

Застосування математичного моделювання у професійній підготовці майбутніх інженерів-металургів

Ганна Алімівна Горшкова

ДВНЗ «Криворізький національний університет»,
вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна
ag2112@yandex.ru

Анотація. У статті розглядаються можливості застосування математичного моделювання у процесі професійної підготовки майбутніх інженерів-металургів. Підкреслено, що впровадження нових наукомістких технологій у розробку і функціонування металургійного комплексу значно підвищує вимоги в області фундаментальних наук до випускників закладів вищої освіти інженерного профілю. Майбутні інженери-металурги повинні мати глибокі професійні знання та уміння, володіти математичними методами і застосовувати їх у практичній діяльності. Як навчальний предмет вища математика дозволяє не тільки своїми методами і засобами виявляти істотні зв'язки реальних явищ і процесів у виробничій діяльності, а й формувати навички майбутніх інженерів у математичному дослідженні прикладних питань; уміння будувати і аналізувати математичні моделі інженерних завдань.

Мета: розкрити сутність математичного моделювання та показати необхідність застосування цього методу у підготовці майбутніх інженерів металургійної галузі.

Завдання: 1) означити поняття «математична модель»; 2) виявити математичні поняття, що є основними математичними моделями реальних технологічних процесів в металургії; 3) показати використання математичного моделювання у процесі вивчення професійно-орієнтованих дисциплін.

Об'єкт дослідження: процес підготовки майбутніх інженерів-металургів.

Предмет дослідження: використання математичного моделювання як засобу формування професійних навичок майбутніх інженерів у дослідженні технологічних металургійних процесів.

Результати: розглянуто застосування математичного моделювання при дослідженні металургійних процесів, виявлено математичні поняття, які є моделями цих процесів.

Методи дослідження: аналіз психолого-педагогічної і науково-методичної літератури, спостереження.

Висновки: означено поняття «математична модель», обґрунтовано, що моделювання є ефективним та універсальним методом наукового

пізнання. Воно дає можливість, зокрема, інженеру-металургу експериментувати з об'єктами в тих випадках, коли робити це на реальному об'єкті практично неможливо або недоцільно; показано ефективність використання математичного моделювання у професійній підготовці інженерів-металургів.

Ключові слова: математичне моделювання; модель; технологічний процес; майбутній інженер-металург.

G. A. Gorshkova. Application of mathematical modeling in training future engineers-metallurgists

Abstract. This article discusses the possibility of using mathematical modeling in the training of future engineers-metallurgists. Emphasized that the introduction of new technologies in the development and operation of the metallurgical complex significantly increases the requirements in the basic sciences to university graduates of engineering profile. Future engineers-metallurgists must have professional knowledge and skill to possess mathematical methods and apply them in practice. As a subject higher mathematics not only allows its methods and means to identify significant linkages real phenomena and processes in industrial activity and form habits and future engineers in the mathematical study of applied problems, the ability to build and analyze mathematical models of engineering problems.

Objective: to discover the essence of mathematical modeling and show the necessity of applying this method to train future engineers metallurgical field.

Problems: 1) to signify the concept of mathematical model; 2) to provide the mathematical concepts that are basic mathematical models of real processes in metallurgy; 3) to demonstrate the use of mathematical modeling in the study of professionally-oriented disciplines.

Object of research: the process of training of engineers-metallurgists.

Subject of research: the use of mathematical modeling as a means of developing professional habits of future engineers in the research process of metallurgical processes.

Results: consider the application of mathematical modeling in the study of metallurgical processes, identified mathematical concepts, which are models of these processes.

Methods: analysis of psychological, educational, scientific and methodical literature, observation.

Conclusions: indicated the notion of mathematical model, justified that the modeling is an effective and universal method of scientific knowledge. It allows, in particular, engineer-metallurgist experimenting with objects when doing this on the real object is practically impossible or impractical; demonstrate the effectiveness of using mathematical modeling in training

engineers-metallurgists.

Keywords: mathematical modeling; model; technological process; future engineer-metallurgist.

Affiliation: SIHE «Kryvyi Rih National University», 11, XXII Partyzyzdu Str., Kryvyi Rih, 50027, Ukraine.

E-mail: ag2112@yandex.ru.

Математична освіта займає особливе місце у національній моделі освіти. Вона розвиває інтелектуальні здібності людини, формує вміння проводити аналогії, логічно обґрунтовувати власну точку зору, творчо застосовувати здобуті знання. Математика є мовою інженерних досліджень. Досконале володіння математичною мовою передбачає вміння переходити від конкретно поставленої практичної задачі до її абстрактної математичної моделі.

Моделювання – відтворення характеристик певного об'єкта на іншому об'єкті, спеціально створеному для його вивчення. Останній об'єкт називається моделлю.

У науковій та науково-методичній літературі існує велика кількість означень моделі, але жодне з них повністю не відображає суть цього поняття. Розглянемо деякі з них.

За М. П. Власовим, модель – це логічний або математичний опис компонентів та функцій, які визначають суттєві властивості модельованого об'єкта або процесу. Модель використовують як умовний образ, сконструйований для спрощення їх дослідження [2].

На думку І. О. Теплицького, модель – це такий матеріальний об'єкт або мислено уявлюваний об'єкт, який в процесі пізнання (вивчення) замінює собою реальний об'єкт-оригінал, і при цьому зберігає деякі важливі для даного дослідження риси оригіналу [5].

У книзі «Моделювання та філософія» В. О. Штофф дає означення моделі як уявно зображеної або матеріально реалізованої системи, яка відображає та відтворює об'єкт так, що її вивчення дає нову інформацію про нього [8].

За В. В. Вітлінським під моделлю можна розуміти образ реального об'єкта (процесу) в матеріальній чи ідеальній формі (тобто такий, який описано знаковими засобами певною мовою), що відображає суттєві властивості модельованого об'єкта (процесу) й заміщує його в ході дослідження й управління [1].

На думку П. Ейкхофа, модель – це зображення суттєвих сторін реальної системи, яке в зручній формі відображає інформацію про систему [9].

І. Б. Новик під моделюванням розуміє метод практичного або

теоретичного опосередкованого оперування об'єктом, в ході якого безпосередньо досліджується не сам об'єкт, а деяка проміжна система – модель, яка:

а) знаходиться в деякій об'єктивній відповідності із самим об'єктом пізнання;

б) може в ході пізнання на його відомих етапах заміщувати в певних відношеннях сам виучуваний об'єкт;

в) здатна давати в процесі її дослідження нову інформацію про самий об'єкт.

Ця допоміжна система – модель може виступати як у вигляді матеріального об'єкта, так і у вигляді деякого сполучення знаків [3].

Ми погоджуємося з висновком, який в своєму дослідженні робить Н. А. Хараджян: модель виступає як специфічна, якісно своєрідна форма, і, одночасно як засіб наукового пізнання, а моделювання – це процес, що виступає як особлива форма опосередкування, коли дослідник ставить між собою і об'єктом, що його цікавить, деяку проміжну ланку – модель [10].

Моделі можна класифікувати різними способами, хоча жоден з них не є повним. Виділяють деякі типові групи моделей:

- 1) натурні, аналогові, символічні;
- 2) експериментальні (регресійні) і аналітичні;
- 3) статичні та динамічні;
- 4) детерміновані і стохастичні;
- 5) дискретні і безперервні [3].

Роль моделювання у сучасній науці настільки значна, що воно стало одним з основних інструментів наукового пізнання і знайшло широке застосування при дослідженні металургійних процесів і управлінні ними.

Для металургії як галузі господарювання характерні дві особливості. По-перше, масштаби виробництва металів і сплавів вивели металургію за споживанням енергетичних ресурсів на одне з перших місць серед інших галузей. По-друге, технологічні процеси в металургії, які пов'язані з переробкою сировини й одержанням кінцевих продуктів, протікають при підвищених температурах. Інженерові-металургові доводиться вирішувати широкий спектр завдань – від підготовки шихти, виплавки металу, одержання якісної готової продукції до вирішення екологічних проблем зниження рівня теплового та хімічного забруднення навколишнього середовища [6]. Тому математичне моделювання в металургії дозволяє швидко знаходити оптимальні розв'язки зазначених завдань, допомагає при плануванні виробництва та керуванні ним.

В. П. Цимбал, досліджуючи умови застосування математичного моделювання металургійних процесів підкреслював, що моделювання –

це такий різновид наукового дослідження різних явищ у природі й техніці, за якого досліджуваний реальний об'єкт (технологічний процес, обладнання, де він здійснюється, або речовина) замінюється його моделлю. При цьому модель повинна володіти певною сукупністю найважливіших для даного дослідження властивостей, аналогічних властивостям досліджуваного об'єкта. Результати моделювання використовуються при подальшому дослідженні об'єкта, проектуванні нових або модернізації існуючих технологій, оптимізації схемоконструктивних рішень в області вдосконалення структури і режимів роботи обладнання, оптимальному плануванні виробництва і автоматизованому управлінні технологічними процесами.

Із розвитком системних досліджень і розширенням експериментальних методів вивчення реальних об'єктів велике значення набувають математичні методи аналізу і синтезу. Подібність та моделювання дозволяють по-новому описати реальний процес і спростити його експериментальне вивчення.

Моделювання базується на деякій аналогії реального та мисленнєвого експерименту (наприклад, виявлення впливу зміни хімічного складу шихти на техніко-економічні показники (ТЕП) процесу плавки). Для пояснення реальних процесів висуваються гіпотези, з метою їх підтвердження ставиться експеримент, тобто певна процедура організації та спостереження явищ, яку здійснюють в умовах, близьких до реальних або тих, що імітують [7].

Аналіз змістової складової дисциплін предметно-професійної підготовки майбутніх інженерів-металургів дозволив виділити основні математичні поняття, які найчастіше є математичними моделями реальних технологічних процесів в металургії. Зокрема, математичною моделлю технологічного об'єкта управління є функція багатьох змінних.

На рис. 1 показана схема технологічного об'єкта управління (ТОУ), де U – вектор контрольованих вхідних даних (витрати сировини, енергії, палива тощо); V – вектор контрольованих збурювань (якісні показники сировини, параметри стану устаткування тощо); Z – вектор неконтрольованих збурювань; Y – вектор вихідних даних (показники стану технологічного процесу (температура, тиск, склад речовини), якісні кількісні показники проміжних (ливарна форма) або кінцевих (вилівок) продуктів, техніко-економічних показників виробництва).

Сукупність математичних рівнянь, що відображають залежність вихідних величин від вхідних, доповнені обмеженнями, які накладаються на ці величини, вимогами безпеки функціонування, рівняннями зв'язку з іншими об'єктами і є математичною моделлю процесу.

Модель процесу доповнюється алгоритмом керування, що

забезпечує випуск продукції із заданими показниками незалежно від деякого коливання характеристик вихідних матеріалів.

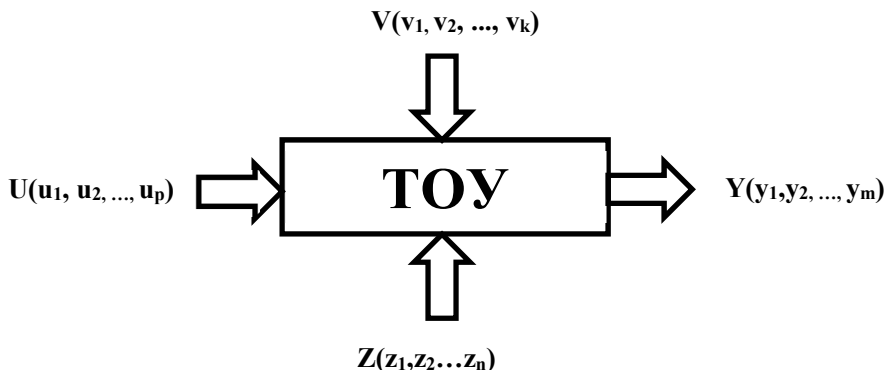


Рис. 1. Схема технологічного об'єкта управління

Математична модель оптимального керування технологічним процесом ливарного виробництва включає цільову функцію. В основі цільової функції можуть бути різні техніко-економічні критерії, наприклад, мінімальний час регулювання, обмеження на температурні градієнти при відливці, що викликає її розтріскування в процесі кристалізації, мінімальна собівартість одержання відливки тощо.

Завдання оптимального керування виробництвом у цілому підрозділяється на ряд підзадач: шихтовка; плавка; сумішприготування; формування; розливання; охорона навколишнього середовища [6].

Разом із функцією багатьох змінних широке застосування набули диференціальні рівняння та їх системи. Якщо основні змінні процесу змінюються у часі і у просторі, то моделі записуються у вигляді диференціальних рівнянь у частинних похідних. Якщо основні змінні процесу не змінюються в просторі, а змінюються тільки в часі, то математичні моделі, що описують такі процеси, записуються у вигляді звичайних диференціальних рівнянь.

Розглянемо приклад.

Ентропія являє собою фактор екстенсивності тепловіддачі. Ця термодинамічна функція має велике значення при розв'язуванні багатьох практичних задач, які стоять перед інженером-металургом, пов'язаних головним чином з вивченням рівноваги у процесі .

Нехай іде хімічна реакція розкладання речовини A , у результаті якої утворюється речовина B . Експериментально встановлено, що вона має перший порядок концентрації C_A , а значення константи швидкості для умов її здійснення дорівнює k .

Швидкість реакції дорівнює $r_a = -kC_A$, або $dC_A/dt = -kC_A$.

Визначимо початкові умови для розв'язку диференціального рівняння кінетики. Будемо вважати, що в початковий момент реакції нам відома концентрація речовини A , позначимо її як C_{A0} . Запишемо початкові умови у вигляді [$t = 0$; $C_A = C_{A0}$]. Проінтегруємо отримане рівняння, використовуючи визначений інтеграл. Межі інтегрування визначаються з початкових умов: коли час дорівнює нулю, концентрація A дорівнює початковому значенню C_{A0} , у довільний момент t

$$\text{концентрація дорівнює } C_A: \int_{C_{A0}}^{C_A} \frac{dC_A}{C_A} = -k \int_0^t dt.$$

У результаті інтегрування маємо: $\ln C_A - \ln C_{A0} = -kt$.

Замінімо різницю логарифмів логарифмом частки: $\ln(C_A/C_{A0}) = -kt$, після потенціювання одержимо: $C_A/C_{A0} = e^{-kt}$.

Після всіх перетворень розв'язок диференціального рівняння являє собою показникову спадну функцію: $C_A = C_{A0} \cdot e^{-kt}$.

Перевіримо, чи не суперечить отриманий розв'язок умовам нашого завдання. При $t = 0$, тобто в момент початку хімічної реакції $C_A = C_{A0}$, оскільки експонента наближається до одиниці. Дійсно, у початковий момент концентрація речовини A дорівнює C_{A0} . При $t \rightarrow \infty$ експонента з від'ємним показником наближається за величиною до нуля. За нескінченно великий час внаслідок хімічної реакції вся речовина A розкладається і утворюється речовина B .

Математичний опис відтворює найбільш суттєві сторони процесу. Тому, варіюючи окремі параметри, можна одержувати відомості про вплив цих варіацій на показники процесу. Так, можна змінювати параметри технологічного режиму (температуру, тиск, склад, швидкість руху матеріальних потоків тощо) і одержувати відомості про їхній вплив на хід процесу.

Отже, для того щоб досліджувати, оптимізувати, вдосконалювати технологію процесів управління металургійним виробництвом, на заняттях з вищої математики потрібно домогтися гарного засвоєння студентами основних знань і методів з тем «Функція багатьох змінних», «Диференціальне та інтегральне числення», «Диференціальні рівняння» тощо. Вища математика належить до блоку фундаментальних дисциплін, необхідні знання яких є опорою для усвідомленого засвоєння професійно-орієнтованих дисциплін (технічна механіка, опір матеріалів, автоматизація виробничих процесів, теплотехніка, фізична хімія тощо), які, в свою чергу, дають майбутньому інженеру-металургу можливість вільно орієнтуватися у вивченні спеціальних дисциплін, таких як теорія металургійних процесів, теорія та технологія виробництва металів,

Список використаних джерел

1. Вітлінський В. В. Моделювання економіки : навч. посібник / В. В. Вітлінський. – К. : КНЕУ, 2003. – 408 с.
2. Власов М. П. Моделирование экономических процессов / М. П. Власов, П. Д. Шимко. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 409 с.
3. Дворецкий С. И. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования : учеб. пособие / Дворецкий С. И., Егоров А. Ф., Дворецкий Д. С. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 224 с.
4. Горенский Б. М. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : конспект лекций / Б. М. Горенский, Л. А. Лапина, А. Ш. Любанова, А. В. Паршаков, Р. А. Шигапов, С. В. Капустина. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 145 с. – Режим доступа : http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/214/u_lectures.pdf.
5. Теплицький І. О. Елементи комп'ютерного моделювання : навчальний посібник / І. О. Теплицький. – Кривий Ріг : КДПУ, 2010. – 230 с.
6. Цаплин А. И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии : учеб. пособие / А. И. Цаплин, И. Л. Никулин. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 299 с.
7. Цимбал В. П. Математическое моделирование металлургических процессов : учебное пособие для вузов / В. П. Цимбал. – М. : Металлургия, 1986. – 240 с.
8. Штофф В. А. Моделирование и философия / В. А. Штофф. – М. : Наука, 1966. – 310 с.
9. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М. : Мир, 1975. – 680 с.
10. Хараджян Н. А. Педагогічні умови підготовки фахівців з економічної кібернетики засобами комп'ютерного моделювання : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти / Хараджян Наталя Анатоліївна ; Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. – Черкаси, 2010.

References (translated and transliterated)

1. Vitlinskyi V. V. Modeliuvannia ekonomiky [Modeling of economics] : navch. posibnyk / V. V. Vitlinskyi. – K. : KNEU, 2003. – 408 s. (In Ukrainian)
2. Vlasov M. P. Modelirovanie ekonomicheskikh protsessov [Modeling of economic processes] / M. P. Vlasov, P. D. Shimko. – Rostov n/D : Feniks, 2005. – 409 s. (In Russian)

3. Dvoretckii S. I. Kompiuternoe modelirovanie i optimizatsiia tekhnologicheskikh protsessov i oborudovaniia [Computer modeling and optimization of technological processes and equipment] : ucheb. posobie / Dvoretckii S. I., Egorov A. F., Dvoretckii D. S. – Tambov : Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2003. – 224 s. (In Russian)

4. Gorenskii B. M. Modelirovanie protsessov i obektov v metallurgii. Versiia 1.0 [Modeling of processes and objects in metallurgy. Version 1.0] [Electronic resource] : konspekt lekcii / B. M. Gorenskii, L. A. Lapina, A. Sh. Liubanova, A. V. Parshakov, R. A. Shigapov, S. V. Kapustina. – Krasnoarsk : IPK SFU, 2008. – 145 s. – Access mode : http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/214/u_lectures.pdf. (In Russian)

5. Teplytskyi I. O. Elementy kompiuternoho modeliuвання [Elements of computer modeling] : navchalnyi posibnyk / I. O. Teplytskyi. – Kryvyi Rih : KDPU, 2010. – 230 s. (In Ukrainian)

6. Tcaplin A. I. Modelirovanie teplofizicheskikh protsessov i obektov v metallurgii [Modeling of thermophysical processes and objects in metallurgy] : ucheb. posobie / A. I. Tcaplin, I. L. Nikulin. – Perm : Izd-vo Perm. gos. tekhn. un-ta, 2011. – 299 s. (In Russian)

7. Tcimbal V. P. Matematicheskoe modelirovanie metallurgicheskikh protsessov [Mathematical modeling of metallurgical processes] : uchebnoe posobie dlia vuzov / V. P. Tcimbal. – M. : Metallurgii, 1986. – 240 s. (In Russian)

8. Shtoff V. A. Modelirovanie i filozofiiia [Modeling and philosophy] / V. A. Shtoff. – M. : Nauka, 1966. – 310 s. (In Russian)

9. Eikkhoff P. Osnovy identifikatsii sistem upravleniia [Fundamentals of identification of control systems] / P. Eikkhoff. – M. : Mir, 1975. – 680 s. (In Russian)

10. Kharadzhan N. A. Pedahohichni umovy pidhotovky fakhivtsiv z ekonomichnoi kibernetiky zasobamy kompiuternoho modeliuвання [Pedagogical conditions of training of specialists in economic cybernetics by means of computer simulation] : dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.04 – teoriia i metodyka profesiinoi osvity / Kharadzhan Natalia Anatoliivna ; Cherkaskyi natsionalnyi universytet imeni Bohdana Khmelnytskoho. – Cherkasy, 2010. (In Ukrainian)