

В. В. Красінський¹, В. В. Антонюк¹, Т. Яховіч², Р. І. Васишак¹¹Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра хімічної технології переробки пластмас,²Люблінська політехніка (Польща), кафедра переробки полімерів

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ ТА МОДИФІКОВАНОГО МОНТМОРИЛОНІТУ

© Красінський В. В., Антонюк В. В., Яховіч Т., Васишак Р. І., 2016

Розроблено новий спосіб одержання високоякісних плівок на основі полівінілового спирту та модифікованого монтморилоніту. Досліджено механічну міцність, водопоглинання та бензотривкість плівок на основі різних марок полівінілового спирту залежно від вмісту модифікатора та режимів одержання. Встановлено, що введення монтморилоніт-полівінілпіролідонної суміші до полівінілового спирту суттєво впливає на експлуатаційні властивості плівок на його основі, зокрема дещо знижується механічна міцність та еластичність плівок, підвищується їх водо- та бензотривкість.

Ключові слова: полівініловий спирт, монтморилоніт-полівінілпіролідонна суміш, плівка, механічні властивості, бензотривкість, водопоглинання.

V. V. Krasinskyi, V. V. Antonuk, T. Jachowicz, R. I. Vasyshak

OPERATIONAL PROPERTIES OF FILMS BASED ON POLYVINYL ALCOHOL AND MODIFIED MONTMORILLONITE

© Krasinskyi V. V., Antonuk V. V., Jachowicz T., Vasyshak R. I., 2016

A new method of obtaining high-quality films based on polyvinyl alcohol and modified montmorillonite was developed. Mechanical strength, water absorption and gasoline resistance for films based on different grades of polyvinyl alcohol were investigated depending of the modifier content and mode of obtaining. Addition of montmorillonite-polyvinylpyrrolidone mixture to polyvinyl alcohol influences the performance properties of films based on it, in particular slightly reduced mechanical strength and elasticity of the films, increases their water resistance and gasoline resistance.

Key words: polyvinyl alcohol, montmorillonite-polyvinylpyrrolidone mixture, film, mechanical properties, gasoline resistance, water absorption.

Постановка проблеми. Плівкотвірні, емульгаційні та клейові властивості полівінілового спирту (ПВС) дають змогу використовувати його в різних галузях. Водорозчинні плівки на основі ПВС широко застосовуються як пакувальні матеріали для харчових продуктів та побутової хімії, оскільки відзначаються високими бар'єрними характеристиками [1].

Одним з нових перспективних напрямів в науці про композиційні матеріали останніх років є створення полімерних композитів з нанонаповнювачами. Завдяки високій дисперсності наночастинок наповнювача такі матеріали набувають комплексу покращених властивостей, яких не вдається досягти в традиційних мікрокомпозитах.

Гідрофільний характер монтморилоніту (ММТ) сприяє дисперсії його неорганічних кристалічних шарів у водорозчинних полімерах, внаслідок чого утворюється нова кристалічна структура. Тому нанокompозити на основі полівінілового спирту і шаруватого силікату мають покращені характеристики [2]. Питання підвищення механічних, термічних і газонепроникних характеристик ПВС із збереженням його оптичної прозорості є дуже актуальним. Одним з найперспективніших підходів до вирішення цих завдань є приготування на основі інтерполімерних комплексів ПВС-ПВП тонких нанокompозитних плівок.

Аналіз останніх досліджень. Залежно від того, як нанонаповнювач розподіляється всередині полімерної матриці, морфологія одержуваних нанокомпозитів може розрізнятися: від так званих “інтеркальованих” нанокомпозитів з регулярно перемішаними шаруватими силікатами і моношарами полімерів до тих, що розшаровуються, в яких шари силікату безладно і однорідно розподіляються всередині полімерної матриці.

З погляду термодинаміки, рівноважною структурою нанокомпозиту є інтеркальована періодична структура з міжшаровим простором d близько 1,8 нм. Разом з тим ця структура не повинна залежати від співвідношення полімеру і силікату. Але термодинамічні розрахунки дають змогу прогнозувати тільки рівноважні структури. У цьому випадку ми маємо справу з кінетично зумовленою зіставною структурою [3]. У водному розчині полівініловий спирт і силікатні шари монтморилоніту утворюють колоїдну суспензію. Якщо цю суспензію підсушити, силікатні шари залишаються диспергованими і включеними в полімерний гель. Теоретично за подальшого висушування аж до видалення всієї води шари ММТ повинні видалятися в порядку, зворотному інтеркалюванню. Але на практиці одна частина полімеру затримує деяку кількість шарів окремо від інших, і вони залишаються диспергованими в полімерній матриці. У міру збільшення вмісту в матеріалі шаруватого силікату кінетичні границі, обмежені полімером, стають менш чіткими. Тому за вищої концентрації монтморилоніту формуються інтеркальовані структури [2, 3]. Для цих упорядкувань періодичних структур залежність міжшарового простору d від вмісту ММТ відповідає різному співвідношенню полімер/шаруватий силікат. Із зростанням вмісту ММТ міжшаровий простір в інтеркальованій структурі досягає термодинамічно прогнозованої зрівноважувальної величини 1,8 нм [1, 2].

Розшаровані нанокомпозити на основі полімеру і шаруватого силікату мають вищу термостійкість, стійкість до дії розчинників і опір до проникності різних середовищ порівняно зі звичайними наповненими матеріалами. Завдяки дисперсії наповнювача на нанорівні вони здатні зберігати світлопроникність полімеру. В нанокомпозитах ПВС/ММТ, особливо за низьких концентрацій шаруватого силікату ($< 10\%$), придатних для промислового використання, трансмісійна електронна мікроскопія і РПДА виявляють одночасні кількості інтеркальованих і розшарованих силікатних шарів [3].

Під час одержання нанокомпозитних матеріалів на основі ПВС з алюмосилікатами утворюються одночасно розшаровані та інтеркальовані силікатні шари. Найвищого ступіня інтеркаляції в системі досягають за вмісту ММТ 60 % і більше. Розшаровування відбувається внаслідок використання методу змішування у водному розчині, за якого частина розшарованих і завислих силікатних частинок кінетично зв'язуються полімером і не можуть реагувати. Пружні властивості при розтягуванні цих матеріалів загалом вищі, ніж у ненаповненого ПВС. Модуль Юнга збільшується у чотири рази за вмісту ММТ 5 %, але спостерігається 20 % зниження опору до розривання. Максимальне напруження при розтягу порівняно з ненаповненим ПВС майже не збільшується, але й не знижується. Одночасно, для концентрацій наповнювача до 10 % дещо покращується термостійкість і зберігається світлопроникність, властива ненаповненому полімеру [4–6].

У попередніх роботах [7, 8] розроблено універсальний наномодифікатор для полімерів – монтморилоніт-полівінілпіролідоніву суміш (МПС), який передбачено використати для створення нанонаповнених полімерних сумішей ПВС-ПВП.

Мета роботи – розробити спосіб одержання високоякісних плівок на основі ПВС і МПС, ПВС і ПВП, а також дослідити їхні фізико-механічні властивості, водопоглинання та бензотривкість.

Методи досліджень. Для одержання плівок використовували ПВС двох марок (з різною в'язкістю) SUNDY PVA 088-20 китайської фірми “Sinopec Sichuan Vinyllon Works” і PVA BP-24 тайванської фірми “CHANG CHUN PETROCHEMICAL CO., LTD” (PVA 088-20 – 23 мПа·с і PVA BP-24 – 44-50 мПа·с). Готували 12 % розчини ПВС у воді, розчинення здійснювали за температури 60 °С. Змішування виконували за допомогою магнітної мішалки. Розчини ПВС змішували з ПВП і МПС із співвідношенням ПВП:ММТ = 5:1 так, щоб співвідношення елементарних ланок ПВС:ПВП у композиціях становив 4:1, 2:1, 1:1.

Одержані суміші піддавали дії ультразвукових хвиль частотою 22 кГц з використанням генератора “Волна УЗТА-0,4/22-ОМ” впродовж 5 хвилин. Після цього суміш виливали у спеціальні форми для одержання плівок з поліетиленовою підкладкою (для полегшення знімання готових плівок з форми). Готові плівки відділяли від форми та витримували в термошафі за температури 110 °С впродовж 30 хв для затвердіння.

Механічні властивості плівок визначали методом прориву плівки, закріпленої у кільцеподібному затискачі, під дією штирового індентора [7]. Дослідження виконували за допомогою розривної машини “Kimura Machinery” типу 050/RT-601U з електронною індикацією зусилля та швидкістю переміщення рухомої траверси 25 мм/хв. Для випробувань готували взірці досліджуваних плівок круглої форми діаметром $1 \cdot 10^{-2}$ м.

Водопоглинання композитів визначали згідно з ГОСТ 4650 – 65 на зразках у вигляді кругів діаметром $1 \cdot 10^{-2}$ м, вирізаних з плівок. Зразки витримували в холодній воді впродовж 24 годин. Бензотривкість зразків визначали на зразках у вигляді кругів діаметром 10 мм, вирізаних з плівок, зразки витримували у бензині впродовж 24 годин.

Результати досліджень та їх обговорення. Досліджували механічну міцність плівок на прорив залежно від режимів одержання плівок, а саме:

- випаровування розчинника за кімнатної температури;
- випаровування розчинника під вакуумом за кімнатні температури;
- випаровування розчинника за 60 °С та 80 °С;
- температурна обробка одержаних плівок за 110 °С впродовж 30 хв.

Результати досліджень механічної міцності плівок методом прориву наведено в табл. 1–4.

Таблиця 1

**Фізико-механічні властивості плівок на основі модифікованого PVA 088-20
залежно від режиму одержання плівок**

№ з/п	Склад композицій, % мас.	Міцність на прорив, МПа	Відносне видовження при прориві, %
$T_{\text{кімн}}$			
1.	PVA	64	232
2.	PVA : ПВП = 2:1	29,2	283,4
3.	PVA : МПС = 4:1	23,6	206,3
4.	PVA : МПС = 2:1	22,33	232
5.	PVA : МПС = 1:1	15,8	154,9
60 °С			
6.	PVA	69	289
7.	PVA : ПВП = 2:1	26,2	309
8.	PVA : МПС = 4:1	32,1	232
9.	PVA : МПС = 2:1	25	180,6
10.	PVA : МПС = 1:1	8	155
80 °С			
11.	PVA	71,5	206,3
12.	PVA : ПВП = 2:1	23,8	232
13.	PVA : МПС = 4:1	32,5	180,6
14.	PVA : МПС = 2:1	18,8	154,9
15.	PVA : МПС = 1:1	16,6	180,6
$T_{\text{кімн}}$, вакуум			
16.	PVA	78,75	283,4
17.	PVA : ПВП = 2:1	35,7	286,3
18.	PVA : МПС = 4:1	43,4	139,2
19.	PVA : МПС = 2:1	22,77	155
20.	PVA : МПС = 1:1	10,9	129,2

Як бачимо, найвищими значеннями механічної міцності на прорив характеризуються плівки на основі чистого ПВС незалежно від марки полівінілового спирту і режимів одержання плівок. Відносне видовження при прориві є найвищим для плівок на основі ПВС, модифікованого чистим ПВП, що можна пояснити зростанням рухливості сегментів ПВС внаслідок перерозподілу водневих міжмолекулярних зв'язків і “розрихленням” флукуаційної сітки.

З модифікованих зразків найвищими значеннями міцності характеризуються плівки на основі ПВС та МПС із співвідношенням компонентів 4:1 (за кількістю елементарних ланок ПВС до ПВП). Зниження міцності плівок із зростанням вмісту МПС у композиції пояснюється підвищенням гетерогенності системи, що закономірно призводить до зниження механічної міцності зразків. Крім того, плівки на основі композиції ПВС:МПС = 4:1 є достатньо еластичними: відносне видовження при прориві становить близько 200 %, лише для плівок, одержаних під вакуумом, відносне видовження знижується до 140 %.

Із зростанням температури випаровування розчинника міцність плівок, одержаних на повітрі, підвищується, але найвищою міцністю характеризуються плівки, одержані під вакуумом за кімнатної температури (табл. 1, 2). Вища міцність плівок, одержаних за вищих температур, пояснюється вищим ступенем структурування композицій внаслідок повного вилучення води.

Таблиця 2

**Фізико-механічні властивості плівок на основі модифікованого PVA BP-24
залежно від режиму одержання плівок**

№ з/п	Склад композицій,] % мас.	Міцність на прорив, МПа	Відносне видовження при прориві, %
$T_{\text{кімн}}$			
1	PVA	74,6	243
2	PVA : ПВП = 2:1	33,5	283
3	PVA : МПС = 4:1	26,7	203,5
4	PVA : МПС = 2:1	21,8	206,3
5	PVA : МПС = 1:1	16,9	232
60 °C			
6	PVA	78,5	232
7	PVA : ПВП = 2:1	37,3	269
8	PVA : МПС = 4:1	36,3	206,3
9	PVA : МПС = 2:1	12,17	103,5
10	PVA : МПС = 1:1	58,5	232
80 °C			
11	PVA	62,4	283,4
12	PVA : ПВП = 2:1	30	232
13	PVA : МПС = 4:1	39,6	232
14	PVA : МПС = 2:1	27,6	129,2
15	PVA : МПС = 1:1	9,6	26,2
$T_{\text{кімн}}$, вакуум			
16	PVA	61,8	232
17	PVA : ПВП = 2:1	34,8	309,1
18	PVA : МПС = 4:1	55,2	141
19	PVA : МПС = 2:1	17,8	167,75
20	PVA : МПС = 1:1	7,2	-

Оскільки плівки на основі ПВС для підвищення ступеня структурування та покращення експлуатаційних властивостей потребують додаткової термообробки після одержання, то їх додатково витримували в термошафі за температури 110 °C впродовж 30 хв. Механічні властивості плівок на основі модифікованого ПВС після термообробки наведено в табл. 3, 4.

Таблиця 3

**Фізико-механічні властивості плівок на основі модифікованого PVA 088-20
після термообробки за 110 °С**

Склад композиції	PVA		PVA:ПВП 2:1		PVA:МПС 4:1		PVA:МПС 2:1		PVA:МПС 1:1	
Властивість	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %
Умови										
$T_{\text{кімн}}$	80	210	46,5	232	25,6	103	11,8	94	—	—
60 °С	72,5	180	41,3	180	14	78	18,3	103	—	—
80 °С	74,8	190	49,5	206	30,5	103	22,1	78	—	—
$T_{\text{кімн}}$, вакуум	90	280	57,5	284	38	180	32,5	129	—	—

σ_p – міцність плівок на прорив, МПа

ϵ – відносне видовження при прориві, %.

Після термічної обробки міцність плівок на основі чистого ПВС підвищилася незалежно від початкових режимів одержання плівок та марки ПВС, причому найвищі значення міцності характерні для плівок, одержаних під вакуумом за кімнатної температури (табл. 3, 4). Одночасно відносні видовження плівок на основі чистого ПВС та плівок на основі ПВС, модифікованого чистим ПВП, після термообробки мають приблизно однакові значення і знаходяться в межах 180–280 %.

Таблиця 4

**Фізико-механічні властивості плівок на основі модифікованого PVA BP-24
після термообробки за 110 °С**

Склад композиції	PVA		PVA:ПВП 2:1		PVA:МПС 4:1		PVA:МПС 2:1		PVA:МПС 1:1	
Властивість	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %	σ_p , МПа	ϵ , %
Умови										
$T_{\text{кімн}}$	83,1	232	28,6	206	28	155	12,9	130	—	—
60 °С	87,2	283	20,4	206	19	155	15	130	—	—
80 °С	87,8	285	30,7	206	39	130	24	155	—	—
$T_{\text{кімн}}$, вакуум	89	260	39	258	42,5	206	35,7	138	6,6	52,1

Міцність та відносне видовження при прориві плівок на основі ПВС модифікованого МПС після термообробки значно знизилася і лише для плівок із співвідношенням ПВС:МПС = 4:1 залишилися майже на тому самому рівні.

Як бачимо, після термообробки серед плівок на основі ПВС, модифікованого МПС, найвищими значеннями міцності при прориві характеризуються плівки, одержані за кімнатної температури під вакуумом із співвідношенням компонентів ПВС:МПС = 4:1, що добре корелює із результатами досліджень механічної міцності аналогічних плівок без термообробки.

Отже, за результатами досліджень механічної міцності і еластичності плівок на основі модифікованого ПВС різних марок можна зробити висновок, що введення монтморилоніт-полівініл-піролідонової суміші дещо знижує міцність та еластичність плівок. Найоптимальнішим режимом одержання плівок на основі ПВС та модифікатора є випаровування розчинника за кімнатної температури під вакуумом.

З метою визначення проникності та ступеня структурування плівок на основі модифікованого ПВС досліджували їх водопоглинання у холодній воді. Плівки на основі чистого ПВС та ПВС, модифікованого чистим ПВП, розчиняються у воді незалежно від режимів одержання, марки ПВС, а також після термообробки за 110 °С. Модифіковані плівки, які не піддавалися термообробці, за 24 год майже повністю розчиняються у воді незалежно від типу, вмісту модифікатора і режимів одержання. Плівки на основі полівінілового спирту марки PVA BP-24 розчиняються у воді навіть після термообробки. Плівки на основі модифікованого ПВС марки PVA 088-20 після термообробки не розчиняються у воді, але мають високий ступінь набрякання.

Для плівок на основі PVA 088-20, які не розчинилися у воді, було досліджено їх бензотривкість (табл. 5), а також фізико-механічні властивості після витримки у бензині впродовж 24 год (табл. 6).

Таблиця 5

Бензотривкість плівок на основі модифікованого PVA 088-20

№ з/п	Склад композицій	Метод випаровування розчинника	Бензопоглинання за 24 год, %
1	PVA:МПС = 4:1	$T_{\text{кімн}}$	4,86
2	PVA:МПС = 4:1	$T_{\text{кімн}}$, вакуум	3,9
3	PVA: МПС = 2:1	60 °C	6,8
4	PVA: МПС = 2:1	$T_{\text{кімн}}$, вакуум	9,6

Плівки на основі композицій PVA 088-20 з МПС за співвідношення компонентів ПВС:МПС = 4:1 (за кількістю елементарних ланок ПВС до ПВП), одержані за кімнатної температури під вакуумом, характеризуються найнижчим бензопоглинанням (табл. 5) і найвищими значеннями міцності при прориві після витримки у бензині впродовж 24 год (табл. 6).

Якщо порівняти значення механічної міцності цих плівок до витримки у бензині і після витримки (табл. 6), то бачимо, що для композицій із співвідношенням компонентів ПВС:МПС = 4:1 міцність на прорив після витримки дещо знижується, а для композицій із співвідношенням компонентів ПВС:МПС = 2:1 витримка у бензині практично не впливає на фізико-механічні властивості плівок. Відносно видовження плівок після витримки у бензині практично не змінюється.

Таблиця 6

Фізико-механічні властивості плівок на основі модифікованого PVA 088-20 до / після витримки у бензині

№ з/п	Склад композицій	Метод випаровування розчинника	Міцність на прорив, МПа	Відносне видовження при прориві, %
1	PVA:МПС = 4:1	$T_{\text{кімн}}$	25,6 / 21,44	103 / 129
2	PVA:МПС = 4:1	$T_{\text{кімн}}$, вакуум	38 / 33,6	180 / 180
3	PVA: МПС = 2:1	$T_{\text{кімн}}$	11,8 / 10,9	94 / 102
4	PVA: МПС = 2:1	$T_{\text{кімн}}$, вакуум	32,5 / 32	129 / 130

Висновки. Отже, за результатами проведених досліджень можна зробити висновок, що введення монтморилоніт-полівінілпіролідонової суміші до ПВС різних марок (з різною в'язкістю) суттєво впливає на експлуатаційні властивості плівок на їх основі, зокрема дещо знижується механічна міцність та еластичність плівок, підвищується їх водо- та бензотривкість. Оптимальними властивостями серед плівок на основі модифікованого ПВС характеризуються плівки із співвідношенням компонентів ПВС:МПС = 4:1 (за кількістю елементарних ланок ПВС до ПВП). З марок ПВС з різною динамічною в'язкістю (PVA 088-20 – 23 мПа·с і PVA ВР-24 – 44-50 мПа·с) доцільніше використовувати для модифікації полівініловий спирт марки PVA 088-20, оскільки модифіковані плівки на його основі відзначаються вищою водо- та бензостійкістю за аналогічних фізико-механічних властивостей.

1. Zou En-guang, Wang Jian. Влияние высокомолекулярного диспергирующего агента на свойства композитного материала монтмориллонит/полипропилен / Технология полимерных материалов. – 2011. – N 5. – С. 56-59. 2. Полимерные нанокомпозиты / под ред. Ю. Винг Май, Жонг-Жен Ю. – М.: Техносфера, 2011. – 688 с. 3. Patil, P. A review on ionotropic gelation method: novel approach for controlled gastreretentive gelispheres / P. Patil, D. Chavanke, M. Wagh // Int. J.

Pharm. Sci. – 2012. – No. 4. – P. 27–32. 4. Белозеров А. Г., Карасев Н. С., Овчинников Н. Л., Бутман М. Ф. Влияние предварительной деаминации силикатного наполнителя на степень его эксфолиации в нанокompозитах “поливиниловый спирт – монтмориллонит” // Российские нанотехнологии. – 2014. – № 7–8. – С. 59–63. 5. Ray S. S., Okamoto M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. Prog. Polym. Sci., 2003, Vol. 28, p. 1539–1641. 6. Gonsalves K.E., Chen X. “Inorganic nanostructured materials”. Nanostructured materials, 1996, Vol. 5, p. 3256. 7. Volodymyr Krasinskyi, Oleh Suberlyak, Yurii Klym, Ivan Gajdos. Innovative production of nanocomposites on the basis of thermoplastics and montmorillonite modified by polyvinylpyrrolidone // XVII International Scientific Conference „Trends and Innovative Approaches in Business Processes“ (19 December 2014). – SĵF TU Košice, Slovak Republic. – 2014. – P. 1–6. 8. Krasinskyi V., Suberlyak O., Klym Y., Gajdos I., Jachowicz T. Nanocomposites on the basis of thermoplastics and montmorillonite modified by polyvinylpyrrolidone / Technological and design aspects of extrusion and injection moulding of thermoplastic polymer composites and nanocomposites. Volume III: Lublin, 2015. – P. 103–112.

УДК 678.743.22:746.222-139

Ю. В. Ларук, В. Є. Левицький
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології переробки пластмас

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИД- ПОЛІСТИРОЛЬНИХ ПЛАСТИКАТІВ

© Ларук Ю. В., Левицький В. Є., 2016

За результатами віскозиметричних та реологічних досліджень встановлено вплив природи полістирольного модифікатора (суспензійний та удароміцний полістирол) на характеристичну в'язкість розчинів полівінілхлориду у діоктилфталаті. Виявлено вплив полістирольного модифікатора на реологічні параметри, зокрема індекс течії, границю текучості та кесонову в'язкість полівінілхлоридних пластикатів до і після стадії желювання матеріалу. Досліджено зміну показника текучості розтопу полівінілхлоридних пластикатів залежно від вмісту полістирольного модифікатора та температури желювання композиції.

Ключові слова: реологія, полівінілхлорид, модифікування, полістирол, в'язкість.

Yu. V. Laruk, V. Ye. Levytskyi

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLY(VINYL CHLORIDE)- POLYSTYRENE PLASTICATES

© Laruk Yu. V., Levytskyi V. Ye., 2016

Based on viscometry and rheological studies influence of the nature of polystyrene modifier (suspension and high impact polystyrene) on the intrinsic viscosity of the solutions of poly(vinyl chloride) in dioctyl phthalate was found. Influence of polystyrene modifier on the rheological parameters, including flow index, liquid limit and caisson viscosity of poly(vinyl chloride) plasticates before and after the stage of material gelation was revealed. Change of melt flow index of poly(vinyl chloride) plasticates in dependence from polystyrene modifier content and temperature of gelation of composition was studied.

Key words: rheology, poly(vinyl chloride), modification, polystyrene, viscosity.

Постановка проблеми. Полівінілхлорид (ПВХ) є полімером, що практично застосовується майже у всіх галузях промисловості. Із матеріалів на його основі виготовляють лінолеум, труби, шпалери, віконний профіль, вироби конструкційного призначення, ізоляційні покриття, вироби медичної та пакувальної індустрії тощо [1, 2].