

УДК 66.095.261/.262+[676.034.24+678.029.46]

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2020.2.7>

А.В. СУХОВИЙ

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0001-8641-8122

Л.А. ЧУРСІНА

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-8076-9666

Г.А. ТИХОСОВА

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0003-1163-6074

Н.В. НЕЖЛУКЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-6737-2699

НОВІ НАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті виконано аналіз попередніх досліджень щодо механізму формування полімерних композиційних матеріалів з використанням нових природних наповнювачів та висунутий передбачуваний механізм реакції між лляним волокном та полімерною матрицею в процесі формування композитів. Побудовано гіпотезу щодо можливих перепон для виникнення адгезії між волокном і матрицею при пресуванні композитів і шляхів їх подолання.

Поставлено завдання експериментально довести можливість використання волокон льону олійного як целюлозного наповнювача для формування композитів на основі фенол-формальдегідних полімерів, а також теоретично розробити механізм взаємодії целюлози волокна льону олійного з полімерною матрицею фенол-формальдегідних смол.

Показники міцності при згинанні та ударної в'язкості фенопластів з наповнювачем з волокна льону олійного навіть вищі, ніж характеристики фенопластів на основі бавовняного лінту. Таким чином, встановлено, що якість отриманих полімерних композитів децю вища за якість композиційних матеріалів із додаванням бавовняного волокна, яке імпортується в Україну.

Одержані експериментальні результати підтверджують гіпотезу, яку викладено в теоретичній частині даної статті про те, що завдяки зниженню масової частки пектину, лігніну та восків у складі лляного волокна підвищується адгезія лляного волокна до полімерної матриці в процесі формування композитів.

Запропонований механізм взаємодії целюлозного волокна льону олійного та фенол-формальдегідного полімеру дає можливість стверджувати, що для підвищення адгезії целюлози льону олійного фенол-формальдегідною смолою, необхідно розблокувати гідроксильні групи лляної целюлози, тобто звільнити їх від восків і таким чином підвищити гідрофільність лляного волокна. Тому, для отримання полімерних композиційних матеріалів з використанням у якості наповнювача волокна льону олійного необхідно попереднє глибоке очищення волокна льону від восків.

Ключові слова: композити, фенол-формальдегідні смоли, лляна целюлоза, адгезія.

А.В. СУХОВИЙ

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0001-8641-8122

Л.А. ЧУРСІНА

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-8076-9666

А.А. ТИХОСОВА

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0003-1163-6074

Н.В. НЕЖЛУКЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет
ORCID: 0000-0002-6737-2699

НОВЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье выполнен анализ предыдущих исследований, касающихся механизма формирования полимерных композиционных материалов с использованием новых природных наполнителей и выдвинут предполагаемый механизм реакции между льяным волокном и полимерной матрицей в процессе

формирования композитов. Построена гипотеза на счет возможных препятствий для возникновения адгезии между волокном и матрицей при прессовании композитов и путей их преодоления.

Поставлена цель экспериментально доказать возможность использования волокон льна масличного как целлюлозного наполнителя для формирования композитов на основе фенол-формальдегидных полимеров, а также теоретически разработать механизм взаимодействия целлюлозы волокна льна масличного с полимерной матрицей фенол-формальдегидных смол.

Показатели прочности на изгиб и ударной вязкости фенопластов с наполнителем из волокна льна масличного даже выше, чем характеристики фенопластов на основе хлопкового линта. Таким образом, установлено, что качество полученных полимерных композитов – несколько выше, чем качество композиционных материалов с использованием хлопкового волокна, которое импортируется в Украину.

Полученные экспериментальные результаты подтверждают гипотезу, которая описана в теоретической части данной статьи о том, что благодаря снижению массовой доли пектина, лигнина и восков в составе льняного волокна повышается адгезия льняного волокна к полимерной матрице в процессе формирования композитов.

Предложенный механизм взаимодействия целлюлозного волокна льна масличного и фенол-формальдегидного полимера дает возможность утверждать, что для повышения адгезии целлюлозы льна масличного фенол-формальдегидной смолой, необходимо разблокировать гидроксильные группы льняной целлюлозы, то есть освободить их от восков и таким образом повысить гидрофильность льняного волокна. Поэтому для получения полимерных композиционных материалов с использованием в качестве наполнителя льна масличного необходимо провести предварительную глубокую очистку волокна льна масличного от восков.

Ключевые слова: композиты, фенол-формальдегидные смолы, льняная целлюлоза, адгезия.

A.V. SUKHOVII

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-8641-8122

L.A. CHURSINA

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0002-8076-9666

H.A. TIKHOSOVA

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0003-1163-6074

N.V. NEZHLYUKCHENKO

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0002-6737-2699

NEW FILLERS FOR POLIMERIC COMPOSITE MATERIALS

In work the analysis of the previous researches of the mechanism for formation of polymeric composite materials with the use of new natural fillers and the estimated mechanism of the reaction between linen fiber and a polymeric matrix in the course of formation of composites are made. The hypothesis of possible barriers for emergence of adhesion between fiber and a matrix when pressing composites and ways of their overcoming is developed.

The aim of the work is to prove experimentally the possibility of the use of fibers of oil flax as a cellulose filler for formation of composites on the basis of phenol formaldehyde polymers, and also, to develop theoretically the mechanism of interaction of oil flax fiber cellulose with a polymeric matrix of phenol formaldehyde resin

The indicators of bending strength and toughness of phenoplast filled with fiber flax is even higher than those of the phenoplast based on cotton linters. Thus, it was found that the quality of the polymer composites is somewhat higher than the quality of composite materials with addition of cotton which are imported to Ukraine.

The experimental results confirm the hypothesis stated in the theoretical part of the article that reduction of the mass fraction of pectin, lignin and waxes in linseed flax fibers, increases the adhesion in a polymer matrix during the formation of the composites.

The mechanism proposed of oil flax cellulose fiber and phenol formaldehyde polymer interaction makes it possible to claim that to increase adhesion of oil flax cellulose with phenol formaldehyde resin it is necessary to unblock hydroxyl groups of flax cellulose, that is to exempt them from waxes and thus to increase hydrophily of flax fiber. Therefore, to receive polymeric composite materials with the use of oil flax fiber as filler, preliminary deep purification of flax fiber from waxes is necessary.

Keywords: composites, phenol formaldehyde resin, flax cellulose, adhesion.

Постановка проблеми

На сьогодні основними матеріалами, які використовують як наповнювачі у полімерних композиційних матеріалах є скло, графіт, алюміній, вуглець, бор і берилій. Проте, при застосуванні в композиційних полімерних матеріалах природних волокнистих наповнювачів можливо досягти більш безпечного виробництва, простішої утилізації та значно зменшити витрати на закупівлю сировини. Тому за останній час набуло значної актуальності використання природних волокнистих наповнювачів у полімерних композиційних матеріалах.

Відомо, що вчені у всьому світі досягли певного успіху у питанні формування композитів з використанням природних целюлозних волокон у якості наповнювачів. Зокрема, це стосується дослідження особливостей одержання полімерних композиційних матеріалів з використанням у якості наповнювачів природних волокон та вивчення механізмів хімічних реакцій наповнювачів з полімерними матрицями в процесі формування композитів, які описано нижче.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вченим Політехнічного університету Гонконгу Hongsheng Luo було отримано нові композити на основі нанокристалів целюлози та поліакрилової кислоти (ПАК)[1]. Тим часом американськими вченими Jaewoong Lee, R. M. Broughton, S. D. Worley, T. S. Huang було вивчено механізм формування міжмолекулярних зв'язків між вибіленою бавовняною целюлозою та м-арамідом в процесі формування композиту[2].

В Україні на базі ТОВ «Прилуки Пластмас», м. Прилуки Чернігівської області, полімерні композиційні матеріали на сьогодні отримують пресуванням фенол-формальдегідної смоли та бавовняного лінту, який зараз є дефіцитною, імпортованою сировиною, а тому має високу вартість. З огляду на це, як ніколи, актуальним є питання заміни його більш дешевою та доступною вітчизняною сировиною, яка не поступатиметься бавовні за фізико-механічними властивостями. Виходячи з цього, проблема забезпечення широкого промислового використання волокнистих матеріалів, які можуть скласти альтернативу бавовні, надзвичайно важлива. Тим часом, Україна має свою природну целюлозовмісну сировину, яка щорічно поновлюється, це льон олійний. Зважаючи на унікальний комплекс властивостей льону, активно зростає попит на цю сировину. У зв'язку з цим, в останні роки в усьому світі і, зокрема, в Україні значно збільшилися посіви даної культури. Слід зазначити, що волокно льону олійного може бути високоякісною сировиною для одержання целюлози та целюлозних напівфабрикатів, паперу, пряжі, а також текстильних матеріалів [3]. Крім того, сьогодні ляне волокно широко застосовується за кордоном для армування композиційних матеріалів [4]. Але в Україні такий досвід відсутній.

Формулювання мети дослідження

В роботі поставлено завдання експериментально довести можливість використання волокон льону олійного як целюлозного наповнювача для формування композитів на основі фенол-формальдегідних полімерів, а також теоретично розробити механізм взаємодії целюлози волокна льону олійного з полімерною матрицею фенол-формальдегідних смол.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розглянемо передбачуваний механізм взаємодії ляної целюлози з полімерною матрицею. Перша стадія процесу одержання полімерних композиційних матеріалів на основі целюлози волокна льону і фенол-формальдегідної смоли – це одержання фенол-формальдегідної смоли. Механізм хімічної реакції поліконденсації відображено на рис. 1:

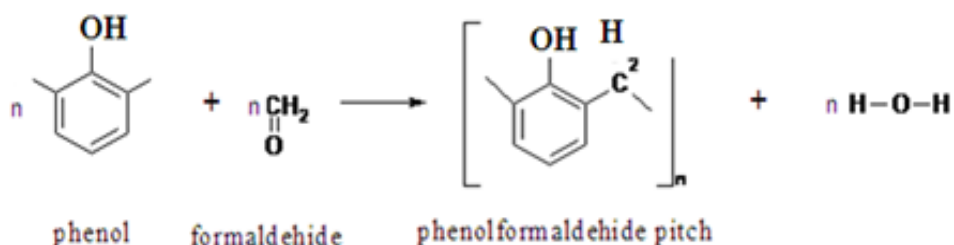


Рис. 1. Схема хімічної реакції одержання фенол-формальдегідної смоли

На другій стадії проходить хімічна реакція взаємодії ляної целюлози і фенол-формальдегідної смоли, тобто здійснюється формування полімерних композиційних матеріалів, що може бути подано за схемою на рис. 2:

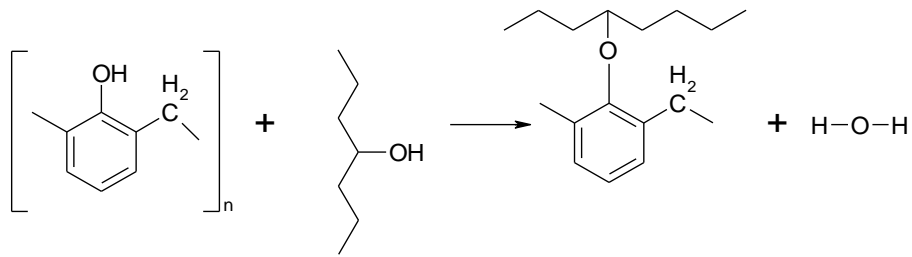


Рис. 2. Схема передбачуваної хімічної реакції взаємодії фенол-формальдегідної смоли з лляною целюлозою

Нами на основі попередніх теоретичних та експериментальних досліджень на базі ТОВ «Прилуки Пластмас» було виготовлено експериментальні зразки композиційних матеріалів, у яких як наповнювач використовували лляне волокно, одержане зі стебел льону олійного. Проте, в процесі одержання композитів сталося розшарування полімерної матриці і волокна, отже не відбулося адгезії між волокном та матрицею. Причиною цього негативного явища могла бути наявність у лляному волокні домішок, в тому числі, восків, які блокували активні гідроксильні групи целюлози. Адже відомо, що воски у складі лляного волокна обумовлюють його гідрофобність, знижуючи реакційну здатність целюлози. Як наслідок, таке лляне волокно володіє низькою змочуваністю й тому є нездатним до пресування у композити. Таким чином, було побудовано гіпотезу, що для створення адгезії між лляним волокном та полімерною матрицею під час формування композитів необхідне попереднє очищення лляного волокна від супутників, на відміну від бавовняного волокна, яке майже не містить домішок, тому в подальшій роботі волокно було очищене від них.

Попередньо подрібнену лляну сировину відварювали в лабораторному варочному апараті (рис. 3) окислювальним методом при температурі 100⁰С протягом 1 год. Рецепт для відварювання наступна: перекис водню (4 г/л), натрій гідроксид (10 г/л), кальцинована сода (2 г/л), натрій силікат (5 г/л), натрій триполіфосфат (1 г/л), змочувач (0,3 г/л).

Після закінчення відварювання варочний розчин зливається і починається промивання: циркуляція спочатку гарячою, а потім – холодною водою, обробка сульфатною кислотою (2 г/л), знову промивання холодною водою і сушіння.



Рис. 3. Лабораторний варочний апарат

При відварюванні значна частина домішок переводиться у варочний розчин. Але воскоподібні речовини – це гідрофобні вуглеводні, ефіри ненасичених кислот та спиртів – залишаються у волокні і можуть бути видалені тільки їх емульгуванням. Для цих цілей у варочний розчин вводять поверхнево-активні речовини – змочувачі. За високої температури воски плавляться ($T_{пл} = 60^0\text{C}$), розтікаються по поверхні волокна, а змочувач переводить їх у краплеподібний стан і переносить у варочний розчин у вигляді емульсії згідно з наступною схемою (рис.4).

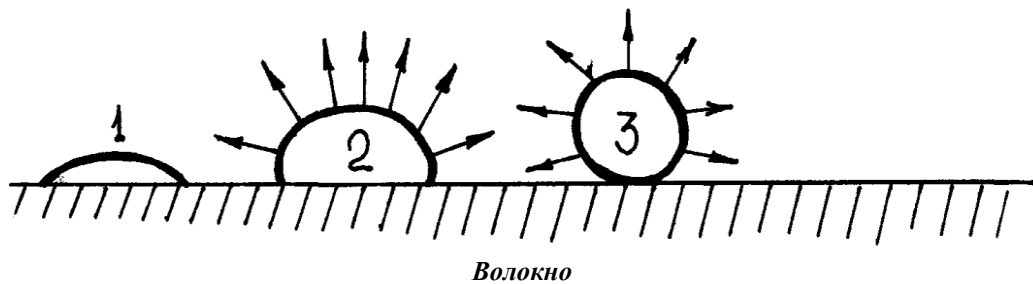


Рис. 4. Механізм емульгування воскоподібних домішок

Попередньо користуючись традиційними методиками хімічного аналізу, визначали вміст основних хімічних складових необробленого лляного волокна та лляного волокна після відварювання, а також змочуваність зразків лляного волокна.

Для визначення вмісту целюлози використовували прискорений метод, який базується на перетворенні целюлози шляхом гідролізу в глюкозу [5]. Цей метод ґрунтується на тому, що глюкозу, одержану в результаті гідролізу, окислюють йодом у лужному середовищі. Рівняння реакції має вигляд:



Для титрування відбирали 50 мл фільтрату, що містить гідролізовану целюлозу у формі глюкози. Повторність досліду дорівнювала 5. Помилка досліду становила 0,1%. Вміст целюлози обчислювали за формулою:

$$C = \frac{G_2 \times K}{G_B \times \frac{100 - K}{100}} \quad (2)$$

де G_2 – маса глюкози в пробі волокна, г;

G_B – початкова маса волокна, г;

K – співвідношення відносних молекулярних мас елементарної ланки целюлози та глюкози.

Одним із методів, що найчастіше застосовуються для визначення вмісту лігніну, є гідролітично-ваговий, який і був використаний у даній роботі [5]. Цей метод базується на тому, що при дії на рослинні волокна, попередньо звільнені від восків, жирів та смол, 72 %-овою сірчаною кислотою лігнін залишається переважно неушкодженим, у той час як усі інші складові рослинної тканини переходять у розчин. Це дає можливість відокремити лігнін та визначити його кількість ваговим методом.

Визначаючи вміст лігніну в досліджуваному льоноволокні, відбирали 5 проб волокна масою по 2 г кожна, які подрібнювали до стану «пушку», зважували з точністю до 0,001 г та обробляли протягом 48 годин у 72 %-овій сірчаній кислоті. Для кращого розчинення суміш кип'ятили протягом 2-х годин, після охолодження проводили фільтрування.

Кількість лігніну розраховували у відсотках за відношенням до маси абсолютно сухого волокна з точністю до 0,01 г за формулою:

$$L = \frac{G_{\text{л}}}{G_B} \times 100, \quad (3)$$

де $G_{\text{л}}$ – маса лігніну, яка дорівнює $G - G_{\text{ф}}$, г;

G – маса фільтра з осадом лігніну, г;

$G_{\text{ф}}$ – початкова маса фільтра, г;

G_B – маса волокна, г.

Заслуговує на увагу метод визначення вмісту пектинових речовин, в якому виділені пектинові речовини визначаються йодометричним методом, що значно прискорює аналіз. Цей метод і було використано в даній роботі [5]. Для визначення вмісту пектинових речовин відбирали проби волокна масою по 5 г, зважені з точністю до 0,001 г, потім їх промивали на фільтрі гарячою водою та обробляли лимоннокислим амонієм протягом 2-х годин при кипінні. Після обробки розчин фільтрували, а фільтрат використовували для визначення вмісту пектинових речовин. Для цього у фільтрат додавали розчини гідроксиду натрію, оцтової кислоти й мідного купоросу для осадження мідної солі полігалактуронової

кислоти. Утворений осад відфільтровували та використовували для визначення кількості міді шляхом титрування розчином гіпосульфїту.

Вміст пектинових речовин обчислювали у відсотках за формулою:

$$P = \frac{V_R \times E_M \times K}{G_B} \times 100, \quad (4)$$

де V_R – об'єм гіпосульфїту, мл;

E_M – еквівалент міді;

K – коефіцієнт переведення кількості міді на кальцієву сіль полігалактуранової кислоти.

Вміст воскоподібних речовин визначали шляхом екстрагування бензолом [5]. Очищений, подрібнений та витриманий при певній відносній вологості волокнистий матеріал, обробляли протягом 6-8 годин висушенням та перегнаним бензолом. Вміст воскоподібних речовин визначали по відношенню до абсолютно сухого волокна.

$$W = \frac{M_2}{M_1} \times 100, \quad (5)$$

де M_1 – маса лляного волокна до обробки, г;

M_2 – маса лляного волокна після обробки, г.

Визначення змочуваності проводили згідно ISO 7213-81. «Целюлоза. Отбор проб для испытаний» [6]. Для аналізу брали 15 г повітряно-сухої целюлози, відібраної із середньої проби, зважували з похибкою не більше ніж 0,1 г, формували зразок на столі за розміром алюмінієвого циліндра, який був попередньо виготовлений згідно з кресленням. Целюлозу вкладали до попередньо зваженого циліндра й ущільнювали до внутрішньої мітки 50 мм. При формуванні зразка пил, який висипався, збирали й поміщали до циліндра разом із целюлозою. У кристалізаційну чашку наливали дистильовану воду з температурою $20 \pm 0,5$ °С до рівня не нижче ніж 20 мм від краю. Після цього в неї опускали алюмінієвий циліндр до рівня зовнішньої нижньої мітки циліндра. Через 30 с алюмінієвий циліндр із зволоженою масою наважки виймали з води та зважували з похибкою не більше ніж 0,1 г.

Змочуваність (X_2) в грамах обчислювали за формулою:

$$X_2 = m_1 - (m_2 + m), \quad (6)$$

де m – маса повітряно-сухої целюлози, г;

m_1 – маса циліндра з целюлозою після випробування, г

m_2 – маса пустого циліндра, г.

Визначення масової частки золи проводили згідно з ISO 1762-74 «Целюлоза. Метод определения содержания золь» [7]. Для проведення досліду зважували 5 г повітряно-сухої целюлози з похибкою не більше ніж 0,01 г. Тигель нагрівали 15 хв у муфельній печі при температурі 575 ± 25 °С, потім охолоджували в ексикаторі протягом 45 хв, після чого зважували з точністю до четвертого десяткового знака. Пробу поміщали в цей тигель і прожарювали на невеликому полум'ї газового пальника до повного обуглювання, після чого тигель поміщали в муфельну піч і прожарювали до повного згоряння вуглецю. Після закінчення прожарювання, про що свідчить відсутність чорних часточок, тигель із вмістом охолоджували та зважували з точністю до четвертого десяткового знака.

Вміст золи у відсотках по відношенню до маси проби розраховували за формулою:

$$X_4 = \frac{m_1 \times 100}{m \times (100 - W)} \times 100, \quad (7)$$

де m – маса повітряно-сухої целюлози, г

m_1 – маса золи, г;

W – вологість целюлози, %.

Експериментальні результати аналізу хімічного складу необробленого лляного волокна, а також волокна після відварювання подано в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад лляного волокна					
	Целюлоза, %	Пектин, %	Лігнін, %	Зола, %	Воски, %
Лляне волокно	81,79	7,74	5,96	1,48	3,03
Лляне волокно після відварювання	98,22	0,40	0,320	1,06	-

За результатами досліджень встановлено, що після відварювання повністю видалені воски, вміст целюлози у лляному волокні збільшився на 16,43 % порівняно з необробленим волокном, масова частка пектину знизилась на 7,34 %, а лігніну – на 5,64 %, також у процесі відварювання спостерігалось деяке зниження вмісту золи. Змочувальність лляного волокна після відварювання становила 105,43 г, тоді як необробленого волокна - 12,28 г, таким чином, цей показник виріс майже в 10 разів. Так, одержане після відварювання волокно льону олійного має високий вміст целюлози та високий показник змочуваності, що є вагомим чинником для процесу формування полімерного композиту.

Для підтвердження можливості заміни імпортованого бавовняного волокна відвареним лляним волокном у виготовленні композитів в умовах ТОВ «Прилуки Пластмас» лляне волокно після відварювання було в подальшому використане для формування композиту в умовах названого підприємства.

Виготовлення композитів відбувалося таким чином: відібрані разові проби ретельно перемішували й відбирали середню пробу масою не менше ніж 1 кг. Середню пробу поміщали в чистий сухий вологонепроникний пакет. У пакет вкладали етикетку із зазначенням номера партії та дати відбору проби. Зразки для випробувань підготовлювали методом компресійного пресування. Основними компонентами для пресматеріалів були: смола, волокнистий наповнювач, отверджувач або прискорювач отвердіння смоли, мастила та ін. Зразки у вигляді брусків із волокнистої маси пресували на одногніздовій розкидній прес-формі.

В результаті проведення цих робіт були одержані експериментальні зразки композиційних матеріалів з використанням лляного волокна. В одержаних композитах були визначені фізико-механічні характеристики: міцність при згинанні композиту та ударна в'язкість.

Визначення ударної в'язкості проводили згідно з СТ СЭВ 1491-79 «Метод определения ударной вязкости по Шарпи» [8]. Визначення здійснювали при швидкості удару маятника 2,9 м/с±10%. Повторність дослідів була п'ятиразовою.

Визначення напруги вигинання при руйнуванні проводили згідно з ISO 178:2010 «Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб» [9] на брусках розміром 80 × (10±0,5) × (4±0,2) мм при температурі 23 °С і відносній вологості 50 %.

Фізико-механічні характеристики фенопластів на основі бавовняного лінту та відвареного лляного волокна подано в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-механічні характеристики фенопластів на основі бавовняного лінту та відвареного лляного волокна		
Тип наповнювачів	Фізико-механічні характеристики фенопластів з різними наповнювачами	
	Міцність при згинанні, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
Лляне волокно	30,1	10,0
Бавовняний лінт	30,0	9,0

З таблиці видно, що показники міцності при згинанні та ударної в'язкості фенопластів з наповнювачем з волокна льону олійного навіть вищі, ніж характеристики фенопластів на основі бавовняного лінту. Таким чином, встановлено, що якість отриманих полімерних композитів дещо вища за якість композиційних матеріалів із додаванням бавовняного волокна, яке імпортується в Україну.

Одержані експериментальні результати підтверджують гіпотезу, яку викладено в теоретичній частині даної статті про те, що завдяки зниженню масової частки пектину, лігніну та восків у складі лляного волокна підвищується адгезія лляного волокна до полімерної матриці в процесі формування композитів.

Висновки

Запропонований механізм взаємодії целюлозного волокна льону олійного та фенол-формальдегідного полімеру дає можливість стверджувати, що для підвищення адгезії целюлози льону олійного фенол-формальдегідною смолою, необхідно розблокувати гідроксильні групи лляної целюлози, тобто звільнити їх від восків і таким чином підвищити гідрофільність лляного волокна. Тому, для

отримання полімерних композиційних матеріалів з використанням у якості наповнювача волокна льону олійного необхідно попереднє глибоке очищення волокна льону від восків.

Список використаної літератури

1. Hongsheng Luo: Study on stimulus-responsive cellulose-based polymeric materials, The Hong Kong Polytechnic University, 2012, с. 57.
2. Jaewoong Lee, R. M. Broughton, S. D. Worley, T. S. Huang, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Volume 2, Issue 4, 2007, с. 25.
3. Чурсіна Л.А., Тіхосова Г.А., Головенко Т.М., Меньяло-Басиста І.О.: Інноваційні технології одержання нетканих та целюлозовмісних матеріалів з льону олійного, Олді-плюс, Херсон, 2014, с. 25-33.
4. Живетин В.В.: Масличный лён и его комплексное развитие, ЦНИИЛКА, Москва, 2000, с. 72-89.
5. Чурсіна Л.А., Тіхосова Г.А., Горач О. О., Янюк Т. І.: Наукові основи комплексної переробки стебел та насіння льону олійного, Олді-плюс, Херсон, 2011, с. 32-37.
6. ISO 7213-81. Целлюлоза. Отбор проб для испытаний. : Международный стандарт.
7. ISO 1762-74. Целлюлоза. Метод определения содержания золы: Международный стандарт.
8. СТ СЭВ 1491-79. Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи: Международный стандарт.
9. ISO 178:2010. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб: Международный стандарт.

References

1. Hongsheng Luo. Study on stimulus-responsive cellulose-based polymeric materials. Hong Kong, The Hong Kong Polytechnic University, 2012. 57 p.
2. Jaewoong Lee, R. M. Broughton, S. D. Worley, T. S. Huang, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Volume 2, Issue 4, 2007, 25 p.
3. Chursina L. A., Tikhosova G. A., Golovenko T. M., Myenyailo-Basista I. O.: Innovatsiini tekhnologii oderzhannia netkanykh ta tseliulozovmisnykh materialiv z lonu oliinogo. Kherson, Oldi-plus, 2014. 25-33 pp.
4. V.V. Zhivetin, L.N. Ginzburg.: Maslichny'i len i ego kompleksnoe razvitie. Moskow, TCNIILKA, 2000. 72-89 pp.
5. Chursina L. A., Tikhosova G. A., Gorach O. O., Yanyuk T. I.. Naukovi osnovi kompleksnoi pererobki etebel ta nasinnya l'onu oliinogo. Kherson, Oldi-plus, 2011. 32-37 pp.
6. ISO 595-79. Czellyuloza. Otkor prob dlya ispy'tanij. (International standart).
7. ISO 1762-74. Czellyuloza. Metod opredeleniya sodержaniya zoly'. (International standart)
8. ST SEV 1491-79. Plastmassy. Metod opredeleniya udarnoj vyazkosti po Sharpi. (International standart)
9. ISO 178:2010. Plastmassy. Metod ispy'taniya na staticheskij izgib. (International standart).