

Міністерство освіти та науки України

Луцький національний технічний
університет

НАУКОВІ НОТАТКИ

Міжвузівський збірник наукових праць
(за галузями знань «Фізико-математичні
науки» та «Технічні науки»)

Випуск 74

Луцьк 2022

Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки».

Включено до категорії Б Переліку наукових фахових видань України (відповідно до Порядку формування Переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказом МОН України від 15 січня 2018 року № 32, зареєстрованого в Мін'юсті України 06 лютого 2018 року за № 148/21600) за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки» за науковими спеціальностями: 105 Прикладна фізика та наноматеріали; 131 Прикладна механіка; 132 Матеріалознавство; 133 Галузеве машинобудування – від 24.09.2020 р., Наказ МОН України № 1188 та за науковими спеціальностями 113 Прикладна математика, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – від 26.11.2020 р., Наказ МОН України № 1471.

DOI 10.36910/6775.24153966.2022.74

В збірнику можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії

Веб-сайт збірника:

http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky

Довідки за e-mail: naukovi_notatki@lutsk-ntu.com.ua

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 5 від 27 грудня 2022 р.

Свідоцтво Міністерства юстиції України про державну реєстрацію:
Серія КВ №15901-4373ПР від 13.11.2009 р.

ISSN: 24-15-39-66

© Луцький національний технічний університет, 2022 р.

ЗМІСТ

Зміст	5
О.О. Кравчук Розробка та обґрунтування технології безперервного лиття-прокату надтонкого алюмінієвого листа	7
Т.М. Колеснікова, О.С. Лиходій, Т.А. Махоркіна, В.В. Шевчук, М.М. Толстушко Перспективи застосування двигунів нетрадиційних конструкцій	14
С.В. Зозуля Щодо питання очищення води в умовах замкнутого циклу використання	20
Л.О. Гуменюк, В.В. Лотиш, Ю.З. Ваикурак, П.О. Гуменюк Автоматизація пошуку нечітких дублікатів електронних текстових документів	26
Є. Б. Козак Традиційні моделі машинного навчання у сфері інтернету речей	32
О.Г. Курпе, В.В. Кухар, К. Ву, В.Г. Єфременко, В.І. Журнаджі Розвиток системних підходів до превентивного керування якістю термомеханічно обробленого товстолистого прокату категорії К60	39
О.П. Гапонова, Т. І. Жиленко, Н. В. Тарельник, В. М. Безрук Забезпечення криптографічного захисту державних інформаційних ресурсів	49
Ю.Ю. Жигуц, В.Д. Рудь Модель механізму гальмівного поглинання лазерного випромінювання	54
Т.Н. Гальчук Використання систем автоматизованого проектування для планування підрозділів машинобудівного виробництва	58
Ю.В. Коваль, Л.В. Яциньський, С.А. Федосов, Д.А. Захарчук, Л.І. Панасюк Особливості кінетичних ефектів в напівпровідникових монокристалах з неоднорідним розподілом домішок	62
Н.Ю. Імбірович, Д.А. Захарчук, С.А. Федосов Проблеми і перспективи досліджень матеріалів для автомобільних гальмівних систем	67
Н.В. Данилюк Експрес-метод колориметричного визначення іонів Ca^{2+} у воді за допомогою смартфона	74
Б.П. Найдич, Р.С. Яворський, Т.П. Цимбалюк, О.М. Матківський, Г.Д. Матеїк Ab initio розрахунки термодинамічних параметрів твердих розчинів PbTe-SnTe	79
С.В. Луньов, М.В. Хвищун, П.Ф. Назарчук, В.Т. Маслюк Радіаційно-стимульоване зростання рухливості електронів в монокристалах кремнію	84
І.В. Семків, В.М. Ващинський, А.І. Кашуба, М.В. Соловійов, І.Є. Лопатинський, Ф.М. Гончар, В.М. Куньо, В.Б. Стахура Структурно-морфологічні та адсорбційні властивості пористого вуглецевого матеріалу	87
А.І. Кашуба, І.В. Семків, Г.А. Ільчук, Е.О. Височанська, В.М. Кордан, Р.Ю. Петрусь Синтез, структура та оптичні властивості полікристалів і тонких плівок $Cd_{1-x}Mn_xTe$	94
О.М. Ярошевич, М.П. Ярошевич, В.Л. Мартинюк, Є.І. Мельник Вплив пружності з'єднання дебалансного віброзбудника з електродвигуном на коливання привода вібромашини	102
В. М. Мельник, В. П. Косова, М. В. Шафаренко, Л. І. Ружинська Первапораційна очистка стічної води від органічних домішок	109
В.П. Кашицький, П.П. Савчук, О.Л. Садова, В.С. Мазурок, О.В. Костриця Формування нових біокомпозитів на основі вторинної сировини, отриманої рециклінгом біокомпозитних виробів	115
Л.Ю. Федік, І.С. Кондіус Основні етапи проектування систем автоматизації і аналіз застосовуючих програм для реалізації цього процесу	122
І.В. Рула, Н.К. Дьяченко Дослідження впливу режимів формування виробів із вуглепластиків за допомогою математичного планування	128
В.П. Кашицький, О.Л. Садова, В.О. Шегинський, В.А. Сичук Розробка технології формування біокомпозитних виробів декоративного призначення	134
О.Д. Клименко, Ю.В. Муравинець, В.С. Пуць Підвищення надійності зубчастих передач	140
Ю. О. Кубрак, Д.Д. Плечистий, І.А. Толстой Машинне навчання, як основа створення керуючих автоматів	145
Ю. Л. Гунько, С.Є. Голячук, Ю.В. Федорусь Дослідження роботи дозатора рідких продуктів	152
Н.О. Толстушко, О.О. Герасимчук, М.М. Толстушко, С.Ф. Юхимчук, Н.П. Ковальчук Аналіз біобалера для збирання біомаси у лісовому та сільському господарствах	156
О.О. Чайка Аналіз взаємодії стеблової стрічки льону з криволінійним пальцем комбінованого підбирача	161
С.М. Юхимчук Умови передачі руху від брального диска до брального паса через стебла льону	165

CONTENT

Contents	5
O. Kravchuk Development and justification of the technology of continuous casting-rolling over a thin aluminum sheet.....	7
T.M. Kolesnikova, O.S. Lykhodii, T.A. Makhorkina, V.V. Shevchuk, M.M. Tolstushko Prospects for the application of engines of non-traditional designs.....	14
S.V. Zozulia On the issue of water purification in a closed cycle of use.....	20
L. Gumeniuk, V. Lotysh, Y. Vashkurak, P. Humeniuk Automation of the search of unclear duplicate text electronic documents.....	26
E. Cozac Traditional models of machine learning in the field of the internet of things.....	32
O.G. Kurpe, V.V. Kukhar, K. Wu, V.G. Efremenko, V.I. Zurnadzhy Development of system approaches to preventive quality management of thermo-mechanically processed K60 steel heavy plates.....	39
O. P. Gaponova, T. I. Zhylenko, N. V. Tarelnyk, V. M. Bezruk Mathematical analysis of the surface modification process by electric spark alloying method.....	49
Yu. Zhiguts, V. Rudj Model of mechanism of braking laser radiation absorption.....	54
T. Halchuk Use of automated design systems for planning subdivisions of machine-building production.....	58
Yu.V. Koval, L.V. Yashchynskyy, S.A. Fedosov, D.A. Zakharchuk, L.I. Panasyuk Features of kinetic effects in semiconductor single crystals with heterogeneous distribution of impurities.....	62
N. Imbirovich, D. Zakharchuk, S. Fedosov Problems and prospects of research of materials for automobile braking systems.....	67
N. Danyliuk Rapid colorimetric detection of Ca^{2+} ions in drinking water using a smartphone.....	74
B. Naidych, R. Yavorskyi, T. Tsymbalyuk, O. Matkivskyi, G. Mateik Ab initio calculations of thermodynamic parameters of PbTe-SnTe solid solutions.....	79
S.V. Luniov, M.V. Khvyshchun, P.F. Nazarchuk, V.T. Maslyuk Radiation-stimulated growth of the electron mobility in silicon single crystals.....	84
I.V. Semkiv, V.M. Vashchynskyy, A.I. Kashuba, M.V. Solovyov, I.E. Lopatynskyy, F.M. Honchar, V.M. Kunyo, V.B. Stakhura Structural, morphological and adsorptive properties of porous carbon material.....	87
A.I. Kashuba, I.V. Semkiv, H.A. Ilchuk, E.O. Vysochanska, V.M. Kordan, R.Yu. Petrus synthesis, structure and optical properties of $\text{cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ polycrystals and thin films.....	94
O. Yaroshevych, N. Yaroshevich, V. Martyniuk, YE. Melnyk Influence of connection elasticity of the unbalanced vibration exciter with an electric motor on oscillation of vibration machine's drive.....	102
V.M. Melnik, V.P. Kosova, M.V. Shafarenko, L. I. Ruzhynska Pervaporation cleaning of stich water view of organic houses.....	109
V. Kashytskyi, P. Savchuk, O. Sadova, V. Mazurok, O. Kostyrytsya Formation of new biocomposites based on secondary raw materials obtained by recycling biocomposite products.....	115
L.Y. Fedik, I.S. Condius Main stages of designing automation systems and analysis of used programs to analyze programs to implement this process.....	122
I.V. Rula, N.K. Diachenko Study of the influence of the modes of forming carbon plastic products with the help of mathematical planning.....	128
V. Kashytskyi, O. Sadova, V. Shehynskyy, V. Sychuk The development of forming technology of decorative biocomposite products.....	134
O.D. Klymenko, Yu.V. Muravynets, V.S. Putz Increase of gear reliability.....	140
Y. O. Kubrak, D. D. Plechystyy, I. A. Tolstoi Machine learning as a basis for creating control automata.....	145
N.O. Tolstushko, O.O. Herasymchuk, M.M. Tolstushko, S.F. Yukhymchuk, N.P. Kovalchuk Analysis of a biobaler for harvesting biomass in forestry and agriculture.....	156
O.O. Chaika Analysis of the interaction of the flax stem tape with the curved finger of the combined pick-up.....	161
S.M. Yukhymchuk Conditions for the transfer of motion from the pulling disc to the pulling belt through flax stalks.....	165

УДК 678.029.46:620.179.12

DOI 10.36910/775.24153966.2022.74.21

І.В. Рула, Н.К. Дьяченко*Дніпровський державний аграрно-економічний університет***ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ ІЗ
ВУГЛЕПЛАСТИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ**

Досліджено вплив режимів виготовлення сумішей в обертальному електромагнітному полі (ОЕП) та формування виробів із вуглепластиків на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2, армованого 15 мас. % вуглецевого волокна Углен-9. В роботі, за допомогою методів математичного планування експерименту показано, що оптимальними параметрами виготовлення зразків, для тримання деталей з найкращими значеннями ударної в'язкості є час обробки сумішей в ОЕП 60 с феромагнітними частками довжиною 40 мм при температурі подальшої переробки 598 К.

Ключові слова: ароматичний поліамід, вуглецеве волокно, вуглепластик, планування експерименту, режими формування матеріалу, ударна в'язкість.

I.V. Rula, N.K. Diachenko**STUDY OF THE INFLUENCE OF THE MODES OF FORMING CARBON PLASTIC
PRODUCTS WITH THE HELP OF MATHEMATICAL PLANNING**

The influence of the modes of manufacturing mixtures in a rotating electromagnetic field (REF) and the formation of products from carbon plastics based on the aromatic polyamide phenylon C-2, reinforced with 15 wt. % carbon fiber Uglen-9. In the work, using the methods of mathematical planning of the experiment, it is shown that the optimal parameters for the production of samples, in order to keep parts with the best values of impact strength, are the time of processing mixtures in REF 60 s with ferromagnetic particles 40 mm long at a further processing temperature of 598 K.

Key words: aromatic polyamide, carbon fiber, carbonplastics, experiment planning, material molding modes, impact strength

Полімерні композиційні матеріали займають дуже важливе місце нашому повсякденному житті. На сьогодні вони з успіхом застосовуються в багатьох галузях промисловості від авіаційно-космічної та ракетної до енергетики, приладо- та машинобудування у гірничорудній, металургійній промисловостях та будівництві. І щорічне збільшення діапазону застосування цих матеріалів обумовлено їх високими функціональними можливостями, що забезпечують зниження маси виробів одночасно з підвищенням надійності, збільшенням ресурсу роботи і можливістю експлуатації в екстремальних умовах. На даний час є техніко-економічні передумови для широкого застосування ПКМ в різних галузях техніки, зокрема, і в машинобудуванні. Встановлено, що заміна традиційних металевих матеріалів на ПКМ забезпечує зниження матеріаломісткості деталей машин до 2,5 разів при збільшенні їх робочого ресурсу до 3 разів. Крім того, надійність деталей з ПКМ в 1,5 рази вища, ніж із традиційних матеріалів.

До найбільш поширених термопластичних антифрикційних матеріалів належать ароматичні поліаміди (ПА), зокрема фенілони. Такі матеріали мають низький коефіцієнт тертя, доволі стійкі до зношування і здатні працювати в інтервалі температур від -40 до +80°C. До недоліків поліамідів можна віднести незначну теплопровідність, низьку несучу здатність, що впливає на їх фізико-механічні характеристики. Одним з ефективних методів поліпшення експлуатаційних характеристик поліамідів є армування їх волокнистими та дисперсними наповнювачами.

Враховуючи те, що ПА являються основою для створення багатьох термостійких та високоміцних матеріалів, об'єктами дослідження були обрані композиційні матеріали на основі фенілону марки С-2(ТУ6-05-226-72), який представляє собою гетероланцюговий кополімер, що містить в головному ланцюзі макромолекули амідну групу -HNCO-, з'єднану з обох сторін фенільними фрагментами. Даний ПА отримують емульсійною поліконденсацією [1, 2] суміші дихлорангідридів ізо-, терефталевої кислот, взятих в співвідношеннях 60 та 40 мас.% відповідно, з м-фенилендіаміном.

Основні технологічні характеристики в'язучого наведені в табл. 1.

Табл. 1.

Властивості фенілону С-2

Зовнішній вигляд	Насипна густина, г/см ³	Вологість, %	Питома в'язкість 0,5%-го розчину у ДМФА	Температура склування, К
Дрібнодисперсний білий порошок	0,33	0,40	1,2	553

Для армування полімерної матриці використовували відоме за своєю ефективністю [3] гідратцелюлозне вуглецеве волокно. При виборі волокон враховували той факт, що масове застосування високомодульних волокон обмежується достатньо високою їх вартістю, обумовленою технологічною складністю виробництва та відносно низьким виходом продукції, тому були як армуючий наповнювач було обране низькомодульне анізотропне вуглецеве волокно Углен-9 (15 мас. %) діаметром 7÷9 мкм і довжиною 3 мм. Основні властивості вуглецевого волокна наведені у таблиці 2.

Таблиця 2.

Властивості волокна Углен-9 [2]

Крихкість, ум. од.	Вологість волокна, %	Міцність джгута, кгс/мм ²	Модуль пружності, ГПа	МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТАРНОГО ВОЛОКНА при розриві, МПа
20-40	3	не менше 6	15-18	350-500

Це волокно має ряд цінних властивостей: підвищену тепло-, електропровідність та термостійкість, високу міцність, модуль пружності та хімістійкість, низький коефіцієнт теплового розширення, технологічність, завдяки яким воно знаходить широке застосування [4].

На сьогодні при недостатній кількості знань механізмів протікання процесів формування виробів із вуглепластиків стає доцільним використання методів математичного планування експерименту, які дозволяють адекватно описувати досліджувані процеси [5, 6]. Для оптимізації процесу формування необхідно визначитися з вибором цільової функції і параметрів оптимізації.

Так при дослідженні впливу режимів обробки сумішей в ОЕП та температури переробки в готові вироби застосовували математичне планування експерименту, а в якості параметру оптимізації було обрано ударну в'язкість вуглепластиків.

Вплив цих факторів досліджували за загальною схемою при трьох рівнях кожного з них. Для спрощення розрахунків, фактичні значення температури переробки, часу обробки сумішей в ОЕП та довжини ФЧ перетворювали в умовні одиниці [6]. Значення змінних встановлювали таким чином, щоб при переведенні в умовний масштаб вони відповідали: -1; 0; +1 (таблиця 3).

Табл. 3.

Основні параметри приготування сумішей в ОЕП та переробки композицій

Показник	Факт	Крок	Значення рівнів змінних		
			-1	0	1
Температура переробки, К	x_1	5	593	598	603
Час обробки в ОЕП, с	x_2	55	5	60	115
Довжина ФЧ, мм	x_3	20	20	40	60

Коефіцієнти рівняння для трьох змінних розраховували за результатами двадцяти семи експериментів на основі плану Бокса-Бенкена (таблиця 4).

Рівняння має наступний загальний вигляд:

$$a = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3$$

де a – властивість, що досліджується (ударна в'язкість);

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ – коефіцієнти рівняння;

x_1, x_2, x_3 – відповідно температура переробки сумішей, час обробки сумішей в ОЕП та довжина феромагнітних часток, фактичні значення яких при постановці досліду наведені в таблиця 4.

Таблиця 4.

Схема планування експерименту трьох компонентів

№ експерименту	Значення параметру						a , кДж/м ²
	Умовних одиниць			Реальне значення			
	x_1	x_2	x_3	T , К	$t_{обр}$, с	$l_{фч}$, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-1	-1	-1	593	5	20	8,18
2	-1	-1	0	593	5	40	9,03
3	-1	-1	1	593	5	60	6,28
4	-1	0	-1	593	60	20	8,52
5	-1	0	0	593	60	40	13,32
6	-1	0	1	593	60	60	6,02
7	-1	1	-1	593	115	20	6,21
8	-1	1	0	593	115	40	6,48
9	-1	1	1	593	115	60	3,12
10	0	-1	-1	598	5	20	8,46
11	0	-1	0	598	5	40	10,00
12	0	-1	1	598	5	60	6,53
13	0	0	-1	598	60	20	8,57
14	0	0	0	598	60	40	16,50
15	0	0	1	598	60	60	6,24
16	0	1	-1	598	115	20	6,40
17	0	1	0	598	115	40	6,51
18	0	1	1	598	115	60	3,34
19	1	-1	-1	603	5	20	8,31
20	1	-1	0	603	5	40	8,87
21	1	-1	1	603	5	60	6,12
22	1	0	-1	603	60	20	8,49
23	1	0	0	603	60	40	12,28
24	1	0	1	603	60	60	6,11
25	1	1	-1	603	115	20	6,12
26	1	1	0	603	115	40	6,21
27	1	1	1	603	115	60	3,03

Використовуючи прикладний пакет програм «STATISTICA 10», визначено коефіцієнти рівняння:

$$b_0 = 7,4988; b_1 = -0,0913; b_2 = -1,3712; b_3 = -1,2522; b_{11} = 0,3447; b_{22} = 1,4420; b_{33} = 1,6057; b_{12} = -0,0217; b_{13} = -0,0142; b_{23} = -0,2683.$$

Отримане рівняння для розрахунку має вигляд:

$$y = 7,4988 - 0,0913x_1 - 1,3712x_2 - 1,2522x_3 + 0,3447x_1^2 + 1,4420x_2^2 + 1,6057x_3^2 - 0,0217x_1x_2 - 0,0142x_1x_3 - 0,2683x_2x_3$$

© І.В. Рула, Н.К. Дьяченко

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ оцінювали на основі обчислювання довірчих інтервалів, враховуючи дисперсію, що характеризує похибки визначення коефіцієнтів рівняння. Сам же довірчий інтервал розраховували за критерієм Стюдента, заданого згідно прийнятим ступеням свободи (f_1, f_2) і рівнем значимості (значущості) (0,95).

Критичне значення $t_{кр}$ вибирали для числа ступенів свободи $N(n-1) = 54$ і для прийнятого рівня значущості 0,95. Прийнято вважати, що коефіцієнт регресії значимий, якщо виконується умова: $t_{кр} \square t$.

Незначимі коефіцієнти виключили з рівняння регресії, після чого воно набуло наступного вигляду:

$$y = 7,4988 - 1,3712x_2 - 1,2522x_3 + 0,3447x_1^2 + 1,4420x_2^2 + 1,6057x_3^2 - 0,2683x_2x_3$$

Визначено значення критерію Фішера для надійності $P = 0,95 - 1,56$. Так як $F = 1,56 < F_{табл} = 3,59$; отримане рівняння регресії другого порядку адекватно відтворює результати експерименту.

Таким чином, за допомогою методу математичного планування експерименту, де параметром оптимізації було обрано ударну в'язкість ВП, було одержано рівняння регресії представлене у вигляді полінома другого порядку. Для встановлення впливу факторів на величину ударної в'язкості проведено дослідження та одержані дані наведені в таблиці 5. На основі приведених результатів побудовано поверхні відгуку (рис. 1 – 3).

Табл. 5.

Вплив температури, часу обробки в ОЕП та довжини феромагнітних часток на величину ударної в'язкості

$l_{фч} = 40$ мм		a_n , кДж/м ²	$t_{обр} = 60$ с		a_n , кДж/м ²	$T = 598$ К		a_n , кДж/м ²
T , К	$t_{обр}$, с		T , К	$l_{фч}$, мм		$t_{обр}$, с	$l_{фч}$, мм	
593	5	9,03	593	20	8,52	5	20	8,46
593	60	13,32	593	40	13,32	5	40	10,00
593	115	6,48	593	60	6,02	5	60	6,53
598	5	10,00	598	20	8,57	60	20	8,57
598	60	16,50	598	40	16,50	60	40	16,50
598	115	6,51	598	60	6,24	60	60	6,24
603	5	8,87	603	20	8,49	120	20	6,40
603	60	12,28	603	40	12,28	120	40	6,51
603	115	6,21	603	60	6,11	120	60	3,34

Користуючись одержаними рівняннями та даними наведеними в таблиці 3 будували графіки залежності $a_n = f(T, t_{обр})$ при $l_{фч} = 40$ мм, $a_n = f(T, l_{фч})$ при $t_{обр} = 60$ с, $a_n = f(t_{обр}, l_{фч})$ при $T = 598$ К (рис. 1 – 3).

Дані рисунків 2 та 3 дозволяють зробити висновок, що суттєвий вплив на величину ударної в'язкості має час обробки сумішей в ОЕП та довжина феромагнітних часток, в той час, як температура впливає не значно.

Таким чином, отримані залежності (рис. 1 – 3) дозволяють оптимізувати параметри виготовлення зразків в обертальному електромагнітному полі та переробки їх в вироби. Для отримання виробів з найкращими значеннями ударної в'язкості оптимальний час обробки сумішей в ОЕП становить 60 с феромагнітними частками довжиною 40 мм при температурі подальшої переробки 598 К.

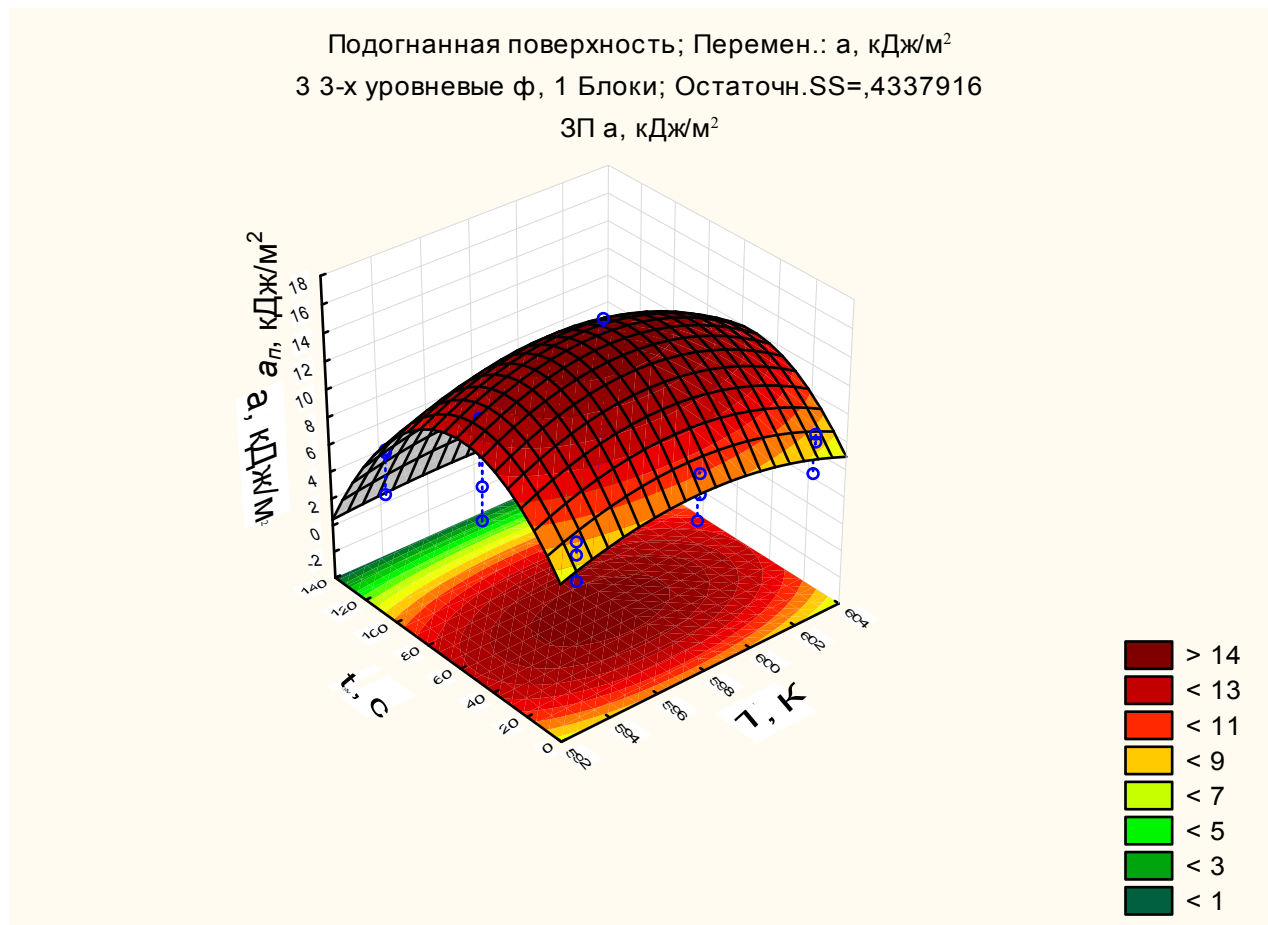


Рис. 1. Залежність ударної в'язкості від температури переробки та часу обробки сумішей в ОЕП при $l_{\phi q} = 40$ мм

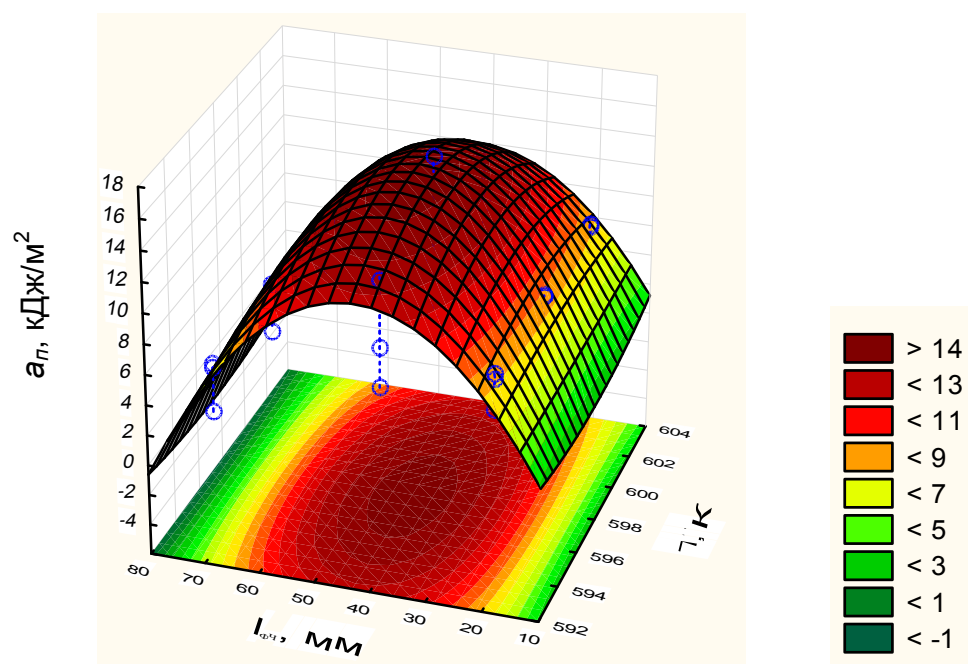


Рис. 2. Залежність ударної в'язкості від температури переробки та довжини ферромагнітних часток при $t_{обр} = 60$ с

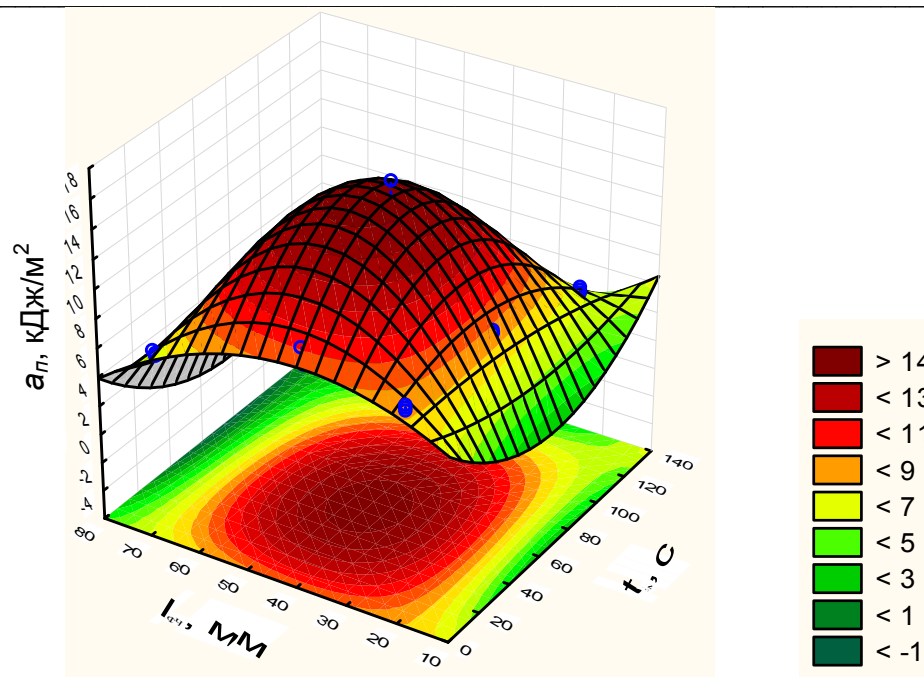


Рис. 3. Залежність ударної в'язкості від часу обробки сумішей в ОЕП і довжини ферромагнітних часток при $T = 598 \text{ K}$

Список використаних джерел

1. Соколов Л.Б., Герасимов В.Д., Савинов В.М., Беляков В.К. (1975). Термостойкие ароматические полиамиды. М.: Химия, 256 с.
2. Соколов Л.Б. Термостойкие и высокопрочные полимерные материалы (1984). М.: Знание, 64 с.
3. Левит Р.М. (1979). Химическая структура углеродных волокон. *Химические волокна*. №3, С. 23–26.
4. Буря А.И. (1992). Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении. *Методические рекомендации*. Киев: Знание, 29 с.
5. Буря А.И., Козлов Г.В., Рула И.В. (2004). Обобщенная методика оценки содержания межфазных областей в полимерных композитах. *Новини науки Придніпров'я*. Науково-практ. журнал. Дн-ськ, №3, С. 8–11.
6. Кобець А.С., Деркач О.Д., Чигвинцева О.П., Кабат О.С., Рула І.В., Дудін В.Ю., Макаренко Д.О., Бойко Ю.В. (2022). Застосування полімерних композитів в АПК: *Монографія*. Дніпро: ДДАЕУ, 2022 – 353 с.

Рецензенти:

Завідувач кафедри експлуатації машино-тракторного парку
Дніпровського державного аграрно-економічного університету,
кандидат технічних наук, доцент

Олексій ДЕРКАЧ

Завідувач кафедри інноваційної інженерії
ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”,
доктор технічних наук, доцент

Олег КАБАТ

Ціна договірна

Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки».

Комп'ютерний набір та верстка: О.Д. Клименко

Наклад 300 прим.

Веб-сайт збірника:

http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky

Довідки за e-mail: naukovi_notatki@lutsk-ntu.com.ua

Рекомендовано до друку Вченою радою Луцького національного технічного університету, протокол № 5 від 27 грудня 2022 р.

Свідоцтво Міністерства юстиції України про державну реєстрацію:
Серія КВ №15901-4373ПР від 13.11.2009 р.

ISSN: 24-15-39-66

Редакційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75

© Луцький національний технічний університет, 2022 р.