

УДК 004.93+621.74

ДИМКО Є. П., ЮРЧЕНКО В. В., ШАМРАЙ А. В., КИЯШКО С. Ю., ДЬОМІНА А. В., МАКАРЕНКО Д. М.

ПАРАМЕТРИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЯК ОСНОВА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ВИПЛАВКОЮ ЗНОСОСТІЙКОГО ЧАВУНУ

В результаті дослідження встановлено класифікуюче правило, що дозволяє визначити, чи відноситься чавун до класу з $HRC > 52$, чи до класу з $HRC < 52$. Це принципово дуже важливо, бо така межа дозволяє визначити область використання чавуну за елементами його хімічного складу. Отримане класифікаційне правило має вигляд лінійної дискримінантної функції та може бути застосовано в системах підтримки прийняття рішень для управління процесами виплавки зносостійкого чавуну.

Ключові слова: управління процесом виплавки, система підтримки прийняття рішень, зносостійкий чавун, класифікаційне правило

В результате исследования установлено классифицирующее правило, позволяющее определить, относится чугун к классу с $HRC > 52$, или к классу с $HRC < 52$. Это принципиально важно, т. к. такая граница позволяет определить область использования чугуна по элементам его химического состава. Полученное классификационное правило имеет вид линейной дискриминантной функции и может быть применено в системах поддержки принятия решений для управления процессами выплавки износостойкого чугуна.

Ключевые слова: управление процессом выплавки, система поддержки принятия решений, износостойкий чугун, классификационное правило

The relevance of the research is related to the fact that modern trends in informatization and generation of control systems in the foundry industry are based on the development of mathematical support for control systems or decision support systems if it is impossible to provide a fully automatic mode of the processes. As a result of the research, a classification rule has been established that allows to determine whether cast iron belongs to the class with $HRC > 52$, or to the class with $HRC < 52$. This is of fundamental importance, since such boundary makes it possible to determine the area of use of cast iron by the elements of its chemical composition. The resulting classification rule has the form of a linear discriminant function and can be applied in decision support systems for control of wear-resistant cast iron smelting. The distribution histograms of the classes are shown in the graphic form the principle of assignment of the objects - wear-resistant cast irons - to one of the classes.

Keywords: melting control, decision support system, wear-resistant cast iron, classification rule

Вступ. Останні тенденції в розвитку інформаційних технологій у ливарному виробництві засновані на використанні математичного моделювання, що йде по шляху типізації математичного опису технологічних об'єктів ливарного виробництва та урахування динаміки ливарних процесів при створенні адекватних математичних моделей [1, 2]. Очевидно, що такі моделі мають використовуватися в системах керування технологічними процесами ливарного виробництва. Але якщо неможливо реалізувати деякі процеси в автоматичному режимі, все одно варто мати математичний опис як основу для систем підтримки прийняття рішень (СППР). Такі описи є основою для систем управління ливарного виробництва.

Аналіз літературних даних. Основу СППР мають складати деякі класифікаційні правила, що дозволяють відносити об'єкт до одного з класів [3–5]. Такі правила можуть бути отримані або параметричними методами, або непараметричними методами, а також з використання нейронних мереж [6–10]. Відповідно до прикладних задач обирається найбільш придатний метод, стосовно можливості виявлення впливу хімічного складу чавунів зі спеціальними можливостями, наприклад зносостійких чавунів, раціональними є методи параметричної класифікації. Як показано в роботах [3–5, 7], в цьому методі мають бути визначені коефіцієнти лінійної дискримінантної функції та порогове значення. З точки зору точності класифікації, до цього методу є зауваження, бо не завжди можна якісно поділити кластери довільної форми лінійною поверхнею. Один з варіантів рішення цієї проблеми описано в роботі [10], де запропоновано для підвищення точності класифікації використовувати планування експерименту. Для задач розпізнавання зносостійкого чавуну за хімічним складом необхідно отримати вибірку вхідних даних, зібраних в умовах діючого ливарного виробництва.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є побудова класифікаційного правила для системи підтримки прийняття рішень щодо управління процесами виплавки зносостійкого чавуну. Для досягнення поставленої мети вирішувалася задача розрахунку коефіцієнтів параметричного опису у вигляді лінійної дискримінантної функції.

Розробка моделі та результати комп'ютерного моделювання заповнення форми розплавом. Для вирішення проблеми щодо розпізнавання класів чавунів різних марок за величиною твердості проаналізовано вибірку експериментально-промислових даних, отриманих на ПАТ «Кременчуцький завод дорожніх машин» (м. Кременчук, Україна). Відповідні дані відібрані з серійних плавок на основі хімічного аналізу та визначення твердості HRC, занесені в таблицю вихідних даних. Виборка з цієї таблиці представлено в табл. 1.

Експериментальні дані оброблювалися методами параметричної класифікації, суть якої полягає у побудові класифікаційного правила у вигляді лінійної дискримінантної функції, що дозволяє відносити об'єкт до одного з класів [6, 10]

$$y_0 = \frac{1}{2}(m_A + m_B)' \text{cov}^{-1}(x)(m_A - m_B) - \ln \frac{P(A)}{P(B)}, \quad (1)$$

де m_A і m_B – математичні очікування векторів X для класів A та B ($A - HRC < 52$, $B - HRC > 52$), y_0 – порогове значення, що дозволяє визначитися з тим, до якого класу об'єктів слід відносити даний

$\text{cov}(x) = \frac{1}{N} X^T X - m^T m$ – коваріаційна матриця, $P(A)$,

$P(B)$ – апіорні ймовірності класів.

Виборка вихідних даних для розпізнавання для класів A та B відповідно наведено в табл. 2–3 відповідно.

© Є. П. Димко, В. В. Юрченко, А. В. Шамрай, С. Ю. Кияшко, А. В. Дьоміна, Д. М. Макаренко. 2017

Таблиця 1 – Експериментальні дані, отримані за результатами серійних плавок

№ експерименту	C	Si	Mn	C+0,3Si+ +0,4Mn	HRC
1	1,85	1,5	0,6	2,54	32
2	2,6	0,65	0,75	3,095	41
3	1,5	2,85	0,65	2,615	47
4	2,55	0,65	0,75	3,045	59
5	1,95	1	0,5	2,45	56
6	3	1	0,5	3,5	62
7	1,85	0,7	3,05	3,28	42
8	2	0,7	3,05	3,43	29
9	2,2	0,7	3,05	3,63	52
10	3	0,8	0,9	3,6	60
11	2,9	0,65	0,6	3,335	60
12	2,2	0,7	5,6	4,65	53
13	2,8	0,7	4,85	4,95	56
14	2,8	0,8	0,65	3,3	58
15	2,2	1,15	2	3,345	60
16	2,9	0,7	3,6	4,55	60
17	3,35	1,5	3,6	5,24	60
Статистичні характеристики					
Математичне очікування	2,45	0,9853	2,0412	3,562059	52,17647
Середньоквадратичне відхилення (СКО)	0,522	0,55502	1,6934	0,823083	10,3455

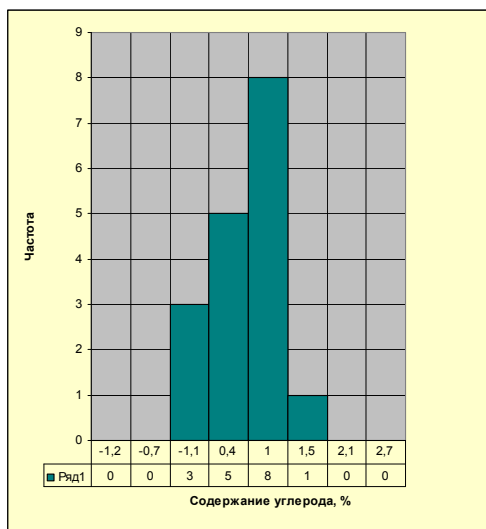


Рис. 1 – Гістограма розподілу вмісту вуглецю

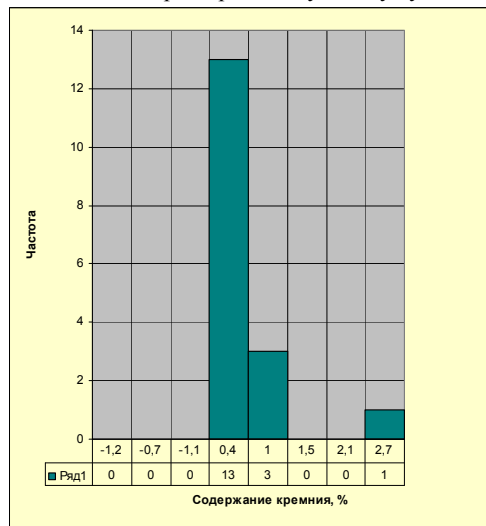


Рис. 2 – Гістограма розподілу вмісту кремнію

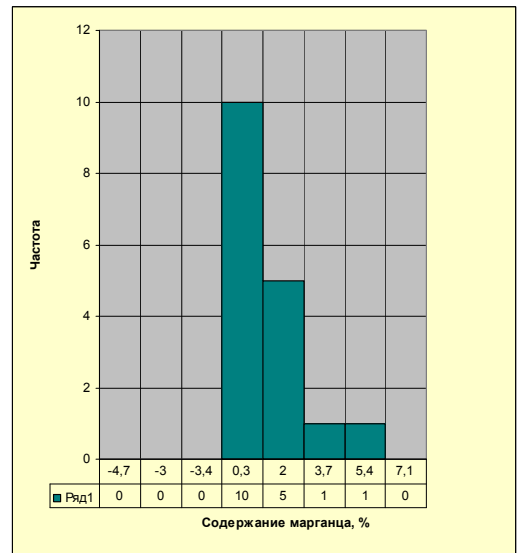


Рис. 3 – Гістограма розподілу вмісту марганцю

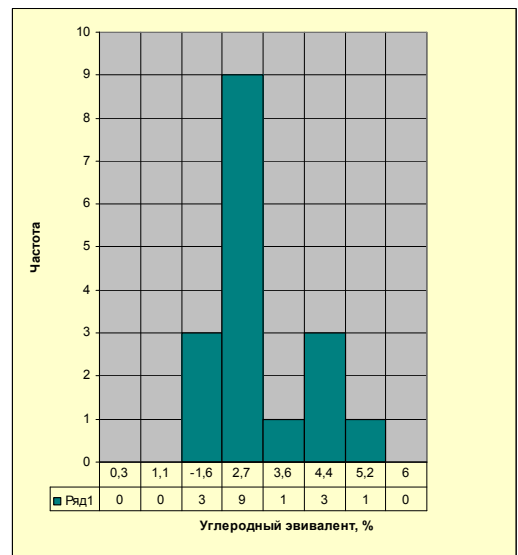


Рис. 4 – Гістограма розподілу вуглецевого еквіваленту

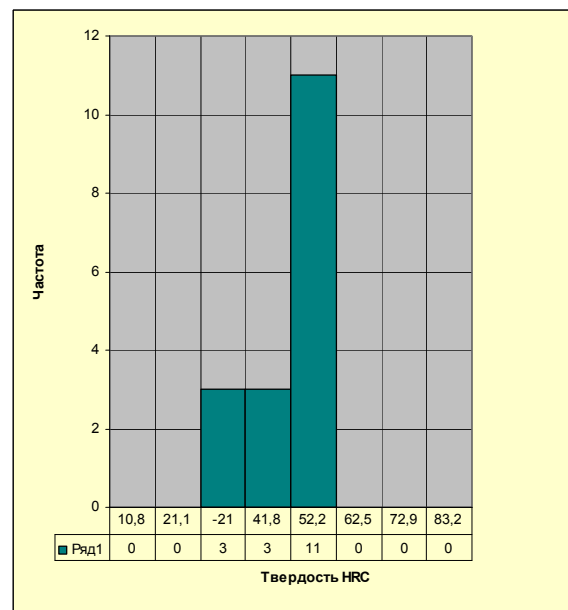


Рис. 5 – Гістограма розподілу твердості

Таблиця 2 – Виборка даних для класу А

Число об'єктів		12
HRC<52		
Скв, %	Cr, %	Сu, %
2,54	34	0,1
3,095	25,5	0,4
2,615	27	2,25
3,045	25,5	0,85
2,45	33	3,1
3,5	33	3,1
3,28	30,5	0,1
3,43	31	0,1
3,63	31,5	0,1
3,6	16	0,1
3,335	13,5	0,1
3,3	12,5	0,1

Таблиця 3 – Виборка даних для класу В

Число об'єктів		12
HRC>52		
Скв, %	Cr, %	Сu, %
3,345	15	1
4,55	13,5	0,1
5,24	19,5	0,32
3,63	0,4	0,1
3,6	16	0,1
3,335	31,5	0,1
4,65	12,5	0,1
4,95	13	0,1
3,335	13,5	0,1
4,65	12,5	0,1
4,95	13	0,1
4,55	13,5	0,1

На рис. 6 показано отриманий результат щодо розподілу об'єктів за класами

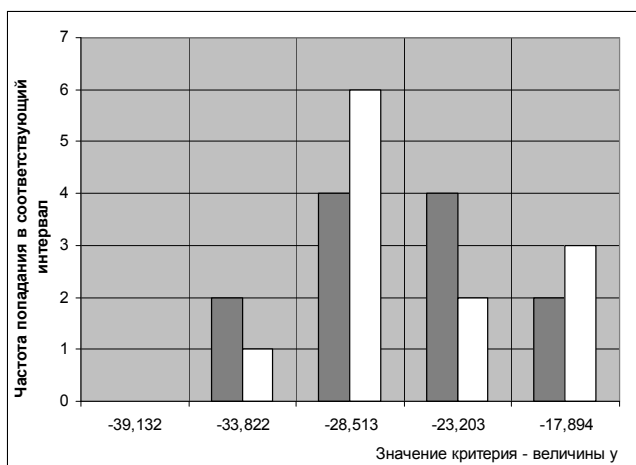


Рис. 6 – Гістограма розподілу класів

Обговорення результатів. Отримані результати дозволяють стверджувати про можливість використання отриманого класифікаційного правила для систем підтримки прийняття рішень щодо управління процесами плавки. Відповідне управління має таким чином змінювати параметри плавки, щоб забезпечувати отримання заданих значень твердості. Якщо вважати, що розглянуті входні змінні є нечіткими, можливо побудувати класифікаційне правило, розглядаючи входні змінні у вигляді нечітких чисел з заданими функціями приналежності [11]. При цьому слід обирати такі рішення, що мінімізують тіло невизначеності, але принципова структура класифікаційного правила буде такою ж.

Слід все ж таки визначити недолік даного дослідження, що полягає в побудові класифікаційного правила без попер нього обґрунтування закону розподілу входних даних. Невідповідність такого закону нормальному приводить до погіршення точності класифікації.

Висновки. За допомогою параметричних методів класифікації отримано класифікуюче правило, що дозволяє визначити, чи відноситься чавун до класу з HRC>52, чи до класу з HRC<52. Це принципово дуже важливо, бо така межа дозволяє визначити область використання чавуну за елементами його хімічного складу. Отримане класифікаційне правило може бути застосовано в системах підтримки прийняття рішень для управління процесами виплавки зносостійкого чавуну.

Список літератури:

1. Демин, Д. А. Типизация математического описания в задачах синтеза оптимального регулятора технологических параметров литейного производства [Текст] / Д. А. Демин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 1/4 (67). – С. 43–56. Режим доступа: <http://journals.urau.ru/eejet/article/view/21203/19147>
2. Демин, Д. А. Адаптивное моделирование в задаче поиска оптимального управления термовременной обработкой чугуна [Текст] / Д. А. Демин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 6/4 (66). – С. 31–37. – Режим доступа: <http://journals.urau.ru/eejet/article/view/19453/17110>
3. Васенко, Ю. А. Удосконалення технології отримання зносостійкого чавуну [Текст] / Ю. А. Васенко // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2012. – № 1/1 (3). – С. 17–21. doi: [10.15587/2312-8372.2012.4870](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2012.4870)
4. Manikaeva, O. Development of the decision support subsystem in the systems of neural network pattern recognition by statistical information [Text] / O. Manikaeva, E. Arsirii, A. Vasilevskaja // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – № 6/4 (78). – 4–12. doi: [10.15587/1729-4061.2015.56429](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56429)
5. Пономаренко, О. И. Компьютерное моделирование процессов кристаллизации как резерв повышения качества поршней ДВС [Текст] / О. И. Пономаренко Н. С. Тренёв // Технологический аудит и резервы производства – 2013. – № 6/2 (14). – С. 36–40. doi: [10.15587/2312-8372.2013.19529](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2013.19529)
6. Демин, Д. А. Принятие решений в процессе управления электроплавкой с учетом факторов нестабильности технологического процесса [Текст] / Д. А. Демин // Вестник НТУ «ХПИ». – 2010. – № 17. – С. 67–72.
7. Демин, Д. А. Идентификация чугуна для определения рациональных режимов легирования [Текст] / Д. А. Демин, А. Б. Божко, А. В. Зрайченко, А. Г. Некрасов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 4/1 (22). – С. 29–32.
8. Frazee-Frazenko, O. O. Algorithm of study neural network for image recognition [Text] / O. O. Frazee-Frazenko // Technology Au-

- dit and Production Reserves. – 2012. – № 4/1 (6). – P. 33–34. doi: [10.15587/2312-8372.2012.4781](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2012.4781)
9. Unglert, K. Principal component analysis vs. self-organizing maps combined with hierarchical clustering for pattern recognition in volcano seismic spectra. [Text] / K. Unglert, V. Radić, A. M. Jellinek // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2016. – № 320. – P. 58–74. doi: [10.1016/j.jvolgeores.2016.04.014](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.04.014)
 10. Mourad, A. Localization of vectors–patterns in the problems of parametric classification with the purpose of increasing its accuracy [Text] / A. Mourad // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 4/4 (82). – P. 10–20. doi: [10.15587/1729-4061.2016.76171](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76171)
 11. Демин, Д. А. Нечеткая кластеризация в задаче построения моделей «состав – свойство» по данным пассивного эксперимента в условиях неопределённости [Текст] / Д. А. Демин // Проблемы машиностроения. – 2013. – Т. 16, № 6. – С. 15–23.
- Bibliography (transliterated):**
1. Demin, D. A. (2014). Tipizacija matematicheskogo opisanija v zadachah sinteza optimal'nogo reguljatora tehnologicheskikh parametров litejnogo proizvodstva. Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij, 1 (4 (67)), 43–56. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/21203/19147>
 2. Demin, D. A. (2013). Adaptivnoe modelirovanie v zadache poiska optimal'nogo upravlenija termovremennoj obrabotkoj chuguna. Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij, 6 (4 (66)), 31–37. Available at: <http://journals.uran.ua/ejet/article/view/19453/17110>
 3. Vasenko, Ju. A. (2012). Technology for improved wear iron. Technology Audit and Production Reserves, 1(1(3)), 17–21. doi: [10.15587/2312-8372.2012.4870](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2012.4870)
 4. Manikaeva, O., Arsiri, E., Vasilevskaja, A. (2015). Development of the decision support subsystem in the systems of neural network pattern recognition by statistical information. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (4 (78)), 4. doi: [10.15587/1729-4061.2015.56429](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56429)
 5. Ponomarenko, O. I., Trenjov, N. S. (2013). Computer modeling of crystallization processes as a reserve of improving the quality of pistons of ICE. Technology Audit and Production Reserves, 6 (2 (14)), 36–40. doi: [10.15587/2312-8372.2013.19529](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2013.19529)
 6. Demin, D. A. (2010). Prinjatje reshenij v processe upravlenija jelektroplavkoj s uchetom faktorov nestabil'nosti tehnologicheskogo processa. Vestnik NTU «HPI», 17, 67–72.
 7. Demin, D. A., Bozhko, A. B., Zrajchenko, A. V., Nekrasov, A. G. (2006). Identifikacija chuguna dlja opredelenija racional'nyh rezhimov legirovanija. Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij, 4 (1 (22)), 29–32.
 8. Frazze-Frazenko, O. O. (2012). Algorithm of study neural network for image recognition. Technology Audit and Production Reserves, 4 (1 (6)), 33–34. doi: [10.15587/2312-8372.2012.4781](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2012.4781)
 9. Unglert, K., Radić, V., Jellinek, A. M. (2016). Principal component analysis vs. self-organizing maps combined with hierarchical clustering for pattern recognition in volcano seismic spectra. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 320, 58–74. doi: [10.1016/j.jvolgeores.2016.04.014](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2016.04.014)
 10. Mourad, A. (2016). Localization of vectors–patterns in the problems of parametric classification with the purpose of increasing its accuracy. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (4 (82)), 10–12. doi: [10.15587/1729-4061.2016.76171](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76171)
 11. Demin, D. A. (2013). Nechetkaja klasterizacija v zadache postroenija modelej «sostav – svojstvo» po dannym passivnogo jeksperimenta v uslovijah neopredeljonnosti. Problemy mashinostroenija, 16 (6), 15–23.

Поступила (received) 06.04.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Параметрическая классификация как основа системы поддержки принятия решений для управления выплавкой износостойкого чугуна/ Е. П. Дымко, В. В. Юрченко, А. В. Шамрай, С. Ю. Кияшко, А. В. Демина // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С.30–34. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Параметрична класифікація як основа системи підтримки прийняття рішень для управління виправкою зносостійкого чавуну/ Є. П. Димко, В. В. Юрченко, А. В. Шамрай, С. Ю. Кияшко, А. В. Дьоміна // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 16(1238). – С.30–34. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Parametric classification as the basis of a decision support system for the control of wear-resistant cast iron smelting/ I. Dymko, V. Yurchenko, A. Shamrai, S. Kyiashko, A. Domina //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 16 (1238).– P.30–34. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Дымко Егор Павлович – Заместитель начальника эксплуатационно-технического отдела, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002; e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua

Юрченко Владислав Витальевич – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Шамрай Андрей Игоревич – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Кияшко Сергей Юрьевич – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Демина Алина Викторовна – магистр, Кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002.

Макаренко Дмитрий Николаевич – старший преподаватель, Кафедра химии, экологии и экспертных технологий, Национальный Аэрокосмический Университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», ул. Чкалова, 17, Украина, 61070; e-mail: d.makarenko@khai.edu

Димко Єгор Павлович – Заступник начальника експлуатаційно-технічного відділу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

Юрченко Владислав Віталєвич – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002, Україна.

Шамрай Андрій Вікторович – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002.

Кіяшко Сергій Юрійович – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002.

Дьоміна Аліна Вікторівна – магістр, Кафедра ливарного виробництва, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002.

Макаренко Дмитро Миколайович – старший викладач, Кафедра хімії, екології та експертних технологій, Національний Аерокосмічний Університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», вул. Чкалова, 17, м. Харків, Україна, 61070; e-mail: d.makarenko@khai.edu

Думко Ієгор – Deputy Head of Technical Department, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Курпухова str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002; e-mail: litvo11@kpi.kharkov.ua

Yurchenko Vladyslav – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Курпухова str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Shamrai Andrii – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Курпухова str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Kiiashko Serhii – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Курпухова str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Domina Alina – master, Department of Foundry production, National technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»; Курпухова str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61002.

Makarenko Dmytro – Senior lecturer, Department of Chemistry, ecology and expertise technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Chkalova str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070.

УДК 620.179.148

В. Г. БАЖЕНОВ, І. І. ІВІЦЬКИЙ, Д. К. ІВІЦЬКА

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО МЕТОДУ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ДЕФЕКТІВ У ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ

Досліджено застосування електростатичного методу неруйнівного контролю для визначення наявності дефектів у полімерних композиційних матеріалах. Створена лабораторна установка, яка складається з джерела живлення Б5-7, осцилографа С1-64, генератора Г3-118 та фазометра Ф2-34. В якості дослідного матеріалу застосовувався зразок з поліметилметакрилату з габаритами 40x38x400 мм. Було побудовано амплітудно-частотну характеристику сенсора та зроблено висновок що отримані сенсори перевершують заявлені параметри. Можна стверджувати що верхня полоса частоти пропускання сигналу лежить в межах 20кГц.

Ключові слова: електростатичний метод, ємнісний метод, неруйнівний контроль, контроль дефектів, полімерні матеріали.

Исследовано применение электростатического метода неразрушающего контроля для определения наличия дефектов в полимерных композиционных материалах. Создана лабораторная установка, состоящая из источника питания Б5-7, осциллографа С1-64, генератора Г3-118 и фазометра Ф2-34. В качестве исследовательского материала применялся образец из полиметилметакрилата с габаритами 40x38x400 мм. Была построена амплитудно-частотная характеристика сенсора и сделан вывод, что полученные сенсоры превосходят заявленные параметры. Можно утверждать, что верхняя полоса частоты пропускания сигнала лежит в пределах 20 кГц.

Ключевые слова: электростатический метод, емкостный метод, неразрушающий контроль, контроль дефектов, полимерные материалы.

Electrostatic method of nondestructive testing to determine the presence of defects in polymer composite materials is investigated. A laboratory installation consisting of a power supply B5-7, an oscilloscope C1-64, a generator G3-118 and a phase meter F2-34. As a research material was used a sample of polymethylmethacrylate with dimensions of 40x38x400 mm. During the research, the installation proved to be workable. The amplitude of the signal was proportional to the change in potentials. A phase change indicated a change in the direction of the gradient of the electric field. This result can be repeated, the signal is predictable. The amplitude-frequency characteristic of the sensor was constructed and it was concluded that the received sensors exceeded the declared parameters. It can be argued that the upper frequency band of the signal is within 20 kHz.

Keywords: electrostatic method, capacitive method, non-destructive testing, control of defects, polymer materials.

Вступ. Останнім часом у промисловості значно підвищився інтерес до створення методів контролю структури об'єкту без використання щільного контакту з ним. При неперервному технологічному процесі виготовленні полімерних композиційних матеріалів методом екструзії існує необхідність постійного контролю наявності дефектів. Проте, контакт сенсора з полімерним матеріалом небажаний, у зв'язку з

вірогідністю деформації ще не до кінця охолодженого виробу [1].

Електростатичний метод неруйнівного контролю дозволяє визначати наявність дефектів у широкому спектрі матеріалів, без застосування контакту сенсора та об'єкту контролю [2].

© В. Г. Баженов, І. І. Івіцький, Д. К. Івіцька. 2017