

Технічні науки

УДК 676.242.3.06

Плосконос Віктор Григорович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів*

*Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"*

Плосконос Виктор Григорьевич

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры экологии и технологии растительных полимеров*

*Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"*

Ploskonos Viktor

*Candidate of Technical Sciences, Senior Scientist,
Assistant Professor of the Department of Ecology and Plant Polymers Technology
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РОЗРОБЦІ

ОЛЕОФОБНОГО СКЛАДУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ

ЖИРОНЕПРОНИКНОСТІ НОВИХ ВИДІВ ПАКУВАЛЬНИХ

МАТЕРІАЛІВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В

РАЗРАБОТКЕ ОЛЕОФОБНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ

ЖИРОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ НОВЫХ ВИДОВ УПАКОВОЧНЫХ

МАТЕРИАЛОВ

USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN DEVELOPMENTS OF

OLEOPHOBIC COMPOSITION TO INCREASE GREENWARNESS OF

NEW TYPES OF PACKAGING MATERIALS

Анотація. В роботі запропоновано застосування сучасних комп'ютерних технологій з метою вирішення питання по створенню спеціального складу з суміші хімічних речовин, нанесення на поверхню паперу яких створювало б захисний шар і надавало пакувальному матеріалу властивість жиронепроникності. Для досягнення поставленої мети проведено комплекс експериментальних досліджень зі створенням математичних моделей, кінцевим етапом яких є розроблення складу з суміші хімічних речовин, що сприяють підвищенню опору паперу проходженню жиру, тобто його жиронепроникності. На базі моделей та за використання комп'ютера проведено пошук раціонального співвідношення складових в композиції.

Ключові слова: папір, пакувальний матеріал, жиронепроникність, математичні моделі, комп'ютерні технології.

Аннотация. В работе предложено применение современных компьютерных технологий с целью решения вопроса по созданию специального состава из смеси химических веществ, нанесение на поверхность бумаги которых создавало бы защитный слой и придавало упаковочному материалу свойство жиронепроницаемости. Для достижения поставленной цели проведен комплекс экспериментальных исследований с созданием математических моделей, конечным этапом которых является разработка состава из смеси химических веществ, способствующих повышению сопротивления бумаги прохождению жира, то есть его жиронепроницаемости. На базе моделей и за использование компьютера выполни поиск рационального соотношения составляющих в композиции.

Ключевые слова: бумага, упаковочный материал, жиронепроницаемость, математические модели, компьютерные технологии.

Summary. *The paper proposes the use of modern computer technology to solve the problem of creating a special composition of a mixture of chemicals, the application of which on the surface of the paper would create a protective layer and give the packaging material the property of grease resistance. To achieve this goal, a set of experimental studies with the creation of mathematical models, the final stage of which is to develop a composition of a mixture of chemicals that increase the resistance of paper to the passage of fat, ie its fat impermeability. Based on the models and using a computer, a search for a rational ratio of components in the composition.*

Key words: *paper, packaging material, grease resistance, mathematical models, computer technology.*

В ситуації, що складається в екологічній сфері нашого повсякденного життя [1], актуальним залишається вирішення питання розроблення пакувальних матеріалів нового покоління без використання екологічно шкідливих добавок. Саме тому, запропоновану в роботі [1] методологію ефективного поєднання інноваційних та сучасних комп'ютерних технологій доцільно використовувати з метою вирішення екологічних проблем. Це можливо реалізувати, якщо розробляти прогресивні композиційні матеріали, в основу яких покладено паперову або картонну продукцію, піддаючи її поверхневому обробленню олеофобними та вологостійкими розчинами і складами.

Головним призначенням таких матеріалів з бар'єрними і захисними властивостями - створити захисний шар, який запобігає міграції ззовні будь-яких речовин до упакованого продукту та зберегти початкову його міцність за знаходження у вологому середовищі. Одночасно висуваються жорсткі вимоги відносно фізіологічної безпеки розчинів і складів поверхневого оброблення та впливу їх на смакові властивості і терміни зберігання продукції.

Як відомо [2], бар'єрні властивості пакувального матеріалу оцінюють за опором проникненню води, пари, за жиро-водостійкістю та за іншими показниками, в залежності від призначення, умов застосування пакування, виду і агрегатного стану продукції (твердий чи рідкий), для якого воно призначається.

Отже, **метою даної статті** є створення спеціального складу з суміші хімічних речовин, нанесення на поверхню паперу яких створювало б захисний шар і надавало пакувальному матеріалу властивість жиронепроникності.

Для досягнення поставленої мети необхідно було провести комплекс експериментальних досліджень, кінцевим етапом яких стане розроблення складу з суміші хімічних речовин, що сприяють підвищенню опору паперу проходженню жиру, тобто його жиронепроникності, а також визначення раціонального співвідношення складових в композиції.

За результатами проведених попередніх досліджень було обґрунтовано доцільний граничний рівень витрати компоненту 1 (лінійний високомолекулярний синтетичний полімер), за якого досягається найбільш високе зростання рівня жиронепроникності паперу [3]. Експериментальні дослідження показали також, що збільшення витрати вище цієї межі (10%-ного розчину у воді) є недоцільним, оскільки значного зростання жиронепроникності паперу не відбувається. Разом з тим, введення до складу добавок компонентів 2 (багатоатомний спирт), 3 (зв'язувальна речовина на основі органічної синтетичної смоли) і 4 (один із похідних акрилонітрила) суміші, за результатами попередніх досліджень, повинно сприяти не тільки зниженню показника жиропроникності, тобто підвищенню опору проходженню жиру у папір і забезпеченню високого рівня жиронепроникності. Одночасно спостерігається підвищення показників пластичності, механічної міцності, а саме: руйнівного зусилля, відносного видовження у поперечному напрямку та міцності на злам під

час подвійних перегинів. Покращуються показники вологоміцності пакувального паперу, технологічності його перероблення під час фасування та нанесення фарбової етикетки [3].

Пошук раціонального складу з суміші хімічних компонентів проводився за використання паперу-основи за незмінних показників, що характеризують його властивості, а саме: величина жиропроникності паперу дорівнювала 680 мг, повітропроникності - 11см³/хв, поверхневої вбирності води під час однобічного змочування – 60 г/м², щільності – 0,70 г/см³.

Логічним кроком після аналізу результатів, отриманих на стадії проведення попередніх досліджень, є реалізація експерименту з метою визначення вимог до складових компонентів суміші, яка наноситься на поверхню паперу і надає їй властивість жиронепроникності, а також визначення раціонального співвідношення цих складових. В табл.1 наведені умовні позначення та діапазони значень хімічних компонентів (факторів) складу, що був використаний під час проведення експериментальних досліджень.

Таблиця 1

**Діапазони значень факторів для визначення складу з суміші
компонентів хімічних речовин**

Діапазони значень факторів	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
	Масова частка розчину компонента 1, %	Масова частка розчину компонента 2, %	Масова частка розчину компонента 3, %	Масова частка розчину компонента 4, %	Витрата розчину складу, г/м ²
Нижній	8,0	0,0	0,0	0,0	2,0
Середній	9,0	3,0	3,0	0,3	5,0
Верхній	10,0	6,0	6,0	0,6	8,0

Діапазон значень факторів визначався з врахуванням результатів попередніх експериментів. Чотири перші фактори із п'яти, що наведені в табл.1, – це відсоткове співвідношення водних розчинів відповідних

компонентів, що входять до складу суміші, а п'ятий - сумарні витрати суміші, що наноситься на поверхню паперу площею 1 м² для надання йому властивості жиронепроникності.

В табл. 2 наведені результати експериментальних досліджень, які будуть використані для розроблення математичної моделі (опису) складу з суміші компонентів хімічних речовин. Математична модель, у відповідності зі своїм призначенням, повинна з максимальним ступенем відображувати механізми процесів, що вивчаються. В таких умовах найбільш ефективним є використання методу групового урахування аргументів (МГУА) [1; 2]. Ефективність таких алгоритмів підвищується за їх комбінованого використання з методами інших прикладних і фундаментальних наук [2]. В даній роботі використано метод і відповідне програмне забезпечення, що пройшли випробування часом [4-8].

Створення математичних описів в даній роботі не є самоціллю, оскільки моделі буде використано як основу для проведення подальших досліджень з метою розроблення такого складу з суміші хімічних реагентів і розрахунку співвідношення його компонентів, нанесення яких на поверхню паперу дозволить отримати задані бар'єрні і захисні властивості пакування.

В процесі розроблення математичного опису в якості визначального вибрано показник жиропроникності паперу ($Y_{\text{жиропрон.}}$). Цей показник найбільш характерно відтворює вплив складових компонентів суміші, розчин якої наносили на поверхню паперу.

$$\begin{aligned} Y_{\text{жиропро}} &= 5,87 \cdot 10^{-2} + 6,53 \cdot \sin(X_1) \cdot X_4^2 \cdot \sin(X_4) \cdot \sin(X_5) + \\ &+ 1,36 \cdot 10^{-1} \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5 - 2,09 \cdot 10^{-2} \cdot X_5 \cdot \sin(X_5) + \\ &+ 1,71 \cdot 10^{-1} \cdot X_4 - 2,95 \cdot 10^{-1} \cdot \sin(X_3) \cdot \sin(X_5) \end{aligned} \quad (1)$$

Матриця експериментальних досліджень

Варіант	Фактори					Параметри
	Масова частка розчину компонента 1, %	Масова частка розчину компонента 2, %	Масова частка розчину компонента 3, %	Масова частка розчину компонента 4, %	Витрата розчину складу, г/м ²	Жиропроникність, мг
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y _{жиропрон.}
1	10	0	3	0	8	0,10
2	10	0	3	0	4	0,70
3	8	6	3	0,6	2	1,80
4	10	0	6	0,6	8	0,10
5	10	0	6	0,6	4	1,50
6	10	6	3	0,6	8	0,01
7	10	6	3	0	4	0,50
8	10	6	0	0	8	0,02
9	10	6	0	0	4	0,10
10	8	6	3	0	2	0,40

Математична модель для розроблення олеофобного складу з суміші хімічних компонентів

Аналізуючи модель (1), необхідно відзначити досить складний її вигляд, який характеризується певною комбінацією елементарних функцій, що ввійшли до математичної моделі [7]. Важливим є також те, що всі фактори експериментальних досліджень, які зазначені в табл. 1, ввійшли до складу математичного опису, але ступінь впливу кожного із них є різним.

В табл.3 та на рис.1 наведено табличні і графічні порівняльні характеристики результатів експерименту та моделювання за використання моделі (1).

До першої групи порівняльних характеристик відносяться ті, які були отримані на основі виконаних досліджень і використані для розроблення математичної моделі. Другу групу складають результати моделювання з використанням математичного опису. Порівняння цих двох груп, наведених в табл.3 і на рис. 1, показує, що математична модель достатньо точно описує процес. Що також підтверджується незначною

величиною похибки моделі, яка не перевищує 1,95 %.

Таблиця 3

Порівняльні характеристики моделі за

параметром $Y_{\text{жиропрон.}}$

$Y_{\text{експер.}}$	Урозрах.	$e=Y-y$
0,10	0,26	-0,16
0,70	0,56	+0,14
1,80	1,76	+0,04
0,10	0,18	-0,08
1,50	1,53	-0,03
0,01	0,0	+0,01
0,50	0,56	-0,06
0,02	0,0	+0,02
0,10	0,12	-0,02
0,40	0,39	+0,01

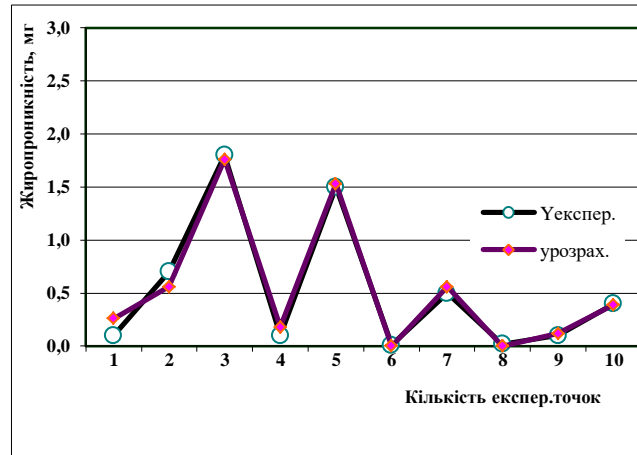


Рис. 1. Порівняльні характеристики за параметром $Y_{\text{жиропрон.}}$

Створення математичної моделі дало можливість приступити до реалізації наступного етапу досліджень, завданням якого є розроблення раціонального складу з суміші хімічних компонентів.

З метою отримання відповідних даних проведено детальний аналіз моделі за використання комп'ютерних технологій. При цьому фактори, що входять до складу моделі (див. табл. 1), змінювали свої значення, починаючи з нижнього свого рівня і закінчуючи верхнім. У випадку, коли один із п'яти факторів, що входять до складу моделі, змінював свої границі, інші залишалися незмінними, тобто були зафіксовані на одному із трьох рівнів: нижньому, середньому чи верхньому.

Аналіз математичної моделі за показником $Y_{\text{жиропрон.}}$ (1) показав, що всі фактори мають певний вплив на показник жиропроникності паперу, але серед найбільш значимих виділяється фактор (X_1) - витрати компоненту 1. Аналізуючи ефективність його впливу, необхідно констатувати, що вона проявляються в залежності від рівня фіксування інших факторів. Так, у

випадку фіксування зміна витрати компоненту 1 (в межах масової частки розчину 8,0-10,0%) на середньому рівні відбувається зростання показника жиропроникності на 0,26 одиниці, на верхньому - до зниження жиропроникності більше, ніж на 2 од., тобто підвищення жиронепроникності паперу. Оцінка впливу фактора X_2 показує, що його варіація (в межах масової частки розчину 0-6%) призводить до незначного підвищення показника жиропроникності незалежно від рівня фіксування інших факторів. Такі висновки відносно фактора X_2 погоджуються з концепцією, оскільки компонент 2 позитивно впливає на такі властивості паперу, як пластичність, механічна міцність, відносне видовження. Сила впливу фактора X_3 за абсолютною величиною є більш значною від X_2 , але вплив його також залежить від рівня фіксування інших факторів. Так, на нижньому рівні приріст за показником жиропроникності складає майже одиницю (0,968), на середньому – 0,74 од., а на верхньому - 0,48од. Але необхідно відзначити, що за середнього рівня фіксування факторів вплив витрати компоненту 3 відбувається по-різному: спостерігається як приріст вихідного показника, так і незначне зниження жиропроникності паперу. Разом з тим, компонент 3 вводиться до складу суміші з метою покращення також і міцнісних характеристик паперу, в тому числі у вологому стані. Вплив же фактора X_4 на вихідний показник за своєю силою менший, ніж X_3 і тенденції його впливу є іншими. Так, на нижньому рівні фіксування інших факторів підвищення значення X_4 (в межах масової частки розчину 0-0,6%) призводить до зростання значення жиропроникності на 1,25 од., тоді як на середньому та верхньому - до зниження на 0,3 од. Якщо оцінювати вплив фактора X_5 , то із аналізу моделі (1) випливає, що його самостійний вплив на вихідну величину є незначним, а проявляється головним чином в комплексі з іншими факторами.

Враховуючи тенденції впливу факторів та висновки, які наведені вище, було проведено цілеспрямоване "зондування" факторного простору

моделі (1) з метою визначення діапазонів факторів, в межах яких величина показника жиропроникності сягає бажаного мінімального значення. Ці діапазони значень факторів можуть бути в подальшому використані в процесі розроблення технології, процесів і промислового виготовлення паперу та пакування на його основі, властивості яких повинні відповідати вимогам для упакування продукту з тим або іншим вмістом жиру.

Факт існування послідовності розрахункових мінімальних значень показника жиропроникності, тобто максимальної жиронепроникності паперу, яка може бути досягнута за певного співвідношення вхідних факторів, підтвердив проведений за допомогою комп'ютера пошук, який засвідчив наступне:

Діапазони значень факторів						Y _{жиропрон.}
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅		
10,0	6,0	3,12	0,6	8,0	0,002	
8,0	0,5	0,22	0,05	2,0	0,002	
8,0	0,5	2,12	0,05	2,0	0,100	
8,0	0,5	0,5	0,14	2,0	0,002	
8,0	0,5	0,5	0,05	2,4	0,001	
8,0	0,5	0,5	0,05	6,8	0,010	

Отримані і наведені вище результати підтверджують факт досягнення максимальної жиронепроникності паперу у випадку, коли поєднуються різні значення вхідних факторів. З одного боку – це можливість використання моделі для прогнозування необхідних умов отримання паперу з максимальним ступенем жиронепроникності, а з іншого – застосування отриманих результатів для подальших досліджень, направлених на вирішення питань зі створення відповідного пакувального матеріалу з заданим (прогнозованим) рівнем бар'єрних і захисних властивостей.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження показали практичну можливість і ефективність створення спеціального олеофобного складу з суміші хімічних речовин, нанесення яких у вигляді розчину на

поверхню паперу створює захисний шар і надає пакувальному матеріалу властивість жиронепроникності. На даному етапі досліджень розроблено склад спеціальної суміші хімічних компонентів і їхнє співвідношення, нанесення на поверхню паперу яких створює захисний шар, що стає бар'єром проникненню жиру від упакованого продукту в пакувальний папір.

На наступному етапі дослідницької роботи планується розроблення параметрів технологічних процесів і умов, які забезпечать виготовлення спеціального пакувального паперу з заданими і прогнозованими рівнями жиронепроникності.

Література

1. Плосконос В. Г. Методологія розробки нових композиційних матеріалів на основі паперу та картону з використанням інноваційних та комп'ютерних технологій // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". 2020. №3(83). С. 55-59. DOI: 10.25313/2520-2057-2020-3-5626.
2. Трухтенкова Н.Е., Килипенко А.В. и др. Технология упаковочной бумаги. М.: "Лесная промышленность", 1974. 288 с.
3. Рибальченко В.В., Коптюх Л.А, Плосконос В.Г., Осика В.А. Підвищення жиронепроникності пакувального паперу // Упаковка 2007. № 2. С. 23-26.
4. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наукова думка, 1982. 296 с.
5. Ивахненко А.Г. Кибернетика – наука о моделировании связи и управления в сложных системах // Автоматика. 1982. №1. С. 3-15.
6. Кикоть В.С. Разработка и исследование комбинированных методов идентификации проектируемых объектов на основе принципа самоорганизации: Автореф. дис. канд. техн. наук. Киев: 1984. 22 с.

7. Плосконос В. Г. Використання комп'ютерних технологій в розробці планів експериментальних досліджень складних технологічних систем виробництва паперу та картону // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". 2018. № 21(61). Т. 3. С. 50-54. DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4428
8. Кикоть В.С., Плосконос В.Г. Идентификация характеристик сложных проектируемых систем с использованием принципов самоорганизации и топологического метода анализа // Автоматика. 1986. №3. С. 34-42.