

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.9

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.107.0.7

## РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА

Біньковська А. Б., Кононихін О. С., Александровська Ю. О.  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** У роботі розглянуто методи ідентифікації, що впроваджуються в оцінюванні відповідності складних моделей реальним об'єктам. Проведено порівняльний аналіз методів. Як приклад розглянуто ідентифікацію моделі двигуна, виконану методом найменших квадратів. У роботі отримано експериментальні показники про залежність частоти обертання двигуна на холостому ходу від струму збурення та розв'язано задачу ідентифікації за допомогою пакету MATLAB+Simulink. Дослідження показали, що ідентифікація моделі може бути виконана за допомогою пакету MATLAB+Simulink. Результати досліджень, досягнуті на моделі, різняться від експериментальних показників не більш ніж на 4 %.

**Ключові слова:** модель, технологічний об'єкт, метод найменших квадратів, ідентифікація, електричний двигун.

### Вступ

Первинними в процесі пізнання завжди є результати спостереження. Вони є основою для створення моделі, а вже від моделі здійснюють перехід до практичної діяльності. Цю схему пізнання застосовують для природних явищ і для штучних об'єктів.

Завдання ідентифікації формулюється таким чином: за наслідками спостережень над вхідними й вихідними змінними системи має бути побудована оптимальна в деякому розумінні модель, тобто формалізоване подання цієї системи. Звідси спостерігається зв'язок між задачею ідентифікації та вказаною загальною схемою встановлення закономірностей за наслідками спостережень. Задача ідентифікації ґрунтується на сучасній теорії управління. Для її розв'язання використовуються сучасні обчислювальні машини. Останні, маючи значну швидкість та практично необмежений обсяг пам'яті, створюють передумови для отримання, передачі й оброблення великих масивів спостережень, необхідних для побудови адекватних моделей реальних об'єктів [1, 2].

За умови сучасного стану автоматичного управління ідентифікація складних динамічних виробничих об'єктів є винятково актуальним завданням. Його складність швидко зростає залежно від переходу до автоматизації все більш складних технологічних об'єктів управління і цілих виробничих комплексів. У цьому разі доводиться мати справу з об'єктами, повний апріорний математи-

чний опис яких, як правило, відсутній.

Знання динамічних характеристик об'єкта (тут під терміном «об'єкт» розумітимемо як безпосередньо об'єкт управління, так і систему управління загалом) дає змогу розв'язати два типи завдань автоматичного управління [3]:

- завдання синтезу системи управління стандартного типу. Для його виконання необхідне попереднє дослідження об'єкта в умовах, які, власне, можуть істотно візнитися від режиму нормального функціонування;
- завдання синтезу адаптивної системи управління. У цьому разі для досягнення мети керування система змінює свої сигнали, що управляють, пристосовуючись до зміни вхідних сигналів, зовнішніх дій, характеристик об'єктів тощо. Побудова систем такого виду потребує визначення динамічних властивостей об'єкта в режимі його нормального функціонування.

Ідентифікацією називається визначення параметрів і структури математичної моделі, що забезпечують якнайкращий збіг вихідних координат моделі та процесу за однакових вхідних дій.

Звідси випливає, що процедура ідентифікації розпадається на три етапи:

- обрання структури моделі на підставі наявної апріорної інформації про досліджуваний процес і деяких евристичних міркувань;
- обрання критерію близькості об'єкта й моделі, оснований на особливостях завдання;

- визначення параметрів моделі, оптимальних з погляду обраного критерію близькості.

Отже, за обраної структури моделі ідентифікація є типовим екстремальним завданням, і для його виконання можна з успіхом використовувати могутній апарат теорії завдань такого виду.

### Аналіз публікацій

У роботі [4] запропоновано огляд сучасних інтелектуальних методів моделювання технологічних об'єктів, роль і місце моделей та моделювання, класифікацію моделей, підходи до їх розроблення. Проаналізовано можливості застосування різноманітних видів математичних моделей для розв'язання задач оптимізації технологічних процесів промисловості.

Обґрунтовано, для розв'язання яких задач доцільно використовувати саме детерміновані математичні моделі, а для яких – експериментально-статистичні.

У праці [5] проаналізовані сучасні методи ідентифікації складних нестационарних динамічних систем, що допоможе знайти адаптивний підхід для створення математичних моделей процесу для синтезу оптимальних алгоритмів управління.

У статті [6] запропоновано та обґрунтовано новий метод структурної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об'єктів, що, на відміну від наявних, містить обчислювальні процедури адаптивного налаштування вибору структурних елементів способом встановлення для кожного елемента множини структурних елементів імовірності вибору будь-якого елемента й на основі зміни цього розподілу на різних фазах поведінкової моделі бджолиної колонії, що разом знижує обчислювальну складність реалізації методу.

### Мета та постановка завдання

На підставі аналізу наявних рішень виявлено, що в роботах не було розглянуто розрахунки абсолютних і відносних похибок результатів ідентифікації об'єкта й моделі, яка розроблена за допомогою методу найменших квадратів.

Отже, виникає необхідність у розробленні системи ідентифікації моделі технологічного об'єкта, що виконана методом найменших квадратів. Для виконання завдання ідентифікації об'єктом дослідження обрано електродвигун.

Мета роботи – дослідження можливостей розв'язання задачі ідентифікації технологічних об'єктів засобами *MATLAB+Simulink*.

Завдання статті:

- розглянути задачі ідентифікації технологічних об'єктів управління;
- обрати метод ідентифікації;
- ідентифікувати модель електричного двигуна.

Завдання дослідження можна виконати за допомогою аналізу й синтезу систем автоматичного управління методом найменших квадратів.

### Основна частина

Ідентифікація одновимірних детермінованих об'єктів. Завдання полягає в тому, що в аналітичному вигляді подається зв'язок між входом і виходом одновимірного об'єкта. Вважаємо, що в процесі експерименту випадкові перешкоди відсутні та в експериментально знятих значеннях немає розкиду. Для таких об'єктів модель найчастіше описується поліномом такого вигляду [7]6

$$y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + \dots + a_n \cdot x^n. \quad (1)$$

Степінь полінома орієнтування можна визначити за різницями експериментально знятих ординат функції за постійного приросту аргументу. Він приймається рівним такому порядку різниць, за якого вони стають приблизно постійними в усьому діапазоні зміни вхідної величини. Наприклад, за умови незмінних різниць між ординатами модель описується поліномом першого степеня, у разі незмінних різниць між різницями другого порядку – поліномом другого степеня і т. д.

Оптимальною можна вважати модель, у якій за визначених розрахунком коефіцієнтів сума квадратів відхилень розрахункових  $y_p$  та експериментальних  $y_e$  значень буде мінімальною, тобто мінімізується функціонал:

$$F(a_i) = \min \sum_1^n (y_e - y_p)^2, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість дослідів.

Для визначення коефіцієнтів моделі складають систему рівнянь типу:

$$\partial F(a_i) / \partial a_i = 0. \quad (3)$$

Сумісне розв'язання отриманих рівнянь щодо  $a_i$  дає такі їх значення, за яких задовольняється умова (2).

Для спрощення (3) доцільно початок відліку абсциси поміщати в середину інтервалу експериментально знятих значень і користуватися симетричними значеннями  $x_i$  (однаковими, але різними за знаками). У цьому разі всі суми непарних степенів приймають значення нуля, що істотно спростить систему рівнянь.

Наприклад, якщо за модель обрати поліном другого степеня

$$y_p = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2, \quad (4)$$

то функціонал (2) матиме такий вигляд:

$$F(a_i) = \min \sum_1^n \left[ y_{ei} - (a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2) \right]^2. \quad (5)$$

Коефіцієнти є невідомими змінними. Відповідно до (3) складаємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial a_0} &= -2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_{ei} - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2) = 0; \\ \frac{\partial F}{\partial a_1} &= -2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_{ei} - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2) \cdot x_i = 0; \quad (6) \\ \frac{\partial F}{\partial a_2} &= -2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_{ei} - a_0 - a_1 \cdot x_i - a_2 \cdot x_i^2) \cdot x_i^2 = 0. \end{aligned}$$

Прирівнюючи суми непарних степенів  $x_i$  нулю, отримуємо:

$$\begin{aligned} a_0 \cdot n + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n y_{ei}; \\ a_1 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot x_i; \quad (7) \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4 &= \sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot x_i^2. \end{aligned}$$

Рішення щодо коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4 - \sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4 - \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right)^2}; \\ a_1 &= \frac{\sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}; \quad (8) \\ a_2 &= \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot x_i^2 - \sum_{i=1}^n y_{ei} \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^4 - \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right)^2}. \end{aligned}$$

Розрахувавши коефіцієнти та підставивши їх в (3), отримаємо рівняння регресії.

*Приклад.* Отримати аналітичну залежність швидкості холостого ходу двигуна  $\omega_{x,x}$  від струму збудження генератора живлення, якщо експеримент дав значення, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Експериментальні показники залежності  $\omega_{x,x}$  від струму збудження

$I_{в,е}, 10^{-3} \text{ А}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450
$\omega_{x,x,e}, \text{ рад/с}$	38	65	90	115	133	150	162	172	178
$\omega_{x,x,p}, \text{ рад/с}$	36,6	65,5	91,2	113,7	133	149,1	163	171,7	178,2

Двигун і генератор типу П-21;  $P_{\text{ном}} = 0,037 \text{ кВт}$ ;  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$ ;  $I_{я,\text{ном}} = 1,61 \text{ А}$ ;  $I_{в,\text{ном}} = 0,4 \text{ А}$ ;  $\omega_{\text{ном}} = 152 \text{ рад/с}$ .

Для полегшення обчислень приймемо  $x = I_B / 50$  і  $y = \omega_{x,x} / 100$  та перенесемо вісь  $y$  в точку по абсцисі  $x = +5$ . Тоді початкові показники матимуть вигляд, поданий у табл. 2. Розрахунки сум для (8) наведені в табл. 3.

Таблиця 2 – Експериментальні значення  $y$  та  $x$

$x_e$	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
$y_e$	0,38	0,65	0,9	1,15	1,33	1,5	1,62	1,72	1,78

Таблиця 3 – Обчислені суми щодо коефіцієнтів

$y_e$	$x_e$	$x_e^2$	$x_e^4$	$y_e \cdot x_e$	$y_e \cdot x_e^2$
0,38	-4	16	256	-1,52	6,08
0,65	-3	9	81	-1,95	5,85
0,9	-2	4	16	-1,80	3,6
1,15	-1	1	1	-1,15	1,15
1,33	0	0	0	0	0
1,5	1	1	1	1,50	1,5
1,62	2	4	16	3,24	6,48
1,72	3	9	81	5,16	1,55
1,78	4	16	256	7,12	2,85

Розраховуємо коефіцієнти:

$$a_0 = \frac{11,03 \cdot 708 - 68,6 \cdot 60}{9 \cdot 708 - 60^2} = 1,33;$$

$$a_1 = \frac{10,6}{60} = 0,177;$$

$$a_2 = \frac{9 \cdot 68,6 - 11,03 \cdot 60}{9 \cdot 708 - 60^2} = -0,016,$$
(9)

отримуємо рівняння моделі (4):

$$y = 1,33 + 0,177 \cdot x - 0,016 \cdot x^2. \quad (10)$$

Підставивши дійсні значення параметрів і повернувши вісь  $y$  в початкове положення, маємо:

$$\frac{\omega_{x,x}}{100} = 1,33 + 0,177 \cdot \left(\frac{I_B}{50} - 5\right) - 0,016 \cdot \left(\frac{I_B}{50} - 5\right)^2, \quad (11)$$

або в остаточному вигляді:

$$\omega_{x,x} = 4,5 + 0,674 \cdot I_B - 0,64 \cdot 10^{-3} \cdot I_B^2. \quad (12)$$

Порівняння розрахункових показників за отриманим виразом з експериментальним подано в табл. 1.

Як видно, модель дає високу точність збігу з експериментом, але, оскільки вона будувалася для конкретного діапазону зміни вхідної величини, то в разі подальшого збільшення можуть з'явитися відхилення.

**Розв'язання задачі ідентифікації за допомогою пакету *MATLAB+SIMULINK***

Розглянемо задачу, описану вище. На основі формули (12) і вхідних показників табл. 1 розробимо машинну схему розрахунку абсолютних і відносних похибок результатів ідентифікації об'єкта й моделі, розробленої за допомогою методу найменших квадратів (рис. 1).

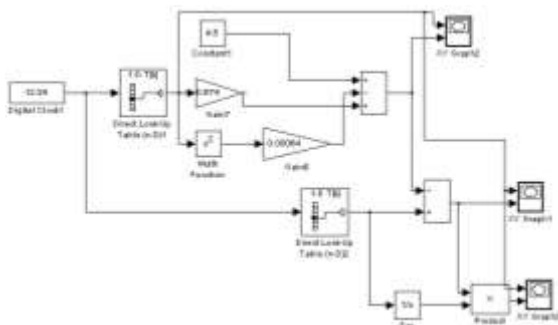


Рис. 1. Машинна схема розрахунку

За допомогою схеми (рис. 1) був побудований графік залежності експериментальної та обчисленої швидкості холостого ходу від струму збурення (рис. 2 і 3).

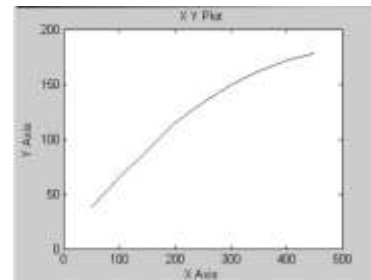


Рис. 2. Графік залежності експериментальної швидкості холостого ходу від струму збурення

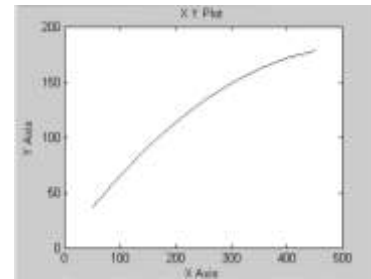


Рис. 3. Графік залежності розрахованої швидкості холостого ходу від струму збурення

Для оцінювання точності ідентифікації об'єкта й моделі були обчислені абсолютна (рис. 4) та відносна (рис. 5) похибки.

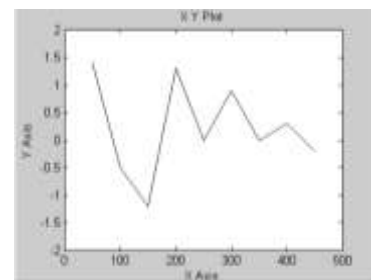


Рис. 4. Абсолютна похибка об'єкта й моделі

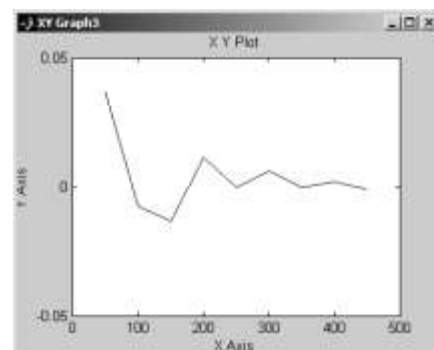


Рис. 5. Відносна похибка об'єкта й моделі

Розраховуємо абсолютну похибку  $\Delta\omega_{x,x}$  за формулою

$$\Delta\omega_{x,x} = \omega_{x,x,e} - \omega_{x,x,p}, \quad (13)$$

де  $\omega_{x,x,e}$  – експериментальна швидкість холостого ходу двигуна;

$\omega_{x,x,p}$  – розрахункова швидкість холостого ходу двигуна.

Обчислимо відносну похибку  $\Delta$  за формулою

$$\Delta = \frac{\Delta\omega_{x,x}}{\omega_{x,x,e}}. \quad (14)$$

Отже, проведений аналіз показує, що модель, сформована методом найменших квадратів, різниться від об'єкта не більш ніж на 4 %.

### Висновки

У роботі розглянуто методи, що впроваджуються для ідентифікації складних об'єктів. Порівняльний аналіз продемонстрував, що найбільш прийнятним є метод найменших квадратів завдяки нескладним математичним обчисленням порівняно з рештою методів. Для ілюстрації застосування цього методу було розв'язано дві задачі:

- ідентифікації моделі електричного двигуна;
- ідентифікації моделі системи аварійної сигналізації.

Дослідження показало, що ідентифікація моделей може бути виконана за допомогою засобів пакету *MATLAB+Simulink*.

Результати дослідження, отримані на моделі, різняться від експериментальних показників не більш ніж на 4 %.

### Література

1. Александровська Ю. О., Логунов Д. О. Аналіз ідентифікації технологічного об'єкту. Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих вчених, 22 листоп. 2023 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків, 2023. С. 35–38. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/17785>.
2. Коваль А. В. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів: навч. посібник. Житомир: ЖДТУ, 2018. 133 с.

3. Гурко О. Г., Єрмоєнко І. Ф. Аналіз і синтез систем автоматичного керування в MATLAB: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2012. 300 с.
4. Леві Л. І., Зима О. Є. Сучасні інтелектуальні методи моделювання складних технологічних об'єктів. Системи управління, навігації та зв'язку. 2021. Вип. 1(63). С. 49–53.
5. Криворучко О., Костюк Ю., Цюцюра М. (2021). Ідентифікація нестационарних динамічних процесів виробництва молочної продукції. Управління розвитком складних систем, (48), 177–183. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.177-183>.
6. Мельник А., Дивак М. (2022). Метод структурної ідентифікації інтервальних дискретних моделей складних об'єктів із адаптивним налаштуванням вибору структурних елементів. Measuring and computing devices in technological processes, (3), 61–72. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-71-3-7>.
7. Горда О.В. Чисельні методи: конспект лекцій. Київ: КНУБА, 2009. 76 с.
8. Теорія і практика ідентифікації об'єктів управління: монографія / І. Л. Левчук, Г. І. Манко, В. Я. Тришкін, В. І. Корсун. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. 203 с.
9. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2012. 308 с.
10. Еквівалентування динамічних об'єктів: монографія / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін, І. О. Чернова. Вінниця: ВНТУ, 2021. 144 с.
11. Igamberdiev Husan Zakirovich, Sevinov Jasur Usmonovich (2019). Algorithms For Regular Synthesis Of Adaptive Systems Management Of echnological Objects Based On The Concepts Of Identifcation Approach. Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2019, Issue 5, Article 6. DOI: <https://doi.org/10.34920/2019.6.42-49>.
12. Sagatov M. V., Kholmukhamedova F. A. The Means of Identifying Dynamic Objects Using Matlab. International Journal of AdvancedResearch in Science, Engineering and Technology Vol. 5, Issue 6, June 2018. P. 6205–6210.

### References

1. Aleksandrovska Yu. O., Lohunov D. O. Analiz identyfikatsii tekhnolohichnoho ob'ektu. Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii avtomatyzatsii tekhnolohichnykh protsesiv na transporti ta u vyrobnytstvi: materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. zdobuvachiv vyshch. osvity i molodykh vchenykh, 22 lystop. 2023 r. / Kharkiv. nats. avtomob.-dor. un-t. Kharkiv, 2023, p. 35–38. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/17785>.
2. Koval A. V. Identyfikatsiia ta modeliuvannia tekhnolohichnykh ob'ektiv: navch. posibnyk. Zhytomyr: ZhDTU, 2018. 133 p.

3. Hurko O. H., Yeromenko I. F. Analiz i syntezy system avtomatychnoho keruvannia v MATLAB: Navchalnyi posibnyk. Kharkiv: KhNADU, 2012. 300 p.
4. Lievi L. I., Zyma O. Ie. Suchasni intelektualni metody modeliuвання skladnykh tekhnolohichnykh ob'ektiv. Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviaz-ku, 2021, vypusk 1(63). p. 49–53.
5. Kryvoruchko O., Kostiuk Yu., & Tsiutsiura M. (2021). Identyfikatsiia nestatsionarnykh dynamichnykh protsesiv vyrobnytstva molochnoi produktsii. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system, (48), 177–183. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.177-183>.
6. Melnyk A., & Dyvak M. (2022). Metod strukturnoi identyfikatsii intervalnykh dys-kretnykh modelei skladnykh ob'ektiv iz adaptyvnykh nalashtuvanniam vyboru strukturnykh elementiv. Measuring and computing devices in technological processes, (3), p. 61–72. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-71-3-7>
7. Horda O.V. Chyselni metody: konspekt leksi. Kyiv: KNUBA, 2009. 76 p.
8. Teoriia i praktyka identyfikatsii ob'ektiv upravlinnia: Monohrafiia / I. L. Levchuk, H. I. Manko, V. Ya. Tryshkin, V. I. Korsun. Dnipro: DVNZ UDKhTU, 2019. 203 p.
9. Dubovoi V. M. Identyfikatsiia ta modeliuвання tekhnolohichnykh ob'ektiv i system keruvannia: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: VNTU, 2012. 308 p.
10. Ekvivalentuvannia dynamichnykh ob'ektiv: mono-hrafiia / B. I. Mokin, V. B. Mokin, O. B. Mokin, I. O. Chernova. Vinnytsia: VNTU, 2021. 144 p.
11. Igamberdiev Husan Zakirovich and Sevinov Jasur Usmonovich (2019). Algorithms For Regular Synthesis Of Adaptive Systems Management Of echnological Objects Based On The Concepts Of Identification Approach. Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2019: Iss. 5, Article 6. DOI: <https://doi.org/10.34920/2019.6.42-49>.
12. Sagatov M. V., Kholmukhamedova F. A. The Means of Identifying Dynamic Objects Using Matlab. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 6, June 2018. P. 6205–6210.

**Біньковська Анжела Борисівна**, к. т. н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, тел. +38(050)301-87-46, [binkovska@khadi.kharkov.ua](mailto:binkovska@khadi.kharkov.ua), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

**Кононихін Олександр Сергійович**, к. т. н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, тел. +38(099)6637295, [alex.kon.akit@gmail.com](mailto:alex.kon.akit@gmail.com),

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

**Александровська Юлія Олександрівна**, випускниця ХНАДУ, магістр за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», тел. +38(066)2900893, [akit.khnadu@gmail.com](mailto:akit.khnadu@gmail.com),

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### **Solving the problem of technological object identification.**

**Abstract. Problem.** The identification task is formulated as follows: based on the results of observations of the input and output variables of a system, a model, i.e. a formalized representation of this system, should be built that is optimal in some sense. This shows the connection between the identification task and the above general scheme of establishing regularities based on the results of observations. The identification task is based on modern control theory. To solve it, modern computers are used. The latter, with their high speed and virtually unlimited memory capacity, create the prerequisites for receiving, transmitting and processing large arrays of observations that are necessary for building adequate models of real objects. **Goal.** Studying the possibilities of solving the problem of identifying technological objects using MATLAB+Simulink. **Job tasks:** to consider the tasks of identifying technological objects of management; to choose an identification method; identify the electric motor model. **Methodology.** The research problems should be solved by methods of analysis and synthesis of automatic control systems by the method of least squares. **Results.** In the work, experimental data on the dependence of the engine idling speed on the excitation current were obtained and solved the identification problem using the MATLAB+SIMULINK package. **Originality.** Based on the analysis of existing solutions, it was found that the works did not consider the calculation of absolute and relative errors of the results of identifying the object and the model developed using the least squares method.

Thus, there is a need to develop a system for identifying a model of a technological object made by the least squares method. To solve the identification problem, an electric motor is chosen as the object of study. **Practical value.** The paper examines the methods used to identify complex objects. The comparative analysis showed that the most acceptable method is the least squares method, due to simple mathematical calculations in comparison with the other methods. To illustrate the application of this method, two tasks were solved: identification of the model of an electric motor; identification of the model of an alarm system. The

*studies have shown that model identification can be performed using the MATLAB+Simulink package. The research results obtained on the model differ from the experimental data by no more than 4 %.*

**Keywords:** *model, technological object, least squares method, identification, electric motor.*

**Binkovska Anzhela**, Associate Professor, PhD, Automation and Computer-Integrated Technologies Department, ORCID: 0000-0001-9788-4321, tel. +380(50)301-87-46, binkovska@khadi.kharkov.ua, Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

**Kononykhin Oleksandr**, Associate Professor, PhD, Automation and Computer-Integrated Technologies

Department, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6396-6836>, tel. +38(099)6637295, alex.kon.akit@gmail.com,

Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

**Aleksandrovska Yuliia**, graduate of KhNADU, master's degree in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics", tel. +38(066)2900893, akit.khnadu@gmail.com,

Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

---

---