

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАГІСТРІВ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ «УПРАВЛІННЯ СУДНОВИМИ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ І КОМПЛЕКСАМИ» У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF MASTER'S STUDENTS IN THE SPECIALIZATION «MANAGEMENT OF MARINE TECHNICAL SYSTEMS AND COMPLEXES» THROUGH THE STUDY OF MATHEMATICAL MODELLING OF ENERGY PROCESSES

У статті обґрунтовано значення математичного моделювання енергетичних процесів як ключового засобу формування професійної компетентності магістрів спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізації J5.02 «Управління судновими технічними системами і комплексами». Показано, що сучасна діяльність суднового механіка відбувається в умовах цифровізації, автоматизації та підвищених вимог до ефективності й безпеки суднових енергетичних установок, що потребує здатності працювати з математичними моделями та інтерпретувати технічні параметри.

Проаналізовано європейські підходи до морської інженерної освіти, у яких математична компетентність визначається як складова професійної. Розкрито зміст професійної компетентності судномеханіка, її когнітивний, операційно-технологічний, аналітичний, прогностичний і рефлексивно-мотиваційний компоненти та показано їх зв'язок із умінням застосовувати математичний апарат у технічних ситуаціях. Визначено структуру математичної компетентності магістра та її відповідність основним видам професійної діяльності.

На основі співставлення професійних і математичних компетентностей побудовано концептуальну модель їх взаємозв'язку, яка демонструє роль математичного моделювання як методологічного ядра підготовки магістрів. Окреслено педагогічні умови ефективного використання моделювання: інтеграція зі спеціальними дисциплінами, застосування реальних технічних даних і ситуацій, використання цифрових інженерних засобів, розвиток аналітичних і прогностичних умінь та формування дослідницьких навичок. Показано, що виконання цих умов долає розрив між теоретичною математичною підготовкою та практичними потребами морської інженерії та сприяє становленню інженерного мислення. Результати становлять основу для вдосконалення змісту математичної і професійної підготовки та визначають напрями подальших досліджень.

Ключові слова: математичне моделювання, енергетичні процеси, професійна компетентність, математична компетентність, магістри, судновий механік, морська інженерна освіта, цифрові технології, технічні системи судна, аналітична

діяльність, прогностична діяльність, педагогічні умови.

The article substantiates the significance of mathematical modelling of energy processes as a key means of forming the professional competence of Master's students in the specialty J5 "Maritime and Inland Water Transport", specialization J5.02 "Management of Marine Technical Systems and Complexes". It is shown that the modern professional activity of a marine engineer takes place under conditions of digitalization, automation, and increased requirements for the efficiency and safety of ship power plants, which necessitates the ability to work with mathematical models and interpret technical parameters.

European approaches to maritime engineering education are analyzed, in which mathematical competence is defined as an integral component of professional competence. The content of the professional competence of a marine engineer is described, including its cognitive, operational-technological, analytical, predictive, and reflexive-motivational components, and their connection with the ability to apply mathematical tools in technical situations is demonstrated. The structure of mathematical competence at the Master's level and its correspondence to the main types of professional activity are defined.

Based on the comparison of professional and mathematical competences, a conceptual model of their interrelation is constructed, demonstrating the role of mathematical modelling as the methodological core of Master's training. The pedagogical conditions for the effective use of modelling are outlined: integration with specialized disciplines, application of real technical data and situations, use of digital engineering tools, development of analytical and predictive abilities, and formation of research skills. It is shown that the implementation of these conditions overcomes the gap between theoretical mathematical training and the practical needs of marine engineering, promoting the development of engineering thinking. The results provide a foundation for improving the content of mathematical and professional training and outline directions for further research.

Key words: mathematical modelling, energy processes, professional competence, mathematical competence, Master's students, marine engineer, maritime engineering education, digital technologies, ship technical systems, analytical activity, predictive activity, pedagogical conditions.

УДК 37. 211.24

DOI <https://doi.org/10.32782/ip/89.10>

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

Спичак Т.С.,

orcid.org/0000-0002-0054-8768

канд. пед. наук,

доцент кафедри загальнофахової підготовки та морської безпеки Херсонської державної морської академії

Токовило Т.С.,

orcid.org/0000-0002-4907-3839

ст. викладач кафедри загальнофахової підготовки та морської безпеки Херсонської державної морської академії

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Підготовка магістрів спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізації J5.02 «Управління судновими технічними системами

і комплексами» спрямована на формування здатності працювати з високотехнологічними, автоматизованими та взаємопов'язаними технічними системами сучасних суден. В умовах цифровізації

морської галузі, підвищених вимог до енергетичної ефективності, надійності та безпеки суднових комплексів особливої ваги набувають математичні та аналітичні компетентності інженера. Саме вони забезпечують можливість осмислювати закономірності функціонування технічних процесів, оцінювати вплив зміни параметрів, прогнозувати поведінку систем та приймати обґрунтовані рішення.

Міжнародний досвід провідних європейських морських освітніх систем засвідчує, що математична компетентність є невід'ємною складовою професійної підготовки фахівця судномеханічного напрямку та інтегрується у зміст профільних дисциплін. В європейській інженерній традиції наголошується на необхідності здатності працювати з математичними моделями технічних об'єктів, адже, за висловом фон Ферстера (австрійського математика), «Зрозуміти систему – означає мати її модель», що особливо актуально для суднового механіка, який працює з енергетичними процесами судна.

У цьому контексті освітній компонент «Математичне моделювання енергетичних процесів» відіграє важливу роль у формуванні професійної компетентності магістрів. Він не лише забезпечує застосування математичного апарату для опису, аналізу та прогнозування технічних процесів, але й створює методологічні умови переходу від фундаментальних математичних знань до професійно значущих умінь. Визначення педагогічних умов ефективного використання математичного моделювання у підготовці магістрів є ключовим завданням сучасної морської інженерної освіти, спрямованої на підвищення аналітичних і прогностичних можливостей здобувачів.

Актуальність дослідження зумовлена потребою сучасної морської галузі у кваліфікованих суднових механіках, здатних ефективно працювати з енергетичними та технічними системами судна, що постійно ускладнюються під впливом цифровізації, автоматизації та інтеграції інтелектуальних засобів контролю. У сучасних умовах експлуатації суден судновий механік має не лише володіти технічною компетентністю, але й демонструвати високий рівень аналітичних умінь, математичної грамотності та здатності працювати з кількісними даними, що лежать в основі діагностики та управління технічними процесами.

В українській системі підготовки магістрів зазначеної спеціальності спостерігається розрив між фундаментальними математичними знаннями, отриманими на молодших курсах, і їх реальним застосуванням у професійних завданнях, пов'язаних із роботою суднового механіка. В умовах інтенсивного розвитку систем технічного моніторингу, використання датчиків, автоматизованих засобів контролю та цифрових інтерфейсів, судновий механік має вміти аналізувати динаміку процесів, інтерпретувати параметри роботи агрегатів

і приймати рішення на основі математично обґрунтованої оцінки ситуації.

Освітній компонент «Математичне моделювання енергетичних процесів» відіграє ключову роль у подоланні цього розриву, оскільки забезпечує перехід від абстрактних математичних знань до їх цілеспрямованого застосування у професійній діяльності суднового механіка. Моделювання дозволяє відтворювати типові енергетичні та динамічні процеси суднових систем, аналізувати їх поведінку, будувати прогнози та робити технічно обґрунтовані висновки.

У цьому контексті визначення педагогічних умов ефективного використання математичного моделювання енергетичних процесів є актуальним і необхідним. Це дозволяє підвищити якість підготовки магістрів, забезпечити відповідність сучасним європейським освітнім підходам та сформулювати професійну компетентність суднових механіків, здатних діяти в умовах складних, взаємопов'язаних і динамічних суднових технічних систем.

Мета статті – є наукове обґрунтування та визначення педагогічних умов ефективного використання математичного моделювання енергетичних процесів у формуванні професійної компетентності магістрів спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізації J5.02 «Управління судновими технічними системами і комплексами» відповідно до сучасних європейських вимог підготовки суднових механіків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні основи дослідження ґрунтуються на сучасних наукових підходах до організації професійної підготовки фахівців морської галузі та розгляді математичного моделювання як інтегративного методу формування професійних компетентностей. Підготовка магістрів спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт» і спеціалізації J5.02 «Управління судновими технічними системами і комплексами» спрямована на формування професійної компетентності суднового механіка, що включає комплекс знань, умінь, навичок, способів мислення та якостей, необхідних для аналізу, діагностики та управління енергетичними процесами на судні.

У педагогічній науці поняття «педагогічні умови» має широке трактування, що відображає різні методологічні підходи. Так, у працях Є. Хрикова педагогічні умовами визначаються як система об'єктивних і суб'єктивних передумов, створених у процесі організації навчання, які забезпечують реальну можливість досягнення освітніх результатів [8]. В. Бондар акцентує на їх дидактичній природі, розглядаючи педагогічні умови як спеціально організовані способи побудови змісту, методів і форм навчання, що підвищують ефективність засвоєння матеріалу. О. Євдоchenko трактує педагогічні умови як організаційно-методичні

та технологічні чинники, які створюють оптимальне середовище для формування професійної компетентності здобувачів [2]. Своєю чергою, Н. Ничкало та С. Сисоева підкреслюють їх діяльнісно-мотиваційний характер, пов'язуючи педагогічні умови з активізацією пізнавальної діяльності й розвитком суб'єктності студентів.

Незважаючи на різноманітність підходів, дослідники єдині у тому, що педагогічні умови у вищій школі повинні забезпечувати внутрішню логіку освітнього процесу, сприяти формуванню професійних компетентностей та відповідати вимогам Європейського освітнього простору, зокрема принципам автономії здобувача, студентоцентрованості, орієнтації на результати навчання та забезпечення якості.

На нашу думку, у контексті підготовки магістрів-суднових механіків педагогічні умови слід розглядати як сукупність цілеспрямовано створених дидактичних, організаційно-методичних, технологічних і діяльнісних чинників, які забезпечують ефективне використання математичного моделювання енергетичних процесів та сприяють формуванню професійної компетентності здобувачів відповідно до сучасних європейських вимог морської освіти. Саме така інтерпретація дозволяє поєднати теоретичні основи педагогічного аналізу з практичними потребами професійної підготовки суднових механіків у вищій морській школі.

Професійна компетентність суднового механіка розглядається як інтегральна характеристика здобувача, що відображає здатність виконувати професійні функції в умовах реальної виробничо-технічної діяльності. У її структурі виокремлюють когнітивний компонент (знання про будову, режими роботи та закономірності функціонування суднових технічних систем), операційно-технологічний (уміння здійснювати експлуатацію, діагностику та контроль), аналітичний (здатність аналізувати технічні параметри та динаміку процесів), прогностичний (здатність передбачати можливі зміни режимів і їх наслідки), а також рефлексивно-мотиваційний компонент. Фундаментом цих компонентів є здатність здобувача оперувати кількісними характеристиками процесів і приймати рішення на основі формалізованих моделей, що надає математичній компетентності особливого значення.

Математична компетентність у підготовці суднового механіка розглядається як складна інтегрована здатність застосовувати математичний апарат, методи та інструменти для дослідження технічних систем, аналізу енергетичних процесів та ухвалення інженерно обґрунтованих рішень. Вона включає володіння математичними методами аналізу, диференціальними моделями динамічних процесів, основами статистики й технічної інтерпретації даних, а також здатність працювати з цифровими програмними засобами

моделювання. Європейські підходи до інженерної освіти підкреслюють, що математична компетентність є ядром аналітичної та прогностичної діяльності суднового механіка, адже сучасні системи діагностики, контролю та управління процесами працюють на основі числових даних та алгоритмів.

Центральне місце у формуванні математичної компетентності магістрів посідає математичне моделювання енергетичних процесів, яке забезпечує перехід від теоретичних математичних знань до їх практичного застосування у професійних ситуаціях. Моделювання створює можливість відтворювати реальні режими роботи суднових технічних систем, аналізувати причинно-наслідкові зв'язки між параметрами процесів, прогнозувати наслідки технічних змін та ухвалювати рішення на основі об'єктивних розрахунків. Таким чином, математичне моделювання виступає водночас і способом пізнання енергетичних процесів, і педагогічним засобом формування професійної компетентності.

Узагальнення теоретичних засад дає підстави стверджувати, що ефективне використання математичного моделювання в підготовці магістрів можливе лише за створення відповідних педагогічних умов, які інтегрують зміст моделювання з професійно орієнтованими дисциплінами, забезпечують застосування реальних технічних даних, підтримують аналітичну діяльність здобувачів, стимулюють розвиток прогностичного мислення та відповідають європейським тенденціям організації освітнього процесу. За таких умов математична та професійна компетентності взаємно посилюють одна одну, забезпечуючи випускників здатність діяти в складних і динамічних умовах сучасної морської галузі.

На основі аналізу професійної діяльності суднового механіка та змісту його фахових функцій простежується чітка залежність між професійними компетентностями й відповідними математичними компетентностями, які забезпечують можливість аналізу, діагностики та моделювання технічних процесів. З метою обґрунтування такої залежності було здійснено співставлення основних професійних компетентностей суднового механіка зі змістом математичної підготовки магістрів, необхідної для їх реалізації (рис. 1).

На основі аналізу змісту професійної діяльності суднового механіка можна стверджувати, що кожна його ключова фахова функція передбачає застосування математичного апарату та базується на здатності інтерпретувати кількісні параметри технічних процесів. Це свідчить про прямий зв'язок між математичною компетентністю магістра та рівнем сформованості його професійної компетентності.

Для обґрунтування цього зв'язку у дослідженні здійснено зіставлення основних професійних (фахових) компетентностей суднового механіка зі структурою математичних компетентностей, необхідних для їх реалізації. Отримані результати



Рис. 1. Модель взаємозв'язку математичної та професійної компетентностей магістра

подано в таблиці 1, яка демонструє, що математичні знання та вміння не лише супроводжують професійну діяльність механіка, а є її методологічною основою.

Таблиця 1 узагальнює відповідність між конкретними видами професійної діяльності суднового

механіка – теплотехнічними, гідравлічними, надійнісними, динамічними, оптимізаційними та керувальними процесами – і тими математичними компетентностями, які забезпечують можливість аналізу, моделювання та прийняття рішень у цих видах діяльності.

Таблиця 1

Відповідність між конкретними видами професійної діяльності суднового механіка

Професійні (фахові) компетентності суднового механіка	Математичні компетентності, що їх забезпечують
1. Аналіз і оптимізація теплових процесів у суднових енергетичних установках – розрахунок ККД, теплових балансів, теплових втрат, вибір режимів роботи котлів	– володіння поняттями похідної, інтегралу – вміння складати та розв'язувати диференціальні рівняння – моделювання теплових процесів
2. Розрахунок і моделювання гідравлічних процесів – вибір насосів, аналіз втрат тиску, оптимізація роботи трубопроводів	– застосування рівнянь Бернуллі, Нав'є-Стокса – володіння похідними, інтегралами – висельні методи розв'язання рівнянь
3. Оцінка та забезпечення надійності й безпеки роботи механічних систем – аналіз аварійних режимів, прогнозування відмов, розрахунок ймовірностей	– теорія ймовірностей і математична статистика – побудова стохастичних моделей – статистична обробка експериментальних даних
4. Моделювання динаміки та вібраційних процесів – аналіз коливань, стійкості, демпфування, розрахунок власних частот	– диференціальні рівняння другого порядку – гармонічний аналіз, робота з комплексними числами – Лінійна алгебра, власні значення
5. Оптимізація експлуатації суднових енергетичних установок – мінімізація витрат палива, вибір оптимальних режимів роботи	– методи оптимізації (лінійне, нелінійне програмування) – формулювання цільових функцій і обмежень – чисельні методи оптимізації
6. Автоматизація та керування енергетичними процесами – налаштування систем автоматичного регулювання, аналіз стійкості систем	– теорія автоматичного керування – робота з передавальними функціями, диференціальними рівняннями – моделювання в MATLAB/Maple
7. Виконання інженерних розрахунків і використання ПЗ – аналіз технічної документації, грамотне застосування Maple, MATLAB, Excel	– володіння математичними пакетами – інтерпретація результатів розрахунків – побудова графіків, аналіз даних, візуалізація процесів

Таке співставлення дає можливість чітко окреслити роль математичного моделювання як інтегративного засобу професійної підготовки магістрів: модель виступає інструментом переходу від математичних понять до розв'язання реальних технічних завдань. Крім того, таблиця структурно підкреслює, що математична компетентність є системоутворювальною складовою професійної компетентності суднового механіка, що безпосередньо впливає на його здатність діяти в умовах складних та динамічних суднових енергетичних процесів.

Представлене у таблиці співвідношення професійних і математичних компетентностей дозволяє визначити, що математична компетентність магістра є не додатковим елементом фахової підготовки, а її функціональною основою. Саме математичні знання, уміння й операційні способи діяльності забезпечують можливість аналізувати технічні процеси, здійснювати розрахунки, будувати прогнози й ухвалювати технічно обґрунтовані рішення. Це обумовлює необхідність не лише змістової інтеграції математичних та професійно орієнтованих дисциплін, але й створення таких педагогічних умов, за яких математична компетентність стане дієвим інструментом формування професійної компетентності суднового механіка.

У цьому контексті педагогічні умови виступають ключовим методологічним механізмом, що визначає ефективність застосування математичного моделювання енергетичних процесів у процесі професійної підготовки. Розкриття змісту таких умов є необхідною передумовою для узгодження освітнього процесу з вимогами європейського освітнього простору та з реальними завданнями діяльності суднових механіків.

Узагальнення наукових підходів і результатів аналізу професійної діяльності дає змогу окреслити систему педагогічних умов, які забезпечують ефективне формування професійної компетентності магістрів засобами математичного моделювання.

Педагогічна умова 1. Змістова інтеграція математичного моделювання енергетичних процесів із фаховими дисциплінами спеціальності J5.02

Ефективність формування професійної компетентності магістрів залежить від того, наскільки зміст освітнього компонента «Математичне моделювання енергетичних процесів» інтегрується зі змістом профільних дисциплін освітньої програми ХДМА. Така інтеграція має забезпечувати не формальне суміщення тем, а узгодженість математичних моделей із реальними фізичними процесами, які вивчаються у фаховій підготовці майбутнього суднового механіка.

У межах цієї педагогічної умови доцільно забезпечити змістовий зв'язок математичного моделювання з такими дисциплінами освітньої програми, як:

- «Теплотехніка та теплові процеси суднових енергетичних установок» – моделювання теплопередачі, теплових балансів, процесів горіння та теплових втрат на основі диференціальних рівнянь теплопровідності та енергетичних рівнянь;

- «Гідравліка та гідромеханіка суднових технічних систем» – побудова моделей течії рідин у трубопроводах, аналіз втрат тиску, робочих характеристик насосів, використання рівнянь Бернуллі та Нав'є – Стокса;

- «Динаміка і вібрація суднових механізмів» – моделювання вібраційних процесів, стійкості та демпфування, розв'язання систем рівнянь другого порядку та задач на власні значення;

- «Надійність та безпека суднових технічних систем» – використання стохастичних моделей, функцій надійності, потоків відмов та методів статистичного аналізу;

- «Системи автоматичного керування судновими технічними комплексами» – аналіз передавальних функцій, побудова математичних моделей контурів регулювання, оцінювання стійкості систем керування;

- «Експлуатація суднових енергетичних установок» – використання математичних моделей для оцінювання режимів роботи, оптимізації витрат палива, аналізу параметрів експлуатації.

Змістова інтеграція передбачає, що математичні моделі, які опановують здобувачі, безпосередньо відповідають фізичним процесам, які вони вивчають у професійних дисциплінах. Такий підхід забезпечує функціональний зв'язок між математичним апаратом і практичними задачами експлуатації суднових технічних систем.

У результаті математична компетентність набуває статусу операційної основи професійної компетентності суднового механіка, а математичне моделювання стає методологічним засобом аналізу, прогнозування та оптимізації енергетичних процесів, що повністю узгоджується з вимогами освітньої програми ХДМА та європейськими стандартами підготовки морських спеціалістів.

Педагогічна умова 2. Використання реальних технічних даних та типових ситуацій професійної діяльності суднового механіка

Важливою педагогічною умовою ефективного застосування математичного моделювання енергетичних процесів у формуванні професійної компетентності магістрів спеціальності J5.02 є використання в навчальному процесі реальних технічних даних, що відображають роботу суднових енергетичних установок у штатних, перехідних та аварійних режимах. Здатність здобувачів застосовувати математичні моделі для аналізу конкретних технічних процесів виникає лише тоді, коли ці моделі засновані на реальних експлуатаційних параметрах судна – тиску, температурах, витратах, частотах обертання, характеристиках насосів,

індикаторних діаграмах, даних систем моніторингу. Такий підхід забезпечує перенесення математичних знань у професійний контекст і формує аналітико-прогностичне мислення майбутнього суднового механіка.

Практична реалізація цієї умови передбачає низку педагогічних заходів.

По-перше, до освітнього процесу має бути включена робота з технічною документацією реальних суднових механізмів, зокрема з паспортами тепло-технічного обладнання, характеристиками насосів і компресорів, схемами роботи систем головного двигуна, таблицями параметрів теплообмінних апаратів. Це забезпечує можливість побудови математичних моделей на основі справжніх технічних характеристик.

По-друге, важливим педагогічним інструментом виступає використання експлуатаційних даних, зокрема тих, що можуть бути отримані зі стендів і симуляторів ХДМА, а також із суднових журналів, систем технічного моніторингу (ERS, ECDIS, Engine Monitoring). На основі цих даних здобувачі здійснюють статистичний аналіз, будують диференціальні моделі зміни параметрів, виконують порівняння розрахункових і фактичних значень.

По-третє, педагогічно цінним є моделювання аварійних та передаварійних режимів роботи, таких як падіння тиску мастила, перегрів систем охолодження, нерівномірність роботи циліндрів, кавітаційні режими насосів. Використання реальних параметрів дозволяє відпрацьовувати навички розпізнавання відхилень, оцінювання ризиків, прогнозування можливих технічних наслідків.

По-четверте, суттєвий ефект дає інтеграція математичного моделювання з виконанням лабораторних робіт на тренажерах ХДМА, де здобувачі освіти власноруч знімають показники, а потім формують математичні моделі на основі отриманих даних. Це забезпечує прямий зв'язок між експериментом та моделюванням, що відповідає європейським принципам поєднання теоретичної та практичної підготовки (ESG, EHEA).

По-п'яте, ефективною формою роботи є застосування професійно орієнтованих навчальних кейсів, у яких магістри виконують міні-проєкти: розрахунок оптимізації витрат палива, аналіз втрат тиску в системі охолодження, прогноз відмов насосного обладнання за статистичними даними, дослідження вібраційного стану дизель-генератора тощо. У таких завданнях математичні методи постають не окремим змістом, а інструментом пошуку технічно обґрунтованого рішення.

Отже, використання реальних технічних даних і ситуацій професійної діяльності забезпечує практичну релевантність математичних моделей, сприяє розвитку операційного професійного мислення, формує здатність застосовувати математичний апарат у реальних виробничо-технічних

умовах та відповідає сучасним європейським вимогам до підготовки суднових механіків.

Педагогічна умова 3. Використання сучасних цифрових засобів моделювання та обчислень у професійно орієнтованому навчальному середовищі.

У межах освітнього процесу ця педагогічна умова реалізується через поєднання математичного моделювання з використанням інженерних цифрових пакетів – MATLAB/Simulink, Maple та Python. Їх застосування дозволяє здобувачам виконувати побудову моделей теплопередачі, гідравлічних втрат, динаміки механізмів, процесів регулювання та вібраційних режимів, проводити сценарний аналіз і дослідження стійкості систем. Аналітичні засоби Maple забезпечують символічні перетворення, перевірку коректності диференціальних моделей та формування строгих математичних описів процесів, тоді як Python відкриває можливість обробки великих масивів експлуатаційних даних, статистичного аналізу й оптимізаційних розрахунків.

Важливою складовою цієї педагогічної умови є інтеграція цифрових моделей із тренажерними комплексами ХДМА, зокрема Engine Room Simulator (ERS), стендами суднових енергетичних установок та модулями технічного моніторингу. Порівняння розрахункових моделей із даними тренажера забезпечує їхню верифікацію, підвищує достовірність результатів та створює умови для наближення навчального процесу до реальної професійної діяльності. Робота з цифровими симуляторами дозволяє здобувачам відпрацьовувати аналіз перехідних режимів, реагування на відхилення параметрів, оцінювання технічних ризиків, а також моделювання режимів, які є складними або небезпечними для проведення на реальному обладнанні.

Важливу роль у формуванні цифрової компетентності відіграє організація міні-проєктів, що базуються на аналізі реальних технічних процесів: моделювання роботи системи охолодження головного двигуна в MATLAB, оптимізація витрат палива на основі даних ERS у Python, аналіз вібраційних процесів дизель-генератора у середовищі Simulink, статистичне оцінювання надійності насосного обладнання тощо. Такі проєкти забезпечують синтез математичного, технічного та цифрового мислення, формують уміння інтерпретувати результати моделювання та ухвалювати технічно обґрунтовані рішення.

Застосування цифрових інженерних засобів відповідає сучасним європейським стандартам інженерної освіти (ESG, EHEA), які передбачають дослідницьку активність здобувачів, студентоцентрованість та інтеграцію цифрових технологій у навчальний процес. В умовах підготовки суднових механіків це сприяє розвитку аналітичної, проєктувальної та прогностичної

компетентностей, що забезпечують готовність випускників до роботи з сучасними судновими енергетичними системами.

Отже, системне використання цифрових інженерних інструментів у процесі математичного моделювання створює методологічну основу для глибокого опанування математичного апарату, забезпечує застосування здобутих знань у технічних контекстах та формує високий рівень професійної компетентності магістрів спеціальності J5.02.

Педагогічна умова 4. Формування здатності до аналізу та прогнозування технічних процесів у судових енергетичних системах

Професійна діяльність судового механіка значною мірою пов'язана з необхідністю своєчасного виявлення відхилень, оцінювання ризиків, прогнозування можливих відмов та оптимізації режимів функціонування судових енергетичних установок. Відтак навчальний процес має бути зорієнтований на розвиток аналітичного і прогностичного мислення, що формує основу професійної компетентності майбутнього офіцера-механіка.

Реалізація цієї педагогічної умови передбачає організацію навчання таким чином, щоб здобувачі виконували повний цикл аналітичної діяльності: побудову математичної моделі, аналіз параметрів, дослідження залежностей, оцінювання поведінки технічної системи під впливом різних факторів, прогнозування можливих змін та формування технічних рішень. Зокрема, важливо забезпечити систематичну роботу з параметричними та сценарними моделями, які дозволяють визначати вплив зміни вхідних параметрів на теплові, гідравлічні, динамічні та регуляторні процеси. Такий підхід сприяє усвідомленню причинно-наслідкових зв'язків, що лежать в основі технічного аналізу.

Особливу роль відіграють завдання прогностичного характеру, що ґрунтуються на математичних моделях надійності та статистичної обробки експлуатаційних даних. До них належать прогноз відмов насосного обладнання на основі стохастичних моделей, оцінювання залишкового ресурсу вузлів та агрегатів за вібраційними характеристиками, визначення ймовірності виходу обладнання з ладу під час роботи у перехідних чи нестійких режимах. Опрацювання таких завдань формує здатність діяти на випередження, що є ключовим елементом професійної компетентності судового механіка.

Важливою складовою є виконання діагностичних і оптимізаційних завдань, орієнтованих на пошук технічно доцільного рішення шляхом аналізу результатів моделювання. Здобувачі мають вміти оцінювати ефективність режимів роботи основних і допоміжних механізмів, визначати умови мінімізації енергетичних втрат, оптимізувати параметри гідравлічних і теплових систем. Такі

завдання забезпечують перехід від оперування математичними методами до їх свідомого застосування у професійних технічних контекстах.

Формування здатності до аналізу та прогнозування передбачає також розвиток навичок інтерпретації результатів моделювання – здатності визначати межі застосування моделі, оцінювати достовірність розрахунків, зіставляти модельні та експлуатаційні дані, формулювати технічно обґрунтовані висновки. Ці навички є фундаментом технічного критичного мислення, без якого неможливе прийняття відповідальних рішень у професійній діяльності судового механіка.

Отже, організація навчання, спрямована на формування здатності до аналізу і прогнозування технічних процесів, забезпечує перехід від абстрактного математичного апарату до реальної технічної дії, робить математичне моделювання інструментом професійного мислення майбутнього судового механіка та сприяє формуванню високого рівня його професійної компетентності відповідно до європейських вимог.

Педагогічна умова 5. Формування наукової компетентності здобувачів у процесі математичного моделювання енергетичних процесів

Для магістрів спеціальності J5.02 «Управління судовими технічними системами і комплексами» важливою педагогічною умовою є формування наукової компетентності, яка відображає здатність здобувача здійснювати елементи наукового пошуку, застосовувати дослідницькі методи аналізу технічних процесів, критично оцінювати результати моделювання та обґрунтовувати власні висновки на основі математичного апарату. Магістерський рівень передбачає не лише репродукцію знань, а й уміння створювати їх – через моделювання, експеримент, аналіз та інтерпретацію даних.

Формування наукової компетентності вимагає організації навчання таким чином, щоб математичне моделювання виступало не лише інструментом інженерного аналізу, а й методом наукового дослідження. Здобувач повинен оволодіти повним дослідницьким циклом: постановкою наукової проблеми, визначенням мети та завдань дослідження, вибором адекватного математичного апарату, побудовою моделі, проведенням обчислювального експерименту, верифікацією результатів, аналізом похибок та оформленням висновків згідно з академічними стандартами.

Практична реалізація цієї педагогічної умови охоплює кілька взаємопов'язаних напрямів. По-перше, у навчальний процес доцільно включати міні-наукові проекти, у межах яких здобувачі самостійно формують тему дослідження, обирають об'єкт моделювання (тепловий баланс двигуна, робота системи охолодження, вібраційний стан механізму, надійність насосної установки), здійснюють добір

методів і виконують математичний експеримент. Це формує дослідницьку автономію та відповідальність за результат.

По-друге, необхідно створити умови для системної роботи з науковими джерелами – статтями, стандартами, технічними звітами, міжнародними рекомендаціями EMSA. Здобувачі повинні вміти аналізувати, порівнювати та критично оцінювати наукові підходи до моделювання теплотехнічних, гідравлічних і динамічних процесів, адаптуючи їх до конкретних задач суднової енергетичної системи.

По-третє, важливо сформувати культуру обчислювального експерименту, що передбачає багаторазове тестування моделі, аналіз чутливості параметрів, пошук меж застосовності математичного опису, оцінювання похибок та зіставлення результатів із експлуатаційними даними. Такий підхід розвиває критичність, точність мислення та наукову доброчесність.

По-четверте, варто забезпечити організацію презентації та наукової комунікації результатів, що відповідає вимогам до магістерського рівня: підготовка наукових доповідей, створення аналітичних звітів, представлення результатів моделювання на студентських конференціях та семінарах. Це формує готовність майбутнього фахівця до професійної та академічної взаємодії.

Реалізація цієї педагогічної умови узгоджується зі стандартами Європейського простору вищої освіти (ЕНЕА), які передбачають розвиток дослідницьких компетентностей на другому (магістерському) рівні та орієнтацію освітнього процесу на формування здатності до самостійного наукового пошуку. В умовах морської освіти це є особливо важливим, оскільки діяльність суднового механіка передбачає постійне вирішення нетипових технічних завдань, прийняття рішень у ситуаціях невизначеності та роботу з великими масивами параметрів.

Отже, формування наукової компетентності у процесі математичного моделювання забезпечує перехід від навчального аналізу до дослідницької діяльності, сприяє становленню наукового стилю мислення магістра та є необхідною умовою підготовки висококваліфікованого фахівця, здатного до інновацій і розвитку галузі суднової енергетики.

Висновки. Проведене дослідження дозволило теоретично обґрунтувати роль математичного моделювання енергетичних процесів у формуванні професійної компетентності магістрів спеціальності J5 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізації J5.02 «Управління судновими технічними системами і комплексами». Показано, що в умовах цифровізації суднових енергетичних систем, ускладнення їх структури та широкого впровадження автоматизованих засобів контролю й керування професійна компетентність суднового механіка нерозривно пов'язана з рівнем сформованості його математичної компетентності. Саме

вона забезпечує здатність здійснювати аналіз технічних параметрів, будувати та досліджувати математичні моделі енергетичних процесів, прогнозувати поведінку технічних систем та ухвалювати інженерно обґрунтовані рішення.

Уточнено зміст базових понять дослідження: професійна компетентність суднового механіка розглядається як інтегральна характеристика, що включає когнітивний, операційно-технологічний, аналітичний, прогностичний і рефлексивно-мотиваційний компоненти, а математична компетентність – як здатність застосовувати математичний апарат, методи та цифрові засоби для дослідження й оптимізації технічних процесів у суднових енергетичних системах. Педагогічні умови інтерпретовано як сукупність цілеспрямовано створених дидактичних, організаційно-методичних, технологічних і діяльнісних чинників, що забезпечують ефективне використання математичного моделювання в професійній підготовці магістрів-суднових механіків відповідно до вимог Європейського освітнього простору.

Побудовано концептуальну модель взаємозв'язку математичної та професійної компетентностей магістра-суднового механіка та здійснено співставлення ключових професійних (фахових) компетентностей з відповідними математичними компетентностями. Узагальнення, подане у вигляді структурованої таблиці, дало змогу показати, що аналіз і оптимізація теплових, гідравлічних, динамічних, процесів безпосередньо ґрунтуються на володінні диференціальними рівняннями, теорією ймовірностей і математичною статистикою, методами оптимізації, теорією автоматичного керування та цифровими обчислювальними засобами. Це підтверджує системоутворювальну роль математичного моделювання енергетичних процесів у структурі професійної компетентності магістра.

У результаті теоретичного аналізу обґрунтовано й описано систему з п'яти взаємопов'язаних педагогічних умов ефективного використання математичного моделювання енергетичних процесів у підготовці магістрів спеціальності J5.02. До них віднесено: змістову інтеграцію освітнього компоненту «Математичне моделювання енергетичних процесів» з фаховими дисциплінами освітньої програми ХДМА; використання реальних технічних даних та типових ситуацій професійної діяльності суднового механіка; застосування сучасних цифрових засобів моделювання та обчислень у професійно орієнтованому навчальному середовищі; формування здатності здобувачів до аналізу й прогнозування технічних процесів у суднових енергетичних системах; формування наукової компетентності магістрів у процесі математичного моделювання. Сукупність цих умов забезпечує подолання розриву між фундаментальною математичною підготовкою та реальними

професійними завданнями, підвищує аналітичний, прогностичний та дослідницький потенціал здобувачів, узгоджує зміст і технології навчання з європейськими стандартами інженерної освіти.

Отримані результати створюють теоретичне підґрунтя для подальшої експериментальної перевірки ефективності запропонованих педагогічних умов у освітньому процесі ХДМА, розроблення діагностичного інструментарію для оцінювання рівня сформованості математичної та професійної компетентностей магістрів, а також проектування індивідуальних освітніх траєкторій підготовки майбутніх суднових механіків із урахуванням їх аналітичних та науково-дослідницьких здібностей.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Вітвицька С. С. Теоретичні і методичні засади педагогічної підготовки магістрів в умовах ступеневої освіти : монографія. Житомир : Полісся, 2015. 416 с.
2. Євдоченко О.С. Педагогічні умови формування професійної компетентності майбутніх хіміків у процесі фахової підготовки в закладах вищої освіти : дис. докт. пед. наук: 015. Житомир, 2023.
3. Нічуговська Л.І. Адаптивна концепція математичної освіти студентів ВНЗ і конкурентоспроможність випускників: методологія, теорія, практика: монографія. Полтава : РВВ ПУСКУ, 2008. 153 с.
4. Фомкіна О.Г. Методична система проведення практичних занять з математики зі студентами економічних спеціальностей : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2000. 20 с.
5. Квітка О. О. Формування компетентності культурної обізнаності й самовираження студентів гуманітарних спеціальностей, *Jurnalul Umanitar Modern*. Republica Moldova, № 1. 2019. С. 23–27 8.
6. Козак Н. С. Формування ключових компетентностей студентів вишу. *Сучасні досягнення в науці та освіті* : зб. пр. XV Міжнар. наук. конф., м. Нетанія (Ізраїль). Хмельницький : ХНУ, 2020. С. 26–30.
7. Страх О.П., Лукашова Т.Д. Міждисциплінарні зв'язки при вивченні деяких тем дискретної математики та диференціальних рівнянь. *Фізико-математична освіта*. 2021. Випуск 3(29). С. 112–118.
8. Хриков Є.М. Педагогічні умови в структурі наукового знання. *Шлях освіти*, 2011. № 2(60). С. 11–15.

Дата першого надходження рукопису до видання: 18.11.2025
 Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 08.12.2025
 Дата публікації: 30.12.2025