

УДК 371. 01

Шостачук Андрій Миколайович

кандидат технічних наук, доцент
кафедра прикладної механіки і комп'ютерно-інтегрованих технологій
Житомирський державний технологічний університет
м. Житомир, Україна
vbnauka@i.ua

Головня Вячеслав Дмитрович

кандидат педагогічних наук, доцент
кафедра прикладної механіки і комп'ютерно-інтегрованих технологій
Житомирський державний технологічний університет,
м. Житомир, Україна
slvglol@gmail.com

ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТІВ-МЕХАНІКІВ В ГАЛУЗІ РОБОТОТЕХНІКИ

Анотація. Актуальність проблеми полягає у невідповідності широкого впровадження робототехніки в промислового виробництва, транспорті, наукових дослідженнях і підготовки інженерів-механіків, які б могли розробляти нові та вдосконалювати наявні робототехнічні системи. Метою дослідження є обґрунтування необхідності та шляхів формування компетентностей студентів-механіків в галузі проектування, експлуатації та модернізації роботів та маніпуляторів. Методи дослідження: теоретичний (аналіз навчальної та наукової літератури з теорії механізмів і машин); експериментальний (аналіз компетентностей студентів-механіків в галузі робототехніки). Результати дослідження: розглянуто вивчення розділу «Роботи та маніпулятори» студентами спеціальностей «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування». Зазначено область застосування роботів та маніпуляторів, перспективи розширення їх впровадження на сучасних підприємствах. Запропоновано зміст основних тем даного розділу та кількість годин на кожну тему для аудиторного та самостійного вивчення. Зокрема, виділено три основних частини: дослідження та проектування роботів (синтез, кінематичний і силовий аналіз, точність механізмів), використання роботів (ливарне та складальне виробництво, зварювання, фарбування) та практичні питання з їх експлуатації та обслуговування (надійність, безпека). Інформація, яка отримується в процесі експлуатації роботів, представляє собою зворотній зв'язок, необхідний для їх подальшої модернізації.

Ключові слова: компетентність, механізм, робот, маніпулятор, кінематичний аналіз, проектування, управління.

Вступ. Роботи призначені для виконання робіт, які є важкими, шкідливими чи небезпечними для здоров'я людини (висока температура, забруднення повітря, радіація тощо), одноманітними чи такими, що вимагають високої точності операцій. Цим пояснюється широке впровадження роботів практично в усі сфери промислового виробництва, обслуговування та наукових досліджень. Оскільки розробка та експлуатація роботів і маніпуляторів вимагає спеціалістів з їх проектування, вдосконалення, обслуговування та ремонту, відповідно, належна увага вивченню механізмів роботів повинна приділятися в ході навчання не тільки майбутніх спеціалістів в галузі робототехніки, а і при підготовці майбутніх інженерів-механіків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні в підручниках та навчальних посібниках з теорії механізмів і машин приділяється незначна увага вивченню роботів та маніпуляторів. Це пояснюється, в першу чергу, складністю навчального матеріалу самої дисципліни та кількістю відведених годин. Як правило, навчальна дисципліна «Теорія механізмів і машин» вивчається протягом одного семестру, причому останніми роками кількість годин, зокрема аудиторних, в силу тих чи інших причин, зменшується. Зокрема, в роботі Я.Т.Кіницького [1, с.632-649] маніпулятори та роботи розглядаються в розділі «Основи теорії машин», де основна частина матеріалу присвячена розгляду структур машин та систем керування ними. Даються основні визначення ланок маніпулятора, робочого об'єму, зони обслуговування, кута та коефіцієнта сервісу. Далі пропонується класифікація промислових роботів в залежності від спеціалізації, розглядаються приводи, які застосовуються в роботах, представлені рівняння кінестати-

ки.

Більше уваги роботам та маніпуляторам приділено в роботі Н.І. Левітського [3]. Спочатку розглядаються системи управління машин-автоматів, далі – логічні елементи систем управління машин-автоматів (елементи Булевої алгебри), після чого приступають до розгляду власне маніпуляторів та роботів [3, с.527-582].

В роботі О.С.Кореняки роботам присвячено кілька питань, основними з яких є: структура машин-автоматів, умови узгодженої роботи механізмів та моделювання динамічних процесів в механізмах [2, с.192-201]. Досить повно питання кінематики та динаміки розглянуто в роботах Є.І. Воробйова та ін. [7; 8]. Зокрема, запропоновано застосування векторного та матричного методу для розв'язання прямої та оберненої задач про положення та швидкості ланок промислових роботів [7, с.18-50, с.79-100]. В роботі [8, с.193-203] наводяться основні шляхи розв'язання задач синтезу захватних пристроїв роботів, а також питання зрівноваження та точності маніпуляторів [8, с.312-333, с.346-362]. Г.О.Тимофеев в роботі [6, с.321-342] дає тільки загальні відомості про маніпуляційні роботи (класифікація, кінематичні схеми, структура та технічні характеристики), а також наводить розв'язання задачі про положення маніпуляторів.

Роботи [4; 5] під редакцією Ш. Нофа присвячені багатьом питанням проектування та експлуатації роботів та маніпуляторів. Детально розглядаються питання кінематики та динаміки [4, с.81-93], проектування роботизованих виробничих систем, їх надійності та безпеки [4, с.403-450], особливості використання роботів в різних галузях промислового виробництва (автомобілебудування, авіакосмічна

промисловість, ливарне та ковальське виробництво, зварювальні роботи, складальні операції, роботизований контроль) [5, с.161-193, с.217-241, с.278-326]. Але роботи [4; 5] є не підручниками з теорії механізмів і машин, а спеціальними виданнями, призначеними для використання інженерами та працівниками конструкторських бюро.

Метою статті є обґрунтування необхідності та шляхів формування компетентностей студентів-механіків в галузі проектування, експлуатації та модернізації роботів та маніпуляторів.

Завдання дослідження є визначити значення та зміст матеріалу, який пропонується розглядати в ході вивчення навчальної дисципліни «Теорія механізмів і машин» з метою формування необхідних компетентностей студентів-механіків для подальшої успішної роботи в галузі робототехніки.

Методи дослідження: – теоретичний: аналіз навчальної, методичної та наукової літератури з теорії механізмів і машин з метою комплексного аналізу проблеми вивчення студентами-механіками роботів та маніпуляторів; – експериментальний: аналіз компетентностей студентів-механіків неробототехнічних спеціальностей в галузі робототехніки в умовах традиційної організації загальноінженерної підготовки.

Виклад основного матеріалу. В зв'язку з, як було зазначено вище, стрімким розширенням сфер застосування роботів та маніпуляторів стрімко збільшується потреба в спеціалістах, які б могли здійснювати їх проектування, модернізацію та обслуговування. Очевидно, в процесі загальноінженерної підготовки студенти технічних спеціальностей, не пов'язаних безпосередньо з робототехнікою, повинні отримувати необхідні знання, які б дозволили їм в майбутньому виконувати роботи зі створення нових та обслуговування наявних робототехнічних систем.

Спеціальності, студенти яких потребують детального ознайомлення з роботами та маніпуляторами, це, в першу чергу, «Прикладна механіка» та «Галузеве машинобудування». Студенти, що навчаються за даними спеціальностями, повинні вміти здійснювати проектування технологічних та транспортних ма-

шин, проводити їх кінематичний та силовий аналіз, розглядати питання точності механізмів, їх зрівноваження, моделювати коливальні процеси тощо. Дані спеціальності не є суто робототехнічними, а, значить, має місце обмежена кількість годин для ознайомлення з роботами та маніпуляторами. Тому має велике значення обґрунтований вибір тем як для аудиторних годин, так і для самостійного вивчення.

На рис. 1 представлено структуру навчального матеріалу при вивченні студентами роботів та маніпуляторів, виходячи з наступного розрахунку: лекційні години на весь курс виділяються в кількості 48, з них 32 – на вивчення як загальних питань із синтезу та аналізу плоских механізмів, так і окремих типів механізмів – важільних, кулачкових, зубчастих тощо. Тоді 16 аудиторних годин будуть призначені для вивчення роботів та маніпуляторів. Як видно, весь матеріал, присвячений роботам і маніпуляторам, можна розділити на три характерних блоки. Перший блок, найбільший за об'ємом, присвячений дослідженню та проектуванню роботів, сюди входить синтез роботів, дослідження їх кінематичних характеристик, силовий аналіз, а також розрахунок роботів та їх конструювання, тобто виготовлення робочих та складальних креслень. Другий блок – це інформація, пов'язана з особливостями використання роботів та маніпуляторів в різних галузях сучасного виробництва та, відповідно, з вимогами, які висуваються до тих чи інших роботизованих систем на стадії проектування. Третій блок – це питання обслуговування та ремонту роботів та маніпуляторів, дана інформація використовується для їх вдосконалення та створення нових систем. Особливістю роботів є широкий спектр їх застосування (рис. 1), це означає, що роботи не тільки виконують різноманітні за своїм змістом операції, а і відбувається це в різних умовах (температурних, силових, часових тощо). Тому важливо дати студентам загальні принципи як синтезу, так і аналізу роботів спочатку безвідносно до області їх подальшого застосування з подальшим розглядом можливих виконуваних робіт.

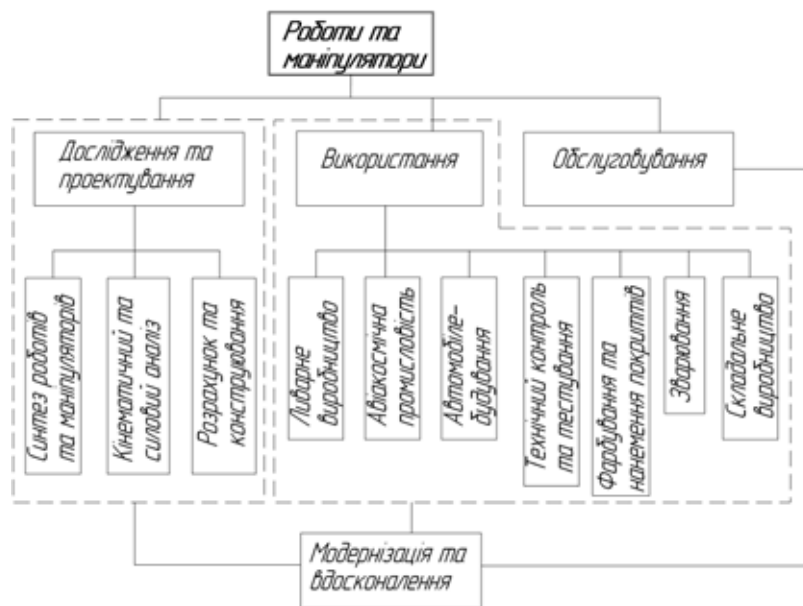


Рис. 1. Структура навчального матеріалу для вивчення роботів та маніпуляторів

В таблиці 1 представлено приблизний розподіл лекційних годин та годин для самостійної роботи при вивченні студентами-механіками тем розділу

«Роботи та маніпулятори». Можна констатувати, що кількість годин є недостатньою як для такого важливого на сьогодні, великого за обсягом та складного

за змістом навчального матеріалу. Але, ми вважаємо, є можливим дати основні відомості, які дозволять студентам-механікам неробототехнічних спеціальностей після закінчення навчання в університеті ефективно працювати в галузі проектування та експлуатації робототехнічних систем.

Досить складними є розділи, які стосуються кінематики та динаміки роботів, оскільки мова йде про

просторові системи з великою кількістю ступенів вільності. Збільшена кількість годин для самостійного вивчення відведена при вивченні застосування роботів в різноманітних галузях виробництва. Даний матеріал має ознайомчий характер, але він необхідний для розуміння різноманітних задач, які виконуються роботами, звідси різні вимоги при їх проектуванні.

Таблиця 1.

Розподіл навчальних годин для вивчення роботів та маніпуляторів

Тема	Години	
	Аудиторні	Самостійна робота
1. Історія розвитку робототехніки	1	1
2. Синтез роботів	2	3
3. Кінематика та динаміка роботів	3	5
4. Проектування роботів	2	4
5. Зрівноважування та точність роботів	1	3
6. Конструювання механічних систем роботів	2	4
7. Динамічні моделі конструкцій роботів	2	3
8. Надійність та безпека роботів	1	2
9. Управління роботом	1	2
10. Застосування промислових роботів	1	5
Разом	16	32

Викладений матеріал дозволяє зробити наступні висновки. На сучасному етапі розвиток робототехніки є одним з найважливіших, оскільки роботи та маніпулятори дозволяють замінити людину на ділянках, де праця є важкою або шкідливою для здоров'я. Враховуючи швидкість розповсюдження роботів, які можуть виконувати найрізноманітніші операції, постає задача формування відповідних компетентностей майбутніх інженерів-механіків з тим, щоб вони

могли участь у проектуванні нових та дослідженні наявних роботів з метою підвищення продуктивності, надійності, точності виконуваних операцій, розширення функціональних можливостей. Необхідні знання необхідно надавати в рамках навчальної дисципліни «Теорія механізмів і машин», виділивши необхідну кількість навчальних годин для розгляду, в першу чергу, задач аналізу та синтезу механізмів роботів і маніпуляторів.

References

1. Kinytskyi, Ya.T. (2002). *Teoriia mekhanizmiv i mashyn [Theory of mechanisms and machines]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian]
2. Koreniako, A.S. (1987). *Teoriya mekhanizmov y mashyn [Theory of mechanisms and machines]*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Russian].
3. Levitskiy, N.A. (1990). *Teoriya mekhanizmov y mashyn [Theory of mechanisms and machines]*. Moscow: Nauka [in Russian].
4. Nof, Sh. (Ed.). (1989). *Spravochnik po promyshlennoi robototekhnyke. Kn.1. [Handbook of Industrial Robotics. Book 1.]*. Moscow: Mashynostroeniye [in Russian].
5. Nof, Sh. (Ed.). (1989). *Spravochnik po promyshlennoi robototekhnyke. Kn.2. [Handbook of Industrial Robotics. Book 2.]*. Moscow: Mashynostroeniye [in Russian].
6. Tymofeev, H.A. (2010). *Teoriya mekhanizmov y mashyn [Theory of mechanisms and machines]*. Moscow: YD Yurait [in Russian].
7. Vorobev, E.Y., Popov S.A., & Sheveleva H.Y. (1988). *Mekhanika promyshlennykh robotov. Kn. 1: Kynematyka y dynamyka [Mechanics of industrial robots. Book 1. Kinematics and dynamics]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
8. Vorobev, E.Y., Popov S.A., & Sheveleva H.Y. (1988). *Mekhanika promyshlennykh robotov. Kn. 2: Raschet y proektyrovaniye mekhanizmov [Mechanics of industrial robots. Book 2. Calculation and design of mechanisms]*. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].

Список використаної літератури

1. Киницкий Я. Т. Теория механизмов и машин. – К.: Наукова думка. – 2002. – 661 с.
2. Кореняко А. С. Теория механизмов и машин. К.: Вища шк., 1987.– 206 с.
3. Левитский Н.А. Теория механизмов и машин: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Наука, 1990. – 592 с.
4. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн.1 / Под ред. Ш. Нофа. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
5. Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн.2 / Под ред. Ш. Нофа. – М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
6. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин: курс лекций. – М.: ИД Юрайт, 2010. – 351 с.
7. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3кн. / Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 1: Кинематика и динамика. – М.: Высшая школа, 1988. – 304 с.
8. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов: Учеб. Пособие для вузов: В 3кн. / Под ред. К.В.Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 2: Расчет и проектирование механизмов. – М.: Высшая школа, 1988. – 367 с.

Стаття надійшла до редакції 13.04.2018 р.
Стаття прийнята до друку 17.04.2018 р.

Шостачук Андрей

кандидат технических наук, доцент
кафедра прикладной механики и компьютерно-интегрированных технологий
Житомирский государственный технологический университет
г.Житомир, Украина

Головня Вячеслав

кандидат педагогических наук, доцент
кафедра прикладной механики и компьютерно-интегрированных технологий
Житомирский государственный технологический университет
г.Житомир, Украина

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ-МЕХАНИКОВ В ОТРАСЛИ
РОБОТОТЕХНИКИ**

Аннотация. Актуальность проблемы состоит в несоответствии широкого внедрения робототехники в промышленном производстве, транспорте, научных исследованиях и подготовки инженеров-механиков, которые бы могли разрабатывать новые и совершенствовать существующие робототехнические системы. Цель исследования: обоснование необходимости и путей формирования компетентностей студентов-механиков в отрасли проектирования, эксплуатации и модернизации роботов и манипуляторов. Методы исследования: теоретический (анализ учебной и научной литературы по теории механизмов и машин); экспериментальный (анализ компетентностей студентов-механиков в отрасли робототехники). Результаты исследования. Рассмотрена изучение раздела «Роботы и манипуляторы» в учебной дисциплине «Теория механизмов и машин» студентами специальностей «Прикладная механика» и «Отраслевое машиностроение». Указана область применения роботов и манипуляторов, перспективы расширения их внедрения на современных производствах. Предложено содержание основных тем данного раздела и количество часов на каждую тему для аудиторного и самостоятельного изучения. В частности, выделены три основных части: исследование и проектирование роботов (синтез, кинематический и силовой анализ, точность механизмов), применение роботов (литейное и сборочное производство, сварка покраска) и практические вопросы по их эксплуатации и обслуживанию (надежность, безопасность). Информация об эксплуатации и обслуживании роботов представляет собой обратную связь, необходимую для дальнейшей их модернизации.

Ключевые слова: компетентность, механизм, робот, манипулятор, кинематический анализ, проектирование, управление.

Shostachuk Andrii

Candidate of Technical Sciences, Ph.D., Associate Professor
Department of Applied Mechanics and Computer-Integrated Technologies
Zhytomyr State Technological University
Zhytomyr, Ukraine

Holovnia Viacheslav

Candidate of Pedagogical Sciences, Ph.D., Associate Professor
Department of the Applied Mechanics and Computer-Integrated Technologies
Zhytomyr State Technological University
Zhytomyr, Ukraine

COMPETENCIES FORMATION OF STUDENTS OF MECHANICS IN THE FIELD OF ROBOTICS

Abstract. One of the main trends of modern industrial production is the increasingly widespread introduction of robots and manipulators into various technological processes for the purpose of partial or complete replacement of human labor. First and foremost, this relates to the harmful human activities where there is air pollution, high temperature, radiation, heavy physical labor, actions requiring, for example, high precision, or if there are multiple monotonous operations. Typically, the disciplines dedicated to robots and manipulators are essential for the students – future specialists in automation of production. But, taking into consideration the high rates of usage of robots in many industries, the rapid growth of their nomenclature and capabilities, as well as the fact that a robot is, first of all, a mechanical system designed to perform mechanical movements, their study should also take place for the students of non-robot technology specialties (Applied Mechanics, Industry Mechanical Engineering, etc.). Obviously, the study of robots and manipulators is closely linked with the discipline "Theory of Mechanisms and Machines", since it is necessary to consider, in the first place, the same issues of synthesis and analysis (structural, kinematic, force), accuracy and equilibrium of the mechanisms. Due to the limited number of classroom hours, the question arises as to the choice and justification of both the topics and the time to study each topic. The purpose of the research is to substantiate the necessity and ways of forming the competencies of students of mechanics in the design, operation and upgrading of robots and manipulators. The methods of the research: theoretical (analysis of educational and scientific literature on the theory of mechanisms and machines) and experimental (analysis of competencies of students of mechanics in the field of robotics). In this work it is proposed to include the following topics: robot synthesis, their kinematic and dynamic analysis, peculiarities of robot design, as well as issues related to the direct operation of robots: their accuracy, reliability, safety, balancing and the peculiarities of the use of robots in various fields. We suppose, first of all, it is necessary to pay attention to the issues of kinematic and power analysis, since, regardless of what functions this or that robot performs, there are always requirements as for the trajectories of the movements of the links, the speeds and accelerations of the individual points of the units, the forces acting on links in the places of their connections (in kinematic pairs). Despite the fact that in the course of "Theory of Mechanisms and Machines" the study of the issues of kinematic and power analysis is obligatory, robots and manipulators have features related, primarily, to the fact that the number of degrees of their freedom, as a rule, always more than one unit, unlike most plane mechanisms.

Key words: competency, mechanism, robot, manipulator, kinematic analysis, design, management.