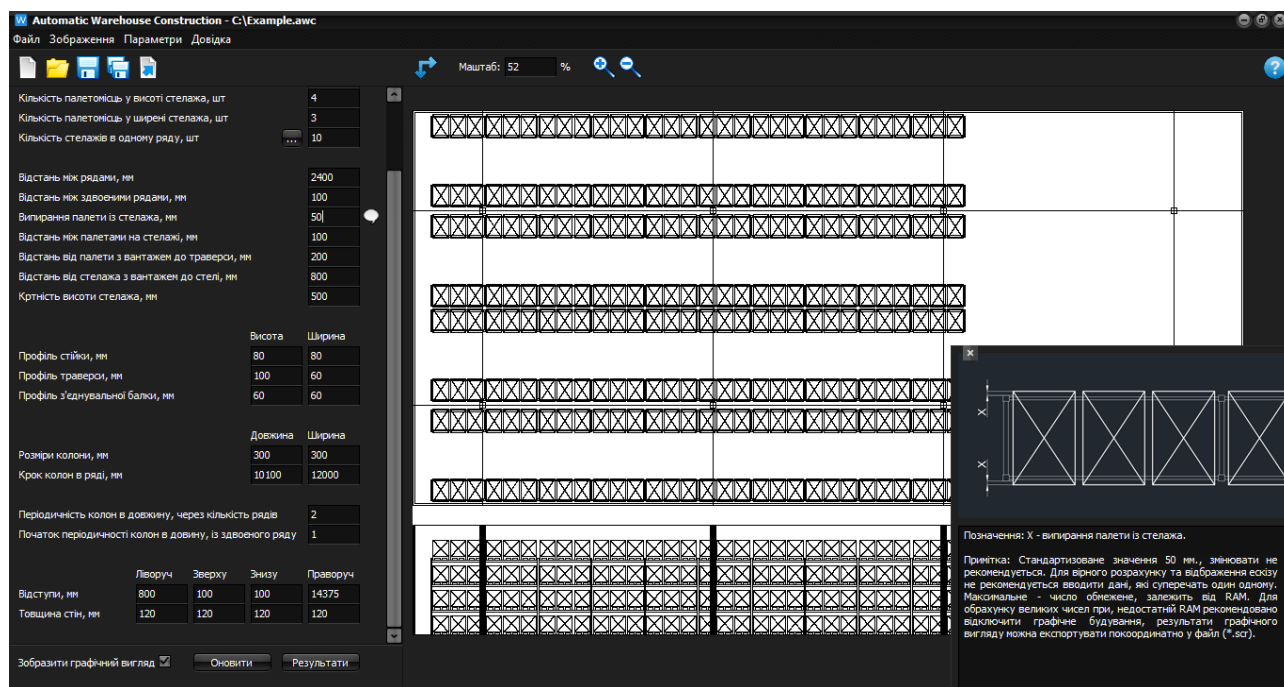


Рис. 2. Вікно програми Automatic Warehouse Construction

Програма дає змогу зберігати та відкривати попередньо збережені розрахунки, змінювати елементи перегляду графічної інформації. Для деяких параметрів створено підказки у вигляді тексту та зображень.

Аналізуючи способи розрахунку параметрів складів для різних типів підприємств, було обрано написання програми, яка значно полегшить цей процес. Отриманий алгоритм розрахунку полегшує та прискорює процес обчислень параметрів складських приміщень у сотні разів.

Режим підбирання параметрів у реальному часі дасть змогу обрати будь-який спосіб розташування та задовольнити всі необхідні вимоги. Можливість додатково експортувати результати обрахунків та графічне креслення призначено для подальшої їх обробки та використання в технічній документації щодо складського приміщення.

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

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