

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-270-6-129-134>

УДК 681.5.015

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

Купіна О.А., Лорія М.Г., Целіщев О.Б., Гезеві Абдалхалех Гома Ахмед

IDENTIFICATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF CONTROL OBJECTS

Kupina O.A., Loria M.G., Tselishchev O.B., Gezevi Abdalhaleh Goma Ahmed

У роботі запропоновано спосіб отримання математичної моделі об'єкту керування, у якому в якості початкових даних обирається перехідний процес об'єкту керування. Переваги такого підходу наступні: він ґрунтується на об'єктивних даних, що формує сам об'єкт керування; достатньо проста реалізація такого підходу; отримання адекватної і точної математичної моделі, оскільки для її отримання використовується глобальна інформація динамічної характеристики об'єкта керування. Дослідження проводиться для оптимізації технологічного процесу, що розглядається.

В результаті досліджень встановлено, що якщо при виводі математичної моделі обмежитися ступенем диференціального рівняння (ступенем передатної функції) і прийняти його таким, що дорівнює двом, то розробка математичної моделі значно спрощується. У деяких випадках є можливість звести модель високого порядку до моделі більш низького, іноді навіть першого або другого порядку і при цьому істотно не програти в точності оцінки її характеристик, тобто будь-яку фізичну систему завжди можна описати моделлю порівняно невисокого порядку, нехтуючи деякими її характеристиками. Це можливо завдяки наступним факторам: завдання аналізу та синтезу набагато простіше розв'язати для моделей невисокого порядку; точність обчислень на ЕОМ зворотно пропорційна величині порядку моделі; якщо модель має перший або другий порядок, ми володіємо інформацією, необхідну для аналізу та синтезу; незважаючи на те, що моделі високого порядку і самі по собі ніколи не були абсолютно точними, в ряді випадків зниження їх порядку може дати результати, які не поступаються в точності моделі високого порядку. Дуже часто збільшення порядку моделі не підвищує її точність.

Отримана в результаті розрахунків похибка ідентифікації є припустимою для розрахунків такого типу.

Під час вирішення поставленої задачі в статті розв'язується такі питання: кількість точок на кривій розгону об'єкту керування, яку необхідно обрати; який обрати алгоритм ідентифікації; спосіб розміщення точок

на кривій розгону об'єкту керування; вплив кількості і місця розташування точок на похибку апроксимації.

Запропонований спосіб отримання математичної моделі дозволяє за рахунок регулювання вхідних величин отримати оптимальні вихідні параметри зокрема й підвищити ефективність технологічного процесу в цілому.

Ключові слова: математична модель, динамічні характеристики, виробництво аміаку, ідентифікація, крива розгону, об'єкт керування, перехідний процес.

Вступ. Останнім часом світові ринки відзначаються стрімким зростанням вартості сировини, що спричиняє зростання собівартості продукції українських виробництв.[1] Так на теперішній час питома частка вартості природного газу в продукції хімічних виробництв сягає 75%. Отже, для того щоб продукція вітчизняних виробництв була конкурентоспроможною на світовому ринку, треба вирішувати питання більш ефективного використання сировини, енергоресурсів тощо. Для цього необхідно проведення оптимізації технологічних процесів, в тому числі і систем управління. Вище сказане стосується у тому числі й виробництво аміаку, яке є актуальним для нашого регіону.

Актуальність. Виробництво аміаку є важливим не тільки при виробництві мінеральних добрив, але й як сировини для багатьох галузей хімічних виробництв. Задача підвищення його ефективності за рахунок зменшення енерго- і ресурсозатрат є актуальною задачею. Вона може бути вирішена шляхом вдосконалення існуючої або розробкою нової системи управління та оптимізацією налаштувань регуляторів.

Слід усвідомлювати, що жодна математична модель фізичної системи не є точною. Можливо пі-

двигувати точність моделі, збільшуючи кількість і складність рівнянь, але все одно абсолютної точності досягти неможливо. Тобто модель повинна бути одночасно й такою, що адекватно відображає поведінку фізичної системи, й досить простою.

Завдання запропонованої системи полягає в дослідженні ідентифікації об'єктів керування на прикладі математичної моделі колони синтезу аміаку методом, що дозволить полегшити процес оптимізації динамічних характеристик АСР.

Мета роботи. Мета роботи – розробка алгоритму ідентифікації об'єктів управління за допомогою метода найменших квадратів з аперіодичним характером перехідних процесів ланками другого характеру з часом запізнювання для оптимізації технологічного процесу.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити інформаційно-логічну схему взаємозв'язків між параметрами технологічного процесу, що розглядається;
- описати перехідний процес об'єкту керування диференціальним рівнянням другого порядку.

Аналіз досліджень і публікацій. Результати досліджень. Проведення модернізації технологічних процесів і систем управління на виробництві, як демонструє практика, може бути не достатньо, якщо на самому нижньому рівні системи управління основний пристрій в САР – регулятор, який формує керуючий сигнал з метою отримання необхідної точності і якості перехідного процесу, неправильно налаштований. Як показує аналіз літературних джерел, частка неправильно налаштованих регуляторів, що використовуються в промисловості, більше 50% [1-7].

Як приклади було обрано ОК стадії синтезу аміаку у виробництві аміаку: колона синтезу аміаку, циркуляційний компресор, сепаратор, апарат повітряного охолодження (холодильна установка)[2].

У цеху синтезу азотоводневої суміші (так званий свіжий газ) надходить в цикл циркуляційного газу і направляється в колону синтезу аміаку, де в присутності залізного каталізатора частина газу перетворюється в аміак. Вихідні з колони газу охолоджуються в холодильниках-конденсаторах і випарниках. Сконденсований аміак відділяється від газу в сепараторі і конденсаційної колони і виводиться з циклу, а решту газу, дожаний циркуляційними насосами, повторно надходить у цикл. Отриманий рідкий аміак перенаправляється в збірники рідкого аміаку і потім на склад, де зберігається в спеціальних резервуарах під тиском до 16 кгс/см². Для згладжування невідповідності між навантаженням на МЕА-очищенні і споживанням газу газовими конденсаторами є газгольдер, підключений до колектора газу після МЕА-очищення. Для азоту газгольдер відсутній, тому для нормальної роботи потрібна наявність певного надлишкового тиску азоту в колекторі (≥ 500 мм H₂O).[18]

У випадку зупинки виробництва аміаку рекуперація холоду припиняється і видача теплового аміаку на склад до споживача припиняється.

Колона синтезу є найбільш складним і необхідним апаратом в установці синтезу аміаку й складається з теплообмінника та каталізатора. Для забезпечення безвідмовної роботи технологічного апарату, необхідно підтримувати технологічні параметри в межах визначених технологічним регламентом.

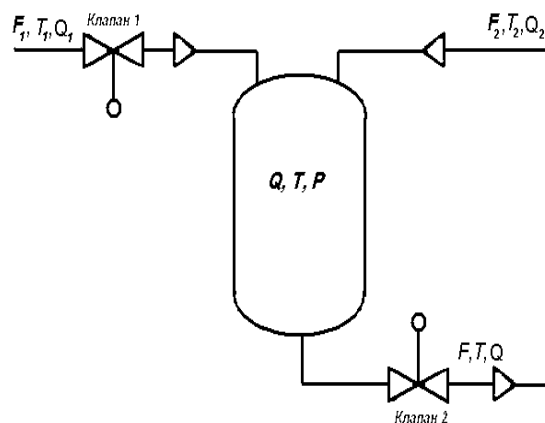


Рис. 1. Колонна синтезу аміаку Основними параметрами контролю та регулювання визначено тиск, температура в шарах каталізатора, співвідношення азоту та гідрогену в газовій суміші та концентрація аміаку на виході з колони

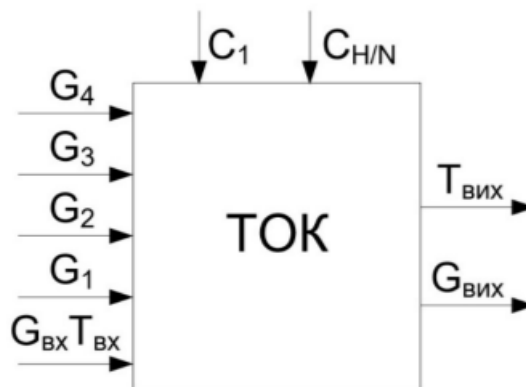


Рис. 2. Колона синтезу як об'єкт керування:
 C_1 – концентрація аміаку на вході; $C_{H/N}$ – співвідношення N та H; G_1, G_2, G_3, G_4 – витрата на 1-4 шарах каталізатора; $G_{вх}$ – витрата на вході в колону синтезу, потік навантаження; $T_{вх}$ – температура речовини на вході; $G_{вих}$ – концентрація вихідного потоку; $T_{вих}$ – температура вихідного потоку

Концентрація і температура аміаку на виході залежить від концентрації, температури і витрати початкової речовини на вході, впливу байпасних потоків, а також від співвідношення витрат азоту N та водню H під час технологічного процесу.[2,18] Після проходження речовиною кожного шару каталізатора, температура між полицями змінюється за рахунок виділення тепла під час технологічного процесу, схема залежності вихідних температур в шарі

каталізатора від відкриття заслінок виконавчих органів наведена на рис. 3.

Перехідні процеси об'єктів керування можуть мати аперіодичний або коливальний характер. Відомо, що обидва процеси з достатньою ступеню точності можна описати диференціальним рівнянням другого порядку. [21]

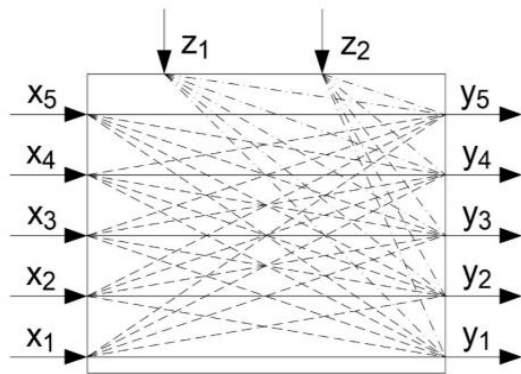


Рис. 3. Інформаційно-логічна схема взаємозв'язків між параметрами:

x_1, x_2, x_3, x_4 – ступінь відкриття виконавчих механізмів на байпасних холодних потоках; y_1, y_2, y_3, y_4 – температура в шарах каталізаторів, керуючі параметри; z_1 – концентрація аміаку на вході; z_2 – співвідношення азоту N та водню H

Розглянемо структурну схему одноконтурної АСР, що наведено на рис.4.

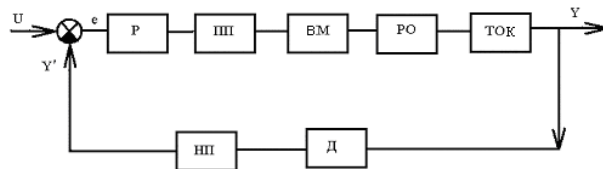


Рис. 4. Структурна схема одноконтурної АСР:

Р – регулятор; ПП – проміжний перетворювач;
ВМ – виконавчий механізм; РО – регулюючий орган;
ТОК – технологічний об'єкт керування; Д – датчик;
НП – нормуючий перетворювач.

При знятті на реальному об'єкті керування кривої розгону фактично ми отримуємо перехідний процес еквівалентного об'єкта керування (розімкненої системи від ПП – проміжного перетворювача до НП – нормуючого перетворювача при умові, що передавальна функція вторинного приладу дорівнює 1). Тобто, якщо за кривою розгону ідентифікувати еквівалентний об'єкт керування ланкою другого порядку, то функціональну схему одноконтурної АСР можна навести таким чином рис.5.

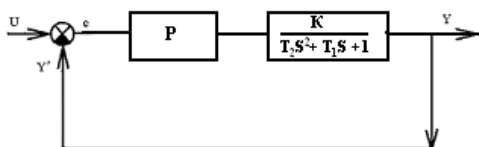


Рис. 5. Перетворена структурна схема одноконтурної АСР

Диференціальне рівняння ланки другого порядку керування має вигляд:

$$(T'')^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + T' \frac{dy}{dt} + y = K_p u_0 \quad (1)$$

де T'' , T' – сталі часу системи керування;

K_p – коефіцієнт передачі системи;

u_0 – завдання;

y – вихідний сигнал.

Характер перехідного процесу цієї ланки залежатиме від величини відношення $\frac{T'}{T''}$. Якщо

$\frac{T'}{T''} \geq 2$, то перехідний процес матиме аперіодич-

ний характер, а при $\frac{T'}{T''} < 2$ – коливальний.

Знайдемо корені диференціального рівняння (1):

$$P_{1,2} = -\frac{T'}{2(T'')^2} \pm \sqrt{\left[\frac{T'}{2(T'')^2}\right]^2 - \frac{1}{(T'')^2}} \quad (2)$$

Якщо $\frac{T'}{T''} > 2$, то корені диференціального рів-

няння P_1 і P_2 завжди будуть дійсними і від'ємними. Тоді рівняння перехідної функції матиме вигляд:

$$y(t) = K_p u_0 \left[1 - \frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} \exp(-\alpha_1 t) + \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \exp(-\alpha_2 t) \right] \quad (3)$$

де $\alpha_1 = -P_1$, $\alpha_2 = -P_2$;

u_0 – ступінчасте збурення.

При $\frac{T'}{T''} < 2$ корені будуть комплексними:

$$P_{1,2} = \alpha_0 \pm j\omega_0, \quad (4)$$

де $\alpha_0 = \frac{T'}{2(T'')^2}$ – ступінь загасання перехідного процесу;

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{(T'')^2} - \left[\frac{T'}{2(T'')^2}\right]^2} \quad \text{– власна частота коли-}$$

вань системи.

У цьому разі перехідна функція описується рівнянням:

$$y(t) = K_p u_0 \left[1 - \exp(-\alpha_0 t) \left(\cos \omega_0 t + \frac{\alpha_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t \right) \right]. \quad (5)$$

Розглянемо ідентифікацію об'єктів керування на прикладі математичної моделі колони синтезу аміаку розрахованої теоретичним шляхом, яка має передавальну функцію (6):

$$W = \frac{e^{-2s}}{1.5 \cdot s^5 + 4 \cdot s^4 + 10 \cdot s^3 + 10 \cdot s^2 + 5 \cdot s + 1} \quad (6)$$

Будемо криву розгону ланки п'ятого порядку з часом запізнення рис.6.

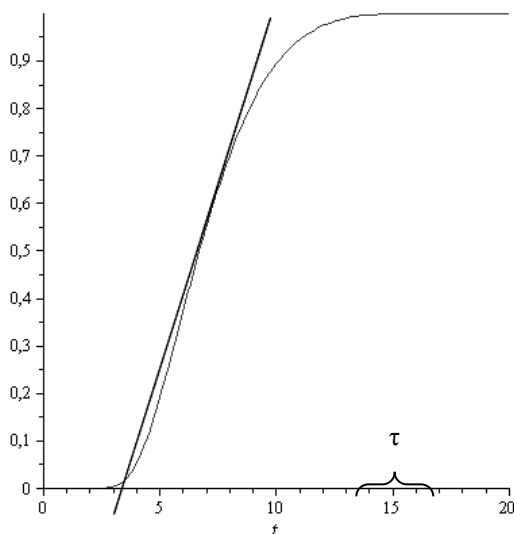


Рис. 6. Крива розгону ланки п'ятого порядку з часом запізнення

З рис.6 видно, що крива розгону має аперіодичний характер, тому для того щоб знайти рівняння кривої розгону можна використати рівняння (3).

Коефіцієнт K_p знайдемо за кривою розгону ($K_p = 1$). В цьому рівнянні є ще два невідомих параметра α_1 і α_2 . Для того щоб їх знайти скористаємося методом найменших квадратів. [20]

Найпростіший спосіб знайти ці змінні за допомогою математичного пакету «Mathcad».

Знаходимо змінні α_1 і α_2 . Підставимо ці значення в рівняння (3), щоб знайти рівняння перехідної функції. Після підстановки отримуємо рівняння (7):

$$y(t) = \Phi(t - 3.505) \cdot (1 - 1.84642 \cdot 10^4 \cdot e^{-0.55389(t-3.505)} + 1.84632 \cdot 10^4 \cdot e^{-0.55392(t-3.505)}) \quad (7)$$

Побудуємо на одному графіку криву розгону ланки п'ятого порядку та криву, що відповідає отриманому рівнянню (7).

Аналізуючи рис. 7, можна зробити висновок, що аперіодична ланка другого порядку з часом запізнення практично точно описує аперіодичний об'єкт

керування з часом запізнення. Максимальне відхилення між кривими 1 та 2 не перебільшує 3%. Тому в подальших розрахунках будемо використовувати замість еквівалентного об'єкту керування ланку другого порядку з часом запізнення. Зробимо пряме перетворення Лапласа рівняння, щоб отримати її передаточну функцію (8) [5]:

$$W = \frac{1}{3.259 \cdot s^2 + 3.611 \cdot s + 1} \cdot e^{-3.505s} \quad (8)$$

Таким чином за точками кривої розгону аперіодичного об'єкта керування з часом запізнення методом найменших квадратів достатньо точно можна ідентифікувати його аперіодичною ланкою другого порядку з часом запізнення.

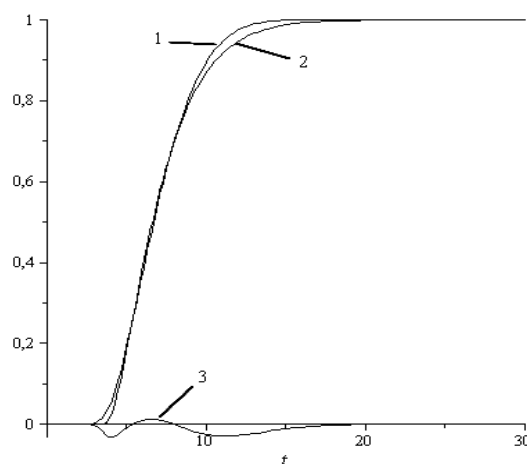


Рис. 7. Початкова і отримана криві розгону еквівалентного об'єкту:

1 – крива розгону ланки п'ятого порядку з часом запізнення; 2 – перехідний процес ланки другого порядку з часом запізнення; 3 – похибка ідентифікації.

З наведених результатів можна зробити висновки, що при дослідженні систем автоматичного регулювання, об'єктами керування в яких є складні технологічні процеси, яким є колона синтезу аміаку, еквівалентна передаточна функція може бути наведена у випадку аперіодичної кривої розгону з часом запізнення аперіодичною ланкою другого порядку з часом запізнення. Це дозволить суттєво полегшити процес аналізу та оптимізації динамічних характеристик АСР.

Висновок. В даній роботі запропоновано і досліджено алгоритм ідентифікації об'єктів управління за допомогою метода найменших квадратів з аперіодичним характером перехідних процесів ланками другого порядку з часом запізнення. Похибка ідентифікації не перевищує 3%, що є цілком припустимим для розрахунків такого типу.

Література

1. Артеменко А. И. Органическая химия / А. И. Артеменко – М.: «Высшая школа». – 1987. – 430 с.
2. Амиак: обзор технологий. [Электронный ресурс]. – Режим
3. Стенцель Й.І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Підручник [Текст] / Й.І. Стенцель, О.В. Поркуян - Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. – 300 с.
4. Математичне моделювання технологічних об'єктів [Текст] : Підручник / О.Б.Целіщев, П.Й.Єлісєєв, М.Г.Лорія, І.І.Захаров – Луганськ. Вид-во Східноукр. нац. унів. ім. В. Даля, 2011. – 421 с.
5. Принципы математического моделирования химико-технологических систем [Текст] / В.В.Кафаров, В.Л.Перов, В.П.Мешалкин и др. – М.: Химия, 1974. – 344 с.
6. Driankov, D. Palm R. Advances in Fuzzy Control [Text] / D.Driankov, R.Palm // Physica-Verlag. Heidelberg. Germany - 1988. P. 129-137.
7. Pedrycz, W. An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design. [Text] / W.Pedrycz, F.Gomide // MIT Press. Hardcover. - 1998. №2. – P. 24-41.
8. Seraya O.V., Demin D.A. Linear regression analysis of a small sample of fuzzy input data (2012) Journal of Automation and Information Sciences, 44 (7), pp. 34-48.
9. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-й т. / Под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – 2004 – 656 с., ил.
10. Математичне моделювання технологічних об'єктів: Підручник. / О. Б. Целіщев, П. Й. Єлісєєв, М. Г. Лорія, І. І. Захаров – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту. – 2011. – 421 с.
11. Чернолуцкий И. Г. Методы оптимизации в теории управления: учебное пособие / И. Г. Чернолуцкий. — СПб.: Питер, 2004. — 256 с: ил.
12. Патент України на корисну модель 77800. МПК (2012.01) G05D 19/00. Спосіб знаходження оптимальних налаштувань регуляторів / Ананьев М.В., Целіщев О. Б., Лорія М.Г., Єлісєєв П.Й., Павленко Ю.В.; заявл. 03.09.2012; опубл. 25.02.2013. Бюл. №4.
13. В.А. Иванов и др. Математические основы теории автоматического регулирования, М.: «Высшая школа», 1971 г., 797 с.
14. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч.1. Теория линейных систем автоматического управления / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.; Под ред. А. А. Воронова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.
15. Волков Е.А., Численные методы – М: Наука, 1987. – 248 с.
16. Математическое моделирование основных процессов химических производств. Учеб. пособие для вузов. / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. – М.: Высш.шк., 1991.– 399с.
17. Математическое моделирование химико-технологических систем: Учеб. пособие в 3ч./ под ред Л.С. Гордеева. – М.:ПХТУ, 1999– 48с.(ч1); 47с.(ч2), 67с.(ч3).
18. Технологічний регламент виробництва аміаку.
19. Т.А. П'явченко. Проектування АСУ ТП в Scada-Системі. Навчальний посібник. м. Таганрог. 2007.- 84 с.
20. Дьяконов В. П., Круглов В. В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: «Питер», 2002. – 608с.
21. Эдвардс Ч.Г., Пенни Д.Э. Дифференциальные уравнения и проблема собственных значений: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB = Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling. – 3-е изд. – М.: «Вильямс», 2007 с.

References

1. Artemenko AI Organic Chemistry / AI Artemenko - M.: "Higher School". - 1987. - 430 p.
2. Ammonia: a review of technology. [Electronic resource]. - Mode
3. Stenzel JI Automation of technological processes of chemical production: Textbook [Text] / J.I. Stenzel, OV Porkuyan - Luhansk: East Ukrainian Publishing House. nat. un-tu them. V. Dallya, 2010. - 300 p.
4. Mathematical modeling of technological objects [Text]: Textbook / OB Tselishchev, PY Yeliseyev, MG Loria, II Zakharov - Lugansk. Publishing house East Ukrainian. nat. univ. them. V. Dallya, 2011. - 421 p.
5. Principles of mathematical modeling of chemical-technological systems [Text] / VV Kafarov, VL Perov, VP Meshalkin, etc. - Moscow: Chemistry, 1974. - 344 p.
6. Driankov, D. Palm R. Advances in Fuzzy Control [Text] / D.Driankov, R.Palm // Physica-Verlag. Heidelberg. Germany - 1988. P. 129-137.
7. Pedrycz, W. An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design. [Text] / W.Pedrycz, F.Gomide // MIT Press. Hardcover. - 1998. №2. - R. 24-41.
8. Seraya OV, Demin DA. Linear regression analysis of a small sample of fuzzy input data (2012) Journal of Automation and Information Sciences, 44 (7), pp. 34-48.
9. Methods of classical and modern theory of automatic control: Textbook in the 5th volume / Ed. KA Pupkova, ND Egupova. - 2nd ed., Reworked. and ext. - Moscow: Moscow State Technical University Publishing House. N.E. Bauman, 2004. - Vol.1: Mathematical models, dynamic characteristics and analysis of automatic control systems. –2004 - 656 pp., ill.
10. Mathematical modeling of technological objects: Textbook. /
11. OB Tselishchev, PY Yeliseyev, MG Loria, II Zakharov - Luhansk: East Ukrainian Publishing House. nat.un-tu. - 2011. - 421 p.
12. Chernorutsky IG Optimization methods in control theory: a textbook / IG Chernorutsky. - СПб.: Питер, 2004. - 256 с: ил.
13. Patent of Ukraine for utility model 77800. IPC (2012.01) G05D 19/00. The method of finding the optimal settings of the regulators /
14. Ananiev MV, Tselishchev OB, Loria MG, Eliseev PY, Pavlenko YV; declared 03.09.2012; publ. 02/25/2013 Bull. №4.
15. B.A. Ivanov et al. Mathematical bases of the theory of automatic regulation, M.: "Higher school", 1971, 797 p.
16. Theory of automatic control: Textbook. For universities on special. "Automation and telemechanics". At 2 o'clock Part 1. Theory of linear automatic control systems / NA Babakov, AA Voronov, AA Voronova, etc.; Ed. AA Voronov. - 2nd ed., Reworked. and ext. - M.: Higher. school, 1986. - 367 p.

15. Volkov EA, Numerical methods - M: Nauka, 1987. - 248 p.
16. Mathematical modeling of the main processes of chemical production. Textbook. manual for universities. / B.B. Кафаров, М.Б. Glebov. - М.: Высш.шк., 1991. - 399с.
17. Mathematical modeling of chemical-technological systems: Textbook. allowance at 3 o'clock / under the order of LS Гордеева. - М.: ПХТУ, 1999- 48с. (Ч1); 47s (h2), 67s (h3).
18. Technological regulations for ammonia production.
19. T.A. Pyavchenko. Design of ACS TP in Scada-System. Tutorial. m. Taganrog. 2007.-84 p.
20. Dyakonov VP, Kruglov VV MATLAB. Analysis, identification and modeling of systems. Special directory. - SPb.: «Peter», 2002. - 608p.
21. Edwards C.G., Penny D.E. Differential equations and the problem of eigenvalues: modeling and calculation using Mathematica, Maple and MATLAB = Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling. - 3rd ed. - М.: "Williams", 2007 p.

Kupina O.A., Loria M.G., Tselishchev O.B., Gezevi Abdalhaleh Goma Ahmed. Identification of dynamic characteristics of control objects.

The article proposes a method for obtaining a mathematical model of the control object, in which the transient process of the control object is selected as the initial data. The advantages of this approach are as follows: it is based on objective data that form the control object itself; the implementation of this approach is quite simple; obtaining an adequate and accurate mathematical model, since global information about the dynamic characteristics of the control object is used to obtain it.

This study is carried out to optimize the considered technological process.

As a result of the research, it has been established that if, when deriving a mathematical model, we restrict ourselves to the degree of the differential equation (the degree of the transfer function) and take it equal to two, then the development of a mathematical model is greatly simplified. In some cases, it is possible to reduce a high-order model to a lower-order model, sometimes even of the first or second order, and at the same time not significantly lose in the accuracy of assessing its characteristics, that is, any physical system can always be described by a relatively low-order

model, neglecting some of its characteristics. ... This is possible due to the following factors: the problem of analysis and synthesis is much easier to solve for low-order models; the accuracy of calculations on a computer is inversely proportional to the magnitude of the order of the model; if the model is of the first or second order, we have the information necessary for analysis and synthesis; Despite the fact that the high-order models themselves have never been completely accurate, in some cases, reducing their order can give results that are not inferior in the accuracy of the high-order model. Often times, increasing the order of a model does not improve its accuracy.

The identification error obtained as a result of calculations is acceptable for calculations of this type.

When solving the problem in the article, the following questions are solved: the number of points on the acceleration curve of the control object, which must be selected; which identification algorithm to choose; way of placing points on the acceleration curve of the control object; the influence of the number and location of points on the approximation error.

The proposed method for obtaining a mathematical model allows, by regulating the input values, to obtain optimal initial parameters in particular and to increase the efficiency of the technological process as a whole.

Keywords: mathematical model, dynamic characteristics, ammonia production, identification, acceleration curve, control object, transient process.

Купіна О.А. – аспірант кафедри «Комп'ютерно-інтегрованих систем управління» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: kupina@snu.edu.ua

Лорія М.Г. – д.т.н., професор, в.о. завідувача кафедри «Комп'ютерно-інтегрованих систем управління» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: m_loria@snu.edu.ua.

Целіщев О. Б. = д.т.н., професор, проректор з наукової роботи Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: atp00@ukr.net.

Гезеві Абдалхалех Гома Ахмед - аспірант кафедри «Комп'ютерно-інтегрованих систем управління» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: gezevi@ukr.net.