

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ О.О. БОГОМОЛЬЦЯ**

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

ПРОХОРЕНКО ІГОР АРТЕМОВИЧ

УДК 378.147.091.33:616.314-089.23-051

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕТОДИКА ІНТЕГРАЦІЇ ЗНАНЬ З МЕХАНІКИ ТА БІОМЕХАНІКИ У
ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАГІСТРІВ СТОМАТОЛОГІЇ**

галузі знань 01 «Освіта/Педагогіка»
за спеціальністю 011 «Освітні/Педагогічні науки»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____І.А. Прохоренко

Науковий керівник:

Стучинська Наталія Василівна – доктор педагогічних наук, професор

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Прохоренко І.А. Методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 01 Освітні/Педагогіка за спеціальністю 011 Освітні, педагогічні науки. – Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, 2025.

У дисертаційній роботі на основі системного наукового аналізу процесу підготовки здобувачів вищої медичної освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю «Стоматологія» вперше обґрунтовано теоретичні засади інтеграції знань з механіки та біомеханіки, розроблено методику реалізації інтегративного підходу та експериментально перевірено її ефективність.

Невпинне вдосконалення технологій діагностики, лікування, протезування та відновлення, успіхи стоматологічного матеріалознавства, цифрова трансформація галузі зумовили зростання вимогливості пацієнтів до якості стоматологічних послуг, гармонічного поєднання естетичних та функціональних якостей відновлених елементів ЗЩС.

Якісна професійна підготовка магістрів стоматології є соціально детермінованим суспільним запитом на належне стоматологічне забезпечення населення. Визначальною ланкою формування конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я України, здатного надавати стоматологічні послуги, що відповідають високим європейським і світовим стандартам, є процес підготовки магістрів стоматології у закладах вищої медичної освіти. Виклики та загрози, які обумовлені широкомасштабною військовою агресією РФ проти України змушують реалізовувати освітній процес в особливих умовах, не знижуючи при цьому рівня вимог до якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології.

Формування складової професійної компетентності сучасного лікаря-стоматолога, в основу якої покладено систему знань про функціональні взаємозв'язки структурних елементів та тканин зубощелепної системи, є

актуальною проблемою сьогодення. Статистика свідчить, що значна частка стоматологічних захворювань та ускладнень пов'язана з недостатнім знанням біомеханіки опорно рухового та зубо-щелепного апарату та недостатнім розумінням багатофункціональності взаємозв'язків елементів та тканин зубощелепної системи в нормі та при патології та використанням цих знань у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

Актуальність таких досліджень в Україні істотно посилюється через збільшення кількості пацієнтів, травмованих у війні, яку розв'язала РФ на нашій території. Значна кількість поранених потребує втручання саме спеціалістів з щелепо-лицевої хірургії, гнатології та інших фахівців, що добре знають закони механіки та біомеханіки і вміють застосовувати ці знання у професійній практичній діяльності. Переконливим свідченням актуальності є також поява відносно нової спеціальності в стоматології – гнатології (в Україні це субспеціальність), яка вивчає властивості м'язових та кісткових тканин зубощелепної системи та опорно-рухового апарату, базуючись на ідеях та методах класичної механіки, ураховуючи механічні рухи, функціональні взаємозв'язки елементів зубощелепної системи та опорно-рухового апарату людини у різних станах та періодах життєвого циклу, включно з періодами розвитку, старіння та при порушеннях та патологіях.

Формування системи знань про функціональні зв'язки окремих елементів зубощелепної системи є комплексною проблемою, вирішення якої потребує інтеграції знань з анатомії, фізіології, ортодонції, ортопедії та інших фахових дисциплін. Основою для такої інтеграції є базові знання з класичної механіки (поняття важеля, моменту сили, шарнірного з'єднання, ступеня вільності, роботи, енергії) та біомеханіки (морфологічна будова кісткової тканини, скелетних та гладких м'язових волокон, рухливості суглобів, механізмів м'язового скорочення, потенціалу дії, взаємозв'язку між силою і довжиною саркомера тощо тощо).

Проаналізувавши освітньо-професійні програми та навчальні плани провідних медичних (фармацевтичних) закладів вищої освіти, наукову літературу, нами було з'ясовано, що питання інтеграції знань з механіки та біомеханіки в професійній підготовці магістрів стоматології наразі залишаються мало дослідженими в Україні. Попри безсумнівну актуальність і своєчасність на даний момент відсутня дидактично обґрунтована модель та методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у системі підготовки лікарів-стоматологів. Розв'язання проблеми потребує системного комплексного підходу, посилення міждисциплінарних зав'язків природничих навчальних дисциплін циклу доклінічної підготовки та фахових дисциплін, в яких широко застосовують знання про особливості розподілу деформацій та напружень у біологічних системах, закономірності розподілу та зміни фізіологічного і механічного станів при силових навантаженнях на кісткову та м'язову систему а саме: «Ортопедична стоматологія», «Щелепо-лицева хірургія», «Терапевтична стоматологія», «Ортодонтія». «Патоморфоогія голови та шиї», «Патофізіологія щелепно-лицевої ділянки», «Радіологія. Радіологія в стоматології», «Терапевтична стоматологія», «Хірургічна стоматологія». Дослідження наскрізних змістових ліній має стати основою для побудови моделі інтеграції знань з механіки та біомеханіки в процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології, удосконалення змісту навчальних дисциплін, технологій та методів навчання; розроблення інноваційних засобів актуалізації знань, отриманих при вивченні природничих дисциплін та уміння застосовувати їх у практичній діяльності, тим самим сприяючи формуванню професійної компетентності конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження нами було виявлено нагальну потребу глибокого та всебічного вивчення проблеми формування системних знань з механіки і біомеханіки та розроблення методики, орієнтованої на інтеграцію знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

Мета дослідження. Обґрунтувати, розробити та апробувати методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології.

Задачі, завдання дослідження:

1. Дослідити роль та місце знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки майбутніх лікарів-стоматологів, тенденції розвитку сучасної стоматології в контексті проблематики дослідження.

2. Вивчити досвід вітчизняних та закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології.

3. Розробити модель та методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

4. Обґрунтувати психолого-педагогічні особливості реалізації методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології в умовах воєнного стану.

5. Провести перевірку розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки та оцінити вплив інтеграції знань з механіки та біомеханіки на якість професійної підготовки магістрів стоматології.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що в дисертації *вперше:*

– обґрунтовано концептуальні основи інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології;

– досліджено значення системи знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології та їх вплив на якісні показники практичної підготовки лікарів-стоматологів;

– побудовано змістово-структурну модель методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки, орієнтовану на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології;

– виокремлено основні змістові лінії, які забезпечують інтеграцію знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології

досліджено етапи їх становлення та розвитку у системі вищої медичної освіти з позицій дидактичної цілісності, послідовності та наступності навчання;

- розроблено зміст вибіркової дисципліни, орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології», досліджено його структуру з використанням методу графів;

- схарактеризовано психолого-педагогічні умови реалізації компетентісно орієнтованої методики інтеграції знань в умовах воєнного стану;

- розроблено й обґрунтовано критерії оцінювання рівнів сформованості взаємопов'язаних складових фахової компетентності майбутнього магістра стоматології;

удосконалено:

- поняттєво-категорійний апарат в аспекті авторського тлумачення змісту базових для дослідження понять: «біомеханіка у стоматології», «критерії сформованості предметної компетентності з біомеханіки»;

- структуру змісту навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» на засадах відповідності потребам сучасної практичної стоматології та згідно з принципом наступності та системності навчання;

- форми та методи організації проєктної навчальної діяльності як засобу інтеграції знань з біомеханіки у професійній підготовці майбутніх магістрів стоматології; засоби навчання, добір яких здійснювався на основі широкого використання інноваційних технологій систем відкритого та закритого типів.

Практичне значення роботи полягає:

- у розробці та впровадженні у навчальний процес авторської методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки, орієнтованої на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології;

- розроблені структури та змісту вибіркової навчальної дисципліни, орієнтованої на інтеграцію знань з механіки та біомеханіки «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології»; навчально-методичного

комплексу, що забезпечує реалізацію методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці майбутніх магістрів стоматології (навчальний контент у цифровому форматі та на друкованій основі, систему лабораторних та практичних занять, мультимедійні лекції, сконструйовані на принципах наступності та міждисциплінарної інтеграції; методичні рекомендації, тематичні web-додатки для поточного та кінцевого контролю засвоєння навчального матеріалу).

Ключові слова: здобувачі вищої освіти, механіка, біомеханіка, технології навчання, інтеграція знань, гнатологія, вища медична освіта, магістри стоматології.

ANNOTATION

Prokhorenko I.A. **Methods of integrating knowledge of mechanics and biomechanics in the professional training of master's degree students in dentistry.** Qualification research paper (manuscript).

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 01 Education/Pedagogy, specialty 011 «Educational and Pedagogical Sciences». Bogomolets National Medical University. Kyiv, 2025.

The dissertation is devoted to the theoretical substantiation, methodological development, and experimental verification of the effectiveness of an integrative approach to combining knowledge of mechanics and biomechanics in the professional training of second-level (Master's degree) students majoring in Dentistry. Based on a systematic scientific analysis of the professional training process of future dentists, the study for the first time substantiates the theoretical foundations of integrating mechanics and biomechanics knowledge, develops a methodology for implementing the integrative approach, and experimentally verifies its effectiveness.

The continuous advancement of diagnostic, treatment, prosthetic, and restorative technologies, progress in dental materials science, and the digital transformation of the field have led to increased patient expectations regarding the quality of dental services and the harmonious combination of aesthetic and functional characteristics of restored elements of the dentoalveolar system.

High-quality professional training of Master's degree students in dentistry is a socially determined public demand aimed at ensuring adequate dental care for the population. A key factor in shaping a competitive healthcare professional capable of providing dental services that meet high European and global standards is the training of Master's degree students in dentistry within higher medical education institutions. The challenges and threats caused by the large-scale military aggression of the Russian Federation against Ukraine necessitate the organization of the educational process under special conditions while maintaining high standards of professional training for future dentists.

The formation of the professional competence constituent in modern dentists, based on a system of knowledge about functional interrelations among the structural elements and tissues of the dentoalveolar system, represents a pressing issue today. Statistics indicate that a significant proportion of dental diseases and complications are associated with insufficient knowledge of the biomechanics of the musculoskeletal and dentoalveolar systems, as well as an inadequate understanding of the multifunctional interconnections among their elements and tissues under both normal and pathological conditions, and the application of this knowledge in reconstructive dentistry, diagnostics, and disease prevention.

The relevance of such research in Ukraine is significantly intensified by the growing number of patients injured during the war initiated by the Russian Federation on Ukrainian territory. A considerable number of wounded individuals require interventions by maxillofacial surgeons, gnathologists, and other specialists who possess a thorough understanding of the laws of mechanics and biomechanics and are capable of applying this knowledge in professional practice. Further evidence of the relevance of the study is the emergence of a relatively new field in dentistry – gnathology (a subspecialty in Ukraine), which studies the properties of muscular and bone tissues of the dentoalveolar system and the musculoskeletal apparatus based on the principles and methods of classical mechanics, taking into account mechanical movements, functional relationships among system elements, and their behavior across different life stages, including development, aging, and pathological conditions.

The formation of a system of knowledge about functional relationships among individual elements of the dentoalveolar system is a complex problem that requires the integration of knowledge from anatomy, physiology, orthodontics, prosthodontics, and other professional disciplines. The foundation for such integration is provided by basic knowledge of classical mechanics (concepts of levers, moments of force, hinge joints, degree of freedom, work, energy) and biomechanics (morphological structure of bone tissue, skeletal and smooth muscle fibers, joint mobility, mechanisms of muscle contraction, action potential, force–length relationship of the sarcomere, etc.).

An analysis of educational and professional programs, curricula of leading medical (pharmaceutical) higher education institutions, and scientific literature revealed that the issue of integrating mechanics and biomechanics knowledge into the professional training of Master's degree students in dentistry remains insufficiently studied in Ukraine. Despite its undeniable relevance and timeliness, there is currently no didactically substantiated model or methodology for integrating mechanics and biomechanics knowledge into the training system of dentists. Addressing this problem requires a comprehensive and systematic approach, strengthening interdisciplinary links between natural science disciplines within the preclinical training cycle and professional disciplines that extensively apply knowledge of deformation and stress distribution in biological systems, as well as the patterns of physiological and mechanical state changes under force loads on bone and muscle systems. These disciplines include «Prosthetic Dentistry», «Maxillofacial Surgery», «Therapeutic Dentistry», «Orthodontics», «Head and Neck Pathomorphology», «Pathophysiology of the Maxillofacial Region», «Radiology. Dental Radiology», and «Surgical Dentistry». The study of cross-cutting content lines should form the basis for constructing a model of integrating mechanics and biomechanics knowledge into the professional training of future Master's degree students in dentistry, improving the content of academic disciplines, teaching technologies, and methods, and developing innovative tools for activating knowledge acquired in natural science disciplines and applying it in practical professional activities. This, in turn, contributes to the formation of professional competence in a competitive healthcare specialist.

Thus, the results of the study reveal an urgent need for an in-depth and comprehensive examination of the problem of forming systemic knowledge of mechanics and biomechanics and for the development of a methodology focused on integrating this knowledge into the professional training of Master's degree students in dentistry.

Research objective. To substantiate, develop, and experimentally test a methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics into the process of professional training of Master's students in dentistry.

Research tasks:

1. To investigate the role and place of knowledge of mechanics and biomechanics in the system of professional training of future dentists, trends in the development of modern dentistry in the context of the research problem.
2. To study the experience of domestic and foreign dental schools in integrating knowledge of mechanics and biomechanics into the professional training of Master's degree students in dentistry.
3. To develop a model and methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics into the professional training of Master's degree students in dentistry.
4. To substantiate the psychological and pedagogical features of implementing the methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics into the professional training of Master's degree students in dentistry under martial law conditions.
5. To experimentally verify the developed methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics and to assess the impact of such integration on the quality of professional training of Master's degree students in dentistry.

The scientific novelty of the obtained results lies in the fact that the dissertation is the first to:

- substantiate the conceptual foundations of integrating knowledge of mechanics and biomechanics into the professional training of Master's degree students in dentistry;
- investigate the significance of the system of knowledge of mechanics and biomechanics in the professional training of Master's degree students in dentistry and its influence on qualitative indicators of dentists' practical training;
- develop a content-structural model of the methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics aimed at improving the quality of professional training of future Master's degree students in dentistry;
- identify the main content lines that ensure the integration of knowledge of mechanics and biomechanics in the professional training of Master's degree students

in dentistry and examine the stages of their formation and development in the system of higher medical education from the standpoint of didactic integrity, continuity, and sequence of learning;

- develop the content of an elective course «Biomechanics of the Maxillofacial System. Physical Foundations of Gnathology» aimed at forming systemic knowledge of biomechanics in future Master's degree students in dentistry, and analyze its structure using graph method;

- characterize the psychological and pedagogical conditions for implementing a competence-oriented methodology of knowledge integration under martial law conditions;

- develop and substantiate criteria for assessing the levels of formation of interrelated components of the professional competence of future Master's degree students in dentistry;

improved:

- conceptual and categorical framework in terms of the author's interpretation of the content of basic concepts for research: «biomechanics in dentistry», «criteria for the formation of subject competence in biomechanics»;

- the structure of the content of the academic discipline «Medical and Biological Physics» based on the needs of modern practical dentistry and in accordance with the principle of continuity and systematicity of education;

- forms and methods of organizing project-based educational activities as a means of integrating knowledge of biomechanics into the professional training of future masters of dentistry; teaching tools selected on the basis of the widespread use of innovative technologies of open and closed type systems.

The practical significance of the work lies in:

- the development and implementation of the author's methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics into the educational process, aimed at improving the quality of professional training of future Master's degree students in dentistry;

– the development of the structure and content of an elective course «Biomechanics of the Maxillofacial System. Physical Foundations of Gnathology» focused on integrating knowledge of mechanics and biomechanics, an educational and methodological complex that ensures the implementation of the methodology for integrating knowledge of mechanics and biomechanics in the professional training of future Master's degree students in dentistry (educational content in digital and printed formats, a system of laboratory and practical classes, multimedia lectures designed on the principles of continuity and interdisciplinary integration; methodological recommendations, thematic web-based applications for formative and summative assessment of learning outcomes).

Keywords: higher education students, mechanics, biomechanics, learning technologies, knowledge integration, gnathology, higher medical education, Master's degree students in dentistry.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Прохоренко І.А. Інтеграція знань з біомеханіку в професійну підготовку магістрів стоматології. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (1). С. 45–50. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-1-7.

2. Матвієнко М.М., **Прохоренко І.А.** Використання технологій комп'ютеризованого навчання, доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальностей у доклінічній стоматологічній освіті. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (4). С. 70–78. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-4-12

3. Стучинська Н.В., Андрійчук М.Д., **Прохоренко І.А.** Компоненти STEM-освіти у підготовці майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. *Наукові записки: Педагогічні науки*. 2025. 159. С. 129–139. doi: 10.31392/NZ-udu-159.2025.13.

4. Стучинська Н., Костюк Т., Мельник Б, **Прохоренко І.** Конструювання змісту вибірових навчальних дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців у сфері ортодонції, зокрема в напрямку гнатології. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2025. (2). 70–78. doi: 10.32782/eddiscourses/2025-2-4.

5. Храпійчук Г., Стучинська Н., **Прохоренко І.** Створення навчальних відео в процесі проєктної діяльності студентів. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2025. 2(83). С.79–90. doi: 10.28925/1609-8595.2025.2.

Статті у зарубіжних виданнях

6. Kaniura O.A., Stuchynska N.V., **Prokhorenko I.A.** Formation of readiness for professional activity of future dentists on the basis of interdisciplinary integration. *Wiad Lek*. 2025. 78(5). P. 1058–1064. doi: 10.36740/WLek/205369.

7. Stuchynska N.V., Palamarchuk Y.V., **Prokhorenko I.A.** Research of the professional training of masters of dentistry during the pandemic and martial state. *Wiad Lek*. 2023. 76(4) P. 781.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Стучинська Н., Храпійчук Г., **Прохоренко І.** Соціальні мережі як дидактичний інструмент у процесі навчання природничих дисциплін. *Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної інтернет конференції «Проблеми та*

інновації в математичній, цифровій, природничій і професійній освіті».
Кропивницький, 2024. С. 240–242.

9. **Прохоренко І.** Інтеграція медичної та біологічної фізики з фаховими дисциплінами у системі підготовки майбутніх магістрів стоматології Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині: матеріали IV науково-практичної інтернет конференції, м. Чернівці, 19 червня 2024 р. / за ред. В. І. Федіва – Чернівці: БДМУ, 2024. – 311 с. , с. 287 – 289

10. Стучинська Н.В., **Прохоренко І.А.** Віртуальні симулятори LABSTER В процесі підготовки майбутніх магістрів стоматології. *Український науково-медичний молодіжний журнал (Спеціальний випуск)*. 2022. Том 135, № 4. С 72–73.

11.Програми та силабуси навчальних дисциплін

12. Стучинська Н.В., Костюк Т.М., Мельник Б.М., Храпійчук Г.В., **Прохоренко І.А.** Робоча програма навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології» за напрямом підготовки фахівців другого (магістерського) рівня освіти, спеціальності 221 «Стоматологія». Київ: Друкарня НМУ, 2025. 20 с.

13. Стучинська Н.В., Костюк Т.М., Мельник Б.М., Храпійчук Г.В., **Прохоренко І.А.** Силабус навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології» за напрямом підготовки фахівців другого (магістерського) рівня освіти, спеціальності 221 «Стоматологія». Київ: Друкарня НМУ, 2025. 13 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ ДО ВИВЧЕННЯ БІОМЕХАНІКИ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ СТОМАТОЛОГІЇ	31
<i>1.1. Аналіз сучасних трендів розвитку стоматологічної галузі.....</i>	<i>31</i>
<i>1.2. Роль та місце знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології.....</i>	<i>46</i>
<i>1.3. Історико-генезисний аналіз розвитку біомеханіки як складової міждисциплінарного підходу у стоматології. Наукова школа Р. Славічека.....</i>	<i>56</i>
<i>1.4. Особливості інтегративного підходу у професійній підготовці магістра стоматології сучасних умовах</i>	<i>64</i>
Висновки до першого розділу	71
РОЗДІЛ 2. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ОСНОВ БІОМЕХАНІКИ ЗЩС НА ЗАСАДАХ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ.....	73
<i>2.1. Побудова моделі міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩС у процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології</i>	<i>73</i>
<i>2.2. Аналіз шляхів та форм інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології у контексті вимог до системи забезпечення якості підготовки</i>	<i>89</i>
<i>2.3. Конструювання змісту вибіркової дисципліни, орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології»</i>	<i>108</i>
<i>2.4. Дослідження між- та внутрішньодисциплінарних зв'язків дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» з використанням метод змішаного графа.....</i>	<i>119</i>

2.5. *Інтеграція знань з механіки та біомеханіки засобами вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців у напрямку гнатології*..... 130

2.6. *Проектна навчальна діяльність як засіб інтеграції біомеханіки у професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології*..... 137

Висновки до другого розділу..... 155

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ БІОМЕХАНІКИ У ПРОФЕСІЙНУ ПІДГОТОВКУ МАЙБУТНІХ МАГІСТРІВ СТОМАТОЛОГІЇ 158

3.1. *Організація та методика проведення педагогічного експерименту*..... 158

3.2. *Дослідження якості навчання та самооцінки сформованості предметної компетентності з біомеханіки в стоматології*..... 175

3.3. *Статистичне опрацювання та аналіз результатів формувального етапу педагогічного експерименту* 183

Висновки до третього розділу..... 199

ВИСНОВКИ 202

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 205

ДОДАТКИ..... 231

ДОДАТОК А..... 231

ДОДАТОК Б..... 234

ДОДАТОК В..... 238

ДОДАТОК Д..... 242

ДОДАТОК Е..... 244

ДОДАТОК Ж..... 249

ДОДАТОК И..... 252

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЗВО – заклад вищої освіти

ЗУ – Закон України

ЗЩА – зубощелепна аномалія

ЗЩС – зубощелепна система

ЄДКІ – Єдиний державний кваліфікаційний іспит

Кафедра МБФІ – кафедра медичної і біологічної фізики та інформатики

STEM – наука, технології, інженерія, математика

МОЗ – Міністерство охорони здоров'я

МОН – Міністерство освіти і науки

М(Ф)ЗВО – Медичний (фармацевтичний) заклад вищої освіти

ЄС – Європейський Союз

НРК – Національна рамка кваліфікацій

НМУ – Національний медичний університет

ПК – підсумковий контроль

СНЩС – скронево-нижньощелепний суглоб

СНЩР – скронево-нижньощелепний розлад

MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) – модульне об'єктно-орієнтоване середовище дистанційного навчання

OBE (Outcomes Based Education) – орієнтоване на результат навчання

HOTS (higher order thinking skills) – навички мислення вищого порядку

ВСТУП

Актуальність дослідження. Забезпечення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології є соціально детермінованим суспільним запитом на належне стоматологічне забезпечення населення. Професійна підготовка у закладах вищої медичної освіти є визначальною ланкою формування конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я України, здатного надавати якісні стоматологічні послуги населенню, що відповідають високим європейським стандартам. Загрози й виклики, що обумовлені широкомасштабним військовим вторгненням РФ на територію нашої країни змушують здійснювати освітній процес в особливих умовах, не знижуючи при цьому рівня вимог до рівня професійної підготовки фахівців галузі «Охорона здоров'я».

Запит на якісне медичне забезпечення та підготовку здобувачів вищої медичної освіти чітко визначений державою й громадянським суспільством і є стимулом та дороговказом для системних змін у стоматологічній сфері галузі охорони здоров'я України. Відповідальність держави та стратегія розвитку галузі охорони здоров'я та системи підготовки фахівців вищою медичною освітою визначена низкою фундаментальних законодавчих і підзаконних актів, зокрема: законами України «Про освіту» (2017) [149], «Про вищу освіту» (2014) [147], «Основи законодавства України про охорону здоров'я» (1993, редакція – 02.04.2020) [145], «Про стратегію сталого розвитку України до 2030 року» (2019) [215], Стратегія розвитку медичної освіти в Україні [195], Концептуально-референтна рамка цифрових компетентностей працівників сфери охорони здоров'я та забезпечення розвитку інформаційної культури, цифрової грамотності (цифрової освіченості), кібербезпеки і кібергігієни працівників сфери охорони здоров'я [157] та ін.

Наразі значна частка стоматологічних захворювань та ускладнень пов'язана з недовідомістю знанням біомеханіки опорно рухового та зубощелепного апарату та розумінням багатофункціональності взаємозв'язків елементів та тканин зубощелепної системи в нормі та при патології, неправильним

використанням цих знань у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

Формування складової професійної компетентності сучасного лікаря-стоматолога, в основі якої система знань про функціональні взаємозв'язки елементів та тканин зубощелепної системи, є актуальною проблемою сьогодення. Свідченням цього є розвиток інтрадисциплінарного підходу у стоматології та поява відносно нової спеціальності в стоматології – гнатології, яка наразі в Україні є субспеціалізацією в рамках спеціалізації ортодонтії. Гнатологія вивчає властивості м'язових та кісткових тканин зубощелепної системи та опорно-рухового апарату, базуючись на ідеях та методах міждисциплінарного підходу, спираючись на знання класичної механіки, біомеханіки, ураховуючи механічні рухи, деформаційну поведінку біологічних тканин на всіх етапах розвитку людського організму, включно з періодами формування, старіння, також при порушеннях різного походження та патологіях.

Актуальність таких досліджень в Україні істотно посилюється через збільшення кількості пацієнтів, травмованих у війні, яку розв'язала РФ на нашій території. Значна кількість поранених потребує втручання саме спеціалістів з щелепо-лицевої хірургії, гнатології та інших фахівців, що добре знають закони механіки та біомеханіки і вміють застосовувати ці знання у професійній практичній діяльності. Формування системи знань про функціональні зв'язки окремих елементів зубощелепної системи є комплексною проблемою, вирішення якої потребує інтеграції знань з анатомії, фізіології, ортодонтії та інших фахових дисциплін. Основою для такої інтеграції є базові знання з класичної механіки (поняття важеля, моменту сили, шарнірного з'єднання, ступеня вільності, роботи, енергії) та біомеханіки (будова кісткової тканини, скелетних та гладких м'язових волокон, механізмів м'язового скорочення, поняття акустонічного, ізотонічного та ізометричного скорочення, зубчастого та гладкого тетануса, потенціала дії, взаємозв'язку між силою і довжиною саркомера тощо).

Інтеграція знань з механіки та біомеханіки в професійній підготовці майбутніх магістрів за спеціальністю 221 «Стоматологія» наразі залишається

мало вивченою в Україні. Проаналізувавши освітньо-професійні програми та навчальні плани провідних медичних (фармацевтичних) закладів вищої освіти, нами було з'ясовано, що питання інтеграції знань механіки та біомеханіки в професійній підготовці магістрів стоматології є своєчасними і актуальними та потребують системного комплексного підходу до їхнього вивчення. Розв'язання проблеми потребує посилення міждисциплінарних зав'язків навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика з основами медичної інформатики» та фахових дисциплін, в яких широко застосовують знання про особливості розподілу деформацій та напружень у біологічних системах, закономірності розподілу та зміни фізіологічного і механічного станів при силових навантаженнях на щелепу пацієнта: «Ортопедична стоматологія», «Щелепо-лицьова хірургія», «Гнатологія», «Терапевтична стоматологія» (парадонтологія) «Ортодонтія». Дослідження наскрізних змістових ліній має стати основою удосконалення змісту цих дисциплін, технологій та методів навчання; розроблення інноваційних засобів актуалізації знань, отриманих при вивченні природничих дисциплін, та інтеграції їх в процес фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології сприятиме формуванню професійної компетентності конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я.

Проведений нами науковий пошук засвідчив доволі високий інтерес до забезпечення якості підготовки майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я в сучасних умовах (О.П. Волосовець [128, 133], Ю.Л. Кучин [164, 165, 166, 167, 168], О.М. Науменко [235, 169], Н.П. Литвиненко [170, 171] та інші); теоретичним та методичним аспектам вивчення фахових дисциплін майбутніми стоматологами (М.М. Антоненко [58], О.А. Канюра [44, 45, 228], Я.А. Кульбашна [161] та інші); теоретичним і прикладним основам використання технологій дистанційного та змішаного навчання (В.Ю. Биков [117, 118, 119, 120, 121], О.Ю. Буров [143], І.С. Войтович [123, 132], А.М. Гуржій [139], Л.А. Карташова [138], В.В. Лапінський [181], О.М. Спирін [122, 172, 188], Н.В. Стучинська [93, 91, 95, 202, 211, 212], В.М. Франчук [220, 221, 222, 223, 224] та інші).

Питаннями використання біомеханіки в професійній діяльності стоматологів займались А.М. Чуйко, В.Є. Вовк «Особливості біомеханіки у стоматології» [229] та А.М. Чуйко, І.А. Шинчуківський «Біомеханіка в стоматології» [232]. Дослідженнями, біомеханіки та комп'ютерних технологій в щелепно-лицевій ортопедії та дентальній імплантології досліджували А.М. Чуйко, М.М. Угрин, Р.А. Левандовський, Д.К. Калиновський, Р.С. Алимбаєв [231], Ю.А. Рудяка [197], а питання що пов'язані з вивченням біомеханічних показників зуба та інтактного пародонту за допомогою комп'ютерного моделювання С.А Шнайдер, О.В. Громов, Д.С. Ашрафов [234], гнатологічні аспекти аналізувалися в роботах Біденко Н.В., Канюри О.А, Костюк Т.М., Копчака А.В.

Водночас, попри високу публікаційну активність та беззаперечну продуктивність педагогічних досліджень стосовно шляхів забезпечення якості підготовки здобувачів вищої медичної освіти, наразі проблема ефективної реалізації міждисциплінарного підходу у системі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології практично не вивчалася.

На даний момент відсутня чітко сформульована методика та модель інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології, тому з'явилась необхідність глибокого та всебічного вивчення зазначеної проблеми.

За результатами дослідження нами було виявлено нагальну потребу розроблення методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

Таким чином, проаналізувавши стан підготовки магістрів стоматології у М(Ф)ЗВО, ми можемо констатувати наявність суперечностей між:

- посиленням ролі міждисциплінарного та функціонального підходів у стоматологічній практиці та віддзеркаленням цих тенденцій в освітньому процесі;
- інноваційністю стоматологічної сфери галузі охорони здоров'я й виразною інертністю оновлення змісту навчальних дисциплін;

– необхідністю формування у майбутніх магістрів стоматології умінь розв’язувати фахові задачі інтегративного характеру і наявною тенденцією до фрагментарності знань з біомеханіки ЗЩС.

Освітня та суспільна значущість окресленої проблеми та необхідність усунення зазначених вище протиріч зумовила вибір теми дисертаційного дослідження: **«Методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології».**

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до науково-дослідних тем НМУ імені О. О. Богомольця: «Системно-синергетичне поєднання традиційних та інноваційних технологій навчання природничих та інформатичних дисциплін у вищій медичній школі України» (№ державної реєстрації 0120U101381, термін виконання 2020-2023 рр.), «Забезпечення якості підготовки майбутніх фахівців охорони здоров’я з інформатики та фізики і математики в умовах аудиторної та дистанційної форми навчання» (№ державної реєстрації 0124U000724, термін виконання: 1.01.2024 р. – 31.12.2026 р.).

Тема дисертації затверджена вченою радою Факультету підготовки іноземних громадян Національного медичного університету імені О. О. Богомольця (протокол №3 від 10 листопада 2022 р.)

Об’єкт дослідження – підготовка магістрів стоматології в закладах вищої медичної освіти.

Предмет дослідження – інтеграція знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

Мета дослідження: обґрунтувати, розробити та апробувати методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки, орієнтовану на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології.

Для досягнення мети дослідження було визначено такі **завдання:**

Задачі, завдання дослідження:

1. Дослідити роль та місце знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки майбутніх лікарів, тенденції розвитку сучасної стоматології в контексті проблематики дослідження.

2. Вивчити досвід вітчизняних та закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології.

3. Розробити модель та методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

4. Обґрунтувати психолого-педагогічні особливості реалізації методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології в умовах воєнного стану.

5. Провести перевірку розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки та оцінити вплив інтеграції знань з механіки та біомеханіки на якість професійної підготовки магістрів стоматології.

Методи дослідження. Для виконання поставлених завдань було використано теоретичні, емпіричні методи наукових досліджень та методи статистичного аналізу опрацювання результатів, а саме.

1) метод системного аналізу, порівняння та узагальнення з метою теоретичного обґрунтування й розроблення моделі інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології відповідно до її ролі у фаховій підготовці майбутнього лікаря-стоматолога та визначення організаційно-педагогічних та психолого-педагогічних умов застосування методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології;

2) бібліосемантичний метод – для вивчення психолого-педагогічної наукової літератури, державних стандартів освіти, освітньо-кваліфікаційних характеристик та освітньо-професійних програм стоматологічних спеціальностей; навчальних програм дисциплін «Медична і біологічна фізика з основами медичної інформатики», «Ортопедична стоматологія», «Щелепо-лицьова хірургія», «Гнатологія», «Терапевтична стоматологія» (парадонтологія)

«Ортодонтія», підручників та навчальних посібників; досвіду вітчизняних та зарубіжних науковців;

3) соціологічний – для виявлення актуальних проблем і суперечностей у системі фахової підготовки магістрів стоматології, пов'язаних з недостатньою інтеграцією знань з механіки та біомеханіки;

4) статистичний – для аналізу основних результатів педагогічного експерименту, систематизації теоретичних напрацювань, аналізу навчальних досягнень здобувачів вищої медичної освіти, показників, що підтверджують достовірність впливу розробленої методики на якість підготовки магістрів стоматології;

5) моделювання – для розроблення моделі інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології, функціонально-структурного аналізу компонентів методичної системи, обґрунтування психолого-педагогічних умов її ефективного впровадження.

Організація дослідження. Проведення експериментальної частини дослідження було організовано в НМУ у 2022–2025 рр. і складалось з чотирьох основних етапів.

На першому етапі (*підготовчий*: 2022 р.). На цьому етапі здійснено теоретико-методологічне обґрунтування дослідження: аргументовано вибір теми, визначено об'єкт, предмет, мету та завдання, а також конкретизовано науковий апарат. На основі аналізу психолого-педагогічної та науково-технічної літератури, а також інтернет-ресурсів, вивчено сучасний стан розробленості проблеми.

На другому етапі (*констатувальний*: 2022–2023 рр.) проаналізовано підручники та навчальні посібники з біомеханіки та гнатології, директивні матеріали МОН та МОЗ, навчальні плани, робочі програми та силабуси усіх циклів підготовки магістрів стоматології; методичні та наукові праці, що стосуються міждисциплінарного підходу у професійній освіті, зокрема біомеханіко-функціонального підходу у процесі професійної підготовки магістрів стоматології країн ЄС; здійснено аналіз сучасних трендів розвитку

стоматологічної галузі; вивчено досвід вітчизняних та закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології; визначено роль і місце знань з біомеханіки та механіки у формуванні професійної компетентності сучасного лікаря-стоматолога; здійснено історико-генезисний аналіз становлення та розвитку міждисциплінарного та біомеханічного підходу у стоматології; проведено констатувальний етап педагогічного експерименту, результати якого дали можливість сформулювати основні напрями дослідження та підготувати пошуковий етап експерименту.

На третьому етапі (*пошуковий*: 2023–2024 рр.) розроблено теоретичні засади проєктування моделі міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩС; обґрунтовано та запропоновано шляхи та форми інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології у контексті вимог до системи забезпечення якості підготовки фахівців зі стоматології в Україні; побудовано модель міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩС у процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології; розроблено методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології, визначено методи, засоби і організаційні форми; розроблено зміст вибіркової дисципліни, орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» на основі дослідження міждисциплінарних зв'язків методом графів; запропоновано підходи до організації проєктної навчальної діяльності як засобу інтеграції біомеханіки у професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології.

На четвертому етапі (*формульальний*: 2024–2025 рр.) проведено педагогічний експеримент, у якому брали участь здобувачі вищої медичної освіти спеціальності 221 «Стоматологія»; здійснено систематизацію та узагальнення результатів педагогічного експерименту, результати досліджень впроваджено у методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології; здійснювалося розроблення

навчально-методичного комплексу, орієнтованого та інтеграцію знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології, системотвірним компонентом якого стала навчальна дисципліна «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології»; проведено систему опитувань та анкетувань з метою дослідження рівня сформованості предметних компетентностей з біомеханіки на різних етапах підготовки здобувачів, ціннісно-рефлексивного компонента їх компетентності; здійснено коригування розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології та впровадження в практику роботи М(Ф)ЗВО її елементів; здійснено компаративний аналіз та систематизацію результатів формувального етапу педагогічного експерименту, який дав змогу здійснити експериментальну перевірку ефективності розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки та оцінити вплив інтеграції знань з механіки та біомеханіки на якість професійної підготовки магістрів стоматології; завершено оформлення дисертаційної роботи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що в дисертації *вперше*:

- обґрунтовано концептуальні основи інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології;
- досліджено значення системи знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології та їх вплив на якісні показники практичної підготовки лікарів-стоматологів;
- побудовано змістово-структурну модель методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки, орієнтовану на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології;
- виокремлено основні змістові лінії, які забезпечують інтеграцію знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології досліджено етапи їх становлення та розвитку у системі вищої медичної освіти з позицій дидактичної цілісності, послідовності та наступності навчання;

- розроблено зміст вибіркової дисципліни, орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» та досліджено його структуру з використанням методу графів;

- схарактеризовано психолого-педагогічні умови реалізації компетентнісно орієнтованої методики інтеграції знань в умовах воєнного стану;

- розроблено й обґрунтовано критерії оцінювання рівнів сформованості взаємопов'язаних складових фахової компетентності майбутнього магістра стоматології;

удосконалено:

- поняттєво-категорійний апарат в аспекті авторського тлумачення змісту базових для дослідження понять: «біомеханіка у стоматології», «критерії сформованості предметної компетентності з біомеханіки»;

- структуру змісту навчальних дисципліни «Медична та біологічна фізика» та «Медична інформатика» на засадах відповідності потребам сучасної практичної стоматології та згідно з принципом наступності та системності навчання;

- форми та методи організації проєктної навчальної діяльності як засобу інтеграції знань з біомеханіки у професійній підготовці майбутніх магістрів стоматології; засоби навчання, добір яких здійснювався на основі широкого використання інноваційних технологій систем відкритого та закритого типів.

Практичне значення роботи полягає:

- у розробці та впровадженні у навчальний процес авторської методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки, орієнтованої на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології;

- розроблені структури та змісту вибіркової навчальної дисципліни, орієнтованої на інтеграцію знань з механіки та біомеханіки «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології»; навчально-методичного комплексу, що забезпечує реалізацію методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці майбутніх магістрів стоматології

(навчальний контент у цифровому форматі та на друкованій основі, систему лабораторних та практичних занять, мультимедійні лекції, сконструйовані на принципах наступності та міждисциплінарної інтеграції; методичні рекомендації, тематичні web-додатки для поточного та кінцевого контролю засвоєння навчального матеріалу).

Обґрунтованість і вірогідність результатів дослідження забезпечується відповідністю вихідних теоретичних положень його меті та завданням; використанням релевантних методів дослідження; результатами системного кількісного та якісного аналізу теоретичного й емпіричного матеріалу; упровадженням авторської методики підготовки майбутніх магістрів стоматології; апробацією основних положень дисертації у процесі проведення педагогічного експерименту та опрацюванням його результатів з використанням релевантних методів математичної статистики; обговоренням результатів дослідження на засіданнях кафедри МБФІ, міжкафедральних семінарах, наукових конференціях, у фокус-групах, до складу яких входили здобувачі освіти, науково-педагогічні працівники, незалежні експерти.

Експериментальна база дослідження. Експериментальна робота проводилася в Національному медичному університеті імені О. О. Богомольця, м. Київ (Акт впровадження від 5 квітня 2025 р.), Львівському національному медичному університеті імені Данила Галицького, м. Львів (Акт впровадження від 27 жовтня 2025 р.), Івано-Франківському медичному університеті, м Івано-Франківськ (Акт впровадження від 10 листопада 2025 р.). Усього експериментальним дослідженням було охоплено 278 студентів і 12 викладачів.

Особистий внесок дисертанта. Основні положення та результати дисертаційного дослідження автором сформульовано самостійно. Ідеї та думки співавторів у дисертації не використано. *У друкованих наукових працях*, опублікованих у співавторстві, автором: доведено доцільність використання цифрових ресурсів для підвищення якості підготовки магістрів стоматології [2]; проаналізовано та доведено ефективність організації професійної підготовки на засадах STEM-освіти [3]; описано способи використання проєктної діяльності

для підготовки здобувачів вищої медичної освіти [5], здійснено побудову графа для визначення змісту вибірових дисциплін у роботах [4,6] та проведено аналіз результатів дослідження.

Апробація та впровадження результатів. Основні положення та результати дисертаційного дослідження оприлюднювалися, доповідались і обговорювались на міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема: на I науково-практичній конференції «Комунікація як необхідна складова освітнього процесу майбутніх лікарів та провізорів» (м. Київ, 14.12.2022 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Світові освітні тренди: навчання впродовж життя в інформаційному суспільстві» (м. Київ, 20-21 червня, 2024 р.), XVIII Міжнародній науково-практичній інтернет конференції «Проблеми та інновації в математичній, цифровій, природничій і професійній освіті» (Кропивницький, листопад, 2024), IV Науково-практичній конференції «Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині» (м. Чернівці, червень 2024 р.).

Публікації. Найважливіші положення і результати дисертації відображено у 12-ти наукових працях: 5 статей у виданнях України, включених у перелік фахових з педагогіки, 1 стаття та 1 тези у зарубіжному виданні, що входять до наукометричних баз Scopus, 3-ти тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій, робоча програма та силабус навчальної дисципліни «Біофізика зубощелюстного апарату, Фізичні основи гнатології».

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків до кожного з них, загальних висновків, списку використаних джерел (236, з них мовами країн ЄС – 113) та додатків (7). Загальний обсяг дисертації становить 253 сторінок, з яких 214 сторінок основного тексту, містить 41 рисунок, 21 таблиць.

РОЗДІЛ 1.

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ПІДХОДУ ДО ВИВЧЕННЯ БІОМЕХАНІКИ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ СТОМАТОЛОГІЇ

У розділі наведено результати комплексного наукового аналізу вітчизняних та зарубіжних досліджень щодо ролі біомеханіки у професійній діяльності лікаря стоматолога та особливостей її вивчення у процесі професійної підготовки магістрів стоматології. описано теоретичне підґрунтя побудови освітнього процесу на засадах міждисциплінарного підходу, схарактеризовано провідні тренди сучасної стоматології, стан розвитку міждисциплінарного підходу в національній стоматологічній школі.

1.1. Аналіз сучасних трендів розвитку стоматологічної галузі

На сьогодні стоматологічна галузь є однією з найбільш динамічних медичних галузей і зазнає неупинних модернізаційних та технологічних змін.

Як обґрунтовано нами в роботі [158], причин цього феномену декілька:

- технологічний прогрес, що торкнувся усіх складових стоматологічної галузі (діагностики, планування, профілактики, лікування);
- зростання соціального рівня життя та зумовлена ним увага до здоров'я організму в цілому та здоров'я ротової порожнини зокрема;
- збільшення кількості пацієнтів з травмами щелепо-лицевого апарату, що обумовлено умовами війни та потребою реабілітації;
- збільшення інвестицій у галузь та сплеск наукових досліджень стоматологічного спрямування;
- цифрова трансформація медичної галузі загалом та стоматології зокрема.

Щоб визначити які саме тренди домінують в сучасній стоматологічній науці та практиці, нами була проаналізована низка документів, наукових джерел, web-ресурсів, сайтів міністерств, відомств та ЗВО, а саме:

1. Оглядіві і настановчі публікації провідних стоматологічних організацій:

- Щорічні доповіді FDI World Dental Federation [32, 33, 34, 35] про глобальні виклики та інновації (наприклад, FDI Vision 2030).
- Статті, що публікуються на сайті American Dental Association [6] та в офіційному її виданні Journal American Dental Association [100]; тут традиційно наведена аналітика ринку, в останні роки домінують рекомендації щодо діджиталізації, штучного інтелекту, інфраструктури клінік.
- Матеріали Європейської федерації пародонтології (EFP – European Federation of Periodontology), домінують рекомендації щодо інтеграції медичних даних (персоналізована стоматологія) [29].
- Матеріали німецького товариства стоматологів (DGZMK) [25, 47, 51], яке позиціонує себе як інтегруючу інстанцію для наукової німецької стоматології і проводить щорічні традиційні «великі круглі» засідання у листопаді у Франкфурті. Безцінний матеріал для аналізу був отриманий також при вивченні результатів Наукового конгресу німецького з'їзду стоматологів. Цей конгрес впродовж останніх десяти років став провідним для практикуючих лікарів-стоматологів Німеччини, віддзеркалюючи репрезентативний перетин усіх стоматологічних галузей та інновацій. Проведено аналіз наукових видань у контексті досліджуваної проблеми [2, 4, 17, 20, 43, 72, 77, 107].

2. Наукові публікації у рецензованих журналах [13, 82, 84]:

- Journal of Dental Research.
- Clinical Oral Investigations.
- Journal of Prosthodontic Research.
- International Journal of Computerized Dentistry.
- Journal of Oral Rehabilitation.
- Українські наукові журнали «Інновації в стоматології», «Вісник стоматології» містять дослідження з біоматеріалів, оклюзії, протезування та технологічних підходів у терапії [114, 125, 131, 152].

3. Дані з міжнародних стоматологічних конгресів та освітніх програм:

- IDS Cologne (International Dental Show) – огляд інновацій 2023–2025.
- Проведені в Україні науково-практичні конференції та студії.

4. Програми університетів та освітні платформи:

- Dental XP (<https://www.dentalxp.com/>).
- Програми університетів: King's College London, АСТА (Амстердам), Harvard School of Dental Medicine – syllabi [30] щодо цифрових технологій, гнатології, естетики.

5. Бесіди з практикуючими лікарями, вебінари:

- Відгуки клініцистів (через платформи ResearchGate, PubMed Commons, форуми стоматологів).
- Курси стоматологічного спрямування з урахуванням їх популярності (такими є курси із цифрової стоматології, мікроскопії, гнатології, sleep medicine тощо).

Потреба у біомеханічному підході для діагностики і лікування патологічних станів зубощелепного апарату викликана зростаючою чисельністю пацієнтів з такими захворюваннями/дисфункціями. Однією із домінуючих серед них науковці вважають патологічні зміни у скронево-нижньощелепному суглобі (СНЩС), які займають третє місце, за частотою серед стоматологічних захворювань, після карієсу та уражень пародонту [150]. Наразі дані щодо поширеності скронево-нижньощелепних розладів (СНЩР) різняться (від 3,2% до 17,6%), причому жінки віком від 20 до 40 років мають частоту, приблизно в 2,1 рази більшу, ніж чоловіки [73]. Дослідники стверджують, що захворювання СНЩС на різних стадіях зустрічається у 25,0-65,0% населення [60, 158]. Автори роботи [24, 158] вважають, що у 60,0-70,0% населення відзначається хоча б одна ознака дисфункції СНЩС, попри те лише кожна четверта особа звертається за стоматологічною допомогою з даними скаргами.

Додатковим чинником, що підкреслює складність діагностики на лікування дисфункцій СНЩС є високий рівень та інтенсивність больових проявів м'язово-суглобового апарату [116. 158]. Серед симптомів дисфункції СНЩЗ відзначають біль у СНЩЗ та жувальних м'язах [1], суглобові звуки (крепітація та клацання), блокування [27, 63, 110], обмеження рухливості нижньої щелепи [26, 61, 76] та зміни у диску (ЗД) [3, 46, 59, 103]. Причинно-

наслідковий зв'язок не може бути встановлений за допомогою типових обсерваційних досліджень, оскільки етіологія захворювань СНЩС є багатофакторною, як з точки зору біомеханічних, так і інших чинників. Серед факторів ризику розвитку розладів скронево-нижньощелепового суглобу були виявлені такі: жіноча стать, депресія, тривога, стрес, порушення сну, обструктивне апное під час сну, головний біль, мігрень та інші хронічні болі [11, 21]. У підлітковому віці етіологія СНЩЗ може бути пов'язана шкідливими звичками, аномаліями росту, стресом [109].

Велика поширеність патологій СНЩС та негативний вплив на якість життя спонукають до всебічного вдосконалення діагностичних та лікувальних методів. Перебіг та корекцію таких патологічних станів вивчає розділ стоматології, який формується як окремий науковий напрям «гнатологія» та фахівці відповідної спеціалізації, яка, наразі, в Україні визначена як субспеціальність, що перебуває в стані активного становлення. Здійснення професійної діяльності гнатолога потребує комплексних та системних знань про біомеханіку щелепно-лицевого апарату, розуміння сутності багатофункціональних взаємозв'язків між структурними елементами та тканинами зубощелепної системи в нормі та при патології, їх ролі та можливостях застосування у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

Затребуваність знань з біомеханіки значною мірою залежить від виду практичної діяльності лікаря та його спеціалізації. Тому важливо звернути увагу на розподіл фахівців стоматологічної галузі за спеціалізаціями в Україні та провести компаративний аналіз з країнами ЄС та США.

Так, до 27 лютого 2023 р. в Австрії офіційно не було визнаних стоматологічних спеціальностей – лише загальні стоматологи. З 1 вересня 2023 р. введено спеціалізацію з ортодонтії («Fachzahnarzt für Kieferorthopädie») – дозволено навчання й отримання відповідної кваліфікації. Тобто, станом на зараз, в Австрії офіційно визнана лише одна стоматологічна спеціальність – ортодонтія, решта стоматологів офіційно працюють як загальні лікарі [51].

У Німеччині офіційно визнані дві загальноєвропейські спеціальності: ортодонтія та оральна хірургія. Водночас існують додаткові ступені, що визнаються в окремих федеральних землях – такі як ендодонтія, пародонтологія, ресторативна стоматологія тощо, їх кількість сягає 6 напрямів. Дані щодо загальної кількості стоматологів, активних лікарів, фахівців з оральної хірургії (3 732 спеціалісти) та ортодонтії (3 790, що становить 5,2 %) [16, 112, 113].

Згідно з інформацією, що поміщена на сайті American Dental Association (ADA) [6] у США, офіційно визнано дев'ять спеціалізованих сфер стоматологічної практики. Варто зазначити, що ADA є однією з найстаріших та найбільших асоціацій стоматологів і визнана Міністерством освіти США як національний орган з акредитації навчальних програм в сфері стоматології, та суміжних спеціальностей. У журналі Journal American Dental Association [100], який є офіційним органом Асоціації, систематично публікується аналітика ринку стоматологічних послуг, рекомендації щодо розвитку галузі. (наразі домінують рекомендації щодо діджиталізації, штучного інтелекту, інфраструктури клінік).

Офіційно визнаними спеціалізованими сферами стоматологічної практики у США є:

- загальна стоматологія;
- ендодонтія;
- патологія ротової порожнини і щелепно-лицевого апарату;
- хірургія ротової порожнини і щелепно-лицевого апарату;
- ортодонтія и ортопедія ротової порожнини;
- дитяча стоматологія;
- пародонтологія;
- протезування;
- рентгенологія порожнини рота і щелепно-лицевого апарату.

Зважаючи, що загальна кількість активних стоматологів на початок 2022–2023≈188–202 000, наведемо розподіл за спеціалізаціями в США станом на початок 2023 р. (Таблиця 1.1).

Розподіл за спеціалізаціями у США станом на початок 2023 р. (на базі даних Bcs Becker's Dental + DSO Review та ADA)

Спеціалізація	К-ть	Відсоток від 188 000–202 000
Загальна стоматологія	~159 246	~79 – 85 %
Ортодонти	~10 900	~5,8 %
Педіатри	~8 800	~4,7 %
Ендодонти	~5 700	~3,0 %
Пародонтологи	~5 700	~3,0 %
Інші (протезисти, радіологи тощо)	~12600	~6,8 %

Проаналізувавши зібрані дані, можемо зробити висновок про зростання частки лікарів-спеціалістів з ~15 % у 2000 до 21 % у 2023. Найбільш динамічно зростає кількість дитячих стоматологів (+103 %) та ендодонтів (+42 %). Відбуваються також демографічні зміни, а саме знижується середній вік стоматологів (з 50 у 2014 р. до 49 у 2020–21 рр.). Збільшується кількість стоматологів від 6,07 у 2020 р. до 6,7 у 2023 р. на 10 000 населення.

Проведемо порівняльний аналіз тенденцій, що мають місце у стоматологічній сфері різних країн. Важливо також з'ясувати які нові запити та формати мають місце в останні роки.

- Попит на теле-стоматологію зріс у 60 разів під час локдауну і залишився у 10 разів більшим, ніж допандемічно [100]
- Пандемія також спричинила збільшення випадків стресового скреготіння зубами (бруксизму, зумовленого стресом), карієсу та захворювань ясен через відкладену профілактику [100]
- Загальна кількість стоматологів стабільно зростала – з 166 000 у 2002 до понад 202 000 у 2022–2023 роках (~61–60 лікарів на 100 000 населення).

- Серед них спеціалістів понад 20 % станом на 2023 р. (21,3 %).
- Зростання найінтенсивніше серед педіатричних стоматологів (+103 % із 2000 р.) та ендодонтів (+42 %). [100]

Таким чином, можна стверджувати, що у США відбулася різка, але короткочасна втрата відвідувань через COVID у 2020 р., за якою слідувало швидке відновлення; зберігається нерівність доступу серед власників страхових полісів різного типу, зростає роль телемедичного консультування; стабільно зростає кількість стоматологів (а останні 23 роки кількість зросла приблизно на 23 %, з понад 140 000 у 2002 до 202 000 у 2023 р.) [101].

Зважаючи на специфіку використання знань з біомеханіки фахівцями різних стоматологічних спеціалізацій, проаналізуємо структуру спеціалізацій за спеціальністю «Стоматологія» в Україні. Відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України 22 червня 2021 р. № 1254 (у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 16 березня 2022 р. № 493) [185], після проходження інтернатури випускникам другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 221 «Стоматологія» присвоюється звання «лікар-спеціаліст». Обов'язковим є складання ліцензійного іспиту «Крок-3» та іспиту з оволодіння практичними навичками та співбесіди [185].

Після завершення інтернатури, лікар-спеціаліст має право на проходження курсу спеціалізації за обраною стоматологічною спеціальністю. Перелік спеціалізацій для стоматологічної сфери затверджений наказом МОЗ України «Про затвердження Переліку циклів спеціалізації та тематичного удосконалення за лікарськими та фармацевтичними спеціальностями» [184] в редакції Наказу Міністерства охорони здоров'я № 2132 від 23.12.2024, з урахуванням змін, внесених Наказом Міністерства охорони здоров'я № 78 від 10.01.2025.

Нижче у таблиці наведено перелік стоматологічних спеціальностей (Таблиця 1.2) та вказана тривалість циклів для їх проходження.

Перелік стоматологічних спеціальностей та тривалість циклів спеціалізації

№	Назва спеціалізації	Тривалість циклу
1	Дитяча стоматологія	3 місяці
2	Криміналістична одонтологія	2 місяці
3	Ортодонтія	9 місяців
4	Ортопедична стоматологія	4 місяці
5	Пародонтологія	6 місяців
6	Стоматологія	3 місяці
7	Терапевтична стоматологія	3 місяці
8	Хірургічна стоматологія	6 місяців
9	Щелепно-лицева хірургія	9 місяців

Проведемо короткий аналіз динаміки зміни кадрового складу фахівців стоматологічного профілю в Україні, оскільки така інформація є важливою у контексті нашого дослідження і має безпосередній вплив на формування та зміну контенту освітніх програм професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології.

За даними статистичної звітності МОЗ України, станом на 01.01.2020 р. в Україні працювали 24 622 лікарів стоматологічного профілю. У закладах охорони здоров'я системи МОЗ України у 2019 р. працювали 15365 спеціалістів стоматологічного профілю: лікарів-стоматологів – 9712, дитячих стоматологів – 1601; стоматологів-хірургів – 1600; лікарів стоматологів-ортопедів – 2035; лікарів стоматологів-ортодонтів – 417. [174].

Тобто, станом на 1 січня 2020 розподіл по спеціальностях у відсотках лікарів-стоматологів лікувальних закладів усіх форм власності та підпорядкування був таким:

- Лікарі-стоматологи терапевтичного профілю – 67,4 %.

- Дитячі – 7,7 % (1 891).
- Хірурги – 8,7 % (2 142).
- Ортопеди – 13 % (3 206).
- Ортодонти – 3,2 % (780).

У 2020 р. в Україні працювало – 22 180 стоматологів у 6 443 установах. Станом на 1 січня 2022 у державному секторі працювали: лікарі-стоматологи – 7 943, дитячі – 1 331, хірурги – 1 460, ортопеди – 1 639, ортодонти – 338. Громадська організація «Асоціація стоматологів України» у тісній співпраці з науково-педагогічними працівниками Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, науковцями ДУ «Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії НАМН України», працівниками з ДУ «Центр громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України» проводить щорічний моніторинг основних показників стоматологічної допомоги в Україні.

За даними [175] станом на 01.01.2023 в Україні працювали 16 004 лікарі стоматологічного профілю, з них стоматологів – 10 100 осіб, дитячих стоматологів – 1454 особи стоматологів-хірургів – 1790 осіб, стоматологів-ортопедів – 2098 осіб, стоматологів-ортодонтів – 562 особи (рис. 1). У закладах охорони здоров'я системи МОЗ України – 10 081 спеціаліст стоматологічного профілю, у тому числі: стоматологів – 5747, дитячих стоматологів – 1203; стоматологів-хірургів – 1403; стоматологів ортопедів – 1447; стоматологів-ортодонтів – 281.

В інших міністерствах і відомствах у 2022 р. стоматологічну допомогу надавали 372 спеціалісти стоматологічного профілю (у тому числі 284 стоматологи, 15 дитячих стоматологів, 32 стоматологи-хірурги, 34 стоматологи-ортопеди, 7 стоматологів-ортодонтів). У закладах приватної форми власності працював 5551 лікар стоматологічного профілю, у тому числі: стоматологів – 4305, дитячих стоматологів – 236, стоматологів-хірургів – 355, стоматологів-ортопедів – 617, стоматологів-ортодонтів – 274. Протягом останніх 12 років спостерігається суттєве зменшення кадрового потенціалу стоматологічної галузі України [175].

Виклики останніх років (повномасштабне вторгнення РФ, карантинні обмеження, обумовлені пандемією) вплинули на чисельні та якісні показники стоматологічної сфери України і спричинили істотні коливання базових показників: обсяги стоматологічної допомоги, кількість закладів охорони здоров'я стоматологічного профілю, кадрове забезпечення стоматологічної сфери.

Попри те, що Україні зберігається потужна інфраструктура закладів охорони здоров'я, що надають стоматологічну допомогу, «разом з тим спостерігається скорочення кількості стоматологічних закладів охорони здоров'я України за період з 1 січня 2021 р. по 31 грудня 2022 р.: на 14 % – комунального сектора (1359 закладів – у 2020 р., 1172 – у 2022 р.) і на 36 % – приватного сектора (5084 заклади – у 2020 р., 3246 – у 2022 р.).»

Істотних втрат зазнав кадровий потенціал: у 2022 р. зареєстровано на 28% менше лікарів стоматологічного профілю (16 004), ніж у 2020 р. (22 180, з яких у комунальному секторі працює 10 081 спеціаліст (у 2020 р. – 12 601, у приватному – 5551 (у 2020 р. – 8940).

За даними Мазур І.П. Вахненко О.М., Рибачук А.В., Мазур П.В., наведеними в роботі «Аналіз основних показників стоматологічної допомоги в Україні за 2020 рік» [174] забезпеченість спеціалістами стоматологічного профілю, які працюють у закладах МОЗ України станом на 01.01.2020 р., становила 3,68 на 10 тисяч населення, лікарями-стоматологами – 2,7, лікарями стоматологами-ортопедрами – 0,49, стоматологами-хірургами – 0,38, лікарями стоматологами-ортодонтами – 0,10. У 2022 р. ці показники були такими: забезпеченість спеціалістами стоматологічного профілю 2,46 на 10 тис. населення, лікарями-стоматологами – 1,7, стоматологами-ортопедрами – 0,35, стоматологами-хірургами – 0,34, стоматологами-ортодонтами – 0,07. Найвищі показники забезпеченості лікарями стоматологічного профілю були в м. Києві – 4,85 на 10 тис. населення, у Полтавській області – 4,05, у Львівській області – 3,97. Значно нижчі показники реєструвались в областях: Закарпатській – 0,94, Миколаївській – 1,43, Рівненській – 1,85.

У праці [175] зазначено, що показник забезпеченості стоматологічними кадрами в Україні становив у 2022 р. 3,9 лікаря на 10 тис. населення з урахуванням лікарів-стоматологів закладів усіх форм власності й підпорядкування, що суттєво нижче порівняно з 2020 роком (5,4). З огляду на міграцію українців унаслідок воєнної агресії, мобілізацію до лав Збройних сил України цей показник має бути вищим, але розрахунок проводили за даними чисельності населення Державної служби статистики України станом на 01.01.2022 (40 997 698 українців). Разом з тим показник забезпеченості стоматологами у 2022 р. є найбільш низьким за всі роки незалежності України й порівняно з країнами ЄС (Рис. 1.1, 1.2).

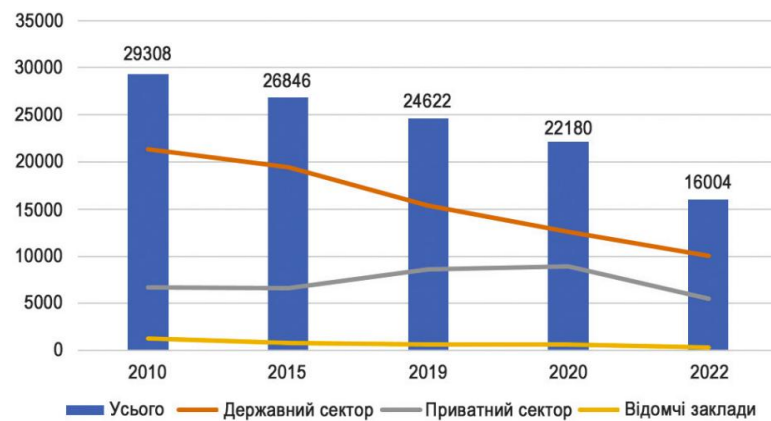


Рис. 1.1. Динаміка кількості лікарів-стоматологів, що працювали в закладах охорони здоров'я різних форм власності, з 2010 по 2022 рік [175]

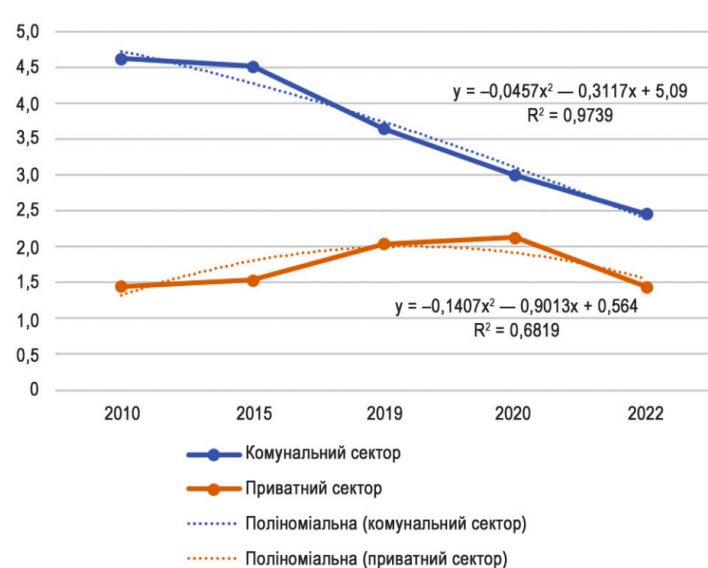


Рис. 1.2. Забезпеченість лікарями-стоматологами на 10 тис. населення України в комунальному і приватному секторах охорони здоров'я [175]

На нашу думку, одним з показників для визначення провідних трендів у стоматологічній галузі може бути аналіз матеріалів та тематики проведених в Україні в останні роки конференцій та симпозіумів. Так, 20 травня 2025 р. в НМУ ім. О.О. Богомольця була проведена науково-практична конференція «День цифрової стоматології в НМУ», організатором якої була кафедра ортодонції. Формат: доповіді та майстер-клас із роботи зі сканерами та софтом. Тематика: імплементація цифрових протоколів в ортодонції, ортопедії, хірургії. Всеукраїнська конференція «Цифрові методи діагностики і лікування в стоматології» була проведена в Полтаві, 26–27 жовтня 2023 р. [226].

Основний фокус конференції на використанні цифрових технологій у реставраційній стоматології та ендодонції, використанні CAD/CAM-систем для виготовлення стоматологічних конструкцій, цифрових технологіях в імплантології (хірургії та ортопедії). У 2024 р. науковці та практики стоматологічного напрямку зібралися на міждисциплінарній конференції «Патології СНЩС» (21–22 травня 2024, Полтава). Основна увага – діагностика та лікування патологій СНЩС (включно із рентгенологією), практика та протоколи ведення, залучення лікарів різних спеціальностей до проблем, пов'язаних з функціонуванням СНЩС. У цьому ж році Асоціацією ортодонтів, імплантологів, пародонтології була організована Всеукраїнська конференція «Team Building у стоматології» (11 листопада 2023, Полтава). Асоціація цифрової ортодонції і Асоціація ортодонтів стали організаторами Міжнародного симпозіуму «Цифрова ортодонція – міждисциплінарний підхід» (18–20 травня 2024, Київ). Програма: елайнери, моніторинг СНЩС, цифрові технології та їх інтеграція в клінічну практику. Академією лікарів Карпатського регіону був організований Міжнародний конгрес «Новітні тенденції та перспективи в стоматології» (14–15 листопада 2024, онлайн). Тематика: міждисциплінарний підхід у стоматології дітей та дорослих.

Таким чином, висока активність в організації конференцій стоматологічного спрямування в Україні спостерігалася у 2024 р. Це є свідченням потреби професійного обміну в умовах воєнного стану, необхідністю

безперервного професійного розвитку. Тематика конференцій засвідчила підвищений інтерес до цифрових технологій, міждисциплінарного підходу. Переважали онлайн формати проведення (4 конференції), при зростанні ролі гібридного (змішаного) формату, який є особливо актуальним в тематиках СНЩС і міждисциплінарності.

Аналіз матеріалів зазначених вище форумів засвідчив тенденцію на такі ключові питання:

1. Цифрові технології: від сканування до CAD/CAM, цифрове моделювання, All-on-4, цифрові ортодонтичні протоколи.

2. Міждисциплінарність: СНЩС, на СНЩС та функціональний підхід у стоматології, пародонтологія, ортодонтія: стратегії та лікування.

Окрема увага приділялась питанням телемедицини, діагностиці і терапії СНЩС. Майже всі конференції мали гібридний формат: онлайн + офлайн участь у заходах. Організатори конференцій змогли забезпечити високу зацікавленість у тематиці, велику аудиторію освітян та науковців, участь міжнародних доповідачів, акредитація БПР.

Для наочності створимо порівняльну таблицю (Таблиця 1.3): тематика конференцій та глобальні тренди.

Таблиця 1.3

Конференції, що проведені в Україні впродовж останніх двох років та глобальні тренди

№	Назва конференції	Тема	Цифрові технології	Ш/Телемедицина	Міждисциплінарність	СНЩС / функціонал
1	День цифрової стоматології в НМУ	ортодонтія, хірургія	☒	—	—	—
2	Цифрові методи діагностики	CAD/CAM, імплантологія	☒	—	—	—
3	Патології СНЩС	СНЩС	—	—	☒	☒

№	Назва конференції	Тема	Цифрові технології	ШІ/Телемедицина	Міждисциплінарність	СНЩС / функціонал
4	Team Building у стоматології	All-on-4, рецесії	☑	–	☑	☑
5	Цифрова ортодонція	ейлайнери, цифрове лікування	☑	–	☑	☑
6	Новітні тенденції (онлайн)	загальна клін. Стоматологія	☑	☑	☑	–

Проведений аналіз дав змогу встановити ключові тенденції розвитку сучасної стоматології у клінічному, технологічному та освітньому аспектах. Основним трендом, на якому акцентують увагу усі без винятку розглянуті нами джерела є цифрова трансформація стоматологічної галузі. До таких ми відносимо нижчезазначені:

1. Цифрова трансформація стоматологічної сфери:

- Телемедицина.
- Інтраоральні сканери заміняють традиційні відбитки.
- CAD/CAM-системи або CAD/CAM – акронім від Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing. Комп'ютеризовані системи для автоматизованого проектування та автоматизованого виробництва продукції. Computer-Aided Design зосереджується на створенні цифрових моделей, тоді як CAM перетворює ці моделі на інструкції для виготовлення елементів для стоматологічних реставрацій, протезів, кап.
- 3D-друк для хірургічних шаблонів, ортодонтичних апаратів, моделей.
- практичні аспекти застосування штучного інтелекту у діагностиці та лікуванні: діагностика на основі знімків КТ та МРТ, розроблення плану лікування, контуринг здорових тканин, виявлення карієсу, періодонтиту, оцінка ризиків тощо.

2. Персоналізована стоматологія:

- Оцінка генетичних ризиків, мікробіому порожнини рота.
- Індивідуалізовані ортодонтичні та пародонтологічні підходи.
- 3D-планування імплантації з урахуванням анатомічних особливостей.
- Фокус на естетиці, комфорті та психоемоційній підтримці пацієнта з урахуванням страхів, ПТСР, тривожності.

- Висока роль естетичної стоматології та smile design.

3. Інтердисциплінарний підхід:

- Співпраця стоматолога з лікарями суміжних спеціальностей (кінезіологом, фіхівцем з реабілітації, ЛОР-лікарем, неврологом, остеопатом, терапевтом мови та мовлення тощо).

- Зростання значущості гнатології як напрямку, що базований на функціональному, інтердисциплінарному підході.

- Ортодонтія, що враховує біомеханіку ОРА, дихання, функцію скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС).

4. Розроблення та використання біоматеріалів нового покоління:

- Кераміка з підвищеною прозорістю й міцністю (прикладом є літєвий дисилікат, цирконій).

- Біоактивні матеріали для ремінералізації емалі, стимуляції тканин.
- Наноматеріали з антимікробними властивостями.
- Біорозкладні матеріали, екологічна упаковка, зменшення відходів.
- Використання енергоефективного обладнання.

5. Мінімально інвазивні методики:

- Використання атравматичних інструментів та матеріалів.
- Мінімально інвазивна імплантація.
- Принцип «відновлення, а не видалення»: фокус на збереженні життєздатності зуба.

6. Освіта та телемедицина:

- Онлайн-курси, віртуальна реальність (VR) для тренувань, симуляцій.
- Телестоматологія: консультації, моніторинг пацієнтів дистанційно.
- Доказова медицина у протоколах лікування.

Таким чином, простежується суголосся українських та світових трендів в аспекті цифрової трансформації стоматологічної галузі, інтердисциплінарного підходу та персоналізованої стоматологічної допомоги.

На превеликий жаль, агресія рф спричинила істотні коливання базових показників і призвела до зменшення обсягів стоматологічної допомоги, кількості закладів охорони здоров'я стоматологічного профілю, забезпеченості кадрами стоматологічної сфери.

1.2. Роль та місце знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології

Щоб визначитися з основними стратегіями та тактиками інтеграції знань з механіки та біомеханіки варто дослідити роль та місце цих знань у системі фахової підготовки майбутніх лікарів у контексті провідних тенденцій розвитку сучасної стоматології.

Потреби, соціальні запити та якісні зміни, що відбуваються у стоматологічній сфері, мають мати віддзеркалення у системі підготовки та підвищення кваліфікації кадрів. Спираючись на дані інтернет ресурсу Освіта.ua [190], наразі в Україні підготовку фахівців за спеціальністю 221 «Стоматологія» для другого (магістерського) рівня вищої освіти проводять 18 М(Ф)ЗВО. Аналіз науково-інформаційних джерел, офіційних web-сайтів, відомств, що підпорядковані МОЗ України та М(Ф)ЗВО України, свідчать про невпинні пошуки шляхів та засобів для покращення якості підготовки здобувачів вищої медичної освіти, зокрема й майбутніх магістрів стоматології.

Традиційно одними з першочергових завдань, безпосередньо пов'язаних зі знаннями з механіки та біомеханіки, у практичній стоматології вважалося забезпечення функціональності, міцності та надійності створених конструкцій. Це цілком логічно, оскільки функціонування зубощелепної системи людського організму безпосередньо пов'язане з постійними механічними навантаженнями, що супроводжують процеси кусання й жування. Сьогодні ж при отриманні стоматологічних послуг пацієнти окрім бездоганної функціональності

потребують також естетичної довершеності, урахування впливу різних за хімічним вмістом середовищ, інших біомеханічних й біохімічних чинників.

Літературні дані свідчать, що функціонування зубощелепної системи можуть мати не лише стоматологічні, а й інші системні прояви. Так, порушення в жувальному апараті можуть впливати на положення голови, шиї, тулуба. В роботі [80] автори стверджують, що жувальна система пов'язана з постурою через м'язово-фасціальні та нейронні ланцюги, а зміни оклюзії можуть викликати адаптації у положенні голови й тулуба. Підтвердженням цієї думки є висновки, наведені в роботі [90] про біомеханічний взаємозв'язок між жувальною системою і поставою. Підставою для такого висновку авторів став аналіз результатів використання оклюзійної шини, застосування якої зумовило корекцію положення голови.

Дискусії щодо взаємозв'язку між розладами у функціонуванні ЗЩС та постурою стали предметом багатьох наукових досліджень. Автори роботи [81] на основі аналізу відносно невеликої кількості наукових праць, підтвердили гіпотезу про кореляцію між функціонуванням скронево-нижньощелепних суглобів (СНЩС) та постурологією. У 2023 Г. Мінервіні з колегами був проведений системний мета-аналіз наукових праць, який мав на меті підтвердити чи спростувати наявність взаємозв'язку між поставою та розладами скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩЗ). [69]. На основі літературних даних, знайдених за допомогою ключових слів в базах PubMed, Lilacs та Web of science, опублікованих з 2000 року по 31 грудня 2022 року, було здійснено побудову «forest diagram», яка підтвердила наявність кореляційного зв'язку між ЗЩА і постурою. Автори також зауважили про ймовірну участь спільних нейром'язових регуляторних шляхів у цих процесах, зазначивши необхідність додаткових рандомізованих досліджень для підтвердження цієї гіпотези та визначенні послідовності причинно-наслідкових зв'язків. Автори дійшли висновку стосовно важливості міждисциплінарного підходу, оскільки вплив стоматологічної терапії може мати системний ефект, тому стоматологічне та ортопедичне обстеження мають взаємодоповнювати одне одного в оцінці ЗЩА.

Спектр симптомів при порушенні функцій ЗЩС є досить широким: біль у щелепі, обмежений рух щелепи, клацання, головні болі, болі у м'язах тощо. З того часу, як Гудфренд описав функціональні порушення стоматогнатної системи в журналі *Dental Cosmos* 1932 р. [38], для опису відхилень від оптимального та здорового нормального стану стоматогнатної системи використовувалося кілька термінів. Наразі термін «скронево-нижньощелепні розлади» (СНЩР) є загальноприйнятим і найчастіше використовується для позначення порушень та дисфункції стоматогнатної системи. Більше того, у 2014 р. цей термін став «золотим стандартом» для діагностичних критеріїв розладу та таксономії. Цьому передувала серія семінарів та симпозіумів, на яких групи експертів досягли консенсусу щодо диференціації СНЩЗ на 5 скронево-нижньощелепних розладів, пов'язаних з болем (3 розлади м'язового походження, 1 суглобового походження та 1 розлад, зумовлений головним болем) та 5 внутрішньосуглобових скронево-нижньощелепних розладів [23].

Скронево-нижньощелепні розлади охоплюють широкий спектр станів, що впливають як на структуру, так і на функцію щелепи. Етіологія СНЩЗ є багатофакторною та може виникати внаслідок м'язових та суглобових розладів, дегенеративних процесів або поєднання різних симптомів.

Таким чином, можна стверджувати, що біомеханічні дослідження у сучасній стоматології охоплюють доволі широке коло питань і потребують комплексного підходу, який ґрунтується на механічних, клінічних та хіміко-фізичних знаннях.

У одній з найбільш популярних книг, присвячених проблемі дослідження, «*Dental Biomechanics*» [8], автор виокремлює такі напрями застосування біомеханіки в стоматології:

- біомеханіка кісткових тканин;
- біомеханіка м'яких тканин, зокрема механіка пародонтальної зв'язки;
- комп'ютерна томографія та оцінка методів обробки зображень;
- комп'ютерний передхірургічний аналіз для реабілітації порожнини рота;
- стоматологічні матеріали, що стосуються імплантатів, титанових литих

пристроїв, металургійних проблем та обробки поверхні імплантатів;

- процедури механічних випробувань для оцінки надійності стоматологічних пристроїв;
- аспекти клінічної практики з посиланням на біомеханічні проблеми;
- ортодонтичне лікування та аналіз механічних характеристик ортодонтичних апаратів;
- чисельне моделювання в стоматологічній біомеханіці як актуальний підхід до дослідження стоматологічних проблем;
- механіка матеріалів.

Автори [229] дотримуються дещо іншого підходу у структуруванні змісту біомеханіки, виокремлюючи такі структурні компоненти: основні поняття, терміни та закономірності механіки та біомеханіки; біомеханіку в щелепно-лицевій ортопедії; біомеханіку в дентальній імплантології.

Ми погоджуємося з авторами [178], що «Знання з класичної механіки є основою для «біомеханіки» (науки, яка на основі ідей та методів механіки вивчає властивості біологічних об'єктів (м'язових і кісткових тканин), закономірності їх адаптації до довкілля, поведінку та механічні рухи в них на всіх рівнях організації та в різних станах, включаючи періоди розвитку й старіння, а також при патологіях). Знання з біомеханіки відкривають можливість осмислення закономірностей перебудови тканин пародонту, як реакції на механічний вплив ортодонтичної апаратури» [178].

Для визначення ролі та місця знань з біомеханіки у системі підготовки магістрів стоматології нами були проаналізовані робочі програми навчальних дисциплін, що мають найбільш тісні зв'язки з біомеханікою та гнатологією. Окремо аналізувалися робочі програми навчальних дисциплін, що відносяться до циклу загальної підготовки та циклу професійної підготовки. До першої категорії віднесені теми з таких дисциплін: «Анатомія голови та шиї», «Медицина та біологічна фізика», «Фізіологія щелепно-лищевої ділянки». До другої – «Патоморфологія голови та шиї», «Патофізіологія щелепно-лищевої ділянки», «Ортодонтія», «Ортодонтична стоматологія», «Радіологія. Радіологія в

стоматології», «Терапевтична стоматологія», «Хірургічна стоматологія» (Рис. 1.3)



Рис. 1.3. Взаємозв'язок біомеханіки з іншими навчальними дисциплінами

Проведений аналіз робочих програм засвідчив вкрай низьку частку годин, відведених на формування системних знань, що складають основу біомеханічно-функціонального підходу, очевидними є розбіжності у трактуванні понять, використанні термінів, позначеннях фізичних величин.

Так, у курсі «Медична та біологічна фізика з основами інформатики» станом на 2022–2023 навчальний рік на вивчення біомеханіки відводилося лише 1 год лекцій та 3 год практичних занять. Цього вкрай недостатньо для розгляду тем з біомеханіки, що є важливими для вивчення ортодонції, розподілу сил в ортодонтичних апаратах, основ стоматологічного матеріалознавства тощо. Зміна парадигми у практичній стоматології потребує відповідних змін і у змісті підготовки магістрів стоматології.

Показовою у контексті нашого дослідження стала зміна змісту інтегрованого тестового іспиту «Крок 2» зі спеціальності «Стоматологія», який

є тестовим компонентом єдиного державного кваліфікаційного іспиту (ЄДКІ) і одним з обов'язкових етапів атестації здобувачів ступеня вищої освіти магістр за спеціальностями галузі знань «22 Охорона здоров'я» [140].

Для здобувачів, які складатимуть іспит зі спеціальності «Стоматологія», починаючи з 2026 року, у зміст внесені питання: Основи гнатології (код 1200) Біомеханіка зубощелепного апарату (код 11220) Робота з артикуляторами (код 11210) Оклюзійна діагностика і корекція (код 11230). Окрім цього, істотно більша увага приділена стоматологічному матеріалознавству та травмам щелепно-лицевої ділянки.

Сформованість системних знань з біомеханіки та здатності їх використовувати у професійній діяльності є багатоаспектним і критично важливими для фахівців більшості спеціалізацій спеціальності 221 «Стоматологія» [200]. Дійсно, знання і розуміння основних понять, положень і законів біомеханіки дає змогу зрозуміти сутність багатьох професійно важливих явищ і процесів, оскільки механічні переміщення, зміна форми та розмірів притаманні практично усім явищам та процесам, що відбуваються при функціонуванні ЗЩС. Очевидно також, що несформованість системних знань з біомеханіки унеможлиблює вивчення спеціальних фахових дисциплін, які є складовою освітньо-професійних програм галузі 22 «Охорона здоров'я» [189].

У формуванні системних знань з механіки та біомеханіки ЗЩС як складової професійної готовності майбутнього магістра стоматології можна виокремити декілька етапів, які в подальшому можуть бути маркерними для побудови моделі їх інтеграції.

Насамперед зазначимо, що формування базових знань та умінь з механіки відбувається при вивченні фізики у закладах середньої освіти: основні поняття механіки, закони та закономірності. Тут вивчають основи класичної механіки, яка є фундаментом біомеханіки і поділена на три головні частини: кінематику, статику і динаміку. У кінематиці розглядається рух тіл незалежно від причин, які зумовили цей рух або змінили його. У статистиці вивчаються закони рівноваги системи тіл. У динаміці – закони руху тіл і причини, які викликають

або змінюють цей рух. Слід підкреслити умовність поділу механіки на дві останні частини, оскільки, якщо відомі закони руху тіл, то з них можна вивести і закони рівноваги.

Будучи найпростішою формою руху матерії, механічний рух не лише визначає переміщення різних тіл одне відносно одного, а й зміну їхньої форми при дії зовнішніх чинників (сили, пари сил, впливу температури, електричного поля тощо) тіла тим самим визначаючи також поведінку біологічної тканини в умовах деформації. Зазначене свідчить про необхідність розуміння сутності процесів, які визначаються механічними властивостями зубощелепної системи, які зазнають дії фізичних сил різного характеру та направленості як завдяки процесам, що є фізіологічною нормою для ЗЩА, так і через різного роду патологічні процеси та нехарактерні впливи.

На другому етапі відбувається формування знань базових знань з біомеханіки завдяки інтеграції природничих навчальних дисциплін, насамперед медичної і біологічної фізики, анатомії, фізіології. Для стоматологів найбільшої уваги потребує вивчення рухів нижньої щелепи, яка бере участь у багатьох процесах: ковтання, жування, мовлення, тощо. Рух нижньої щелепи відбувається завдяки скоординованій центральною нервовою системою взаємодії м'язів, скронево-нижньощелепних суглобів (СНЩС). Таким чином, розглядаючи проблему конструювання змісту біомеханіки для стоматологів, маємо розглядати механічні рухи та механічні властивості кісткової тканини, суглобів, м'язів та особливості нервового збудження.

Далі відбувається формування спеціальних фахових знань з механіки та біомеханіки при вивченні клінічних дисциплін, («Ортодонтія», «Ортодонтична стоматологія», «Терапевтична стоматологія», «Хірургічна стоматологія» тощо), здобувши які майбутні магістри стоматології мають розуміти та аналізувати складні багатофакторні процеси, що відбуваються у ЗЩС, особливості використання біомеханічних законів та закономірностей у практичній діяльності фахівців різного.

На наше переконання між двома останніми етапами існує певний «gap»,

обумовлений як великим часовим проміжком (перші та завершальні роки навчання у МЗВО), так і відсутністю об'єднуючого чинника для систематизації та інтеграції здобутих знань. Здобувачі вищої медичної освіти потребують знань про біомеханіку рухів скронево-нижньощелепного суглоба, м'язового скорочення, основи стоматологічного матеріалознавства. Роль такого чинника може виконати вибіркова дисципліна (одна чи декілька), орієнтована на інтеграцію знань з механіки та біомеханіки, за умови її вивчення впродовж другого/третього років навчання.

Біомеханіка є прикладним розділом, опанувати яким мають фахівці практично усіх спеціалізацій стоматологічного спрямування: ортодонтія, ортопедія, хірургія, терапія, імплантологія та пародонтологія. Безумовно, обсяг та глибина знань з біомеханіки мають враховувати специфіку професійної діяльності магістра стоматології та рівень його підготовки, тому важливою є цільова аудиторія: стоматологи загальної практики, ортодонти, ортопеди, слухачі післядипломної освіти, інтерни, студенти молодших курсів, студенти старших курсів

Спробуємо орієнтовно визначитися, у якому обсязі біомеханіка потрібна для фахівців різних спеціалізацій. Біомеханіка закладає основи розуміння функціональної взаємодії складових ЗЩС, даючи змогу ортодонтам та ортопедом знання, які дають змогу забезпечити пацієнтам покращену функціональність та комфорт. Правильне розташування верхніх і нижніх зубів під час кусання та жування є важливим для забезпечення рівномірного розподілу сил, що генеруються, по всій зубній дузі. Це допомагає запобігти порушенням у роботі СНЩС, бруксизму, надмірному стиранню або дискомфорту, спричиненому неправильним розташуванням зубів.

Роль біомеханіки є ключовою в проектуванні стоматологічних протезів, зважаючи на важливість розуміння функції щелепи та оклюзії для оптимізації протезних властивостей. Розуміння біомеханіки рухів щелепи дозволяє створювати протези, які можуть враховувати складну динаміку рухів СНЩС, не

ставлячи під загрозу здатність пацієнта жувати, говорити або виконувати інші важливі функції.

Варто зазначити роль біомеханіки в аспекті сучасного стрімкого прогресу в стоматологічному матеріалознавстві, створенні нових вискоефективних матеріалів, таких як цирконій, титан та вдосконалена кераміка, які забезпечують чудову міцність, зносостійкість та естетичну привабливість. Ці матеріали не тільки підвищують довговічність зубних протезів, але й забезпечують біосумісність з тканинами ротової порожнини, зменшуючи ризик побічних реакцій та сприяючи швидшому загоєнню. Автори [230] вважають, що проектування та розробка зубних протезів зазнали значного прогресу за останні кілька десятиліть, що зумовлено інтеграцією кількох наукових напрямків, включаючи гнатологію, біомеханіку та матеріалознавство. Ці інновації змінили підхід до реставрації. Біомеханіка, зосереджується на силах, що діють на кожен з елементів зубощелепної системи під час звичайної діяльності, такої як жування, дихання та говоріння. Дослідження цих сил є основою для конструювання ортодонтичних апаратів, виконання ортодонтичних процедур різного характеру, виготовлення зубних протезів, які мають бути достатньо міцними й спроектованими так, щоб ефективно розподіляти навантаження, запобігаючи надлишковим напруженням та їхньому пошкодженню. Вивчення цих сил дає змогу створювати оптимізовані ортодонтичні конструкції та конструкції протезів, які відповідають високим естетичним стандартам реконструктивної стоматології, здатні витримувати довготривалі навантаження щоденного використання, зберігаючи при цьому здоров'я ротової порожнини та свою структурну цілісність.

Можемо припустити, що широке використання в ортодонтії та реконструктивній стоматології є причиною того, що біомеханічний підхід в стоматології почав формуватися з розвитком ортодонтії та протезування. Варто зазначити, що перші ортодонтичні апарати базувалися не стільки на розрахунках сил, скільки на емпіричних спостереженнях.

Розглядаючи біомеханіку та гнатологію як важливу складову сучасної стоматології в контексті проблеми нашого дослідження, можемо припустити, яким є рівень знань з біомеханіки для ефективного застосування в ортопедії, ортодонтії, хірургії та терапії (Таблиця 1.4) та співвіднести його з можливостями формування в рамках освітньої програми підготовки здобувачів вищої медичної освіти за спеціальністю 221 «Стоматологія».

Таблиця 1.4

Рівень знань з біомеханіки для фахівців різних спеціальностей

Спеціалізація	Рівень знань з біомеханіки
Терапевт	Базовий – середній
Ортопед	Поглиблений, високий
Ортодонт	Поглиблений, високий
Імплантолог	Поглиблений – високий
Хірург	Поглиблений
Пародонтолог	Середній
Загальний стоматолог	Середній
Гнатолог	Високий

Безумовно, біомеханічний аналіз у різних сферах стоматології потребує специфічних знань, які мають свою орієнтацію на стоматологічні проблеми у імплантатології, ортодонтії, ортопедії, біомеханіці природної ЗЩС.

Таким чином, для реалізації інтегративного підходу потрібно визначити той мінімум системних фундаментальних знань з біомеханіки, який був би інваріантним і достатнім для подальшого доповнення і поглиблення варіативною складовою у процесі вивчення клінічних дисциплін, забезпечував розв’язання комплексних проблем у різних сферах стоматології та професійній діяльності

фахівців різних спеціальностей (імплантологія, ортопедія, ортодонція, гатологія тощо).

1.3. Історико-генезисний аналіз розвитку біомеханіки як складової міждисциплінарного підходу у стоматології. Наукова школа Р. Славічека

Розглядаючи біомеханіку як важливу складову сучасної стоматології в контексті міждисциплінарного підходу, важливо розглянути її в історичному контексті. Становлення біомеханіки, її розвиток та зміна ролі у загальній стоматології, ортопедії, ортодонції, хірургії та терапії дають змогу краще розуміти перспективи розвитку та здійснювати моніторинг рівня готовності до використання у професійній діяльності.

Пошук геометрично-математичних принципів оклюзії розпочався задовго до офіційного встановлення терміну «біомеханіка у стоматології». Механічний підхід до корекції положення окремих зубів був описаний ще у 1619 р. італійським хірургом І. Фабрицієм, а французький лікар П. Фошар у 1728 р. запропонував використовувати металеві дуги для розширення зубного ряду, а також апарат для переміщення окремих зубів за допомогою пружного дроту [178]. Варто зазначити, що біомеханіка щелеп та прикусу на той час описувалися доволі фрагментарно. У кінці XVIII – середині XIX ст. з'явилися перші описи функції скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС), м'язів жування, зубо-щелепних співвідношень, почалась систематизація знань про прикус.

Можна стверджувати, що у стоматології біомеханічний підхід почав формуватися з розвитком ортодонції та протезування (кінець XIX – початок XX ст.). На нашу думку, відправною точкою для формування біомеханічного напряму в стоматології можна вважати роботу американського лікаря Нормана Кінгслі «Трактат про деформації в ротовій порожнині» («Treatise on Oral Deformities» [52]), оприлюднену у 1880 р. Н. Кінгслі розробив знімний ортодонтичний апарат (1879 р.) і 1892 р. став першим, хто використовував систему міжщелепної тяги для корекції протрузії зубів [178].

Важливим внеском стала робота американського лікаря-стоматолога Джона Наттінг Фаррар «Трактат про порушення положення зубів та їх корекції»

(«A Treatise on the Irregularities of the Teeth and Their Corrections» [31]). У ній, зокрема, описані моделі незнімної ортодонтичної апаратури та обґрунтована можливість використання помірних сил для досягнення результату збільшенні інтервалу лікування.

Ключовим моментом роботи американського стоматолога Едвард Енгля, (Edward H. Angle) – засновника сучасної ортодонтії (кінець XIX ст.), є систематизація прикусів та розробка перших ортодонтичних апаратів, що використовували механічні сили, адже до цього ортодонтичні апарати базувалися не стільки на розрахунках сил, скільки на емпіричних спостереженнях [7].

1. Формування біомеханіки як окремого напрямку (середина XX ст).

З поширенням розуміння сутності фізичних законів у медицині та їх значення (особливо у травматології й ортопедії) починає розвиватися наукова біомеханіка медичного спрямування. В ортодонтії з'являються перші спроби математичного моделювання зубних переміщень.

Доктор Беверлі МакКоллум у 1924 р. відкрив перший метод визначення шарнірної осі, що стало важливою віхою в біомеханічних дослідженнях в стоматології. У цьому ж році в науковому обігу з'явився термін «гнатологія», який був запропонований доктором Гарві Сталардом, ортодонтом, і походить від грецьких слів «gnathos» (щелепа) та «ology» (вчення про). Гнатологія – це розділ стоматології, що вивчає функцію скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС), оклюзії (співвідношення зубних рядів) та м'язово-скелетної системи голови й шиї, а також діагностику та лікування порушень їх функції. У світі й Україні гнатологія є важливою складовою сучасної стоматології, особливо в ортопедії, ортодонтії, хірургії та терапії. У 1926 р. доктор МакКоллум заснував Гнатологічне товариство.

У 1927 р. Гарві Сталард визнав, що зуби визначають дугу закриття та оклюзійне положення нижньої щелепи. Він також зрозумів, що для виявлення неправильно розташованих зубів за допомогою артикуляторів необхідні міжщелепні реєстрації для встановлення моделей у положенні центрального

співвідношення. Пропріоцептори зубів передавали інформацію м'язам, і важливим було враховувати цей зворотний зв'язок. Міжщелепні реєстрації дали змогу вирішити цю проблему, оскільки вони проводилися при дещо відкритому положенні щелепи, що вимагало точного визначення шарнірної осі нижньої щелепи. Більше ніж сто років тому, труднощі зі стабільністю повних зубних протезів спонукали до розвитку концепцій оклюзії, включаючи ті, які пізніше стали частиною біомеханіки та гнатології.

Обґрунтування терміну «Біомеханіка у стоматології», розвиток електрофізичних досліджень (1970–1990-ті)

У період 1970–1990 рр. активно розвивається ортопедична стоматологія, з'являються програми чисельного аналізу (наприклад, метод скінченних елементів – FEM), які дають змогу моделювати навантаження на щелепу, протези, імпланти тощо. Розроблена методика дослідження функції СНЩС за допомогою електроміографії, реєстрації рухів нижньої щелепи, томографії дали змогу вивчення взаємозв'язків між оклюзійними порушеннями та дисфункцією СНЩС. Відбувається стрімкий розвиток біомеханіки та гнатології, інтеграція цих знань в ортодонтію, протезування, хірургію.

Однією з ключових постатей у розвитку сучасної європейської гнатології і біомеханіки став Рудольф Славічек (Rudolf Slavicek). Його внесок важко переоцінити [85, 86, 87, 88], оскільки завдяки його науковому доробку була фактично створена нова парадигма, яка поєднала традиційні гнатологічні знання з анатомією, функціональною діагностикою, ортодонтією та ортопедією, розуміючи, що дисфункція СНЩС часто має скелетні, постуральні та неврологічні наслідки.

Славічек Р. – це науковець, що перевизначив гнатологію, зробивши її науково обґрунтованою, об'єктивною, міждисциплінарною складовою стоматологічної галузі. Він заклав основу для того, що сьогодні ми називаємо «функціонально орієнтованим лікуванням» в ортопедії та ортодонтії. Його концепція ґрунтується на принципі, що не існує ізольованої оклюзії вона завжди «вплетена в загальну постуральну, нейромускулярну і навіть психоемоційну

систему». Р. Славічек одним із перших у Європі інтегрував дослідження СНЩС, зубних дуг і скелетних структур черепа в єдину діагностичну модель, розробивши концепцію «Краніомандибулярної системи» (CMS). Активно співпрацюючи з ортопедами, остеопатами, неврологами, фізіотерапевтами він заклав основи міждисциплінарного системного підходу. Славічек вважав, що неможливо правильно лікувати оклюзію без об'єктивного аналізу рухів щелепи і стану СНЩС, а отже, без розуміння сутності біомеханічних процесів

Визначимо найважливіші здобутки науковця в контексті нашого дослідження.

Біомеханічно-функціональний підхід.

- запропонував розглядати оклюзію як динамічну систему, а не як статичну схему співвідношення зубів.
- У центрі його моделі функціональна гармонія між СНЩС, жувальними м'язами і зубними дугами.

Функціональна діагностика дає змогу виявити порушення та недоліки у зубощелепному апараті людини та розробити план ефективного лікування. Зубощелепна система є доволі складним механізмом, що пов'язаний з багатьма системами організму і впливає на їх роботу. Функціональна діагностика передбачає вивчення:

- прикусу;
- скронево-нижньощелепного суглоба;
- лицевих м'язів;
- структур ОРА людини з урахуванням особливостей функціонування ЗЩС.

Особливо важливо виконувати ретельну діагностику перед виконанням складних стоматологічних процедур.

Основними наслідками неправильного лікування можуть бути:

- порушення слуху;
- сутулість;
- постійні головні болі, мігрень;

- біль в області шиї;
- хвороби шлунково-кишкового тракту.

Міждисциплінарний системний підхід.

Основоположниками шкіл функціональної стоматології та міждисциплінарного підходу окрім Рудольфа Славічека, вважають Джона Мю [66, 67], Родріг Мат'є [65] та інших.

З позицій анатомії та біомеханіки ЗЩА є частиною опорно-рухового апарату. Це обумовило потребу більш уважного дослідження взаємозв'язків ЗЩА з іншими системами організму.

Дійсно, кістки ЗЩС прямо чи опосередковано впливають на кістки черепа та опорно-рухового апарату в цілому. При дихальних рухах, говорінні, жуванні, ковтанні відбувається зміщення цих структурних елементів один відносно одного. «Не існує ізольованої оклюзії – вона завжди вплетена в загальну постуральну, нейромускулярну і навіть психоемоційну систему» [212].

Тому лікарю-стоматологу важливо вміти аналізувати проблему цілісно з урахуванням динамічних і статичних біомеханічних взаємозв'язків між структурними елементами та системами організму.

У взаємодії з профільними спеціалістами стоматолог має вміти визначати первинну біомеханічну проблему, її локалізацію та шляхи вирішення, часто спільно з лікарями іншого фаху: невропатологами, фізіотерапевтами тощо. Цілісний (холістичний) підхід дає розуміння статичних та динамічних функціональних взаємозв'язків між усіма системами організму.

Доволі часто міждисциплінарний функціональний підхід є ключем для розуміння та лікування різних соматичних, неврологічних, захворювань. Міждисциплінарний підхід має вирішальне значення для розуміння сутності розладів скронево-нижньощелепного суглоба та розроблення стратегії ефективного лікування захворювань. Лише розуміючи складність розладів скронево-нижньощелепного суглоба, лікарі можуть, застосовуючи комплексний підхід, добирати відповідні діагностичні та терапевтичні методики, що оптимізують допомогу тим, хто має проблеми, пов'язані з СНЩР [41].

Дійсно, СНЩС відіграє вирішальну роль у забезпеченні таких життєво важливих функцій як відкушування, жування, мовлення. Тому кожне порушення його функцій має бути предметом серйозної уваги. Спектр симптомів є досить широким: біль у щелепі, обмежений рух щелепи, клацання, головні болі, болі у м'язах тощо [106].

Впровадження структурованої функціональної діагностики.

- Разом із колегами (Palla, Pieh, Wöhrle) були розроблені основи аксіографії,
- Запроваджено вивчення кінематики нижньої щелепи за допомогою цифрових трекерів.

Роботи Р. Славічека мали неабиякий освітній і інституційний вплив на національні навчальні програми Австрії, Німеччини, Італії, Словенії, Швейцарії. Заснована ним Vienna School of Interdisciplinary Dentistry у Відні стала одним із головних європейських центрів навчання гнатології. Курс Рудольфа Славічека «Gnathology and Occlusion in Interdisciplinary Dentistry» (Гнатологія та оклюзія в міждисциплінарній стоматології) в VieSID (Інститут міждисциплінарної стоматології) дотепер користується попитом.

3. Сучасний мультидисциплінарний етап (від 2000-х років дотепер).

Використання 3D-сканерів, CAD/CAM, чисельного моделювання, систем штучного інтелекту для аналізу сил у реальному часі. Впровадження AI-технологій, 3D-аналітики, індивідуалізованого моделювання оклюзії. Розвиток телемедицини, віртуальної реальності у навчанні. Створення європейських та міжнародних гнатологічних протоколів та стандартів (ICSMO, EACD).

Біомеханіка стала основою для створення нових типів ортодонтичних апаратів (наприклад, елайнери), планування імплантації, хірургії, кісткових реконструкцій тощо. Відбулася інтеграція біомеханіки з біоінженерією тканин, біоматеріалознавством, цифровою ортодонтією. Набуває розвитку методика використання індивідуалізованих силових систем (patient-specific mechanics), симуляція переміщення зубів з використанням програм штучного інтелекту.

Широке використання функціональної діагностики та міждисциплінарного підходу (кінезіологи, стоматологи, неврологи, ЛОР, фізіотерапевти).

На думку автора [50], здобутки гнатології та біомеханіки значно просунули ортопедичну стоматологію, вплинувши на проектування та розробку зубних протезів, сприяючи покращенню як функціональних, так і естетичних результатів. «Вивчаючи складні рухи та взаємодію щелепи та зубів, гнатологія надає критичне розуміння ідеального вирівнювання та оклюзії, необхідних для успішної інтеграції зубних протезів. Біомеханіка ще більше посилює це, зосереджуючись на силах та напруженнях, що застосовуються до зубних структур, гарантуючи, що протези є міцними, зручними та здатними витримувати навантаження щоденного функціонування» [50].

Підсумовуючи результати проведеного аналізу, подамо періодизацію етапів становлення та розвитку біомеханічного підходу в стоматології у вигляді таблиці (Таблиця 1.5).

Таблиця 1.5

Періодизація етапів становлення та розвитку біомеханічного підходу в стоматології

№	Етапи формування	Період	Характерні особливості
1	Формування біомеханіки як окремого напрямку в стоматології	20-ті – 60-ті роки ХХ ст	Беверлі МакКоллум, 1924 р. перший метод визначення шарнірної осі суглоба. У цьому ж році в науковому обігу з'явився термін «гнатологія» (Гарві Сталард); розвиток концепцій оклюзії
2	Становлення терміну «Біомеханіка у стоматології», розвиток електрофізичних досліджень	1970–1990-ті	Формування стоматологічних наукових напрямів: 1. Біомеханічно-функціональний підхід (роботи Р. Славічека), 2. Міждисциплінарний підхід (праці Р. Славічека, Джона Мю, Родріґа Мат'є, заснування Vienna School of Interdisciplinary Dentistry у Відні),

№	Етапи формування	Період	Характерні особливості
			3.Впровадження структурованої функціональної діагностики (Palla, Pieh, Wöhrle розробили основи аксіографії, запровадили вивчення кінематики нижньої щелепи за допомогою цифрових трекерів)
3	Сучасний мультидисциплінарний етап	від 2000-х років дотепер	Широке використання цифрових технологій (3D-сканерів, комп'ютерного моделювання, систем штучного інтелекту для аналізу сил у реальному часі, розвиток телемедицини, поява індивідуалізованих силових систем (patient-specific mechanics). Створення європейських та міжнародних гнатологічних протоколів та стандартів (ICSMO, EACD). Інтеграція біомеханіки з біоматеріалознавством, цифровою ортодонтією, біоінженерією тканин. Широке використання функціональної діагностики та міждисциплінарного підходу

Важливо також проаналізувати особливості розвитку біомеханічно-функціонального підходу в стоматології та гнатології в Україні, оскільки наявні тут особливості мають непересічне значення для нашого дослідження.

Гнатологія в Україні довгий час залишалась у тіні загальної стоматології. Початок формування цього напрямку відносимо до 1990-х років [150]. Основна увага приділялась загальним аспектам ортопедичної стоматології, протезуванню, не завжди враховуючи функціональні особливості СНЩС. В закладах вищої медичної освіти викладання біомеханічних та гнатологічних основ було вельми обмеженим, а саме: біомеханіка вивчалася в рамках навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика» практично без акцентування на стоматологічну сферу.

Після здобуття незалежності Україна почала активніше інтегруватися у світовий науковий простір. Почали з'являтися перші перекладені та англomовні джерела й література з біомеханіки та гнатології. Стоматологи України мали більше можливостей проходити стажування та навчання за кордоном (переважно в Німеччині, Італії, США), де біомеханіка та гнатологія вже відігравали важливу роль у стоматологічних дослідженнях та практичній діяльності. Почали відкриватись приватні клініки, що впроваджували нові підходи до лікування, зокрема функціональну діагностику. Зросла кількість спеціалізованих курсів, семінарів, майстер-класів з гнатології в Україні. Стали активно використовуватись такі методи як: цифрова діагностика стану СНЩС (МРТ, КТ СНЩС), міографія, артикулятори тощо.

Гнатологія почала застосовуватись у комплексному лікуванні пацієнтів з проблемами головного болю, хрускотом у суглобі, перевтомою м'язів, дисфункцією СНЩС тощо. Ортоданти й ортопеди почали працювати в мультидисциплінарних командах. Зросла кількість спеціалізованих курсів, семінарів, майстер-класів з гнатології в Україні.

Стрімкий розвиток цифрових технологій у стоматології сприяв більш точній діагностиці й плануванню лікування. Поширення цифрових артикуляторів, 3D-аналітики, віртуального моделювання щелеп.

Активна популяризація гнатології в соціальних мережах, онлайн-курсах, наукових конференціях (наприклад, Dental Guru, UkrDentalForum, Kyiv Dental Days). Зростає кількість фахівців, які практикують в напрямку гнатології, кількість наукових публікацій, зроблених українськими дослідниками. Варто відзначити вклад у розвиток функціонального підходу в стоматології та гнатології, зроблений у роботах вітчизняних науковців Н.В. Біденко, Т.М. Костюк, О.О. Чуйка, О.А. Канюри, В.П. Неспрядька, П.С. Фліса та інших.

1.4. Особливості інтегративного підходу у професійній підготовці магістра стоматології сучасних умовах

Інтегративний підхід у професійній підготовці фахівців галузі охорони здоров'я є методологічним базисом, що здатен забезпечити формування цілісної

системи наукових знань, на якій формується професійна компетентність магістра стоматології. Передумовами для висловленого вище твердження є те, що «розвиток суспільства в XXI столітті відбувається під знаком інтеграції, коли має формуватися новий тип професіонала, орієнтований на інновації і звернений до інтересів і цінностей людини та суспільства» [150].

Трансформація та модернізація освіти, відповідно до рівня розвитку суспільства, сучасних потреб особистості, умов, у яких знаходиться Україна впродовж останніх років, вимагає вирішення складних завдань та протистояння викликам воєнного часу. При цьому актуальними залишаються такі завдання як орієнтація на особистість студента, розвиток його потенціалу, фундаментальні людські цінності, дотримання високих стандартів якості підготовки майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я.

Відомий український учений С. Гончаренко опікувався тим, як в умовах експоненціального зростання обсягів інформації визначити: чого саме навчати, як запобігти непомірним навантаженням, інформаційним неврозам, як допомогти розкритися творцеві в кожній особистості; як сформувати цілісну систему наукових знань про природу, суспільство й людину, сформувати картину світу, а не безліч розрізнених, несистематизованих фактів, дат, імен, понять, формул та алгоритмів [193].

У зв'язку з цим зростає запит на якісну професійну підготовку компетентного і конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я у закладах вищої освіти, здатного адаптуватися до викликів та інновацій, ефективно впроваджувати ці інновації у стоматологічну галузь, яка за останні декілька десятиліть зазнала кардинальних технологічних змін, обумовлених досягненнями у діагностиці, технологіях лікування та естетичної стоматології, стоматологічному матеріалознавстві, розвитку міждисциплінарного та функціонального підходів. Цілями освітньої програми спеціальності «Стоматологія» є: «підготовка фахівця, здатного розв'язувати складні задачі та проблеми у сфері стоматології та охорони здоров'я або у процесі навчання, що

характеризуються невизначеністю умов і вимог та виконувати професійну діяльність лікаря-стоматолога» [175].

Досліджувана нами проблема полягає у з'ясуванні можливостей та розробленні дидактичних засад та створенні педагогічних умов, за яких інтеграція знань з біомеханіки стане тим методологічним підходом, що дасть змогу підвищити якість професійної підготовки магістрів стоматології.

Таким чином, маємо підстави розглядати проблему інтеграції знань з біомеханіки у фахову підготовку здобувачів вищої стоматологічної освіти у парадигмі міждисциплінарного матрикса, що передбачає посилення функціонального, біофізичного, фізіологічного підходів. У нашому випадку йдеться про об'єднання наукових галузей у єдине парадигмальне поле, що має спільну методологічну основу, на якій базуються дослідження в різних наукових галузях (медицині, фізиці, анатомії, комп'ютерних науках).

Томас Кун у своїй праці «Структура наукових революцій» [163] зазначав, що парадигма – це:

- система поглядів, моделей, теорій, методів, яка визнається науковим співтовариством;
- рамки, у яких відбувається дослідження, інтерпретація даних та побудова знань.

За Куном (1962) міждисциплінарний матрикс – це структура, яка об'єднує різні дисципліни на основі спільних цілей; методологічних підходів; термінології; цінностей або філософських засад.

Ми погоджуємось з думкою Ю. Козловського, І. Козловської та О. Білик, щодо інтеграції в освіті як процесу «встановлення істотних зв'язків між елементами, у результаті чого формується цілісна система з якісно новими властивостями» [156].

Перевагами такого підходу є:

- подолання вузької спеціалізації;
- краще розуміння складних систем;
- нові знання на перетині дисциплін;

- адаптація науки до глобальних викликів.

Тобто, така форма міждисциплінарної інтеграції може стати водночас і платформою для створення нових трансдисциплінарних знань.

Спираючись на узагальнені дослідження науковців [182], виокремимо такі форми інтеграції, які є актуальними в рамках нашого дослідження:

- об'єктна форма інтеграції – вивчення одного об'єкта в різних курсах чи темах, розділах;
- понятійна форма інтеграції охоплює теми або курси, що розкривають зміст загальнонаукових понять;
- теоретична (концептуальна) форма інтеграції – це формування змісту навчання, в якому систематизуючим чинником є певна наукова теорія або концепція;
- методологічна форма інтеграції включає як філософську методологію, так і методи та підходи наукового пізнання (системний підхід, спостереження, моделювання, прогнозування тощо);
- діяльнісна форма інтеграції ґрунтується на синтезі знань, умінь, необхідних для виконання певної діяльності;
- практична форма інтеграції орієнтована на розгляд процесів (або продуктів), що виникли як наслідок науково-технічного прогресу і для вивчення потребують використання знань з різних галузей науки;
- психолого-педагогічна форма інтеграція полягає у спеціальній організації інформації згідно з теоретичними моделями процесу навчання, розробленими у психології та дидактиці.

Пошук підходів до реалізації міждисциплінарного матрикса у підготовці магістрів стоматології визначає концепцію нашого дослідження, що спирається на три взаємопов'язаних концепти: методологічний, теоретичний й практичний.

Методологічний концепт ґрунтується на теорії наукового пізнання, та діалектичних законах взаємозв'язку цілого й одиничного; основних положеннях системного підходу як способу пізнання явищ і процесів.

Теоретичний концепт визначає систему вихідних категорій, дидактичні засади реалізації інтегративного підходу у професійній освіті: дидактичні умови, моделі інтегрованого навчання, навчально-методичне забезпечення. Основу теоретичного концепту дослідження складають: теорія інтеграції, теорія формування змісту освіти, принципи навчання; ідеї системного й діяльнісного підходів до організації педагогічного процесу на основі його моделювання, дидактичні засади формування й оцінювання компетентностей і результатів навчання, дидактичні підходи порівняння різних методів і засобів навчання, їхнього впливу на результати навчання.

Процесуальний концепт передбачає розробку та впровадження моделей інтегрованого навчання, інтегровані природничі курси, їхнє навчально-методичне забезпечення, технології інтегрованого навчання.

Проведені дослідження, а також вивчення зарубіжного досвіду засвідчили потребу комплексного підходу до інтеграції знань з біомеханіки у систему фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології.

Конкретизуючи стосовно проблеми нашого дослідження, міждисциплінарний матрикс цілком природньо реалізується на засадах STEM-підходу, що є важливою інноватикою в компетентісно орієнтованому освітньому середовищі і трансдисциплінарною інтеграційною категорією, яка охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering) та математику (Mathematics). Завдяки такому напрямку розширюються можливості для посилення природничо-наукового компонента та підвищення ролі інноваційних технологій в підготовці здобувачів вищої медичної освіти. Упровадження основних принципів STEM-підходу в систему підготовки магістрів стоматології може стати важливим етапом формування нового покоління фахових лікарів, здатних ефективно розв'язувати складні завдання в сфері практичної медицини.

Серед розмаїття підходів до визначення рівнів інтеграції, що стосуються процесу навчання, найбільшої поширеності набула трирівнева класифікація. Перший (і вищий) рівень інтеграції – «рівень цілісності міжпредметних зв'язків,

що завершується формуванням нової дисципліни, яка має інтегративний характер і має власний предмет вивчення. На такому рівні здійснюється повна змістова і процесуальна інтеграція і розв'язуються всі дидактичні завдання новоствореного інтегрованого курсу» [150].

Другий рівень – дидактичний синтез; характеризується змістовою інтеграцією навчальних предметів і визначає її процесуальний синтез, пропонуючи інтеграцію форм навчальних занять;

Третій рівень – рівень міждисциплінарних зв'язків, які розглядаються «як умова, принцип, засіб навчання і визначальний фактор змісту освіти, а також як специфічна система організації навчального процесу, діяльності учителя й учня, що корелює з розв'язанням таких дидактичних завдань, як актуалізація знань учнів, їх узагальнення і систематизацію». Основними джерелами (об'єктами, елементами) інтеграції на такому рівні виступають загальні структурні елементи змісту освіти, перенесення яких може здійснюватися в напрямі будь-яких навчальних дисциплін (без утворення нового інтегрованого курсу) [150].

Саме ці рівні інтеграції обиратимемо при конструюванні методики інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології.

В умовах сучасних викликів, суспільних вимог до підготовки магістрів стоматології, рівня розвитку інформаційного суспільства, зміни філософії освіти питання інтегративного підходу у системі підготовки фахівців галузі охорони здоров'я другого (магістерського) рівня набуває нового сенсу. Проаналізувавши значну кількість досліджень з проблем інтеграції, вплив на теорію інтеграції нових чинників, для вирішення окресленої проблеми ми визначили теоретичні й методологічні положення, що забезпечать реалізацію інтегративного підходу до вивчення біомеханіки:

1. Доцільність інтеграції обумовлена потребою об'єднання відокремлених один від одного елементів знань з механіки, біофізики, анатомії, фахових клінічних дисциплін задля підвищення ефективності фахової підготовки.

2. Реалізація інтеграції біомеханіки у фахову підготовку потребує комплексного підходу і має здійснюватися як на рівні окремої навчальної

дисципліни, так і на міждисциплінарному рівні рамках Освітньо-професійна програма (ОПП) другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності «Стоматологія».

3. Вид і форма інтеграції обумовлюються домінуючими інтегровальними чинниками, серед яких розрізняємо зовнішні (екстернальні) та внутрішні (інтернальні). Саме вони визначають вид інтеграції: горизонтальна, вертикальна, діагональна.

4. Основними механізмами реалізації комплексного інтегративного підходу до вивчення біомеханіки у закладах вищої медичної освіти є: зміст вибіркового навчальних дисциплін, сконструйований на інтегративній основі; використання релевантних організаційних форм, методів і технологій навчання; розроблення відповідного навчально-методичного забезпечення освітнього процесу.

Таким чином, реалізація комплексного підходу до інтеграції знань з біомеханіки у систему фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології потребує дослідження змістових ліній, орієнтованих на формування системних знань, посилення ролі знань з біомеханіки в обов'язкових компонентах ОПП «Стоматологія», впровадження нових вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на систематизацію знань з біомеханіки, розроблення спеціальних засобів для моніторингу та навчально-методичного супроводу.

Отже, в рамках нашого дослідження маємо провести аналіз змістових компонентів методики, а також дидактичного потенціалу сучасних навчальних технологій в аспекті реалізації міждисциплінарного підходу у підготовці здобувачів вищої медичної освіти за спеціальністю «Стоматологія» та психолого-педагогічних аспектів його застосування.

Висновки до першого розділу

Розглядаючи теоретичні основи інтеграції біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології, нами проаналізовано тенденції розвитку системи підготовки фахівців другого (магістерського) рівня на сучасному етапі, генезис становлення, роль і місце біомеханіки у професійній діяльності та підготовці магістрів стоматології. Це дає підстави констатувати актуальність біомеханічно-функціонального підходу у професійній підготовці магістрів стоматології, прогнозувати перспективність його реалізації на засадах міждисциплінарної інтеграції, та впливу на формування професійної компетентності стоматолога. Теоретично обґрунтовано основи інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології.

Здійснено аналіз базових для дослідження понять та їх тлумачень, зокрема осмислення поняття «біомеханіка у стоматології» дало змогу трактувати його як науковий напрям, що займається дослідженням, аналізом та моделюванням механізмів руху усіх складових ЗЩС на різних рівнях її організації та в різних станах, зокрема в періоди формування, розвитку й старіння, а також при патологіях; вивченням механічних властивостей біологічних тканин за допомогою фізичних методів; методів дослідження та діагностики ЗЩС, застосування принципів механіки до аналізу аномалій і деформацій зубощелепного апарату у дітей та дорослих.

Студіювання наукових праць вітчизняних і закордонних учених дало змогу визначити роль біомеханіки у формуванні професійної компетентності майбутнього магістра стоматології, в системі підготовки магістрів стоматології та встановити систему міждисциплінарних зв'язків, завдяки яким забезпечується цілісність фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології в аспекті розгляду питань, що стосуються біомеханічно-функціонального підходу.

Проаналізовано досвід вітчизняних та закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології.

Досліджено генезис становлення біомеханічно-функціонального підходу в стоматології як напрямку. Виокремлено такі три основні етапи її розвитку:

1. 20-ті – 60-ті роки XX ст. – зародження біомеханіки як окремого напрямку в стоматології;

2. 70-ті – 90-ті роки XX ст. введення терміну «Біомеханіка у стоматології» в науковий обіг; розвиток електрофізичних досліджень; формування стоматологічних наукових напрямів: Біомеханічно-функціональний підхід; Міждисциплінарний підхід; Впровадження структурованої функціональної діагностики.

3. З 2000 дотепер – сучасний мультидисциплінарний етап. Широке використання цифрових технологій (3D-сканерів, моделювання, систем штучного інтелекту для аналізу сил у реальному часі, розвиток телемедицини, поява індивідуалізованих силових систем (patient-specific mechanics) Створення європейських та міжнародних гнатологічних протоколів та стандартів (ISSMO, EACD). Інтеграція біомеханіки з біоматеріалознавством, цифровою ортодонтією, біоінженерією.

Проаналізовано особливості становлення й розвитку гнатології в Україні.

Визначено концептуальні засади, шляхи та форми інтеграції знань з біомеханіки в професійній підготовці магістрів стоматології, яка забезпечується посиленням міждисциплінарних зв'язків, дидактично обґрунтованим та збалансованим у часі навчальним планом, орієнтованим на поетапне оволодіння знаннями з механіки та біомеханіки, уміннями та навичками застосовувати ці знання у професійній діяльності лікаря-стоматолога; потребою розроблення та впровадження вибіркового дисциплін, орієнтованих на систематизацію знань з біомеханіки; аналізом підходів до структурування навчального матеріалу, доступного у паперовому та цифровому форматах; дотриманням принципу наступності та послідовності у формуванні знань та умінь з механіки та біомеханіки; синергією поєднання когнітивної та процесуально-діяльнісної складових освітнього процесу; прозорою й зрозумілою системою оцінювання.

Матеріали розділу 1 висвітлено у публікаціях автора [89, 183, 205].

РОЗДІЛ 2.

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ОСНОВ БІОМЕХАНІКИ ЗЩС НА ЗАСАДАХ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

У розділі наведено результати побудови моделі та методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки в професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології. Обґрунтовано зміст та структуру вибіркової навчальної дисципліни «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології», досліджено особливості інтеграції знань з механіки та біомеханіки у інших вибіркових компонентах ОПП «Стоматологія», розроблено систему заходів, орієнтованих на організацію індивідуальної та групової проєктної діяльності в рамках вибіркових навчальних дисциплін.

2.1. Побудова моделі міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩА у процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології

Впродовж останніх трьох десятиліть спостерігається відчутний прогрес у стоматології, який не обмежується технологічними новаціями, а характеризується налаштуванням стоматології на дослідження більш глибоких причинно-наслідкових зв'язків та на профілактику як основну мету наукових досліджень у стоматологічній галузі.

Здійснивши системний огляд літератури з використанням баз даних PubMed, ScienceDirect, Scopus, Cochrane Library, Embase, Lippincott, Medknow та ClinicalKey, ми виявили достатньо велику кількість робіт, автори яких акцентують на потребі міждисциплінарного підходу, який має вирішальне значення для розуміння сутності взаємозв'язків між складовими ЗЩС та розроблення стратегії ефективного лікування захворювань [37, 41, 73]. ЗЩС відіграє вирішальну роль у забезпеченні таких життєво важливих функцій як відкусування, жування, мова, ковтання. Тому кожне порушення функцій є предметом серйозної уваги.

Лише розуміючи складність функціональних зв'язків між усіма елементами ЗЩС, що є неможливим без розуміння основ біомеханіки, лікарі можуть, застосовуючи комплексний мультидисциплінарний підхід, добирати відповідні діагностичні та терапевтичні методики, що дасть змогу оптимізувати надання стоматологічної допомоги пацієнтам, що мають проблеми, пов'язані з ЗЩС.

Підсумовуючи результати наукових розвідок, описаних більш детально в п.1.2, проаналізувавши освітньо-професійні програми та навчальні плани провідних медичних закладів вищої освіти за напрямком 221 «Стоматологія», нами було з'ясовано, що питання інтеграції знань механіки та біомеханіки в професійній підготовці магістрів стоматології є своєчасними і актуальними та потребують системного комплексного підходу до їхнього вивчення.

Підставою для такого твердження є також результати проведеного нами обговорення у фокус-групах, до складу яких входили студенти старших курсів спеціальності 221 «Стоматологія» НМУ ім. О.О. Богомольця, викладачі профільних кафедр стоматологічного факультету, практикуючі лікарі-стоматологи. У кожній з фокус-груп для обговорення було зроблено акцент на певний аспект досліджуваної проблеми: розуміння сутності основних законів біомеханіки та їх ролі для майбутньої професійної діяльності; частота звертань пацієнтів з проблемами, вирішення яких потребувало знань з гнатології; потреба створення спеціальної навчальної дисципліни, її обсяг, зміст, місце в навчальному плані.

Реалізуючи побудову моделі інтеграції біомеханіки у фахову підготовку магістрів стоматології у парадигмі міждисциплінарного матрикса, який поєднує різні наукові галузі навколо спільних об'єктів дослідження, понять та методів, обґрунтуємо доцільність прийняття моделі Outcomes Based Education (OBE). Така освітня модель наразі набуває все більшої популярності у вітчизняній і міжнародній освітній практиці і як основну критеріальну ознаку має орієнтованість на результат. Саме тому, побудову освітньої моделі інтеграції біомеханіки у фахову підготовку магістрів стоматології ми розпочали з аналізу

проблем та викликів, що стоять наразі перед стоматологічною галуззю та професійною підготовкою у закладах вищої медичної освіти, яка є визначальною ланкою формування конкурентоспроможного фахівця, здатного усвідомлено реагувати на проблеми, виклики та інновації, надаючи якісні стоматологічні послуги, що відповідають високим європейським стандартам.

Питаннями використання біомеханіки в професійній діяльності стоматологів займалися відомі вітчизняні та зарубіжні науковці П.С. Фліс [218], О.А. Канюра [44, 219], Т.М. Костюк [159], В. Неспрядько [126], Н.В. Біденко [228], Я.А. Кульбашна [162], Б. Мельник [178], А.М. Чуйко [230], О. Ahlers [2], А. Hugger [43], Р. Ridder [77] та інші. Проте огляд науково-методичних праць, нормативних документів [200], навчальних планів та програм засвідчив, що проблема інтеграції знань з механіки та біомеханіки в професійній підготовці майбутніх магістрів за спеціальністю 221 «Стоматологія» наразі є мало розробленою в Україні попри її актуальність. На даний момент відсутня чітко сформульована методика та модель інтеграції знань з механіки та біомеханіки, не проведений системний аналіз наявного потенціалу для посилення біомеханічного підходу у вивченні елементів та тканин зубощелепної системи в нормі та при патології, оптимізації освітнього процесу в цьому напрямку.

Основними категоріями моделі інтеграції знань з механіки та біомеханіки на засадах ОВЕ є: стандарти освіти, програмові результати навчання, компетентності, відповідні форми оцінювання, зворотний зв'язок і стандарти якості [104, 105].

Модель інтеграції знань з механіки та біомеханіки спирається на Стандарт освіти [200], який встановлює конкретні, очікувані та результати навчання та передбачає розроблення ОПП, яка окреслює ці конкретні, вимірювані результати [104, 105]. Модель ОВЕ орієнтована на алгоритм розроблення навчальних програм «від кінця», що й було реалізовано в нашому дослідженні, здійснюючи первинну орієнтація на сучасні тенденції розвитку стоматології як відправний пункт у конструюванні змісту вибіркового дисциплін.

Ми погоджуємося, що взаємозв'язок структурних елементів у моделі ОВЕ має бути організований таким чином: «чітка таксономія цілей навчання (чому і для чого навчати?), повинна відповідати відбору і проектуванню змісту (що вивчати?), формам організації і управлінню навчальним процесом (як навчати?), методам і засобам навчання (за допомогою чого?) і з урахуванням досягнутих результатів навчання (чого досягли у навчанні?). Навчальний процес у вищій школі – це така модель організації навчально-виховної діяльності, в основу якої покладено органічну єдність і взаємозв'язок усіх елементів, а перед усім, викладання (діяльність викладача) і учіння (діяльність студента), спрямованих на досягнення цілей навчання, розвитку особистості студента, його підготовки до професійної діяльності» [201].

Таким чином, модель інтеграції механіки та біомеханіки у фахову підготовку магістрів стоматології має містити такі взаємопов'язані блоки: цільовий, змістовий, методологічний, методико-організаційно та контрольно-оцінювальний. Розглянемо детальніше кожен з них (Рис. 2.1).

Цільовий блок моделі охоплює мету та завдання. Щоб визначити цільовий блок інтеграції знань з механіки та біомеханіки в професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології, розрізнятимемо екстернальні та інтернальні чинники процесу інтеграції біомеханіки в стоматології. До перших належать насамперед потреби у розв'язанні складних й комплексних практичних проблем, які потребують об'єднання зусиль декількох навчальних дисциплін та їх інтеграцію з конкретними проблемами професійної діяльності магістра стоматології. Комплекс проблем та викликів такого характеру описано в п.1.3. Інтернальні чинники є внутрішніми і пов'язані з можливостями та потребами побудови інтеграційних зав'язків в рамках самих природничих і клінічних навчальних дисциплін.

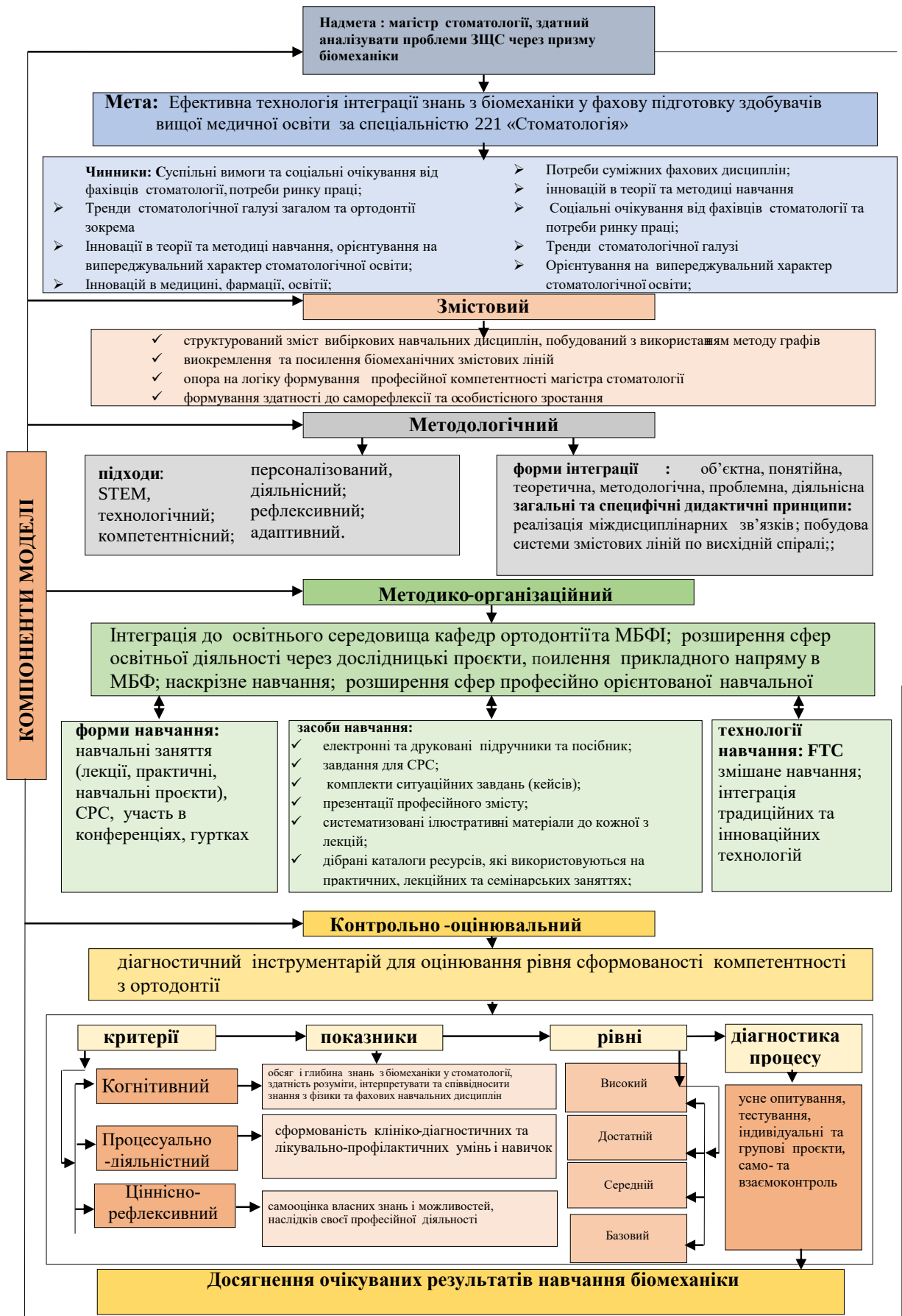


Рис. 2.1. Структурно-функціональна модель інтеграції знань з біомеханіки

Спочатку окреслимо та конкретизуємо екстернальні чинники. Як уже зазначалось, значна частка стоматологічних захворювань та ускладнень потребує високого рівня знань з біомеханіки опорно рухового та зубощелепного апарату та розуміння багатофункціональності взаємозв'язків елементів та тканин зубощелепної системи в нормі та при патології, коректного використання цих знань у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

Актуальність таких досліджень в Україні істотно посилюється через збільшення кількості пацієнтів, травмованих у війні, яку розв'язала РФ на нашій території та пацієнтів з посттравматичним синдромом, що є істотним фактором для розладів, діагностування та лікування яких потребує поглиблених знань про біомеханічні процеси та функціональні взаємозв'язки між структурними компонентами ЗЩС.

Метою нашого дослідження є інтеграція системних знань з механіки та біомеханіки у фахову підготовку магістрів стоматологів задля підвищення якості професійної підготовки та створення міцного фундаменту професійної компетентності магістра стоматології.

Відповідно до мети можемо виокремити такі завдання:

- сформувати систему знань з механіки та біомеханіки, достатню для успішної фахової підготовки магістра стоматології;
- навчити застосовувати теоретичні знання з біомеханіки та практичні методи наукових галузей (біофізики, механіки, інформатики) на операційному рівні для розуміння сутності інтегративних зв'язків між елементами стоматогнатної системи;
- сформувати цілісне уявлення про взаємопов'язаність органів та систем людського організму, розуміння сутності причинно-наслідкових зв'язків та уміння використовувати їх у професійній діяльності лікаря-стоматолога;
- сформувати розуміння сутності фізичних основ застосовування сучасних науково-технічних досягнень у професійній діяльності магістра стоматології;

- створити умови для підвищення ефективності навчання завдяки посиленню мотивації та активізації навчальної діяльності, збалансованого особистісного розвитку майбутнього фахівця стоматологічної сфери.

Базовою навчальною дисципліною є вибіркова «Біомеханіка ЗЩС. Фізичні основи гнатології».

Методологічний блок містить три взаємопов'язаних концепти: методологічний, теоретичний й практичний, які описані в п.1.4. Зазначимо, що теоретичний концепт методологічного підходу нашого дослідження складають: міждисциплінарний, STEM, компетентнісний, дидактичні засади формування й оцінювання компетентностей і результатів навчання, особистісно орієнтований, який відповідно до сучасних трендів тяжіє до персоналізованого.

Методологічною основою дослідження також є дидактичні принципи: *загально дидактичні*: послідовності та систематичності навчання; свідомості, самостійності й активності у навчанні; індивідуалізації і диференціації; професійної спрямованості; науковості; оптимізації; емоційності; зв'язку теорії з практикою; *специфічні*: технологічності та інноваційності, інтерактивності.

Аналіз наукових досліджень свідчить про значущість STEM-підходу в підготовці медичних фахівців, здатних використовувати наукові знання природничих дисциплін для вирішення реальних клінічних завдань. STEM-підхід (наука, технологія, інженерія та математика) в освіті є основою для ефективної інтеграції здобутків з різних наукових галузей, значно розширюючи поле для формування цифрової та технологічної компетентності студентів, уміння самостійно навчатися, розвитку критичного мислення, що є необхідними складовими готовності до впровадження новітніх науково-технічних досягнень у медичну практику, адаптації до швидких змін у медичній галузі та конкурентоспроможності на швидкозмінному технологічному ринку праці. STEM-освіта, спираючись на загально наукові принципи, розширює можливості адаптації майбутніх фахівців до нових викликів, зумовлених розв'язанням реальних проблем у сфері медицини. Інтеграція знань з природничих наук, технологічних інженерних рішень, математичного моделювання та

інформаційних технології є основою комплексного підходу до розуміння сучасних методів діагностики, лікування та медичних досліджень.

Модель передбачає реалізацію форми інтеграції, що описані в п.п. 1.4 нашого дослідження, а саме: об'єктна форма інтеграції, понятійна форма інтеграції охоплює теми або курси, що розкривають зміст загальнонаукових понять; концептуальна, що базується на формуванні змісту, в якому систематизуючим чинником є конкретні біомеханічні теорії; діяльнісна, що ґрунтується на синтезі знань, умінь, необхідних для виконання певної діяльності, психолого-педагогічна [201].

Можна стверджувати про актуальність усіх зазначених форм інтеграції при розв'язанні проблеми нашого дослідження. Об'єктом нашого дослідження є стоматогнатна система у всій складності процесів та функціональних взаємозв'язків, що й визначає об'єктну форму інтеграції. Понятійна форма інтеграції проявляється у потребі коректного використання понятійного апарату біомеханіки як розділу фізичного знання та узгодження термінології, яка використовується у фахових дисциплінах стоматологічного профілю.

При формуванні змісту вибіркових навчальних дисциплін систематизуючим чинником нами визначені фізичні основи біомеханіки ЗЩС та основні концепції сучасної стоматології (інтердисциплінарного та функціогального підходу, гнатологічна, СНЩСР тощо). Ми враховували єдність законів біомеханіки, біомеханічних закономірностей, методів дослідження з акцентуванням на специфіку стоматологічної сфери галузі «Охорона здоров'я».

Методологічна форма інтеграції мала своїм проявом методи та підходи наукового пізнання: системний підхід, аналіз, синтез, узагальнення, дотримання базових дидактичних принципів тощо.

Проблемна, діяльнісна форми інтеграції ґрунтуються на синтезі знань, умінь, необхідних для розв'язання фахово орієнтованих міждисциплінарних проблеми при виконання професійної діяльності лікаря-стоматолога і потребують використання знань з різних галузей науки.

Аналіз педагогічного досвіду колег засвідчив високу ефективність інтеграції біомеханіки та методів моделювання, візуалізації і обробки зображень, що є важливим елементом реалізації моделі STEM-освіти, поєднуючи природничі науки, технології, інженерію та математику для підготовки студентів до роботи з інноваційними діагностичними та терапевтичними інструментами. Спеціально розроблені завдання (Рис. 2.2) сприяють формуванню загальних та спеціальних (фахових) компетентностей, розвивають навички використання цифрових технологій у професійній діяльності, формують вміння визначати набір лабораторних та інструментальних досліджень для встановлення клінічного діагнозу.

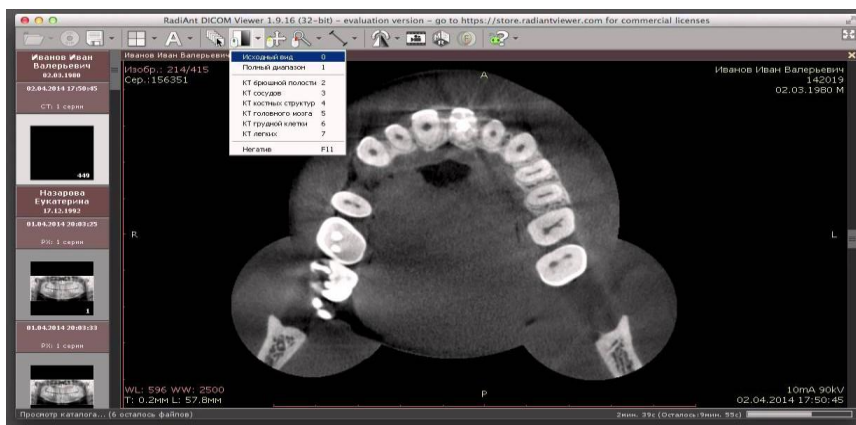


Рис. 2.2 Приклад візуалізації медичного зображення в програмі RadiAnt

Завдання такого типу дають змогу подолати бар'єр між навчанням і початком професійної діяльності, надаючи доволі широкий вибір можливостей для професійного розвитку завдяки обізнаності з науково-технічними надбаннями, особистісному розвитку, сформованості ширших знань та умінь, що можуть забезпечити успішну майбутню професійну кар'єру. У такій співпраці студенти демонструють зацікавленість до вивчення теоретичних аспектів медичних візуалізацій та аналізу медичних даних; викладач також розвиває свої м'які навички (soft skills), підтримуючи комунікацію із здобувачами освіти, оскільки миттєвий зворотний зв'язок є однією з основних переваг цифрових систем. Багато з них використовують дані про час виконання завдання, цільові показники, відстеження рухів та прикладеної сили при виконанні клінічної процедури.

За літературними даними [177], навіть незначне збільшення часу на комп'ютерне моделювання (з 6 до 8 годин) дало змогу покращити оцінки практичних іспитів серед студентів-стоматологів другого курсу. Тому наші зусилля мають також бути спрямовані долучення елементів комп'ютерного моделювання як засобу інтеграції знань з біомеханіки. Широкі можливості для застосування в освітньому процесі демонструють сучасні цифрові симулятори, які можуть надавати інформацію про обсяг препарування, кількість видаленого матеріалу, дають змогу спостерігати за траєкторією руху інструмента та швидкістю та якістю виконання завдань студентом [176]. «Використання 3D моделей анатомії зубів дозволяє студентам інтерактивно досліджувати зубні структури без необхідності фізичних моделей, що підвищує їхню зацікавленість і ефективність навчання. Платформи C-AL пропонують низку віртуальних сценаріїв пацієнтів, які дозволяють симулювати діагностику пацієнта, планування лікування та прийняття клінічних рішень, що дозволяє студентам отримати свій перший «клінічний довід» [177]. За допомогою комбінації C-AL та VR/AR можна моделювати різні сценарії та надавати від-гуки про успішність студентів. Зокрема, тактильні пристрої, що використовуються у VR, забезпечують результати, які можна порівняти з реальним середовищем [176]. Доведено, що використання симуляції віртуальної реальності може підвищити рівень залучення студентів у навчальний процес та покращити досвід навчання в педіатричній стоматології, та може використовуватися як додатковий засіб навчання місцевій анестезії [176]. Також важливо відзначити, що завдяки симульованій клінічній практиці студенти набувають цифрової компетентності, що є необхідною для їхньої подальшої професійної діяльності.

Підсумовуючи, зауважимо, що в умовах стрімкого розвитку медичних технологій та цифровізації охорони здоров'я інтеграція знань з фундаментальних природничих наук, якою є біомеханіка, з професійно орієнтованими клінічними та сучасними інформаційними технологіями стає ключовою вимогою для ефективної підготовки висококваліфікованих медичних фахівців, забезпечуючи діяльнісну форму міждисциплінарної інтеграції.

Психолого-педагогічна форма інтеграції полягає у традиційних (лекції, практичні заняття) та спеціальних формах організації навчального процесу (проектна діяльність, навчальні екскурсії, конференції).

Практично не була задіяна зовнішня форма інтеграції, яка здійснює опис явищ у зовнішньому середовищі.

Спираючись на прийнятий у наукових дослідженнях поділ інтеграції на підвиди – горизонтальний, вертикальний та діагональний, як домінуючий ми визначаємо вертикальну інтеграцію, оскільки тема дослідження була визначена насамперед екстернальними чинниками: затребуваністю знань з біомеханіки у професійній діяльності лікаря стоматологічного профілю та завданнями, які ми ставили виходячи з позицій Стандарту вищої освіти для другого (магістерського) рівня галузі знань 22 Охорона здоров'я, спеціальності 221 «Стоматологія», ОПП, аналізу типових та робочих програм обов'язкових та вибірових навчальних дисциплін.

Безумовно, має місце також і внутрішньо дисциплінарна інтеграція, яка визначає особливості конструювання змісту вибірових навчальних дисциплін: послідовність тем, їх обсяг, зміст завдань, засоби моніторингу та контролю. Завдання внутрішньо дисциплінарної (горизонтальної) інтеграції визначалися інтернальними чинниками і полягали у формуванні умінь використовувати науковий апарат (методологію, основні поняття та положення) фізики, біомеханіки, інформатики як методологічної, теоретичної і технологічної основи для вирішення професійно орієнтованих завдань.

Методико-організаційний блок містить сукупність форм, методів та засобів організації навчальної діяльності. Наразі в Україні в умовах воєнного стану реалізується аудиторно-дистанційна форма організації навчального процесу з домінуванням технологій змішаного навчання.

Як найбільш релевантний до умов, в яких знаходиться українська освіта в останні роки та цілей нашого дослідження, нами обраний технологізований підхід, що передбачає проектування навчання за схемою «мета – процедура –

результат» і впливає на всі складові освітнього процесу – від способу формулювання цілей до проектування результатів.

Побудова навчання на технологічній основі ґрунтувалася на поетапному виконанні педагогічних операцій (дій):

1. Загальне визначення навчальної мети, її специфікація (уточнення).
2. Попереднє діагностичне оцінювання рівня підготовки тих, хто навчається.
3. Корегування навчального процесу з урахуванням отриманих діагностичних даних.
4. Оцінювання результатів.

Розуміючи важливість для дидактики визначення технології навчання і зважаючи на той факт, що освітні технології є предметом (об'єктом) вивчення багатьох дослідників, в рамках нашого дослідження зосереджуємо увагу на прикладному (інструментальному) аспекті навчальних технологій, оцінюючи їх ефективність призначенням і способом її застосування.

Тобто ми поділяємо позицію, що навчальну технологію варто розглядати як «широкий набір модальностей, інструментів і стратегій навчання, ефективність яких залежить від того, наскільки добре вони допомагають вчителям і учням досягти бажаного навчального результату» [78, 212].

Застосування технологічного підходу передбачає конкретизацію цілей і результатів навчання, визначення шляхів їх досягнення, алгоритмізацію навчальної діяльності викладачів і студентів, чіткого узгодження дій основних суб'єктів освітнього процесу.

Реалізація моделі передбачає формування цілісної системи теоретичних знань, що закладають фундамент для вивчення клінічних дисциплін та формування практичних навичок роботи з діагностичним та терапевтичним обладнанням. «Сучасні методи медичної діагностики, лікування та біомедичних досліджень ґрунтуються на комбінації теоретичних знань з клінічних дисциплін, анатомії, фізіології, гістології, біохімії, біофізики, інформаційних технологій, передбачають використання технічних засобів, опрацювання методами

математичної статистики з використанням спеціального програмного комп'ютерного забезпечення. За таких умов беззаперечною є важливість реалізації STEM-підходу в системі медичної освіти, яка має забезпечити підготовку висококваліфікованих спеціалістів, що здатні ефективно інтегрувати знання з природничих дисциплін, математики з технологічними інноваціями сучасної медицини. На таких засадах побудовані окремі навчальні дисципліни, які є обов'язковими та вибірковими компонентами багатьох освітньо-професійних програм (ОПП) галузі 22 «Охорона здоров'я» [202].

З огляду на швидкий розвиток медичних технологій та цифрових інновацій у сфері стоматології зростає їх роль як у змісті навчальних дисциплін, так і в методах та засобах навчання. Більшою мірою це стосується інтегрованих навчальних дисциплін, що поєднують теоретичні знання про фізичні, механічні, біофізичні процеси, які відбуваються у живих організмах, механізми взаємодії між структурними елементами всередині біологічних систем та вплив зовнішніх чинників, принципи формування медичних зображень, принципи функціонування сучасного діагностичного, лікувального та фізіотерапевтичного обладнання, принципи аналізу медичних зображень засобами інформаційні технології та комп'ютерного програмного забезпечення (наприклад, DICOM-Viewer) [202].

Згідно з вимогами часу та реаліями сьогодення в Україні особливої актуальності набули технології змішаного навчання. Ми погоджуємося з [178], що основними перевагами використання технологій змішаного навчання у підготовці здобувачів вищої медичної освіти є «розширення можливостей для:

- адаптації до умов воєнного стану;
- створення гнучкого індивідуального графіку виконання здобувачами освіти навчального плану;
- реалізації інклюзивної освіти;
- умов для самоосвіти та саморозвитку, що відповідає особистісно орієнтованій доктрині сучасної освіти;

- формування цифрової компетентності майбутнього магістра стоматології;
- прийняття на нативному рівні сучасних трендів у технологіях діагностування та лікування стоматологічних захворювань».

Широке використання технологій змішаного навчання і змішаного (аудиторно-дистанційного) формату потребує змін у структурі діяльності педагога.

На наше переконання, технологічний підхід релевантний до потреб дистанційної форми організації навчального процесу, дає змогу студенту самостійно планувати свою навчальну діяльність, реалізовувати власні очікування, послідовно досягати бажаних результатів (певна позиція в рейтингу, певний рівень навчальних досягнень, певна кількість балів тощо).

Щоб реалізувати технологічний підхід у контексті конкретної навчальної дисципліни, потрібно розробити технологічний алгоритм, що складається з послідовності дій, операцій та очікуваних результатів. Технологізації підлягають усі складові навчального процесу – від цілей до норм оцінювання.

Наприклад, в умовах чинної модульно-рейтингової системи навчання технологічний підхід передбачає ранжування двохсот бальної шкали оцінювання за видами контролю (поточний, контроль за змістовим модулем, підсумковий) і видами навчальної діяльності (виконання практичних та лабораторних робіт під час аудиторних занять, виконання завдань для самостійної підготовки, написання контрольних модульних робіт, підготовка рефератів, навчальних відео, участь у дослідницьких проєктах тощо).

Стратегії, що допомагають в інтеграції знань з біомеханіки у фахову підготовку з акцентом на персоналізованому підході:

- професійно та особистісно значущі завдання (Meaningful Activities), завдання, орієнтовані на майбутню професійну діяльність; завдання, що враховують особистісні інтереси та психолого-когнітивні здібності студента;
- корисні уже сьогодні, індивідуальні та групові проєкти.

- зв'язок нової інформації з попередніми знаннями (Relating New Information to Prior Knowledge). Створення умов, за яких активація старих знань сприяє інтеграції, доповнюючи і поглиблюючи, а не витісняючи їх

- Побудова причинно-наслідкових зв'язків або стратегічність (Being Strategic). Ця складова особливо важлива у контексті нашого дослідження, адже нашим головним завданням є інтеграція знань з фундаментальних дисциплін в систему професійної підготовки.

- Самоконтроль та саморефлексія у навчанні (Engaging in Self-Regulation and Being Reflective).

Реалізація цих стратегій передбачає попереднє оцінювання, яке дасть змогу визначити індивідуальні психологічні, когнітивні особистісні характеристики студента, сильні та слабкі сторони, оптимальний для засвоєння темп та методи навчання. Іншими словами, персональні освітні стратегії можуть бути створені на основі аналізу результатів успішності, спостережень, анкетувань і передбачають ефективну систему організації зворотного зв'язку.

Персоналізація освітнього процесу надає змогу здобувачам вищої медичної освіти розкрити і реалізувати набуті знання в майбутній професійній діяльності, а гармонійне формування особистісних та професійних якостей дає можливість підготувати фахівців, здатних до саморозвитку та самореалізації.

Досягнення успіху у формуванні знань, умінь і навичок здобувачів освіти значною мірою залежить від засобів навчання. Засобами є спеціально розроблені навчальні посібники, робочі зошити, обладнання лабораторій, комп'ютери, матеріали дистанційних курсів, освітніх ресурсів, застосунки (Zoom, Microsoft Teams), програмно-технологічні навчальні комплекси. Окрему увагу варто приділити мультимедійним засобам навчання. Уміння створювати та редагувати медіаконтент – одна з ключових складових цифрової компетентності сучасного фахівця будь-якої галузі. Свідченням є хоча б повсюдне позиціонування себе через онлайн-платформи. Зважаючи на гостроту проблеми наявності україномовних сучасних мультимедійних якісних відеоматеріалів з біомеханіки в стоматології, як форма індивідуальних та групових проєктів нами передбачено

залучення студентів до процесу створення роликів-експлейнерів (explainer videos, learning videos). Дібраний під керівництвом викладача та трансформований у відеоматеріали навчальний матеріал запам'ятовується краще, зростає мотивація до вивчення дисципліни, поглиблюється розуміння та межі його застосування.

Оцінювально-результативний блок. Нами ретельно розроблялися засоби оцінювання та моніторингу формування знань з біомеханіки в стоматології, визначено і описано чотири рівні знань та умінь з біомеханіки у стоматології: базовий, середній, поглиблений, високий; розроблена система оцінювання: система зворотного зв'язку та засоби для верифікації. Результатом має бути сформована система знань з механіки та біомеханіки у стоматології.

Сучасні технологічні рішення здатні забезпечити доступність матеріалів, можливість постійного зворотного зв'язку та підтримки студентів, є зручними для моніторингу процесу навчання. Важливими елементами діяльності у цьому напрямку є розроблення тестових завдань, професійно орієнтованих ситуаційних завдань, індивідуальних та групових проєктів [203].

Таким чином, розроблена нами модель міждисциплінарної інтеграції знань з біомеханіки, орієнтована на формування цілісності та системності знання про стоматогнатну систему, функціональні зв'язки між її структурними елементами. Реалізація такої моделі засобами синергетичної взаємодії різних наукових галузей сприятиме розвитку технологічної компетентності майбутнього магістра стоматології, розвитку аналітичного та логічного мислення, забезпечуючи підготовку фахівців, здатних ефективно впроваджувати новітні науково-технічні досягнення в клінічну практику та наукові дослідження.

Реалізація принципів міждисциплінарного підходу в аспекті біомеханічної складової професійної компетентності може стати важливим кроком для підготовки нового покоління компетентних лікарів, які зможуть ефективно впоратися зі складними завданнями у галузі стоматології та охорони здоров'я.

2.2. Аналіз шляхів та форм інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології у контексті вимог до системи забезпечення якості підготовки

На основі проведених нами комплексних досліджень були визначені роль та місце знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки майбутніх лікарів,

До таких досліджень відносимо:

1. Аналіз статистичних даних [6, 159] який свідчить, що значна частка стоматологічних захворювань та ускладнень пов'язана з недовідомим розумінням багатофункціональності взаємозв'язків між елементами та тканинами зубощелепної системи в нормі та при патології, неправильним використанням цих знань у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

2. Проведені нами обговорення у фокус-групах, одна з яких складалась зі студентів старших курсів спеціальності 221 стоматологія (32 студенти), друга – з викладачів профільних кафедр стоматологічного факультету (12 викладачів), третя – практикуючі лікарі-стоматологи (чисельність 14 осіб). Це дало змогу під час фокус-групових обговорень згенерувати та зібрати якісні дані, які потім були покладені в основу нашого дослідження. У кожній з фокус-груп для обговорення було зроблено акцент на певний аспект досліджуваної проблеми. До таких аспектів належать: розуміння сутності основних законів біомеханіки та їх ролі для майбутньої професійної діяльності; частота звертань пацієнтів з проблемами, у основі яких порушення гнатологічного характеру або вирішення яких потребувало знань з гнатології; необхідність створення спеціальної вибіркової дисципліни, її обсяг, зміст, структура, місце в навчальному плані.

3. Аналіз тенденції розвитку сучасної стоматології, досвіду вітчизняних й закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології. При вивченні зарубіжного досвіду насамперед орієнтувалися на наукові здобутки колег з Австрії та Німеччини.

4. Аналіз програм навчальних дисциплін з метою виявлення наскрізних змістових ліній з механіки та біомеханіки ЗЩС. Дослідження наскрізних змістових ліній має дидактичний потенціал як для створення основи удосконалення змісту навчальних дисциплін, що є профільними для майбутніх магістрів стоматології та дисциплін доклінічного циклу таких як медична і біологічна фізика, медична інформатика; технологій та методів навчання; розроблення інноваційних засобів актуалізації знань [92, 93], отриманих при вивченні природничих дисциплін, та інтеграції їх в процес фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології сприятиме формуванню професійної компетентності конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я.

Проведені дослідження дали змогу визначити наявність двох основних шляхів інтеграції знань з біомеханіки у фахову підготовку магістрів стоматології:

1) Посилення ролі наскрізних змістових ліній біомеханічного спрямування шляхом модернізації змісту та методів вивчення дисциплін, що наразі є обов'язковими компонентами ОПП;

2) Потреба розроблення та впровадження вибірових навчальних дисциплін, які стали б основною платформою для системної реалізації, розробленої нами та описаної в п. 2.1 моделі інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології.

Вище зазначене свідчить, що важливою ланкою для інтеграції є аналіз розвитку змістових ліній, що складають основу методів діагностики та лікування ЗЩА і мають в своїй основі знання з фізики та біомеханіки. Таке дослідження є необхідною передумовою не лише для конструювання змісту вибірових навчальних дисциплін, а й вдосконалення змісту чинних обов'язкових компонент ОПП, добору методів та засобів навчання. Дійсно, ефективна методика інтеграції навчання передбачає дотримання фундаментального принципу дидактики – принципу наступності, який тісно пов'язаний з принципами доступності, наочності, послідовності викладу. На засадах такого підходу стає можливим досягнення двох важливих дидактичних цілей:

- створення методики, яка давала б змогу уникнути надмірного перевантаження студентів новою інформацією;
- формування базису системних знань з біомеханіки при мінімізації їх обсягу.

Виходячи з моделі нашого дослідження, вважали за доцільне розпочати розгляд з «вершини піраміди», тобто з позицій професійної компетентності конкурентоспроможного фахівця галузі охорони здоров'я – стоматологів-практиків та фахівців профільних дисциплін. Такий погляд створює основу для удосконалення змісту навчальних дисциплін різних циклів, модернізації технологій та методів навчання; розроблення інноваційних засобів актуалізації знань, отриманих при вивченні природничих дисциплін, та інтеграції їх в процес фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології.

Мінімум системних знань з біомеханіки, будучи стабільним та фахово орієнтованим, має стати надійним фундаментом для подальшого розвитку змістових ліній, формування нових професійних знань, їх поповнення та систематизацію. Зауважимо, що йдеться саме про системність знань, оскільки, саме відсутність системності є одним з головних недоліків освіченості здобувачів вищої освіти на теперішньому перевантаженому інформаційного суспільства. На практиці ми спостерігаємо широку обізнаність сучасних студентів у різних сферах науки і техніки, але відсутність цілісної системи знань, яка доволі часто стає перешкодою на шляху їх професійного зростання.

Дослідження логічно детермінованої послідовності формування наскрізних змістових ліній, що формують біомеханічну складову фундаменту професійної компетентності майбутнього лікаря-стоматолога, дасть змогу реалізувати:

- внутрішньо дисциплінарні взаємозв'язки між елементами предметних знань з біомеханіки та біофізики;
- термінологічну та понятійну єдність у формулюванні базових принципів та законів, на яких ґрунтується той чи інший метод дослідження ЗЩС;
- міждисциплінарні зв'язки між складовими професійної компетентності

магістра стоматології, які формуються засобами різних навчальних дисциплін;

- добір релевантних методів та засобів навчання, які могли б бути водночас об'єктом навчання і навчальним засобом, на основі якого здійснюється інтеграція.

Найочевиднішою формою інтеграції, яка має бути реалізована в рамках розробленої моделі, є понятійна. Вона передбачає досягнення термінологічної та понятійної єдності у формулюванні базових принципів та законів, що базуються на змісті конкретних загальнонаукових понять. Насамперед важливим є опанування і коректне використання термінологічного апарату. Поняття сили, моменту сили, механічного напруження, точок опори, центру мас лежать в основі практично усіх процесів, що забезпечують функціонування зубощелепного апарату, тому потребують окремої уваги, що дасть змогу забезпечити їх розуміння та коректне використання. Попри очевидну простоту, практична реалізація понятійної інтеграції є вельми проблематичною, оскільки в кожній спеціалізації традиційно складається свій лексичний апарат, який переходить з одного наукового видання в інше. Так, А.М. Чуйко та співавтори [232] в своїй монографії наводять чимало прикладів помилок, коли фахівці-стоматологи не бачать відмінностей між поняттями «центр тяжіння» та «центр ротації», некоректно використовується поняття «сила», «рухливість», використовують невідповідні одиниці вимірювання фізичних величин тощо.

Наш практичний досвід свідчить, що важливим аспектом понятійної інтеграції є забезпечення розуміння відмінностей між фізичними величинами, що мають однакову розмірність. Наприклад, сила тиску, механічне напруження, модуль Юнга. Всі ці величини вимірюються в одних одиницях: Н/м^2 або в Па, але мають різний фізичний зміст і різну природу. Механічне напруження є проявом сил міжмолекулярної взаємодії, тобто внутрішньою силою, а сила тиску обумовлена дією зовнішніх чинників, тому не можуть ототожнюватися.

Однією з ключових ланок при розроблені та реалізації методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології є дослідження логічно детермінованої послідовності формування основних

змістових ліній з механіки та біомеханіки. Покажемо на конкретних прикладах, яким чином формувалися окремі змістові лінії, нарощувалась професійно орієнтована варіативна оболонка, яка спиралася в своїй основі інваріантне ядро фізичних знання. Оскільки основними складовими зубощелепної системи, які забезпечують її функціональну єдність є: зуби і пародонт; щелепи; СНЩС і зв'язковий апарат; м'язи (жувальні, над- і під'язикової кісток, язика; мімічні, шиї і потилиці); судинна система; центральна і периферична нервова система (Рис. 2.3), то з цих позицій і будемо здійснювати структурування знаньового компонента з біомеханіки.



Рис. 2.3. Складові зубощелепної системи

Візьмемо для прикладу поняття моменту сили – фізичної величини, що визначає динаміку обертального руху тіла. Зі шкільного курсу студенти знають, що для опису руху тіл в механіці використовують модель абсолютно твердого тіла, яке розглядають як систему великої кількості матеріальних точок, відстані між якими не змінюються. Дія сили на абсолютно тверде тіло спричинятиме зміну його руху. Будь-який рух абсолютно твердого тіла можна звести до двох найпростіших видів: поступального руху тіла як цілого та обертального руху з певною кутовою швидкістю. Якщо вісь обертання нерухома, то тіло виконуватиме лише обертальний рух відносно цієї осі. Розглянемо абсолютно

тверде тіло, через точку O якого проходить нерухома вісь обертання (Рис. 2.4). Будемо вважати, що ця вісь перпендикулярна до площини рисунка.

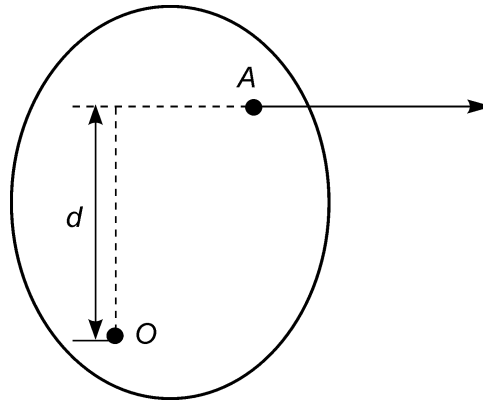


Рис. 2.4. Знаходження моменту сили, що діє на тіло

Нехай до тіла прикладена сила $\vec{F}$. Чим більша ця сила, тим легше повернути тіло. З іншого боку, результат дії сили $\vec{F}$ визначається також точкою її прикладання, а саме: відстанню від точки прикладання до осі обертання; якщо точку прикладання зміщувати вздовж лінії дії сили, то результат дії сили не зміниться.

Найкоротшу відстань від осі обертання до лінії дії сили, називають *плечем сили*. Чим більше плече сили d , тим легше сила $\vec{F}$ спричинить обертання тіла. Таким чином, результат дії сили залежить від її плеча. Фізичну величину, рівну добутку модуля сили на плече цієї сили, називають моментом сили:

$$M = Fd. \quad (2.1)$$

Вчорашні школярі мають знати, що будь-яка сила спричиняє обертальний рух тіла тільки тоді, коли вона має не нульову проекцію на площину ($F_{\text{пл}} \neq 0$), перпендикулярну до осі обертання, і лінія дії сили не перетинає вісь обертання. Якщо ж напрямок сили паралельний до осі обертання ($F_{\text{пл}} = 0$) або лінія дії сили проходить через вісь обертання ($d = 0$), то момент сили дорівнює нулю $M = 0$, і в цьому випадку сила не здатна спричинити обертальний рух тіла.

Проте практика показує, що знання з цієї теми є вкрай слабкими. Проведені нами опитування показали, що у студентів не сформоване поняття сили, лінії сили, плеча сили. Студенти доволі часто не розрізняють понять плече важеля і плече сили, а тому не вміють визначати момент сили, яка діє під кутом. Не

вміють знаходити сумарний момент декількох сил, що діють на тіло (Рис. 2.7). Тут діє три сили, вісь обертання проходить через точку O і перпендикулярна до площини рисунка.

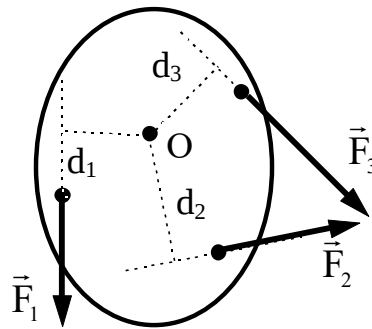


Рис. 2.5. Знаходження результуючого моменту при дії декількох сил

Як правило, студенти знають, що за умови рівності нулю рівнодійної сили (перша умова рівноваги тіла) відсутній поступальний рух тіла. Але не завжди пам'ятають, що під дією сил геометрична сума яких дорівнює нулю, тіло може виконувати обертальний рух і потрібно враховувати також, алгебраїчну суму (з урахуванням знаків) моментів всіх сил відносно осі обертання, яка може не дорівнювати нулю.

У випадку поданому на рисунку (Рис. 2.5) кожна з сил, прикладених до тіла, здатна спричинити його обертальний рух. Момент сили M_1 додатний, бо обертальний рух, обумовлений його дією, спрямований проти руху годинникової стрілки. Момент M_2 також додатний. Момент сили M_3 від'ємний, бо обертальний рух внаслідок його дії спрямований за рухом годинникової стрілки. Тіло не буде обертатися, коли сума моментів дорівнює нулю $M_1 + M_2 + M_3 = 0$.

У курсі медичної та біологічної фізики ця змістова лінія продовжується, набуває нового змісту, розширюється і доповнюється професійно значущою інформацією. Студенти навчаються бачити і розрізняти важелі різного роду у складі опорно рухового апарату людини: важелі сили, важелі швидкості. Чудовим прикладом важеля швидкості може бути нижня щелепа, яка приводиться у рух жувальним м'язом. Протидіюча сила – сила опору їжі, що розжовується. Коли людина розжовує щось тверде, то використовує корінні зуби, зменшуючи при цьому плече сили опору. Студенти навчаються розуміти

особливості біомеханіки відкушування і біомеханіки жування, відмінності між цими видами рухів і їх фізичну основу. В професійній діяльності лікарі-ортоданти часто використовують відношення M/F , яке з фізичної точки зору є нічим іншим як плечем сили і тим параметром, яким найлегше керувати при виконанні ортодонтичних процедур. При потребі здійснення ротації лікар ортодонт підбирає плече сили, змінюючи відстань відносно центра ротації та/або змінюючи напрям дії сили.

Однак наразі ця змістова лінія не знаходить розвитку, потрібного для подальшого усвідомленого і впевненого використання у професійній діяльності. На старших курсах багаж знань з фізики та механіки значно зменшується через природні процеси їх дисипації. Тому цілком логічно, що потрібні додаткові можливості для поглиблення знань та підтримки їх у довготривалій пам'яті.

Іншою важливою змістовою лінією є механічні властивості твердих тіл та біологічних тканин. У шкільному курсі вивчають види і типи деформацій, механічні напруження. У рамках навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика» студенти першого року навчання розширюють і поглиблюють ці знання, вивчаючи релаксацію механічного напруження, текучість твердих тіл, основні механічні характеристики кісткової тканини. Для майбутніх фахівців важливо доповнити ці знання біомеханічними властивостями тканин пародонту та матеріалів, що використовуються у реконструктивній стоматології (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Біомеханічні властивості тканин пародонту

	Модуль Юнга E , Па	Межа міцності σ , Па		Коефіцієнт Пуассона μ
		Розтяг	Стиск	
Емаль	$(0,28 - 8) \cdot 10^{10}$	$(1 - 34) \cdot 10^6$	$(130 - 380) \cdot 10^6$	0,28 – 0,31
Дентин	$(1, 4 - 19) \cdot 10^{10}$	$(2 - 104) \cdot 10^6$	$(230 - 310) \cdot 10^6$	0,31
Кістка щелепи	$2 \cdot 10^{10}$	$(40 - 50) \cdot 10^6$	$(50 - 400) \cdot 10^6$	0,3

Компактна Спонгіозна	$5 \cdot 10^9$	$(10 - 20) \cdot 10^6$	$(26 - 160) \cdot 10^6$	0,32
Періодонт	$(5 - 6,8) \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$		0,45
Верхня третина кореня	$3,2 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$		
Середня третина кореня	$2,7 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$		
Нижня третина кореня	$2,5 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^6$		
Пульпа	$3 \cdot 10^9$			

Важливими є знання про інші (окрім розтягу та стиску) види деформації. Насамперед зсуву, згину та кручення. Для професійної діяльності потрібні знання про межу міцності при різних видах деформації та для різного типу зубів, поняття запасу міцності (Таблиця 2.2).

Таблиця 2.2

Руйнівні механічні напруження при згині

Тип зубів	Інтактний	Вітальний, укритий коронкою	Депульпований	Депульпований, укритий коронкою
Межа міцності, МПа	505,2	455,8	325,5	180,6

У курсі медичної та біологічної фізики немає можливості детально розглянути особливості найпростішого виду деформації, яким є розтяг та стиск, розглянути коефіцієнт Пуассона, взаємозв'язок між модулем пружності E ,

коефіцієнтом Пуассона μ і модулем зсуву G попри те, що саме ці три параметри є визначальним при проведенні багатьох процедур реконструктивної стоматології. Цілком очевидно, що зміна повздовжніх розмірів Δl при деформації зумовлює зміну поперечних розмірів твердого тіла (Рис. 2.6).

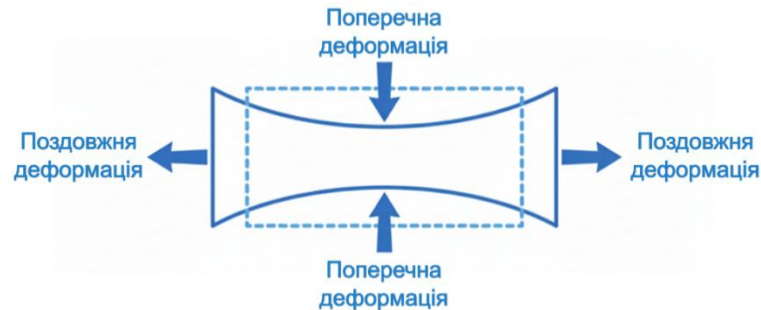


Рис. 2.6. Типи деформації

Взаємозв'язок між відносними змінами товщини $\frac{\Delta d}{d}$ і довжини $\frac{\Delta l}{l}$ стержня задається формулою

$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \quad (2.2)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона; модуль пружності E , коефіцієнт Пуассона μ і модуль зсуву G пов'язані між собою співвідношенням:

$$G = \frac{1}{2} E(1 + \mu) \quad (2.3)$$

Четверту змістову лінію започатковують основи біомеханіки рухів щелепи. Кінематичні показники є важливою складовою оцінювання функціонального стану суглоба. Забезпечення стабільної в фізіологічному та функціональному відношенні оклюзії при ортопедичному та гнатологічному лікуванні потребує проведення дослідження усіх типів руху, що здійснюються в скронево-нижньощелепному суглобі з урахуванням взаємного положення верхньої та нижньої щелепи. Зі шкільного курсу студенти мають знати основні кінематичні характеристики та рівняння поступального та обертового руху.

Основні кінематичні характеристики поступального і обертального рухів

Поступальний	Обертальний
Переміщення Шлях	Кут повороту Шлях
Швидкість $v = \frac{ds}{dt}$	Кутова швидкість $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ Лінійна швидкість
Прискорення $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$	Кутове прискорення $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$
Кінематичне рівняння рівномірного руху $x = x_0 + v \cdot t$	Кінематичне рівняння рівномірного руху $\varphi = \varphi_0 + \omega t$
Кінематичне рівняння рівноприскореного руху $x = x_0 + v_0 t + \frac{a t^2}{2}$	Кінематичне рівняння рівноприскореного руху $\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$

Розрізняють нерухомі, напіврухомі та рухомі типи з'єднання кісток. Нерухомі з'єднання представлені кістками черепа, напіврухомі – хребців, рухомі реалізуються за допомогою суглобів. Кожен суглоб складається з суглобових поверхонь, сумки та синовіальної рідини, яка знаходиться в суглобовій порожнині і зменшує сили тертя при русі. Суглоби скріплені зв'язками, які обмежують амплітуду їх рухів.

Однією з найважливіших механічних характеристик суглоба є *число ступенів вільності* – кількість можливих незалежних координат, необхідних для опису усіх можливих рухів. Ліктьовий суглоб є прикладом системи з одним ступенем вільності (згинання – розгинання). Променево-зап'ястковий суглоб має два ступені вільності: згинання – розгинання, приведення – відведення. Плечовий та кульшовий суглоби мають три ступені вільності: згинання –

розгинання (в сагітальній площині), приведення – відведення (у фронтальній площині), ротація навколо повздовжньої осі. Рухомі кістки опорно-рухового апарату функціонують як важелі і приводяться в рух силами, що виникають при скороченні м'язів. Загалом рука має 33 ступені вільності.

Найскладнішим у тілі людини є скронево-нижньощелепний суглоб, який забезпечує рухи в трьох різних напрямках: вертикальному, сагітальному, трансверзальному. Зубощелепна система відповідає не лише за жування, але й за рух щелепи під час розмови, дихання чи сну. Кожен рух нижньої щелепи забезпечується скороченням певної групи м'язів і відбувається при комбінованих рухах у скронево-нижньощелепному суглобі: одночасному ковзанні й обертанні суглобових голівок. Скорочення м'язів зумовлюється нервовими імпульсами, які генеруються і поширюються по нервових волокнах. СНЩС має складну систему нервових волокон, що пов'язані з черепними, шийними, симпатичним сплетіннями.

Під час вертикальних рухів нижньої щелепи відбувається відкривання і закривання рота, завдяки скороченню м'язів, що піднімають і опускають нижню щелепу (рис. 2.5).

При сагітальних рухах нижня щелепа переміщується вперед та назад. Рух вперед здійснюється двостороннім скороченням латеральних криловидних м'язів.

У випадку трансверзальних рухів нижньої щелепи на протилежних боках відбуваються різні рухи у СНЩС й ділянці зубів. На одній стороні відбувається скорочення м'яза, ця сторона називається балансуючою, а на протилежній стороні – розтягнення, ця сторона називається робочою. На робочій стороні зуби встановлюються один навпроти другого однойменними горбками, а на балансуючій – різнойменними, щічні нижні горбки встановлюються навпроти піднебінних горбків верхніх зубів. На робочій стороні здійснюється функція жування. Трансверзальний рух відбувається внаслідок скорочення зовнішнього криловидного м'яза на балансуючій стороні (Рис. 2.7).

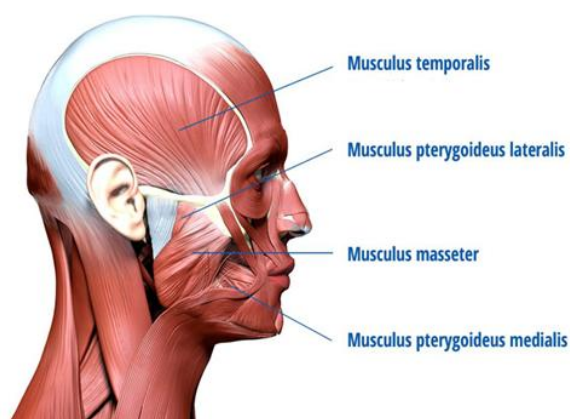


Рис. 2.7. Система м'язів, що беруть участь у рухах нижньої щелепи

Вимірювання амплітуди рухів у суглобах є важливою складовою професійної діяльності лікаря гнатолога. Як правило, амплітуду рухів визначають за допомогою кутів між окремими цілком визначеними положеннями суглобів.

Так, при трансверзальних рухах головка нижньої щелепи на стороні скорочення здійснює шлях не тільки вниз, але і уперед і дещо всередину, утворюючи кут з первинним положенням, який називають кутом Бенета. Кут Бенета зазвичай дорівнює 15-20 градусів (Рис. 2.8 (а)). Середньоанатомічний показник кута трансверзального (бічного) суглобового шляху складає 17°.

Амплітуду руху щелепи у сагітальній площині визначають кутом, що виникає, між траєкторією висування нижньої щелепи та так званою Камперівською горизонталлю (Рис. 2.8 (б)). Зазвичай він складає 33-35°.

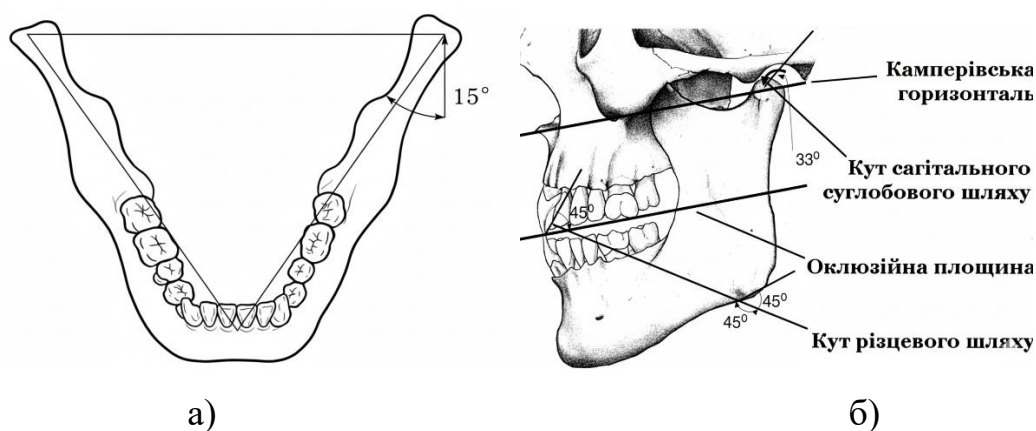


Рис. 2.8. Кути, що характеризують рухи СНЩС у трансверзальному (а) та сагітальному (б) напрямках



Рис. 2.9. Визначення середньоанатомічних значень кінематичних показників рухливості СНЩС у вертикальній площині

Для вимірювання рухів СНЩС у вертикальній площині може бути використаний найпростіший прилад – гоніометр. Нами розроблена методика проведення практичного завдання «Визначення середньоанатомічних значень кінематичних показників рухливості СНЩС у вертикальній площині» (Рис. 2.9). Хоча такий підхід у практичній стоматології наразі не застосовується, він має цінність для навчального процесу, оскільки дає можливість засвоїти базові поняття біомеханіки, а також сформувати у студентів навички опрацювання результатів вимірювань, навчити визначати довірчі інтервали (інтервали певності), закріпити розуміння понять точності та надійності вимірювань, коефіцієнта Стьюдента, систематичної та випадкової похибок.

Для об'єктивної оцінки руху щелеп у практичній стоматології використовують аксіографію. Процедура аксіографії є доволі складною, оскільки складними і комплексними є рухи в скронево-нижньощелепному суглобі та передбачає використання спеціального обладнання: – приладу, який називають аксіографом. Аксіограф складається з сенсорів, що розміщуються на важливих точках щелеп та зубів. Сенсори фіксують рухи щелеп та зубів при різних типах рухів в реальному часі. Також до складу аксіографа входить пристрій, який забезпечує запис, опрацювання та збереження даних. Нами докладаються

зусилля стосовно розроблення відповідної теми в рамках вибіркової дисципліни та забезпечення кафедри відповідним обладнанням.

Для відтворення рухів нижньої щелепи відносно верхньої традиційно використовують артикулятори – спеціальні механічні пристрої, якими наразі оснащена кафедра медичної і біологічної фізики НМУ в.м. О.О.Богомольця (Рис. 2.10). Артикулятор складається з утримувачів моделі, верхньої і нижньої рами, які з'єднуються за допомогою суглобового механізму, різцевої підставки (столика), в яку упирається різцевий стержень для встановлення висоти оклюзії (вертикальної відстані між рамами), і фіксатора стержня. Суглобовий механізм імітує рухи в скронево-нижньощелепному суглобі, а стержень з підставкою забезпечують відтворення переднього і бічного різцевих шляхів. Аналіз цієї змістової лінії засвідчив потребу розгляду роботи артикуляторів (простих шарнірних оклюдаторів; середньоанатомічних напіврегульованих, повністю регульованих (універсальних)) в рамках вибіркової навчальної дисципліни, що й було нами реалізовано через розроблення методичного забезпечення окремої теми практичного заняття.



Рис. 2.10. Моделі артикуляторів, що використовуються у навчальному процесі на кафедрі медичної і біологічної фізики та інформатики для визначення кута Бенетта

Ще однією, не менш важливою змістовою лінією, яка бере свої витoki у медичній та біологічній фізиці є розуміння особливостей м'язового скорочення (рівняння Хілла, ізометричні та ізотонічні скорочення, енергетичні характеристики м'язового скорочення тощо). Варто зазначити, що попри важливість знання біомеханічних особливостей для розуміння сутності багатьох зубощелепних розладів, ця лінія не має практичного розвитку у курсі фундаментальних дисциплін, хоча медична та біологічна фізика закладає необхідне для цього підґрунтя.

Так, механічне напруження у в'язко пружному середовищі, яким є м'язи, можна описати як суму двох доданків, що характеризують пружну і в'язку складові:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon + \eta \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (2.4)$$

Знайдемо залежність відносної деформації від часу, розв'язавши це рівняння. Припустимо, що початкові умови є такими: в момент часу $t = 0$ відносна деформація ε також дорівнює нулю. Тоді будемо мати:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (2.5)$$

де $\tau = \frac{\eta}{E}$ – величина, яка характеризує час запізнення. Видно, що при $t = 0$ швидкість деформації $d\varepsilon/dt$ буде максимальною і дорівнює $\frac{\sigma}{\eta}$. Деформація $\varepsilon(t)$ наростає з уповільненням і досягає стаціонарного значення $\frac{\sigma}{E}$.

Тобто, рівняння 2.5 достатньо добре описує результати, що отримані експериментально. Рівняння Хілла є основним характеристичним рівнянням м'язового скорочення і описує зміну швидкості скорочення м'яза від навантаження P :

$$v = \frac{b (P_0 - P)}{P + a} \quad (2.6)$$

де P_0 - максимальне ізометричне напруження (вага максимального вантажу, який може утримувати м'яз без зміни його довжини), b – константа, що має розмірність швидкості, a – константа, що має розмірність сили.

Максимальна швидкість розвивається при $P = 0$:

$$v_{max} = \frac{b \cdot P_0}{a} \quad (2.7)$$

При $P=P_0$ швидкість скорочення також дорівнює нулю, тобто скорочення не відбувається.

Робота, що виконується м'язом:

$$A = P \cdot \Delta l \quad (2.8)$$

Ця залежність нелінійна. Проте припустивши, що $\Delta l = P \cdot v$, можемо знайти потужність:

$$W = \frac{dA}{dt} = \frac{b(P_0 - P)}{P + a} P \quad (2.9)$$

Графік цієї функції має дзвоноподібну форму.

Досягнення розуміння біомеханічних особливостей м'язового скорочення у студентів є доволі складною проблемою, яка може бути розв'язана завдяки комплексному підходу: розгляду теоретичного матеріалу на окремій лекції, проведенню окремої дослідницької роботи, розв'язуванню задач.

Важливим з професійної точки зору практичної діяльності лікаря-стоматолога є поняття центру мас системи або центру інерції. Центр мас не обов'язково має бути розміщений у самому тілі, він може знаходитись за його межами, наприклад, центр мас обруча співпадає з його геометричним центром. В однорідних ($\rho = \text{const}$) тілах правильної форми центр мас співпадає з їх геометричним центром.

Будь-яке тіло можна розглядати як множину маленьких тіл, з яких воно складається. Такі маленькі тіла вважатимемо матеріальними точками, які мають масу. Вочевидь, що маса всього тіла буде дорівнювати сумі мас матеріальних точок:

$$M = \sum_i m_i \quad (2.10)$$

де m_i – маса i -ї матеріальної точки.

Введення поняття центра мас дозволяє при русі тіла вважати його матеріальною точкою. Виникає питання, яку ж масу має ця матеріальна точка – центр мас? Якщо центр мас визначає рух всього тіла, то і вся маса тіла має бути зосереджена в цій точці. Це означає, що центр мас тіла рухається як

матеріальна точка, маса якої дорівнює масі всього тіла, при цьому на центр мас діють всі зовнішні сили, прикладені до тіла. Координати положення центра мас тіла визначають з відношень:

$$X_c = \frac{\sum m_i x_i}{M} ; Y_c = \frac{\sum m_i y_i}{M} ; Z_c = \frac{\sum m_i z_i}{M} \quad (2.11)$$

де X_c, Y_c, Z_c – координати центра мас; x_i, y_i, z_i – координати матеріальної точки m_i .

За умови однорідності гравітаційного поля точкою прикладання сили тяжіння є центр мас тіла. Тому центр мас ще називають центром тяжіння тіла. Цю особливість дії сили тяжіння використовують при визначенні положення центра мас тіла. Для визначення положення центра мас плоского тіла, його достатньо по черзі двічі підвісити за будь-які дві точки і провести через них вертикальні лінії. Перетин цих ліній є точкою прикладання сили тяжіння, яка співпадає з центром мас тіла. Для визначення положення центра мас тіла будь-якої форми його необхідно підвішувати тричі.

Розуміння сутності цього поняття є важливим з професійної точки зору, оскільки тісно пов'язане з поняттям «центр резистентності» та певним чином з поняттям «центр ротації».

Таким чином, можна стверджувати про наявність цілком визначених окремих біомеханічних змістових ліній (Таблиця 2.4), які є важливими для професійного становлення та успішного кар'єрного зростання магістра стоматології в сучасних умовах. Більшість зазначених змістових ліній розпочинається при вивченні природничих предметів у ЗСО, знаходить у тій чи іншій мірі розвиток у дисциплінах загального циклу підготовки.

Наскрісні змістові лінії з механіки та біомеханіки та їх відображення у різних циклах підготовки системи підготовки магістрів стоматології

№ з/п	Змістова лінія	Навчальні предмети у закладах середньої освіти	Дисципліни циклу загальної підготовки	Дисципліни циклу професійної підготовки
1	Сила, момент сили, важелі, їх типи; шарнірно-важільний устрій опорно-рухового апарату людини та ЗІЦС	Так	ні	Так
2	Механічні властивості твердих тіл; деформації, їх види і типи; в'язко-пружні властивості біологічних тканин	Так	так	
3	Основні кінематичні характеристики обертального та прямолінійного рухів, основні кінематичні рівняння, ступені вільності	Так	ні	
4	Інерційні характеристики твердого тіла; маса, центр мас	Так	Ні	
5	Біофізики м'язового скорочення	Ні	частково	

Проведений аналіз свідчить, що знання з усіх з зазначених змістових ліній потребують підкріплення, систематизації задля ефективного використання у практичній професійній діяльності. Саме тому, ці лінії мають знайти відображення в окремих темах спеціально розроблених вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на інтеграцію знань з біомеханіки та механіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

Таким чином, аналізуючи зміст фахових клінічних дисциплін, навчальних дисциплін циклу загальної підготовки, зокрема дисциплін «Анатомія голови та шиї», «Медична та біологічна фізика», «Фізіологія щелепно-лищевої ділянки», нами виокремлені теми, що є основою змістових ліній, більшість з яких розпочинається в рамках шкільного курсу фізики.

Опора на визначені змістові лінії стане основою розуміння структурних та функціональних біомеханічних взаємозв'язків між складовими зубощелепної системи, дасть змогу посилити окремі складові та удосконалити методику вивчення навчальних дисциплін, що є обов'язковим компонентом ОПП, а також окреслити зміст вибіркової дисципліни, яка стала б платформою для інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології. Наступним кроком має стати конструювання змісту та розроблення методики навчання такої дисципліни, дослідження психолого-педагогічні аспекти інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології в умовах воєнного стану.

Таким чином, нами реалізовано дидактичні підходи, з яких особливу роль мав аналіз наскрізних змістових ліній, починаючи з програмних результатів навчання у ЗСО до результатів, що визначені в освітньо-професійній програмі відповідної спеціальності.

2.3. Конструювання змісту вибіркової дисципліни, орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології»

Основою для конструювання змісту вибіркової дисципліни орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології є систематизовані та узагальнені наукові концепції відповідних наукових галузей. Цілком очевидно, що зміст навчальної дисципліни має підпорядковуватися цілям ОПП «Стоматологія», враховувати положення в структурі освітньо-професійної програми та спиратися базові дидактичні принципи, які поділяють на загальні та спеціальні. До загальних відносять принципи науковості, систематичності й послідовності, зв'язку навчання з практикою тощо. Спеціальні дидактичні принципи і є основою для критеріїв добору навчального матеріалу для конструювання змісту вибірових навчальних дисциплін, орієнтованих на вивчення біомеханіка як основи інтегративного підходу в стоматології. Конструюючи зміст навчальної дисципліни, на думку [187, 223], дидактичні принципи варто розглядати як рекомендації, що спрямовують педагогічну

діяльність і навчальний процес загалом, як способи досягнення педагогічних цілей з урахуванням закономірностей та умов перебігу освітнього процесу.

Ми погоджуємося з думкою, обґрунтованою Н.В. Стучинською в роботі [205]: «Відмінності у структурі навчальної дисципліни та відповідної наукової галузі зумовлені, насамперед, завданнями, які вони покликані виконувати: головне завдання наукової галузі – продукування нових знань; характер та структура навчальної дисципліни великою мірою визначається дидактичною системою, яка забезпечує ефективність її вивчення. Тому навчальна дисципліна має свою відмінну структуру і не є сукупністю законів, понять та методів відповідних (однієї чи декількох) наукових галузей».

Первинна орієнтація на зуболікарську практику – одне з важливих завдань у процесі навчання біомеханіки в курсі медичної і біологічної фізики, тому для нас були важливими результати обговорень у фокус-групі, до якої входили практикуючі лікарі-стоматологи. Успіхи та напрямки розвитку сучасної стоматології мають бути основою для модернізації та вдосконалення як змісту, так і навчальних технологій навчальної дисципліни у зазначеному аспекті. Майбутнє лікаря-стоматолога полягає не лише в простому відновленні пошкоджених структур ЗЩС, першорядна мета – розуміння сутності причинно-наслідкових взаємозв'язків та формування особистості фахівця, що здатен опікуватися станом ротової порожнини, який допомагає пацієнтам залишатися здоровими на всіх етапах розвитку організму аж до глибокої старості.

Методика інтегрованої вибіркової навчальної дисципліни передбачає:

- чітке визначення мети,
- побудову змісту навчальної дисципліни з опорою на логіку відповідних наукових галузей та дотримання базових дидактичних принципів,
- конкретизацію кожного етапу навчання згідно з поставленою метою,
- формулювання очікуваних навчальних результатів,
- добір ресурсів для їх досягнення,
- співвіднесення програмних цілей та результатів з рівнем підготовленості студентів, часом, змістом, матеріально-технічним забезпеченням, завдяки чому

досягається баланс усіх компонентів методичної системи, закладається підґрунтя для ефективного процесу підготовки майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я.

Нами розроблена і впроваджена для спеціальності 221 «Стоматологія» навчальна дисципліна «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» орієнтована на подолання прогалин у формуванні системних знань з механіки та біомеханіки у підготовці здобувачів вищої медичної освіти. Результати описаного в п. 2.2 дослідження наскрізних змістових ліній, які розпочинаються у процесі навчання «Медична та біологічна фізика», а подекуди і в курсі фізики за середню школу, створили підґрунтя для формування змісту дисципліни з дотриманням принципу наступності.

Одним з важливих завдань у процесі конструювання змісту навчальної дисципліни стала первинна орієнтація на аналіз тенденцій розвитку сучасної стоматології та наближення до досягнень сучасної науки і практики. Намагаючись при цьому сформувані у студентів стоматологів цілісні системні знання, особливої ваги набуває забезпечення міждисциплінарної інтеграції фундаментальних природничих та фахово-орієнтованих клінічних дисциплін.

Розв'язання проблеми потребувало посилення міждисциплінарних зв'язків навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика з основами медичної інформатики» та фахових дисциплін, в яких широко застосовують знання про особливості розподілу деформацій та напружень у біологічних системах, закономірності розподілу та зміни фізіологічного і механічного станів при силових навантаженнях на щелепу пацієнта: «Ортопедична стоматологія», «Щелепо-лицева хірургія», «Терапевтична стоматологія», «Ортодонтія».

Таким чином, цілком очевидно, що вертикальна взаємодія між біофізикою та стоматологією має бути підсиленою і це обов'язково має розпочинатися на перших курсах і продовжуватися аж до вивчення фахових стоматологічних дисциплін, тобто завершуватися на старших курсах університету.

Ми виходили з того, що логіко-дидактична структура змісту інтегрованої навчальної дисципліни має бути орієнтована на формування системних знань з

біомеханіки. У нашому випадку принцип системності є базовим, тобто «передбачає такий конструкт змісту навчальної інформації, за якого основні категорії предметної галузі тісно взаємопов'язані та утворюють цілісну педагогічну систему» [178].

Справді, формування системи знань про функціональні зв'язки окремих елементів зубощелепної системи є комплексною проблемою, вирішення якої потребує інтеграції знань з анатомії, фізіології, ортодонтії та інших фахових дисциплін. Основою для такої інтеграції є базові знання з класичної механіки (поняття важеля, моменту сили, шарнірного з'єднання, ступеня вільності, роботи, енергії) та біомеханіки (будова кісткової тканини, скелетних та гладких м'язових волокон, механізмів м'язового скорочення, поняття акустонічного, ізотонічного та ізометричного скорочення, зубчастого та гладкого тетануса, потенціала дії, взаємозв'язку між силою і довжиною саркомера тощо).

Конструювання змісту інтегрованих навчальних дисциплін, що є вибірковыми компонентами ОПП «Стоматологія» та орієнтовані на вивчення біомеханіки («Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» та «Гнатологія в ортодонтії») здійснювалося у такій послідовності:

1. Визначення цілей навчання, завдань, обсягу та місця в ОПП.
2. Проектування змісту та структури навчальної дисципліни.
3. Дослідження структури математичними методами, моніторинг та коригування змісту (Рис. 2.11).

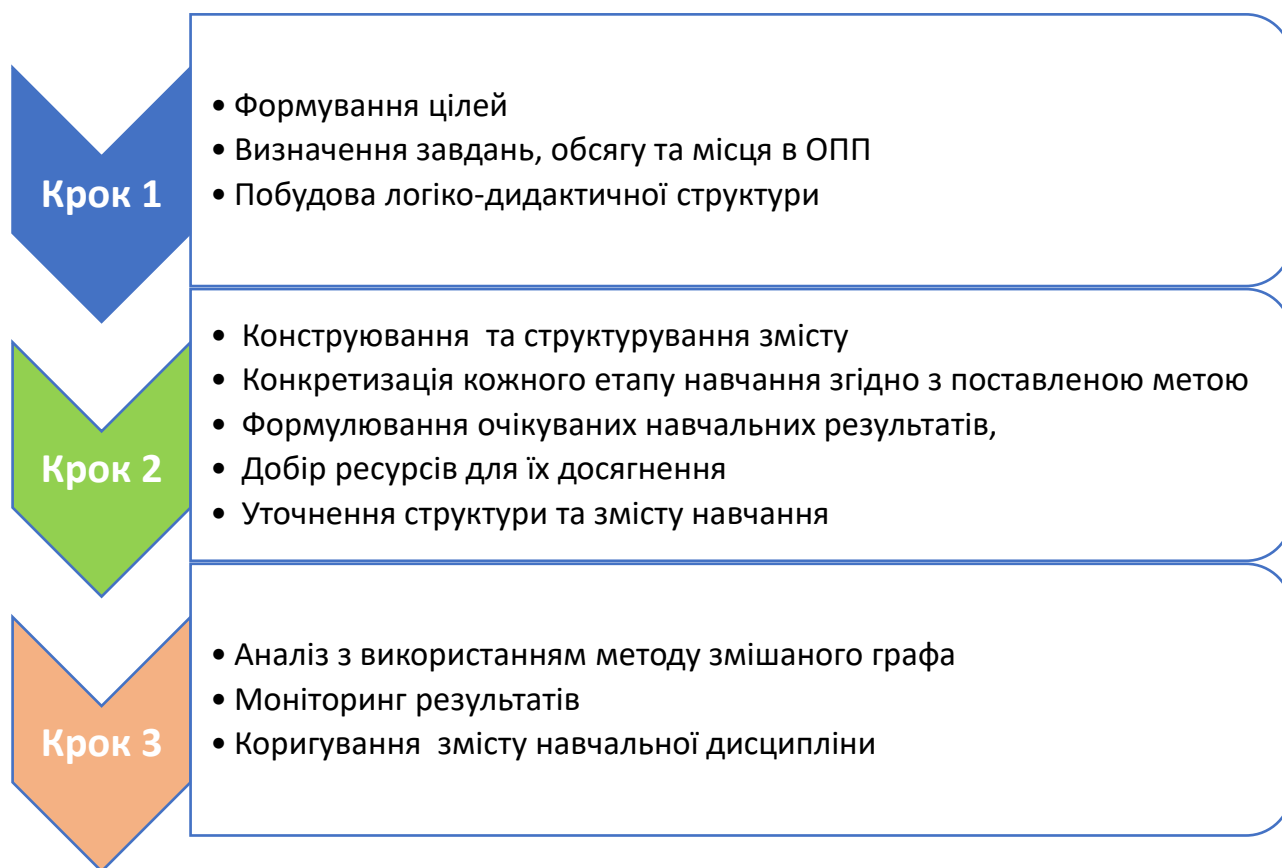


Рис. 2.11. Послідовність етапів конструювання змісту навчальної дисципліни у підготовці фахівців стоматологічної галузі

Ми дотримувалися підходів, розроблених в роботі [205]. Конструювання змістового наповнення навчальної дисципліни передбачає: поетапність, поділ навчального матеріалу на частини; обмеження (кожна окрема частина має бути відносно завершеною як у змістовому, так і у логічному аспекті); наростання складності (принцип, що базується на положенні про єдність навчання та розвитку); зв'язок (нового зі старим, старого з новим); координацію (встановлення зв'язків між навчальними дисциплінами та професійною діяльністю); акцентування найважливішого у навчальному матеріалі; дидактичну обґрунтованість: диференціація залежно від дидактичної цілі, методів діяльності, засобів навчання тощо [205].

З опорою на виявлені наскрізні змістові лінії та сформовані позиції до формування структури був розроблений зміст навчальної дисципліни «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології» як вибіркової компоненти ОПП «Стоматологія» для вітчизняних студентів 2-го курсу.

Навчальна дисципліна розроблена на міждисциплінарних засадах спільно викладачами кафедри МБФІ та ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології НМУ ім. О.О.Богомольця. Тематика занять з дисципліни наведена в таблиці 2.5.

Навчальна дисципліна орієнтована на формування:

- системних знань про біомеханіку щелепно-лицевого апарату, можливості їх застосування у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань,
- розуміння сутності багатофункціональних взаємозв'язків між структурними елементами та тканинами зубощелепної системи в нормі та при патології,
- розуміння тенденцій розвитку сучасної стоматології, забезпечуючи реалізацію базового дидактичного принципу – наближення змісту освіти до стану сучасної науки і практики.

Таблиця 2.5

Тематика занять з дисципліни «Біомеханіка зубощелепного апарату.

Фізичні основи гнатології»

№	Тема заняття	Години
1.	Деформації. Види і типи деформацій. Діаграма деформації. Дослідження пружних властивостей кісткових тканини. Тензометрія	3
2.	Сила. Момент сили. Важелі. Види з'єднань. Рухомі та нерухомі з'єднання. Точка опори. Принципи вибору точки опори в ортодонції. Рівновага важеля. Центр резистентності зуба. Ступені вільності	3
3.	Скронево-нижньощелепний суглоб (СНЩС). Біомеханіка рухів нижньої щелепи у 3 площинах: сагітальній, вертикальній та трансверзальній. Дисфункція СНЩС. Фізичні фактори, що впливають на формування дисфункції СНЩС	3

№	Тема заняття	Години
4.	Біофізика м'язового скорочення. Види м'язових волокон. Структура м'язових волокон. В'язкопружні деформації. Активне й пасивне скорочення. Потужність окремого скорочення. Поняття акустонічного, ізотонічного та ізометричного скорочення, зубчастого та гладкого тетануса	3
5.	Моделювання м'язових скорочень. Рівняння Хілла. Потенціал дії. Послідовність етапів м'язового скорочення. Взаємозв'язок між силою і довжиною саркомера	3
6.	Біомеханічні чинники порушень гнатологічного характеру. Вплив оклюзії на функціонування зубо-щелепного апарату. Фізичні основи ортодонтитичного переміщення	3
7.	Методи діагностики зубо-щелепних аномалій та деформацій. Апарати для реєстрації та аналізу рухів нижньої щелепи. Аналіз оклюзії в артикуляторі	3
8.	Фізичні основи сучасних методів діагностики в гнатології: КТ, МРТ, УЗД, Аксиографія	3
9.	Індивідуальне планування лікування ЗЩА. Цифрові технології у комплексному лікуванні пацієнтів. Цифровий відбиток. Використання методів віртуальної та доповненої реальності в стоматології	3
10.	Підсумкове заняття. Захист групових проєктів	3
Разом практичних годин		30

На підсумковому занятті здійснюється захист групових проєктів, тематика яких надається студентам завчасно і впродовж терміну вивчення вибіркової дисципліни проводиться систематичне консультування та підтримка як в онлайн, так і в офлайн режимі.

Викладання навчальної дисципліни, що побудована на засадах міждисциплінарної інтеграції, здійснюється фахівцями різного профілю. Окремі

заняття (лекційні та практичні) проводяться викладачами кафедри медичної та біологічної фізики, такими є теми: «Деформації. Види і типи деформацій. Діаграма деформації. Дослідження пружних властивостей кісткових тканини. Тензометрія», «Біофізика м'язового скорочення. Види м'язових волокон. Структура м'язових волокон. В'язкопружні деформації. Активне й пасивне скорочення. Потужність окремого скорочення. Поняття акустонічного, ізотонічного та ізометричного скорочення, зубчастого та гладкого тетануса. Взаємозв'язок між силою і довжиною саркомера», «Моделювання м'язових скорочень. Рівняння Хілла. Потенціал дії. Послідовність етапів м'язового скорочення». Викладачі кафедр ортодонції проводять заняття «Сконево-нижньощелепний суглоб (СНЩС). Біомеханіка рухів нижньої щелепи у 3 площинах: сагітальній, вертикальній та трансверзальній. Дисфункція СНЩС. Фізичні фактори, що впливають на формування дисфункції СНЩС». Спільних зусиль потребує вивчення теми 3, оскільки поняття: «Сила. Момент сили. Важелі. Рівновага важеля. Види з'єднань. Рухомі та нерухомі з'єднання. Точка опори» є фізичними поняттями, а розуміння принципів вибору точки опори в ортодонції, центру резистентності зуба потребує знань з фахових дисциплін стоматологічного профілю.

Зміни в підходах до конструювання вибіркового дисциплін мають глибокий вплив на набуття клінічних навичок студентами-стоматологами.

Структурованість навчального матеріалу та послідовність його викладу може допомогти посилити синергію між теоретичними знаннями про біомеханіку, сутність функціональних взаємозв'язків між структурними елементами зубощелепного апарату і практичним набуттям клінічних навичок, які формувалися без належного розуміння багатьох аспектів біомеханіки та її ролі у практичній діяльності сучасного стоматолога.

Проведене аналітичне дослідження стало основою для розроблення змісту навчальної дисципліни «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології» як вибіркової компоненти ОПП «Стоматологія» для вітчизняних студентів 2-го або 3-го курсу.

Навчальна дисципліна розроблена на міждисциплінарних засадах і орієнтована на формування системних знань про біомеханіку щелепно-лицьового апарату, можливості їх застосування у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

Покажемо на прикладі конкретної теми, яким чином було сформовано структуру навчального контенту, у якому виокремлюємо інваріатну складову знань з фізики та біофізики, варіативну фахово орієнтовану та процесуальну складові (Рис. 2.12). Зупинимось на структурі заняття на тему «Сила. Момент сили. Важелі. Види з'єднань. Рухомі та нерухомі з'єднання. Точка опори. Принципи вибору точки опори в ортодонтії. Рівновага важеля. Центр резистентності зуба. Ступені вільності. Переміщення зубів в трьох взаємноперпендикулярних площинах», яка є складовою вибіркової дисципліни.

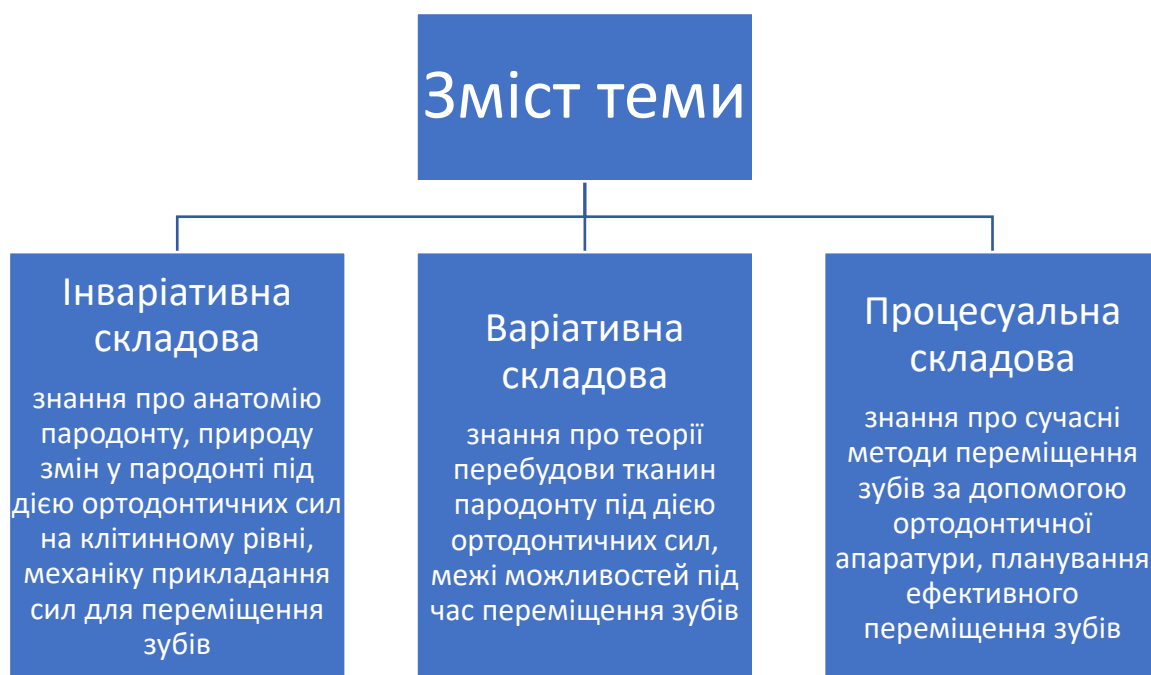


Рис. 2.12. Структура змісту тематики заняття

У процесі вивчення даної теми, студент повинен сформувати стійке системне знання основних фізичних понять, розуміння їх сутності, можливості переміщення зубів з використанням ортодонтичної апаратури; розуміти реакцію тканин пародонту на дію сил; навчитись використовувати знання під час планування ортодонтичного лікування.

Такі поняття динаміки як «маса», «сила», «момент сили», «умови рівноваги твердого тіла», «механічне напруження», «релаксація механічного напруження» є формотворчими у розумінні переміщення зубів під впливом ортодонтичної апаратури. Опора має бути і на знання властивостей твердих тіл: пружність, міцність, пластичність тощо.

Багато термінів, понять та законів, які використовуються у стоматології мають бути знайомі здобувачам вищої освіти ще з курсу фізики середньої школи. Проте термінологічні відмінності та відсутність систематичних знань з механіки значно ускладнюють їх розуміння й практичне застосування. Наведемо приклади. Корпусне переміщення зуба – паралельне його зміщення верхівки разом з коренем у певному напрямку. На відміну від нахилу або повороту, корпусне переміщення забезпечує переміщення усього зуба (як коронки, так і кореня) на однакову відстань.

Тіпінг (від англ. tipping) – це нахил зуба під дією сили, яка не проходить через центр резистенції. У цьому випадку коронка рухається в одному напрямку, а корінь – у протилежному або залишається нерухомим. Це найчастіший тип неконтрольованого переміщення зуба, що виникає, коли сила не проходить через центр резистенції.

Центр резистенції – це точка, через яку проходять лінії дії усіх сил, що викликають лише лінійне (корпусне) переміщення зуба без обертальної складової (без ротації). Розташування:

- У однокорневих зубах — приблизно на $1/3$ – $1/2$ довжини кореня від верхівки (в середині кісткової підтримки).
- У багатокорневих — розташований глибше і ближче до місця біфуркації.

Центр ротації це: точка, навколо якої фактично обертається зуб під дією прикладеної сили, що створює обертальний момент $M = F \cdot d$. Положення залежить від точки прикладання сили і її напрямку. Наприклад:

- При неконтрольованому тіпінгу центр ротації – біля верхівки кореня.
- При контрольованому тіпінгу – далі від верхівки.

- При торку – ближче до коронки.

Доволі корисно надати порівняльну таблицю, яка дає змогу виявити спільні риси та відмінності між цими базовими поняттями біомеханіки ЗЩА, оскільки доволі часто студенти не розрізняють ці поняття, попри їхню важливість для розуміння сутності біомеханічних процесів в ортодонтії, гнатології та стоматології загалом (Таблиця 2.6).

Таблиця 2.6

Спільні риси та відмінності між базовими поняттями (центр ротації та центр резистенції) біомеханіки ЗЩА

Ознака	Центр резистенції	Центр ротації
Положення для зуба є цілком визначеним	☒	✗ (змінюється)
Визначає тип переміщення	☒	☒
Локалізація	У тілі зуба (у кістці)	У будь-якій точці або за межами зуба
Залежить від зовнішніх сил, що прикладені до зуба	✗	☒
Аналогія у механіці	Центр мас Центр тяжіння	Точка/вісь обертання

Ми погоджуємося, що «Знання з класичної механіки є основою для «біомеханіки» (науки, яка на основі ідей та методів механіки вивчає властивості біологічних об'єктів (м'язових і кісткових тканин), закономірності їх адаптації до довкілля, поведінку та механічні рухи в них на всіх рівнях організації та в різних станах, включаючи періоди розвитку й старіння, а також при патологіях). Знання з біомеханіки відкривають можливість осмислення закономірностей перебудови тканин пародонту, як реакції на механічний вплив ортодонтичної апаратури» [178].

Наступним кроком має стати дослідження міждисциплінарних зв'язків з використанням математичних методів (методи кластерного аналізу, побудови змішаного графа тощо). Поєднання цих підходів дасть змогу не тільки відстежити формування тих чи інших понять, навичок та умінь, а й визначити роль та місце кожної окремої теми у змісті інтегрованих навчальних дисциплін, орієнтованих на вивчення біомеханіки у стоматології.

2.4. Дослідження між- та внутрішньодисциплінарних зв'язків дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» з використанням метод змішаного графа

Для встановлення міждисциплінарних зав'язків навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології» нами обрано метод побудови змішаного графа. Цей метод дає змогу визначити точки дотику в змісті навчальної дисципліни, а відтак і в прийомах та методах розумової та навчальної діяльності здобувачів вищої стоматологічної освіти, посиливши тим самим фундамент для формування фахових практико орієнтованих компетентностей. Застосування методу змішаного графа допомагає спроектувати або істотно покращити структуру змісту, послідовність та обсяг лекційних та практичних занять навчальної дисципліни.

З метою визначення системи міждисциплінарних зав'язків кожної з тем навчальної дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» нами було розглянуть комплекс навчальних дисциплін, які вивчаються студентами спеціальності 221 «Стоматологія». Сукупність дисциплін, що належать до різних циклів системи підготовки, була умовно поділена на три групи: фундаментальні фахово орієнтовані, клінічні, медико-профілактичні.

До першої групи відносяться: «Анатомія людини, в тому числі анатомія голови і шиї» (b1); «Гістологія, цитологія та ембріологія» (b2); «Медична біологія» (b3); «Медична та біологічна фізика з основами медичної інформатики» (b4); «Медична біохімія, в тому числі біохімія ротової порожнини» (b5); «Мікробіологія, вірусологія та імунологія, в тому числі

мікробіологія порожнини рота» (b6); «Фізіологія, в тому числі фізіологія щелепно-лищевої ділянки» (b7); «Радіологія, радіологія в стоматології» (b8); «Патоморфологія, в тому числі патоморфологія голови і шиї» (b9); «Патофізіологія, в тому числі патофізіологія щелепно-лищевої ділянки» (b10); «Фармакологія» (b11).

Найбільш чисельною є група клінічних дисциплін: Пропедевтика внутрішньої медицини, в тому числі практика з догляду за пацієнтами в клініці внутрішньої медицини (c1); Доклінічний курс з дитячої терапевтичної стоматології, в тому числі сестринська практика в стоматології (c2); Профілактика стоматологічних захворювань, в тому числі клінічна практика профілактики стоматологічних захворювань (c3); Внутрішня медицина (в тому числі: ендокринологія, епідеміологія, інфекційні хвороби, клінічна фармакологія) (c4); Хірургія (в тому числі: нейрохірургія, онкологія, практика з догляду за пацієнтами в хірургічному відділенні) (c5); Загальна медична підготовка (в тому числі: акушерство; дерматологія, венерологія; клінічна імунологія і алергологія; медична психологія; неврологія, в тому числі нейростоматологія; оториноларингологія; офтальмологія; педіатрія; психіатрія, наркологія; фізична реабілітація, спортивна медицина; фтизіатрія) (c6); Ортодонтія, в тому числі клінічна практика з ортодонтії (c7); Ортопедична стоматологія (в тому числі: незнімне зубне протезування, знімне зубне протезування, щелепно-лицеве протезування, протезування на імплантах, клінічна практика з ортопедичної стоматології) (c8); Терапевтична стоматологія (в тому числі: карієсологія, ендодонтія, пародонтологія, захворювання слизової оболонки порожнини рота, клінічна практика з терапевтичної стоматології) (c9); Хірургічна стоматологія (в тому числі: видалення зубів, знеболення та запальні захворювання щелепно-лищевої ділянки, щелепно-лицева травматологія, онкологія щелепно-лищевої ділянки, реконструктивна щелепно-лицева хірургія, клінічна практика з хірургічної стоматології) (c10); Дитяча терапевтична стоматологія, в тому числі клінічна практика з дитячої терапевтичної стоматології (c11); Дитяча хірургічна стоматологія, в тому числі клінічна

практика з дитячої хірургічної стоматології (с12); Екстрена та невідкладна медична допомога (с13).

Медико-профілактичні дисципліни: Соціальна медицина, громадське здоров'я та основи доказової медицини (d1); Гігієна та екологія (d2).

Наведений розподіл дисциплін є умовним, оскільки багато з них тісно переплітаються в змістових лініях, наприклад деякі соціальні аспекти притаманні клінічним дисциплінам, а фундаментальні та фахово-орієнтовані дисципліни є науковим підґрунтям для здійснення багатьох профілактичних заходів. Для досягнення поставлених завдань дослідження та побудови моделі міждисциплінарної інтеграції керуватимемося наведеною класифікацією дисциплін.

З метою створення умов практичного застосування набутих знань, умінь і навичок, а також надання можливості здобувачам вищої освіти побачити та оцінити власні результати виконання практичних завдань необхідно спроектувати міждисциплінарні зв'язки, які б характеризували фактичні точки дотику в змісті дисциплін, навчальних планів і програм. Ще одним аспектом є формування спільних прийомів розумової та навчальної діяльності здобувачів вищої освіти. Для виявлення загальних ідей кожної з дисциплін доцільно виокремити суттєві атрибути навчальних елементів кожної з них. Компоненти методичної системи навчання (цілі, методи, форми, засоби, зміст навчання) дисциплін мають свої специфічні відмінності, проте для кожного поняття, яке є спільним та розглядається в тій чи іншій дисципліні, необхідно виділити множину загальних ознак відповідно до дидактичних цілей.

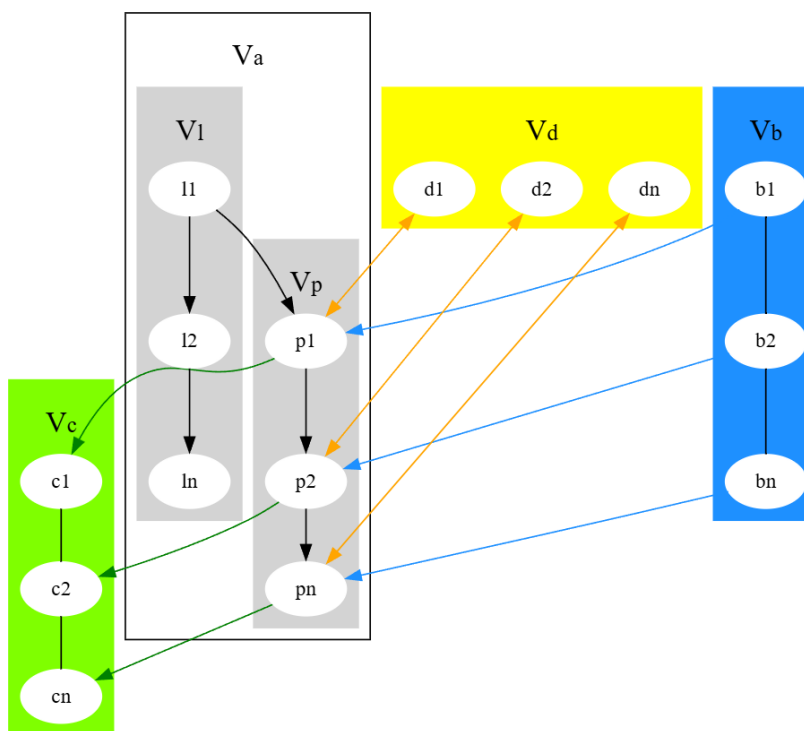


Рис. 2.13. Приклад змішаного графу міждисциплінарної інтеграції

Для наочного подання моделі міжпредметних зв'язків побудовано змішаний граф (Рис. 2.13), в якому:

- кластер практичні заняття (вершина – V_p) – складається з кортежу $p_1, p_2, \dots, p_n$ (p – деяке практичне заняття), який зв'язано орієнтованими ребрами $p_1 \rightarrow p_2 \rightarrow p_n$;
- кластер лекції (вершина – V_l) – складається з кортежу $l_1, l_2, \dots, l_n$ (l – деяка лекція), який зв'язано орієнтованими ребрами $l_1 \rightarrow l_2 \rightarrow l_n$;
- кластер фундаментальні фахово орієнтовані дисципліни (вершина – V_b) складається з кортежу $b_1, b_2, \dots, b_n$ (b – деяка фундаментальна фахово-орієнтована дисципліна), який зв'язано ребрами $b_1 - b_2 - b_n$;
- кластер клінічні дисципліни (вершина – V_c) складається з кортежу $c_1, c_2, \dots, c_n$ (c – деяка клінічна дисципліна), який зв'язано ребрами $c_1 - c_2 - c_n$;
- кластер медико-профілактичні дисципліни (вершина – V_d) складається з кортежу $d_1, d_2, \dots, d_n$ (d – деяка медико-профілактична дисципліна).

Змішаний граф міждисциплінарної інтеграції – це граф, в якому ребра можуть бути як орієнтовані, так і неорієнтовані, $G := (V, A, E)$, де V – множина вершин, A – множина (впорядкованих) пар різних вершин, які називають

ребрами, E – множина (непорядкованих) пар різних вершин, які називають ребрами. Окремі кластери $(p_1, p_2, \dots, p_n)$, $(l_1, l_2, \dots, l_n)$, $(b_1, b_2, \dots, b_n)$, $(c_1, c_2, \dots, c_n)$, $(d_1, d_2, \dots, d_n)$ – об'єднання однорідних елементів, які розглядаються як самостійна одиниця з певними властивостями та утворюють субграф з вершинами відповідно $V_a(V_p, V_L), V_b, V_c, V_d$.

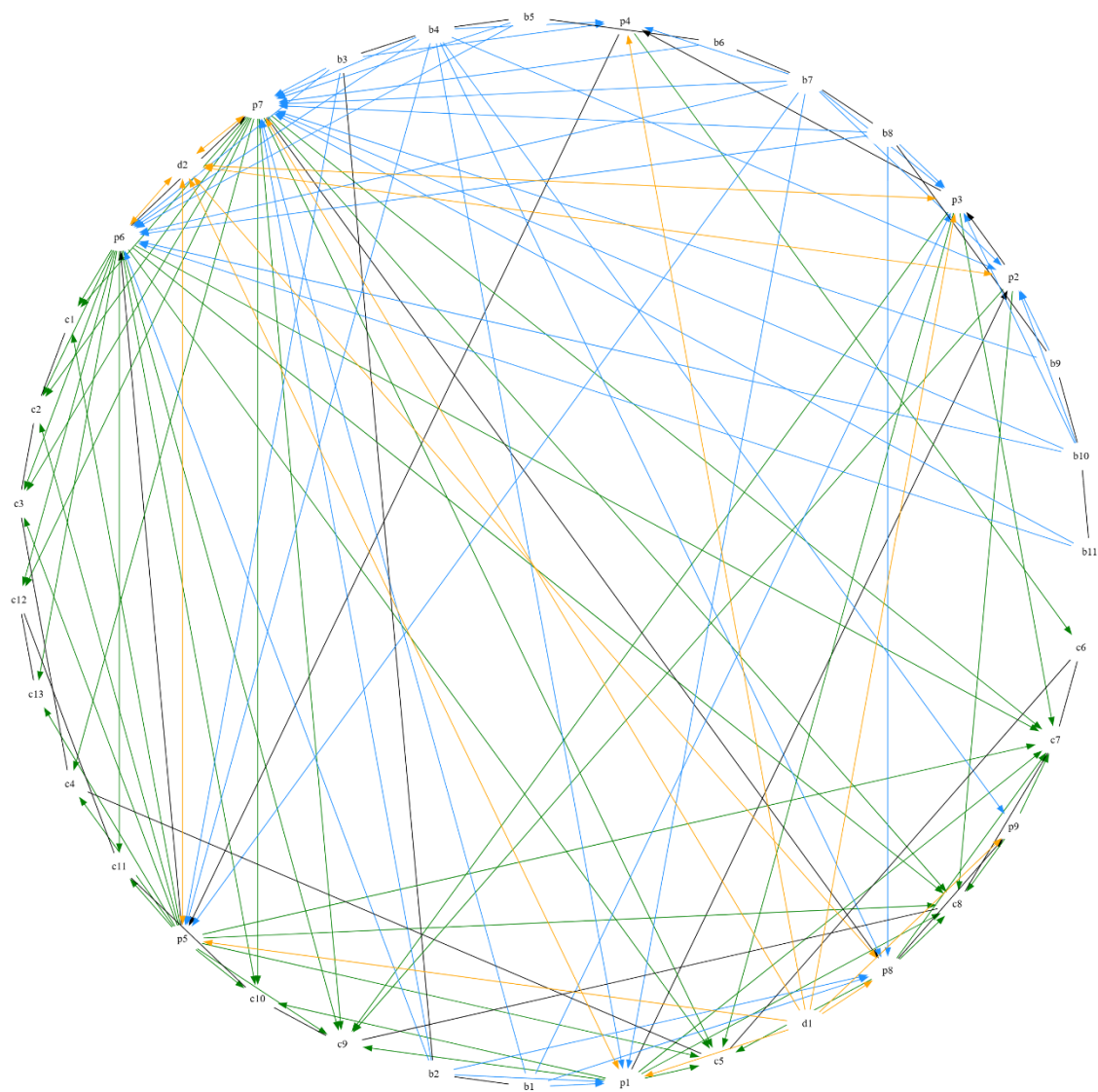


Рис. 2.134. Приклад одного з можливих графів міжпредметних (інтеграційних) зв'язків

На підставі результатів дослідження змісту комплексу навчальних дисциплін [189] та структури практичних занять з дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицьового апарату. Фізичні основи гнатології» [192] спроектовано один з можливих графів міжпредметних (інтеграційних) зв'язків (Рис. 2.134).

В роботах [44, 55, 56], аналізувалися різні аспекти професійної підготовки студентів спеціальності 221 «Стоматологія», а в роботах [68, 36, 71, 111, 64] сучасні підходи в гнатології та відповідні принципи діагностики та лікування, яких необхідно дотримуватися в стоматології. Послугуючись зробленими висновками на основі розглянутих наукових джерел та власного практичного досвіду запропонуємо можливі взаємозв'язки тем практичних занять (позначені як вершини графа: **p1, p2, p3, ..., p9**) з фундаментальними фахово-орієнтованими, клінічними й медико-профілактичними дисциплінами (через відповідні вершини та ребра графу). Далі наведемо взаємозв'язки тем практичних занять:

Вершина **p1**: **b1** – будова скелетно-м'язових з'єднань та їх класифікація; **b2** – мікроструктура з'єднань тканин; **b4** – фізичні основи сили, моменту сили та важелів; **b7** – біомеханіка зубощелепного апарату; **c5** – використання важелів під час хірургічних втручань; **c7** – використання механічних принципів у проєктуванні ортодонтичних апаратів; вибір точки опори в ортодонтичному лікуванні; **c8** – рівновага навантажень у протезах; **c9** – вплив механічного навантаження на пародонт; **c10** – вплив патологічних з'єднань на функції щелепи; **d1** – вплив правильного прикусу на загальний стан здоров'я; **d2** – забезпечення гігієнічного догляду за ортодонтичними апаратами.

Вершина **p2**: **b4** – основи механіки деформацій; вимірювання пружності; тензометричний аналіз тканин; **b7** – функціональна адаптація тканин; **b9** – зміни структури кісток при захворюваннях; **b10** – патологічні зміни при деформаціях; **c8** – визначення параметрів навантаження в протезуванні; **c9** – вплив деформацій на захворювання пародонта; **d2** – профілактика деформацій.

Вершина **p3**: **b1** – будова суглобів нижньої щелепи; **b7** – біомеханіка м'язів, що контролюють рух щелепи; **b8** – діагностика стану СНЩС та візуалізація змін; **b10** – причини та наслідки дисфункцій; **c5** – хірургічне усунення патологій СНЩС; **c7** – дослідження впливу оклюзії на СНЩС; корекція порушень СНЩС; **c9** – консервативне лікування порушень; **d1** – наслідки

дисфункцій для психосоціального благополуччя; **d2** – гігієнічний догляд при дисфункціях СНЩС.

Вершина **p4: b3** – мікроструктура м'язів; **b4** – процеси м'язових скорочень; застосування моделей у дослідженнях; **b7** – аналіз структури та функцій м'язів у контексті руху; **c6** (фізична реабілітація) – оцінка м'язової функції при патологіях та відновлення після травм; **d1** – вплив фізичних навантажень на загальну працездатність.

Вершина **p5: b3** – потенціал дії клітин; **b4** – теоретичне моделювання біомеханічних процесів; **b7** – скорочення м'язів у реальних умовах; механізми передачі імпульсів; **c1** – фізіологічні основи захворювань м'язової системи; **c2** – м'язова активність у дітей під час стоматологічного лікування; **c3** – контроль м'язової активності щелепно-лищевої ділянки; **c4** – корекція м'язових патологій; **c5** – моделювання м'язових скорочень при плануванні операцій; **c7** – корекція оклюзії та функції жувального апарату; **c8** – проєктування протезів, які не порушують фізіологічну активність м'язів; **c9** – лікування пародонтологічних і функціональних патологій; **c10** – реконструктивна хірургія та видалення зубів; **c11** – лікування дітей з м'язовими дисфункціями; **c13** – реанімаційні заходи та усунення спазмів у невідкладних станах; **d1** – підходи до оцінювання поширеності м'язових патологій; **d2** – профілактика порушень м'язових функцій через контроль професійних, екологічних і гігієнічних факторів.

Вершина **p6: b2** – тканинні зміни у пародонті під впливом біомеханічних факторів та процесів ортодонтичного переміщення зубів; **b3** – генетичні та біологічні основи формування аномалій зубощелепного апарату; **b4** – фізичні закони у моделюванні ортодонтичних переміщень, розподілі навантаження та впливу оклюзії; **b5** – біохімічні процеси в тканинах пародонту та суглобах під час адаптації до оклюзійних змін; **b7** – адаптація зубощелепного апарату до навантажень; **b8** – візуалізація щелепних структур; **b10** – розуміння механізмів розвитку дисфункцій зубощелепного апарату, спричинених оклюзійними факторами; **b11** – використання препаратів для зменшення запальних процесів чи полегшення болю при корекції оклюзійних порушень; **c1** – догляд за

пацієнтами з оклюзійними порушеннями; **c2** – вплив оклюзії на розвиток зубощелепного апарату в дітей та методи профілактики й корекції порушень; **c3** – попередження оклюзійних аномалій; **c5** – хірургічне лікування важких оклюзійних порушень, що потребують реконструкції або корекції зубощелепного апарату; **c7** – вплив оклюзії та дисфункції СНЩС на зубощелепний апарат; **c8** – вплив оклюзійних співвідношень на виготовлення щелепно-лицевих протезів; **c9** – роль оклюзійних факторів у розвитку карієсу, захворювань пародонту та патологій слизової оболонки порожнини рота; **c10** – лікування щелепно-лицевих патологій, що спричинені або супроводжуються порушенням оклюзії; **c11** – рання діагностика та лікування оклюзійних аномалій у дітей; **c12** – хірургічна корекція щелепно-лицевих порушень у дітей, спричинених оклюзійними деформаціями; **c13** – невідкладна допомога при травмах зубощелепного апарату, які впливають на оклюзію та функцію суглобів; **d2** – профілактичні заходи та вплив екологічних чинників і гігієнічних рекомендацій.

Вершина **p7**: **b1** – аналіз рухів нижньої щелепи та оклюзійних контактів; робота з артикуляторами; **b2** – процеси, що відбуваються при патологіях та аномаліях; **b3** – біологічні аспекти росту та розвитку тканин щелепно-лищевої ділянки; **b4** – фізичні принципи роботи апаратів для реєстрації рухів нижньої щелепи; **b5** – біохімічні процеси у тканинах щелепно-лищевої ділянки; **b6** – роль мікрофлори ротової порожнини у формуванні аномалій та деформацій; вплив інфекційних процесів на стан тканин зубощелепної системи; **b7** – фізіологічні механізми рухів нижньої щелепи, функціонування СНЩС та оклюзії; **b8** – використання радіологічних методів для діагностики аномалій та оцінки стану щелепно-лищевої ділянки; **b9** – морфологічні зміни в тканинах при патологіях та деформаціях; **b10** – аналіз процесів, що лежать в основі дисфункцій оклюзії та рухів; **b11** – використання медикаментозних засобів для лікування патологій щелепно-лищевої ділянки; роль знеболювальних препаратів та міорелаксантів при проведенні функціональних діагностик; **c1** – виявлення системних захворювань, які можуть впливати на зубощелепні аномалії (наприклад,

ендокринні чи інфекційні процеси); **c2** – методи діагностики аномалій при розвитку зубощелепного апарату у дітей; **c3** – раннє виявлення зубо-щелепних аномалій на етапі профілактичних оглядів; **c4** – використання фармакологічних засобів для корекції станів, що ускладнюють діагностику чи лікування; **c5** – діагностика та лікування складних аномалій, які вимагають хірургічної корекції; **c7** – використання артикуляторів та інших апаратів для моделювання оклюзії та планування лікування; **c8** – вивчення впливу протезів на рухи нижньої щелепи та стан СНЩС; **c9** – виявлення змін рухів нижньої щелепи внаслідок захворювань; **c10** – діагностика та відновлення функціональних порушень після травм чи оперативних втручань; **c12** – виявлення аномалій на ранніх етапах розвитку та їх корекція; **d1** – доступність сучасних методів діагностики для населення; **d2** – безпечне використання радіаційних методів в стоматології.

Вершина **p8**: **b1** – розуміння анатомічних структур голови, шиї та щелепно-лицевої ділянки є основою для інтерпретації результатів КТ, МРТ та УЗД; **b2** – розуміння мікроскопічної будови тканин для оцінювання змін; **b4** – Фізичні принципи роботи КТ, МРТ, УЗД; опрацювання та аналіз отриманих даних, особливо в аксіографії; **b8** – використання радіологічних підходів для оцінки патологій зубів, щелеп та СНЩС; **c5** – використання КТ для планування операцій; **c7** – аналіз рухів щелепи; **c8** – артикуляція у протезуванні; функціональна оцінка; **d1** – розробка доказових підходів до профілактики захворювань СНЩС; **d2** – гігієнічні норми застосування апаратів для діагностики; оцінювання впливу на здоров'я пацієнтів та лікарів при використанні КТ, МРТ.

Вершина **p9**: **b4** – основи цифрового опрацювання даних; використання віртуальної реальності у стоматології; **c7** – застосування 3D-технологій для планування лікування; **c8** – використання цифрових відбитків для створення протезів; **d1** – впровадження цифрових технологій у систему охорони здоров'я. Досліджуючи валентність вершин отриманого графа, встановлено, що найбільшим є степінь у вершини $p_7 = 23$, про це свідчить кількість ребер, котрі належать вершині. За встановленою валентністю цієї вершини можна зробити

висновок, що практичне заняття «Методи діагностики зубо-щелепних аномалій та деформацій. Апарати для реєстрації та аналізу рухів нижньої щелепи. Аналіз оклюзії в артикуляторі» є найбільш інтегрованим з комплексом навчальних дисциплін. Найменший степінь має вершина $p_9 = 4$ (тема «Індивідуальне планування лікування ЗЩА. Цифрові технології у комплексному лікуванні пацієнтів. Цифровий відбиток. Використання методів віртуальної та доповненої реальності в стоматології»).

Опора на виявлені взаємозв'язки є основою для формування системних знань про структурні та функціональні характеристики зубощелепної системи. Дійсно, елементи зубощелепної системи взаємодіють через сили, моменти сил, важелі з урахуванням точок опори, забезпечуючи біомеханічні процеси, що важливі для коректного використання у лікувальній, профілактичній та реконструктивній стоматології. Розуміння сутності деформаційних процесів у кісткових тканинах та особливостей м'язового скорочення є основою для ефективного лікування в ортодонтії, а діагностика з використанням усього спектру сучасних технологій допомагає врахувати практично всі фізичні та біомеханічні аспекти, необхідні для індивідуального плану лікування.

Проведений аналіз показав потребу збільшення питомої ваги практичних занять, що орієнтовані на використання методів дослідження зубощелепної системи, методів діагностики зубощелепних аномалій та деформацій апарати для реєстрації та аналізу рухів нижньої щелепи, роботи з артикулятором, візуалізації та обробки медичних зображень.

Нами визначено два шляхи для вирішення цієї проблеми. З одного боку, внесені корективи у зміст практичних занять з вибіркової дисциплін, де студенти мають змогу працювати з артикулятором, а також лекцій, у яких розглядаються фізико-технічні основи методи методів діагностики захворювань зубощелепної системи.

З іншого, зміни торкнулися також навчальних дисциплін, які є обов'язковими компонентами ОПП «Стоматологія», а саме: «Медична та біологічна фізика» та «Медична інформатика», а також вибіркової дисципліни

«Фізичні основи діагностичної та лікувальної апаратури в стоматології». Дійсно, основи методів візуалізації та діагностики закладаються саме у природничих та інформатичних дисциплінах і вони є основою формування ключових компонент професійної компетентності та навичок роботи з медичною апаратурою у майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. Розуміння сутності, можливостей і сфер їх застосування, робота з рентгенівськими та МРТ-зображеннями допомагає студентам зрозуміти основні фізичні принципи отримання цих даних і важливість їх правильної інтерпретації для діагностики захворювань у стоматології, підвищує рівень обізнаності студентів у технологічних аспектах медицини, розвиває здатність аналізувати медичну інформацію з погляду фізики, математичної статистики та ІТ-технологій. Використання реальних клінічних зображень мотивує студентів до більш активного вивчення медичної фізики, біомеханіки, медичних технологій та їх застосування в майбутній практиці. Широке використання цифрових технологій спонукає студентів до вирішення дослідницьких завдань, навчає використовувати цифрові технології у професійній діяльності; формує навички цифрової професійної комунікації, взаємодії та співпраці у цифровому середовищі [202]. Врахування зазначеного аспекту, сприяє реалізації моделі інтеграції знань на засадах моделі ОВЕ та STEM-підходу, що було нами задекларовано вище.

Дослідження сукупності взаємозв'язків окремих тем навчальної дисципліни «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології» з комплексом навчальних дисциплін з використанням методу змішаного графа допомогло істотно покращити структуру змісту, послідовність та обсяг лекційних та практичних занять навчальної дисципліни, забезпечивши вагомий ефект від застосування міждисциплінарного підходу.

Використаний нами підхід дав змогу визначити роль та місце кожної з тем дисципліни «Біомеханіка зубощелепного апарату. Фізичні основи гнатології» практичних занять, коригувати структуру змісту навчальної дисципліни та час, відведений на вивчення кожної з тем. Внесені за результатами дослідження зміни у структуру навчальної дисципліни підтверджують його ефективність.

2.5. Інтеграція знань з механіки та біомеханіки засобами вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців у напрямку гнатології

Одним з важливих завдань у процесі навчання біомеханіки в курсі медичної і біологічної фізики стала первинна орієнтація на аналіз тенденцій розвитку сучасної стоматології. Здобутки сучасної стоматології стали основою для формування змісту вибіркового навчальних дисципліни, добору та модернізації навчальних технологій, що використовуються в освітньому процесі, тим самим забезпечивши реалізацію базового дидактичного принципу – наближення змісту освіти до стану сучасної науки і практики.

Майбутнє сучасної стоматології полягає не лише в простому відновленні пошкоджених ротових структур, а насамперед у розумінні сутності причинно-наслідкових взаємозв'язків, що зумовлюють функціонування зубощелепного апарату в нормі та при патології.

Відтак, основним завданням підготовки магістрів стоматології стає формування особистості фахівця, здатного опікуватися станом ротової порожнини, допомагаючи пацієнтам залишатися здоровими на всіх етапах розвитку організму від дитячого віку аж до глибокої старості. Напрямок у стоматології, орієнтованим на виявлення, діагностику, профілактику та лікування дисфункційних розладів ЗШС, є гнатологія, яка наразі активно розвивається в Україні. Здійснення професійної діяльності лікаря гнатолога потребує високого рівня комплексних та системних знань про біомеханіку щелепно-лицевого апарату, розуміння сутності багатофункціональних взаємозв'язків між структурними елементами та тканинами зубощелепної системи в нормі та при патології, їх ролі та можливостей застосування у реконструктивній стоматології, діагностиці та профілактиці стоматологічних захворювань.

Попри зростаючу поширеність патологій СНЩС та соціальні сигнали щодо потреби їх вирішення, підготовка спеціалістів стоматологічної галузі в даному напрямку залишається незадовільною. Саме тому, зусиллями кафедр медичної і біологічної фізики та інформатики та ортодонції та пропедевтики

ортопедичної стоматології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця було ініційовано створення нових навчальних дисциплін «Гнатологія в ортодонтії» та «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» для студентів другого та третього курсів стоматологічного факультету спеціальності 221 «Стоматологія». Здійснимо обґрунтування моделі змісту вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на формування конкурентоспроможних фахівців з ортодонтії, зокрема в напрямку гнатології.

Гнатологія є наукомісткою науковою галуззю і навчальною дисципліною. Формування необхідного для успішної професійної діяльності ортодонта-гнатолога комплексу знань про морфо-функціональні зв'язки тканин та органів зубощелепно-лицевої системи в нормі та при патології, та умінь їх застосовувати для діагностики та лікування, потребує ґрунтовних базових знань з природничих (анатомія, біофізика, гістологія тощо) дисциплін та професійно орієнтованих стоматологічних дисциплін (ортодонтія, ортопедична стоматологія тощо).

Нами проаналізовано робочі програми з дисциплін, які вивчаються студентами перших та других курсів стоматологічного факультету та виокремлено ті дисципліни, які мають найбільш суттєві взаємозв'язки з гнатологією, проведений бібліосемантичний аналіз, результати якого частково наведені вище, проведено анкетування студентів і обговорення у фокус групах, до складу яких входили викладачі і фахівці, що працюють у практичній стоматології. Кількісні дані аналізувалися за допомогою статистичних методів та описово; якісні дані аналізувалися описово, для проектування моделі змісту застосовувалась текстова мова опису графів – dot, а також пакет інструментів з відкритим кодом для візуалізації графів – Graphviz [39].

Для проведення аналізу та побудови графа нами було виокремлено сім навчальних дисциплін, що мають найбільш тісні зв'язки з гнатологією, а саме: «Ортодонтія», «Ортопедичної стоматологія», «Патофізіологія голови та ший», «Патоморфологія голови та ший», «Фізіологія щелепно-лицьової ділянки»,

«Анатомія голови та шиї», «Медична і біологічна фізика». Кожній з дисциплін було призначено коди від а до g.

Після проведення поглибленого аналізу тематичних планів з вищезазначених дисциплін для студентів стоматологічного факультету, обговорення у фокус-групах з фахівцями різних кафедр, було обрано перелік тем, які, є провідними (визначальними, системотвірними) у процесі формування компетентностей з гнатології (Рис. 2.14). Перелік обраних тем було розділено на 3 категорії. До першої категорії віднесені теми з таких дисциплін: «Анатомія голови та шиї», «Медична та біологічна фізика», «Фізіологія щелепно-лицевої ділянки». До другої – «Патоморфологія голови та шиї», «Патофізіологія щелепно-лицевої ділянки». Третю групу склали теми з навчальних дисциплін «Ортодонтія» та «Ортопедична стоматологія».



Рис. 2.14. Перелік тем, що є визначальними для підготовки фахівців з гнатології

Варто звернути увагу на сформованість умінь використовувати знання про особливості біоморфології та біомеханіки зубощелепного апарату (ЗЩС) у практичній діяльності лікаря-гнатолога. Тут важливу роль відіграє поєднання таких знань з методами сучасних дослідження (клінічних, рентгенологічних та функційних) стану зубощелепної системи. Основи цих методів досліджень також закладаються при вивченні дисципліни «Медична і біологічна фізика» та

спеціально розроблених з цією метою вибіркокових дисциплінах. Йдеться про сукупність методів, що базуються на використанні рентгенівського випромінювання, електроміографії, методах застосування цифрових технологій (CAD/ CAM, цифрових артикуляторів, сканерів, кап тощо). Проте ми виносимо розгляд цих важливих аспектів за рамок даного дослідження, попри їх актуальність для ефективного діагностування лікування в ортодонції та гнатології.

Кожній з визначених тем було присвоєно коди (від a1 до g2), де перший символ (буквений) вказує на код дисципліни (від а до g), а другий – порядковий номер теми в рамках відповідної дисципліни. У результаті проведеного матричного аналізу тематичних планів з дисциплін, було створено логічні взаємозв'язки між темами у вигляді графа (Рис. 2.15).

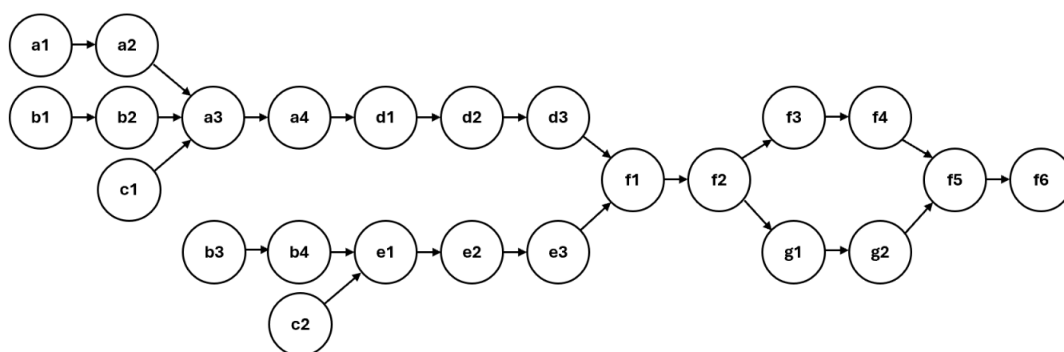


Рис. 2.15. Граф алгоритмічної послідовності вивчення тем з різних дисциплін, які здатні сформулювати базові знання для якісного засвоєння навчального матеріалу з гнатології

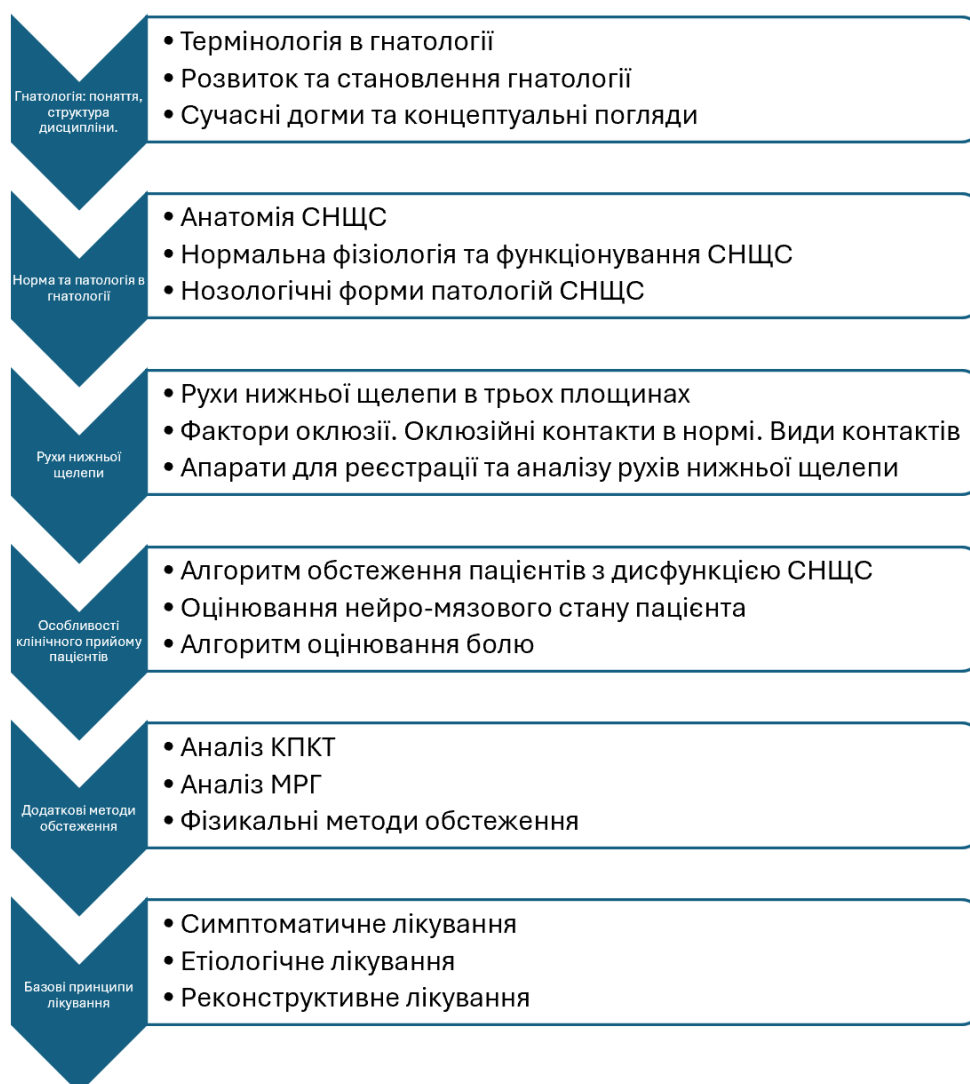


Рис. 2.16. Послідовність формування готовності до професійної діяльності у сфері гнатології

Формування компетентностей з гнатології повинно відповідати базовим дидактичним принципам, серед яких у контексті нашого дослідження, особливе значення мають принципи послідовності та наступності. Дотримуючись цих принципів розроблена поетапна послідовність формування знань, умінь, та навичок з гнатології, яка подана схематично на рисунку (Рис. 2.16).

Реалізований нами підхід до конструювання змісту був покладений в основу пілотного проєкту, реалізованого в НМУ впродовж 2024-2025 років.

Як один з каналів зворотного зв'язку було використано анкетування. Студентам 3 курсу стоматологічного факультету Національного медичного університету імені О.О. Богомольця було запропоновано взяти участь у анонімному анкетному опитуванні щодо організації навчального процесу з

вибіркової дисципліни «Гнатологія в ортодонтії» (ДОДАТОК Д). Анкета була розіслана студентам стоматологічного факультету НМУ. Анкетування було організоване онлайн через Gmail, обговорення у фокус групах проводилося вічна-віч та через MS Teams.

У опитуванні взяло участь 43 респонденти. Гендерний розподіл був таким: 28 жінок, 15 чоловіків. Вік учасників опитування варіювався від 19 до 22 років. Переважна більшість, а саме 90,7% опитаних, цілком задоволені організацією навчального процесу з дисципліни. 74,42% опитаних вказали, що гнатологія є перспективним напрямком стоматології і саме це мотивує до її вивчення. А 9,3% опитаних вважають дану дисципліну цікавою для вивчення, що є головним мотивуючим фактором для них.

На запитання «Чи виникають у Вас труднощі при засвоєнні нового матеріалу з дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?» 76,74% респондентів відповіло «так», 23,26% «скоріше так, ніж ні».

На запитання щодо найскладнішої теми дисципліни «Гнатологія в ортодонтії» 58,14% студентів вказали тему «Рухи нижньої щелепи: сагітальні, трансверзальні, вертикальні. Фактори оклюзії. Оклюзійні контакти в нормі. Види контактів», 32,56% вказали тему «Анатомія СНЩС. Нозологічні форми патологій СНЩС». Ми виявили статистичну закономірність щодо гендерної приналежності у відповідях на вищезазначене запитання. 23 з 28 респондентів жіночої статі зазначили тему «Рухи нижньої щелепи: сагітальні, трансверзальні, вертикальні. Фактори оклюзії. Оклюзійні контакти в нормі. Види контактів» як найскладнішу. В той час як респонденти чоловічої статі «дали перевагу» темі «Анатомія СНЩС. Нозологічні форми патологій СНЩС» у даному запитанні.

Переважна більшість, а саме 97,67% опитаних вказали тему «Фізіологічні та патологічні види прикусів. Розвиток анатомічних структур» найлегшою. Поясненням односторонності відповідей на дане запитання є те, що ця тема детально вивчається на 2 курсі у межах вивчення дисципліни «Введення в клінічну стоматологію: доклінічний курс ортодонтії».

На відкрите запитання, щодо недоліків під час вивчення дисципліни, було одержано такі відповіді: «складний навчальний матеріал, який вимагає значних зусиль для його вивчення», «відсутність достатньої кількості інформаційних джерел для якісної підготовки до занять».

Щодо ідей для вдосконалення навчального процесу респонденти вказали: «збільшити реквізит діагностичних та лікувальних приладів для наочності під час навчання», «створити методичні рекомендації, які б надали можливість розглянути суглоб та зубощелепну систему людини в цілому з точки зору анатомії, гістології та фізики».

Дане анкетне опитування підкреслює вагоме значення гнатології у сучасній стоматології. Цей напрямок стоматології стрімко розвивається та цікавить майбутніх спеціалістів стоматологічної галузі. Проте сучасна стоматологічна освіта не в повній мірі віддзеркалює цю тенденцію. Наукових літературних джерел не достатньо, а ті що існують, створені значною мірою для післядипломного рівня освіти, термінологія та спосіб подачі наукової інформації в них складний для опанування студентами. З іншого боку, фізичні основи, а саме: рухи нижньої щелепи, вплив ортодонтичної апаратури на переміщення зубів, є найскладнішими темами для студентів, що вимагає їх попереднього опрацювання.

Зростання попиту на якісну стоматологічну допомогу зумовило активний розвиток нових напрямків, серед яких належне місце займає гнатологія, що потребує віддзеркалення у системі здобувачів вищої медичної освіти. Здобутки сучасної стоматології стали основою для формування змісту навчальних дисципліни, добору та модернізації навчальних технологій, що використовуються в освітньому процесі, забезпечивши наближення змісту освіти до стану сучасної науки і практики.

Сконструйовано граф алгоритмічної послідовності вивчення тем з різних дисциплін, які формують базові знання, уміння та навички, необхідні для якісного засвоєння навчального матеріалу з гнатології.

Використаний нами для побудови міждисциплінарних зв'язків метод графів дав змогу визначити роль та місце кожної з тем та спроектувати структуру змісту, вибіркового навчальних дисциплін («Основи гнатології в ортодонтії» та «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології»), забезпечивши формування фахових практико-орієнтованих компетентностей з ортодонтії та гнатології.

2.6. Проектна навчальна діяльність як засіб інтеграції біомеханіки у професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології

В рамках вибіркової дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології», яка є ключовою ланкою інтеграції та систематизації знань з біомеханіки, та навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика», яка є обов'язковим компонентом ОПП «Стоматологія» другого (магістерського) рівня і містить змістовий модуль, орієнтований на біомеханіку, передбачено виконання індивідуальних та групових проєктів. В реаліях сьогодення ледь частка такої форми навчальної діяльності здійснюється з використанням широкого спектра засобів цифрових технологій.

Проведене нами соціологічне дослідження підтвердило, що інтернет-ресурси з освітньою метою використовує понад 98 % студентів молодших курсів НМУ. Водночас, ми переконалися у доволі низькій обізнаності першокурсників з науковими та освітніми ресурсами. Як правило, інформацію студенти шукають на популярних ресурсах (85 % використовують YouTube, 75 % опитуваних зазначають зручність Telegram-каналів), які доволі часто містять неперевірену або й недостовірну інформацію [225].

Прикро констатувати, але наразі україномовні дидактичні засоби наочності з біофізики загалом і з біомеханіки зокрема доволі часто є застарілими, а наведена в них інформація береться з доступних популярних інтернет-ресурсів і містить неточності й помилки.

Група авторів [102] на основі 202 рецензованих статей, обраних серед 1982 подібних робіт, вивчала якість освітніх матеріалів з медицини, які розміщені в соціальній мережі YouTube та можуть впливати на рішення і поведінку людей.

Результати свідчать, що більшість досліджень підтверджує наявність негативного кореляційного зв'язку між якістю та популярністю оцінюваних відео. Значна частина відео відображають комерційні інтереси (51%) і лише 32% неупереджено висвітлюють матеріали представлених тем.

Ефективна організація освітнього процесу з біомеханіки потребує спеціальних візуалізаційних матеріалів, інструментів і технологій, що застосовуються для моделювання, демонстрацій та ілюстрацій. При підготовці до занять з вибіркового інноваційних дисциплін викладачі не можуть обмежитися використанням підручників та навчальних посібників, яких часто й не існує в україномовному сегменті. Маємо використовувати закордонні навчальні й наукові джерела, контент із соціальних мереж, піддаючи його прискіпливому аналізу та критичному осмисленню. Крім наукових електронних ресурсів, таких як Phet [74], PubMed [192], BioDigital [10], BrainFacts [14] та інших, корисні наочні матеріали можна знайти й на доступних безкоштовних платформах, що підвищує інтерес до навчання і залучає студентів в інформаційно-комунікаційний простір університету. Однак часто їх недостатньо для використання для вузькоспеціалізованих навчальних дисциплін, зокрема для дисциплін, які є предметом нашого дослідження «Медична і біологічна фізика» та «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології».

Стоматологічна освіта швидко модернізується, переходячи на цифрові технології, що змінюють традиційні методи підготовки майбутніх фахівців. Для підвищення якості навчання та практичних навичок студентів існує потреба у впровадженні нових цифрових інструментів [54]. Прийняття моделі Outcomes Based Education потребує від стоматологічної освіти використання цифрових засобів, які максимально наближені до тих, що використовуються у професійній діяльності. Практика показує, що проєктна діяльність з використанням цифрових засобів навчання може значно покращити усвідомлення та розуміння основних процесів, представляючи абстрактні біомеханічні концепції у наочній формі для спрощення сприйняття і захоплення уваги студентів.

Метод проєктів водночас може стати ефективним засобом не лише інтеграції знань з біомеханіки в стоматології, а й формування цифрової компетентності магістра стоматології, розвиваючи його інформаційну грамотність, навички комунікації та співпраці в цифровому середовищі, створення цифрового контенту тощо. У сфері стоматології цифрові компетентності мають забезпечувати не лише базові навички роботи з інформаційними технологіями, а й вміння використовувати спеціалізовані програми для симуляцій, тривимірного моделювання, аналізу даних пацієнтів тощо. Цифровізація стоматологічної освіти відповідає сучасним вимогам до цифрових навичок, які визначені у європейській Рамці цифрових компетентностей (DigComp) [18], Рамці цифрової компетентності працівника галузі охорони здоров'я [157]. Ці рамкові документи визначають ключові цифрові навички, якими мають володіти працівники галузі охорони здоров'я.

З'ясуємо, які форми проєктної діяльності з підтримкою яких саме засобів цифровізації доцільно використовувати з метою забезпечення ефективності інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістра стоматології. Безумовно, наші зусилля спрямовані насамперед на організацію навчального процесу дисциплін «Медична і біологічна фізика» та «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології».

На думку авторів [198], за допомогою методу проєктів викладачі намагаються сформувати самостійного дослідника, здатного трансформувати себе й виробити власну позицію. На молодших курсах більшість студентів лише розпочинають шлях у дослідницькій та науковій царині, виконуючи завдання інтегрованого характеру, пошукового, реферативного.

Як інноваційна форма нами запропоновані проєктні роботи над створенням динамічних візуалізацій фізичних концепцій у спільному навчальному середовищі студентів і викладачів.

Такі завдання можуть стати потужними доповненням до традиційних форм індивідуальної та групової навчальної діяльності. Виокремимо та проаналізуємо основні переваги проєктної діяльності по створенню динамічних візуалізацій

- По-перше, створення динамічних візуалізацій біомеханічних процесів у стоматології дає змогу зробити складні біомеханічні концепції більш доступними та зрозумілими.

- По-друге, співпраця викладачів та студентів виховує почуття спільності, уміння працювати в команді, чіткіше висловлювати та обґрунтовувати власну думку, оскільки для створення ролику зазвичай потрібна постійна комунікація викладача та студентів.

- По-третє, підвищує мотивацію до навчання, оскільки більшість студентів має навички і хист до використання спеціалізованих засобів для візуалізації та пошуку матеріалів для створення динамічних ілюстрацій

- По-четверте, завдяки такій роботі поповнюється арсенал засобів вивчення інтегрованих навчальних дисциплін.

- По-п'яте. Ще однією гранню дидактичного потенціалу створення динамічних візуалізацій біомеханічних процесів з використанням цифрових технологій є розширення можливостей для формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувача вищої медичної освіти як шляху реалізації особистісного потенціалу майбутніх магістрів стоматології.

- По-шосте, у такій співпраці формується цифрова компетентність не лише студента, а й викладача, розвиваються їхні soft skills, відбувається обмін досвідом.

Про доцільність використання методів наочності у процесі професійної підготовки майбутніх лікарів наголошує С.М. Стадніченко, пропонуючи застосовувати програму MultiVox DICOM Viewer для розв'язання ситуативних задач з медичної фізики, що сприяє формуванню практичних навичок у повному обсязі [199]. Симулятори такого типу потребують знань і навичок, які можна отримати під керівництвом досвідченого спеціаліста або через озвучені відеоматеріали.

Колектив авторів у статті [115] наводить результати дослідження, які підтверджують позитивний вплив створення анімацій на навчання студентів. Педагогічний експеримент, у рамках якого вивчався вплив використання

різнорівневих анімаційних моделей при викладанні інженерних дисциплін на мотивацію до навчання студентів, проводився до і після занять з використанням динамічних ілюстрацій.

Вітчизняні дослідниці Л.І. Білоусова та Н.В. Життєнова вивчали питання теоретичного обґрунтування використання технологій візуалізації навчального контенту в освітньому процесі в цілому [124], а В.П. Вембер та Д.Л. Бучинська виокремили 11 типів навчальних відеофільмів [130]. У статті [214] розглянуто дослідження думки студентів медичного університету щодо зручності використання цієї платформи та обґрунтовано необхідність створення YouTube-каналу для інтегрування відео, створеного на основі рецензованої літератури, у процес викладання медичної і біологічної фізики.

Видатний чеський педагог Ян Амос Коменський (1592-1670 рр.) у своїй головній праці «Велика дидактика», яка є однією з перших науково-педагогічних книг, підкреслює, що «наочність навчання є базовим дидактичним принципом», а «слух необхідно поєднувати із зором і слово – з діяльністю руки». Ці узагальнення видатного педагога залишаються актуальними й у наш час [135]. Дійсно, дидактичні анімаційні матеріали без аудіосупроводу не можуть засвоюватися студентами, які не мають достатньої бази знань для їх повноцінного осмислення [150].

Українські педагоги-біофізики та фізики: І.Т. Горбачук, О.І. Ляшенко, Ю.А. Рудяк, Н.В. Стучинська, О.В. Чалий, В.О. Тіманюк, М.І. Шут, та багато інших доклали чимало зусиль для створення методики навчання фізико-математичних дисциплін у вищій школі, яка сприяла б кращому розумінню складних фізичних явищ і процесів що відбуваються у людському організмі та особливостей впливу на нього зовнішніх фізичних полів.

Значення наочного подання інформації, а також особливості впливу на сприйняття та розуміння складно перебільшити, але дуже часто в навчальних відео не дотримуються принципу науковості. Авторами статті [57] досліджується проблема впливу неякісних навчальних відеороликів з фізики на розуміння матеріалу учнями. Педагогічний дослід передбачав виокремлення

двох груп учнів ($N = 149$) з попереднім низьким рівнем знань: експериментальна група переглядала відео з поширеними помилковими уявленнями про силу, а контрольна група – науково точне відео. Учні експериментальної групи засвоїли значно більше помилкової інформації, ніж учні контрольної групи. Автори стверджують, що популярні оманливі відео, які містять помилкові уявлення з природничих дисциплін на онлайн-платформах, таких як YouTube, є серйозною проблемою, оскільки здобувачі освіти, які їх переглядають, можуть вважати подальше навчання в закладах освіти нерелевантним.

На проблемі відсутності єдиного визначення та класифікації онлайн-відео з поясненнями акцентує увагу А. Шорн, авторка роботи [83]. Вона аналізує структуру пояснювальних роликів, виділяючи поширені моделі (проблема-рішення, стислий виклад), та підкреслює їхню роль не лише як навчального інструменту, а й як засобу переконання, особливо у сфері наукової комунікації.

Нестача досліджень щодо впливу пояснювальних відео, часті спрощення і неточності можуть створити «ілюзію розуміння» у глядачів та негативно впливати на формування професійної компетентності, оскільки студенти можуть вважати подальші пояснення непотрібними і віддавати перевагу роликам з помилковими уявленнями. «Науковість навчання у вищій школі – найважливіша умова, головний принцип, тому що випускник ЗВО має бути підготовлений до професійної діяльності на рівні сучасних досягнень науки і техніки, володіти новітніми методами наукових досліджень, мати стійкий науковий світогляд» [225].

Створення освітніх відеоматеріалів можна сміливо віднести до науково-дослідної діяльності. За визначенням [134], до цього виду діяльності відносять «індивідуальну та колективну взаємодію вчених щодо збагачення та розвитку культури і цивілізації за допомогою точного, об'єктивного та системного знання про світ, людину і її діяльність».

Добираючи та формулюючи завдання для створення навчальних відео, викладач має зробити наукове обґрунтування, яке базується на науковій та дидактичній цінності навчального матеріалу, причинно-наслідкових зв'язках,

відтворенні сучасних наукових теорій. Важливо зробити перевірку навчального контенту в декількох авторитетних наукових джерелах. Завдання мають сприяти формуванню здатності та готовності використовувати знання з біомеханіки у майбутній професійній діяльності.

Виконання проєктів з візуалізації та озвучення навчального контенту з біомеханіки в стоматології має на меті:

- Залучення різних сенсорних каналів, що сприяє кращому запам'ятовуванню й розумінню біомеханічних процесів сприйняття інформації;
- Поглиблення й розширення знань та розуміння сутності складних явищ і процесів, що відбуваються в людському організмі;
- Формування системних знань, на основі яких формується фундамент професійної компетентності.

З кожним роком зростає кількість студентів, які в шкільні роки опанували і з задоволенням використовують програми для створення динамічних візуалізацій, які почасти можуть бути згенеровані за допомогою технологій штучного інтелекту і бути широко доступними. Тому конструювання навчальних відеороликів є успішною альтернативою для традиційних реферативних робіт та презентацій на задану тему, хоча й їх роль на разі є відчутною. Досвід показує, що спільна робота студентів над створенням роликів-експлейнерів у групових чи індивідуальних проєктах, під спрямовуючими і контролюючим (модеруючим) управлінням викладача є ефективним методом навчання. Від такої співпраці виграють усі: студенти отримають глибші знання фізичних процесів та формування цифрових компетентностей, а викладач – дидактичні відеоматеріали.

Традиційно викладач візуалізував складні біофізичні процеси на дошці за допомогою крейди чи кольорових маркерів, відтворюючи (розповідаючи, пояснюючи) динаміку процесу, створюється нова картина сприйняття цих фундаментальних знань у головах студентів. Це надзвичайно важливий освітній прийом, проте дистанційний формат навчання звів таку важливу роботу до

мінімуму, а, проведене нами опитування показало, що досить мала частка викладачів користується графічними планшетами на онлайн заняттях.

Такі, інноваційні засоби наочності допомагають педагогам швидше заволодіти увагою студентів, зображення дає змогу сприймати явище чи процес одразу з усіма деталями або поетапно, додаючи окремі елементи, деталізуючи їх функції та роль. Створення наочного образу через усний чи письмовий виклад потребує істотно більше часу, а фізичні процеси, зображені на стаціонарних картинках, можуть бути неправильно трактовані без коментарів викладача чи відтворення динаміки самого процесу. Для більш якісного засвоєння матеріалу та зручності повторення доцільно поєднувати анімацію (motion-візуалізації) з аудіосупроводом. Сучасні методи комп'ютерного забезпечення значно спрощують їх створення.

Пропоновані нами індивідуальні чи групові проекти – це студентські наукові роботи, орієнтовані на поглиблення знань здобувачів освіти з окремих тем дисципліни та формування навичок наукового дослідження. Для цифровізації традиційно обираємо такий навчальний матеріал, який для сприйняття та засвоєння є доволі складним. Проекти, виконані у форматі дидактичної анімації чи відеоролику з поясненням біомеханічних процесів стоматогнатної системи потребують наукового-методичного обґрунтування кожного етапу створення.

При розробленні засобів навчання, орієнтованих на інтеграцію в стоматології та біомеханіці ми спиралися на сформульовану Свеллером [97, 98, 96, 99] теорію когнітивного навантаження, згідно з якою пам'ять має декілька компонентів:

- Сенсорна пам'ять тимчасова, збирає інформацію з навколишнього середовища.
- Робоча пам'ять Інформація з сенсорної пам'яті може бути відібрана для тимчасового зберігання та обробки в робочій пам'яті, яка має дуже обмежену ємність. Ця обробка є необхідною умовою для кодування і переходу в довготривалу пам'ять.

- Довготривала пам'ять: має практично необмежений обсяг.

Оскільки оперативна пам'ять дуже обмежена, студент має вибирати, на яку саме інформацію з сенсорної пам'яті слід звертати увагу під час процесу навчання. Це вказує на важливу роль акцентування створенні навчальних матеріалів та розробленні навчальних технологій.

Ґрунтуючись на трикомпонентній моделі пам'яті, теорія когнітивного навантаження припускає, що будь-який досвід навчання складається з трьох компонентів:

- Перший з них – внутрішнє навантаження, яке властиве досліджуваному суб'єкту та частково визначається ступенем взаємозв'язків всередині суб'єкта.

- Приклад з біомеханіки: розуміння сутності кінематичних процесів при русі щелепи має більше значення, ніж запам'ятовування числових показників, що характеризують цей рух.

- Другим компонентом будь-якого навчання є доречне навантаження, яке є рівнем когнітивної діяльності, необхідної для досягнення бажаного результату навчання, полягає в тому, щоб передбачає включення об'єкта вивчення у схему тісно пов'язаних ідей.

- Третім компонентом навчального досвіду є стороннє навантаження, яке є когнітивним зусиллям, що не допомагає досягти бажаного результату навчання. (виникає через погано розроблену технологію, заплутані інструкції, додаткову інформація), але також може бути навантаженням, яке виникає через стереотипну загрозу або синдром самозванця. Ці концепції більш повно сформульовані та певною мірою піддані критиці у чудовому огляді deJong [22].

Варто зазначити, що студенти, які опанували розмаїттям інструментів для створення візуалізаційних матеріалів, мають схильність до посилення стороннього навантаження через додавання різного роду ефектів: звукових, анімаційних тощо.

Тривалий час роботи зі створення цифрових дидактичних матеріалів здійснювалися без залучення здобувачів освіти. Після проведеного нами дослідження у фокус групах, опитування студентів, аналізу отриманих

результатів ми дійшли висновку про доцільність індивідуальних та групових проєктів такого типу.

Можемо припустити, що усвідомлене та сумлінне виконання проєкту сприяє розвитку мислення вищого порядку (higher order thinking) або higher order thinking skills (HOTS), тобто мислення, яке передбачає здатність застосовувати, аналізувати, синтезувати та оцінювати знання для вирішення складних проблем та прийняття обґрунтованих рішень Згідно з таксономією Блума (Рис. 2.17) мислення вищого порядку базується на вмінні аналізувати, оцінювати та синтезувати (створювати нове знання).



Рис. 2.17. Таксономія Блума [12]

Вважають, що такі вміння й навичками формують мислення вищого порядку, ніж вивчення фактів та концепцій, що базується на використанні навичок мислення нижчого порядку [15].

Ми виокремили та методично обґрунтували чотири основні етапи: підготовчий, дослідницький, технічний і презентаційний (Таблиця 2.7), які доцільно використовувати у процесі реалізації студентських наукових проєктів.

Підготовчий етап передбачає залучення активних студентів до створення освітніх роликів, пошук теми дослідження та визначення рівня складності анімації, згідно з вподобаннями, рівнем підготовки та здібностей здобувачів освіти. Студенти медичного університету демонструють високі вміння

користуватися комп'ютерними програмами, необхідними для створення зображень, анімацій та озвученого відео. Така робота зі студентами також є і елементом підвищення кваліфікації викладача, доволі часто студенти мають кращі навички у роботі з окремими програмами, ніж викладачі.

Під час дослідницького етапу відбувається пошук інформації відповідно до обраної теми в рецензованій літературі, підбирається об'єкт чи процес, який буде відтворюватися в динаміці, та складається сценарій відеоролика. Керівник проєкту задає акцент того, які акценти потрібно зробити чи які деталі потрібно «оживити». У ті часи, коли лекції проводилися без застосування мультимедійних технологій, лектор при поясненні матеріалу зображав фізичні процеси в певній послідовності крейдою на дошці, що давало можливість зрозуміти динаміку того, що відбувається.

Технічний етап охоплює розробку презентації з формулами, зображеннями, анімаціями та списком літератури, написання тексту для озвучування та запис відеофайлів у найбільш поширених форматах .mp4 або .avi. Часто проблемою стає озвучування контенту, тому в тексті варто прописувати навіть звучання літер у формулах. Якщо в студентів зовсім не розвинені дикторські здібності, або є проблеми з мовленням, то можна використовувати інструменти штучного інтелекту (наприклад, ElevenReader [28]). Слід зазначити, що сучасні можливості штучного інтелекту не дають змоги забезпечити створення освітніх матеріалів з природничих дисциплін, однак є хорошим помічником в окремих (часто в доволі трудомістких) аспектах.

Захист проєкту відбувається публічно в академічній групі, кращі проєкти можуть бути представлені на студентських наукових конференціях, засіданнях студентського гуртка.

Етапи створення дидактичної анімації чи відеороликів

№	Назва етапу	Завдання
1.	<i>Підготовчий</i>	- створити робочу групу, визначивши індивідуальний чи груповий проєкт; - обрати тему/процес дослідження; - визначити рівень цифрових навичок студентів; - обрати цифрові інструменти; - розподілити ролі; - встановити терміни виконання окремо кожного з наступних етапів
2.	<i>Дослідницький</i>	- пошук рецензованого матеріал по темі дослідження (орієнтовно 5 наукових джерел); - пошук клінічного випадку та актуальності теми; - розробити сценарій ролика; - обрати процес для динамічного відтворення; - підбір реальних клінічних застосувань
3.	<i>Технічний</i>	- написати текст; - створити авторські зображення і анімації; - створити презентацію, що містить список використаної літератури; - записати звукове пояснення та відео тривалістю не більше 20 хвилин
4.	<i>Презентаційний</i>	- здати викладачу завершені відеофайли у форматі .mp4 або .avi і окремо файли з презентацією в розширенні .ppt або .pptx - оприлюднити проєкт в академічній групі

Щоб мінімізувати ризик спотворення, примітивізації чи невинновданого спрощення явищ та процесів викладачем здійснюється науковий супровід процесу. У книзі [135] автор акцентує увагу на тому, що «створення педагогічного сценарію передбачає чітке бачення автором освітнього простору навчальної дисципліни, його вміння визначати педагогічні технології відповідно до особливостей студентів, ретельне проектування змісту їх навчальної діяльності».

Нижче в таблиці 2.7 наведені найбільш поширені цифрові інструменти для реалізації такої проєктної роботи. Відео найнижчого рівня складності можна створити в універсальній програмі Microsoft PowerPoint, дотримуючись балансу між простотою подання та науковою точністю змісту біофізичних процесів у відеоматеріалах.

Таблиця 2.8

Програмне забезпечення для реалізації проєктної роботи

Вид роботи	Програмне забезпечення
Створення рисунків	Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Microsoft PowerPoint
Створення графіків/схем	Microsoft Excel, Canva, Microsoft PowerPoint
Створення анімацій	Adobe Photoshop, Microsoft PowerPoint, Adobe Animate
Запис озвучування	Microsoft PowerPoint, Audacity, ElevenReader - Text to Speech
Створення презентацій і запис відео	Microsoft PowerPoint, Canva

Реалізація навчальних проєктів по створення відео з дотриманням базових дидактичних принципів (наступності, науковості, професійної орієнтованості тощо) вимагає додаткових інтегрованих зусиль від викладачів різних кафедр (доклінічних і клінічних), а подекуди й додаткового навчання на спеціалізованих курсах. Доволі потужними є організовані МОН України у 2025 р. курси по використанню технологій штучного інтелекту в освіті. Навіть на перший погляд проста програма Microsoft PowerPoint містить потужні та специфічні можливості, які можна успішно поєднувати з іншими інструментами, зокрема й такими, що зазначені в таблиці 2.7. Наприклад, рисунки, створені в Adobe Illustrator у форматі .png, легко анімуються в Microsoft PowerPoint і імітують накладання електроміограми на міліметрову стрічку для полегшення розрахунків потенціалів, що генеруються м'язовими волокнами.

У статтях [214, 225] наведені рекомендації для створення відео-пояснень, які допоможуть зробити матеріали інформативними, цікавими, впізнаваними (в одному стилі) та зрозумілими для цільової аудиторії.

Проекти зі створення відеоматеріалів є важливою, але не єдиною складовою інноваційних методів навчання, що використовувалися нами з метою інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку лікаря-стоматолога.

Ще однією формою є підготовка виступів на засіданнях наукового гуртка. Нижче наведені фрагменти доповіді стосовно доволі поширеного розладу зубощелепної системи, яким є бруксизм: «Бруксизм: етіологія, діагностика, лікування» (Рис. 2.18). Ця тема передбачала доволі обширні наукові розвідки стосовно статистичних даних про поширення, аналіз фізичних основ методик, що використовуються для діагностики тощо.



Рис. 2.18. Фрагменти доповіді «Бруксизм»

Студенти також набували ментальних навичок вищого порядку, узагальнюючи та аналізуючи наведені в науковій літературі означення. Ми намагалися також долучити студентів до роботи з медичними зображеннями. Навички такої діяльності є ключовими для сучасної діагностики в стоматології, тому важливо, щоб студенти не тільки опановували теоретичні основи, але й набували практичних навичок роботи з цими технологіями.

Водночас, окрім беззаперечних переваг і можливостей, не можна залишати поза увагою ризики та застереження при широкому використанні цифрових

технологій, проблема яких істотно загострилася при повсюдному використанні технологій штучного інтелекту (ШІ) у підготовці майбутніх магістрів стоматології.

Дійсно, суто дидактичну функцію цифрових технологій та технологій ШІ не слід переоцінювати. Для формування стратегії прийняття рішень ШІ є важливим інструментом, але є дієвим лише у поєднанні з іншими – передовсім професіоналізмом того, хто рішення приймає, фаховою та приватною комунікацією. Недарма Європейський парламент 13 березня 2024 р., ухвалив закон про ШІ, який має «гарантувати безпеку і дотримання основних прав громадян. За відповідний документ проголосували 523 євродепутати, проти – 46, 49 – утрималися. Мета закону – захист фундаментальних прав, демократії, верховенства права та сталості довкілля від високоризикованого ШІ з одночасним стимулюванням інновацій. Положення закону встановлюють зобов'язання щодо ШІ на основі його потенційних ризиків і рівня впливу» [142].

На нашу думку, до слабких сторін дидактичних засобів, розроблених за допомогою цифрових технологій, відносяться:

- недостатня їх апробованість у навчальному процесі;
- втрата актуальності швидкі технологічні зміни і потребу оновлення методичного забезпечення;
- відсутність достатнього технічного та програмного забезпечення.

Ризиками та загрозами, яким варто запобігати при роботі зі здобувачами вищої освіти, вважаємо:

- поверхове засвоєння матеріалу через надто швидкий темп, який не дає змогу «закорінитися» у проблемі, заглибитися у її суть та незбалансоване когнітивне навантаження;
- доволі часто недостатньо глибокою і системною є розробленість фундаментальної складової, що лежить в основі того чи іншого фізичного, біомеханічного, біофізичного явища чи процесу;
- надмірне захоплення самими інформаційними технологіями, особливо це стосується Технологій ШІ (Copilot, ChatGPT, Chat Smith, Gamma тощо);

- відсутність інструментарію для об'єктивного та неупередженого оцінювання рівня використання ІІІ і як наслідок недотримання принципів академічної доброчесності.

Беззаперечною перевагою є те, що цифрові технології роблять індивідуалізацію освітнього процесу реальністю, надаючи змогу здобувачам вищої медичної освіти повніше розкрити і реалізувати свій потенціал, ширше застосовувати набуті знання в майбутній професійній діяльності; а гармонійне поєднання особистісних та професійних якостей дає можливість підготувати конкурентоспроможних фахівців, здатних до саморозвитку та самореалізації.

Навчальні візуалізаційні матеріали, створені за допомогою цифрових технологій, є одним з найбільш ефективних та популярних засобів для покращення якості навчання студентів за FTC (Flipped the Classroom), яка є традиційною для української системи вищої освіти. Нове «дихання» ця технологія отримала саме через можливості надані цифровими технологіями і навчальними відеоматеріалами. Такою є наша позиція, базована педагогічному досвіді, таку ж позицію знаходимо в численних наукових працях [5, 42, 48, 62, 75, 89].

Цифрові технології мають позитивний вплив на навчальні досягнення завдяки:

- підвищеній мотивації до навчання та більшій зацікавленості здобувачів;
- наочному та покращеному сприйняттю навчального матеріалу;
- персоналізації навчання.

Науковці відзначають також таку перевагу технологій штучного інтелекту як розвиток мислення вищого порядку higher order thinking або higher order thinking skills (HOTS), тобто мислення, яке передбачає здатність застосовувати, аналізувати, синтезувати та оцінювати знання для вирішення складних проблем та прийняття обґрунтованих рішень. Наразі ми можемо лише констатувати, що проєктна форма навчання вимагає значно більших когнітивних зусиль, ніж запам'ятовування та розуміння, адже виконання проєкту передбачає аналіз, оцінювання та, певною мірою, створення нових знань. У нас немає прямих

досліджень, щодо розвитку критичного та логічного мислення засобами проєктної діяльності з використанням цифрових технологій, оскільки мислення вищого порядку не лише складніше сформулювати, а й оцінити, ніж мислення нижчого порядку, яким є запам'ятовування та розуміння.

Беззаперечно, навички вищого порядку мають більшу універсальність і з більшою ймовірністю їх можна використовувати в нових ситуаціях (тобто ситуаціях, відмінних від тих, у яких було набуто навичку), що і є сутнісною основою інтегральної компетентності, задекларованої ОПП «Стоматологія». Можемо стверджувати, що найкращі результати демонструють проєкти, побудовані на засадах STEM-підходу (почасти тому, що ми працюємо зі студентами молодших курсів), але чітко орієнтовані на вирішення конкретних фахових проблем та розвиток компетентностей, необхідних у професійній діяльності магістра стоматології.

Таким чином, нами вперше розроблений системний підхід для реалізації проєктної діяльності студентів медичних ЗВО з інтеграцією фундаментальних та фахових навчальних дисциплін у проєктах, що мають відеоформат. Комплексне поєднання традиційних засобів в навчання з цифровими технологіями, що надають високий рівень візуалізації, є багатофункціональним інструментом для забезпечення глибокого розуміння сутності біофізичних процесів.

Результати запропонованої проєктної діяльності (цифрові дидактичні засоби) можуть бути використані в майбутньому для створення або покращення мультимедійного курсу з природничих дисциплін. За результатами щорічного анонімного анкетування студентів НМУ імені О.О. Богомольця. Переважна більшість респондентів (87–92% у різні роки) цілком задоволені організацією навчального процесу на кафедрі медичної і біологічної фізики та інформатики, вважаючи здобуті ними знання, уміння та навички вкрай необхідними для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності. Відносно невеликий відсоток (9–10,3%) вважає фізико-математичні та інформатичні дисципліни цікавими і корисними для загального розвитку, що і є основою для поглибленого їх вивчення. Серед відповідей на відкриті запитання найчастіше зустрічалися

такі: «надто складний навчальний матеріал, який вимагає значних зусиль для його вивчення», «відсутність достатньої кількості наочності для розуміння сутності явищ та процесів і підготовки до занять» та вважали, що з метою вдосконалення освітнього процесу потрібно «візуалізувати біофізичні явища та процеси», надати змогу практичного використання діагностичних та лікувальних приладів», «створити наочне навчально-методичне забезпечення, яке б давало змогу інтегрувати знання з різних навчальних дисциплін». Проектна діяльність по створенню аудіовізуальних матеріалів з біомеханіки частково заповнює цю прогалину. Поєднуючи в рамках навчального проєкту математичні моделі, технічні надбання, цифрові технології, студенти розвивають ключові навички, необхідні для роботи в сучасній стоматологічній сфері.

Поповнюючи арсенал навчальних засобів мультимедійними, ми усвідомлюємо, що традиційна система викладання, яка супроводжується поступовим поясненням та презентацією навчального матеріалу на дошці, має свої унікальні переваги: дає змогу контролю когнітивного навантаження, допомагає студентам розуміти складні процеси, поступово формувати систему знань з біофізики та з біомеханіки ЗІЦС. Баланс, на наше переконання, полягає у гнучкому поєднанні традиційного навчання з використанням крейди і дошки та мультимедійних презентацій, адаптованих до навчального змісту. Створена база навчальних відео дає змогу розширити інформаційно-освітнє середовище кафедри. Процес їх створення покращує комунікацію студентів і викладачів, сприяє формуванню аналітичного, критичного та логічного мислення, готовності використовувати отримані знання у майбутній практичній діяльності.

У сфері впровадження проєктної діяльності як засобу інтеграції знань з біомеханіки у підготовку майбутніх стоматологів мають великий потенціал для підвищення якості медичної освіти. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку та впровадження нових навчальних програм, міждисциплінарних курсів, комп'ютерного моделювання процесів, що мають місце у стоматогнатній системі та професійній діяльності магістра стоматології.

Висновки до другого розділу

У розділі доведено доцільність та своєчасність інтеграції знань з біомеханіки в професійну підготовку магістрів стоматології, проведено аналіз шляхів реалізації в рамках ОПП «Стоматологія».

Побудовано модель та методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки в професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології у парадигмі міждисциплінарного матрикса, який поєднує різні наукові галузі навколо спільних об'єктів дослідження, понять та методів, обґрунтована доцільність прийняття моделі Outcomes Based Education (OBE), у якій за основ взято орієнтованість на результат. Модель міждисциплінарної інтеграції знань з біомеханіки, орієнтована на формування цілісності та системності знання про ЗЩС, функціональні зв'язки між її структурними елементами і містить такі взаємопов'язані блоки: цільовий, змістовий, методологічний, методико-організаційно та контрольно-оцінювальний.

Здійснено аналіз проблем та викликів, що стоять наразі перед стоматологічною галуззю та професійною підготовкою у закладах вищої медичної освіти, яка є визначальною ланкою формування конкурентоспроможного фахівця, здатного усвідомлено реагувати на проблеми, виклики та інновації, надаючи якісні стоматологічні послуги, що відповідають високим європейським стандартам.

Проведено дослідження логічно детермінованої послідовності формування п'яти основних наскрізних змістових ліній, що формують біомеханічну складову фундаменту професійної компетентності майбутнього лікаря-стоматолога. На основі аналізу цих змістових ліній, починаючи з програмних результатів навчання у ЗСО до результатів, що визначені в освітньо-професійній програмі відповідної спеціальності, було реалізовано:

- посилення внутрішньо дисциплінарних взаємозв'язків між елементами предметних знань з біомеханіки та біофізики;
- узгодження термінологічної та понятійної єдності у формулюванні базових принципів та законів, на яких ґрунтується той чи інший метод

дослідження ЗЩС;

- встановлено міждисциплінарні зв'язки між складовими фахової компетентності магістра стоматології, які формуються засобами різних навчальних дисциплін;

- здійснено добір релевантних методів та засобів навчання.

Обґрунтовано зміст та структуру вибіркової навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології». Реалізовано аналіз міждисциплінарних зав'язків на засадах побудови змішаного графа, що дало змогу визначити точки дотику в змісті навчальних дисциплін, прийомах та методах розумової та навчальної діяльності здобувачів вищої освіти, посиливши тим самим фундамент для формування фахових практико-орієнтованих компетентностей. Використання методу змішаного графа дало змогу здійснити уточнення ролі та місця кожної з тем практичних та лекційних занять, скоригувати структуру змісту навчальної дисципліни та час, відведений на вивчення кожної з тем, забезпечивши вагомий ефект від застосування міждисциплінарного підходу.

Сконструйований граф алгоритмічної послідовності вивчення тем з різних дисциплін, які формують базові знання, уміння та навички дав змогу спроектувати структуру змісту, вибіркової навчальної дисципліни «Основи гнатології в ортодонтії» та створити передумови для якісного засвоєння навчального матеріалу з гнатології, формування фахових практико-орієнтованих компетентностей з ортодонтії та гнатології.

Вперше розроблений системний підхід для реалізації проєктної діяльності студентів медичних ЗВО з інтеграцією фундаментальних та фахових навчальних дисциплін у проєктах, що мають відеоформат. Комплексне поєднання традиційних засобів в навчання з цифровими технологіями, що надають високий рівень візуалізації, є багатофункціональним інструментом для забезпечення глибинного розуміння сутності біомеханічних процесів.

Результати запропонованої проектної діяльності (цифрові дидактичні засоби) можуть бути використані в майбутньому для створення або покращення мультимедійного курсу з природничих дисциплін.

Матеріали розділу 2 висвітлено у публікаціях автора [44, 151, 194, 196, 201, 202, 217].

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕГРАЦІЇ БІОМЕХАНІКИ У ПРОФЕСІЙНУ ПІДГОТОВКУ МАЙБУТНІХ МАГІСТРІВ СТОМАТОЛОГІЇ

3.1. Організація та методика проведення педагогічного експерименту

Спираючись на сформульоване у роботі [141] означення педагогічного експерименту як «...методу дослідження, завдяки якому експериментатор здійснює перевірку гіпотези своєї наукової роботи, тобто науково обґрунтованого припущення про взаємозалежність умов навчання та очікуваних результатів», нами було організовано і проведено спеціальне емпіричне дослідження. Метою такого експериментального дослідження була перевірка ефективності розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології. Педагогічний експеримент мав підтвердити чи відхилити основну гіпотезу дисертаційного дослідження, згідно з якою педагогічний вплив розробленої нами методики дає змогу досягти вагоміших навчальних досягнень у професійній підготовці магістрів стоматології, ніж інші традиційні методи, форми і засоби навчання.

Педагогічний експеримент проходив у таких напрямках:

- дослідження ролі та місця знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки майбутніх стоматологів, тенденції розвитку сучасної стоматології в контексті проблематики дослідження;
- вивчення досвіду вітчизняних та закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології;
- аналіз взаємопов'язаних компонентів освітнього процесу, які доцільно застосовувати під час розроблення методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології;
- теоретичне обґрунтування та практична розробка моделі методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології;

- конструювання відповідного навчально-методичного забезпечення (формування змісту навчальної дисципліни, що є базовою для інтеграції знань з механіки та біомеханіки у стоматології, навчально-методичний комплекс, що містить навчальний контент у цифровому форматі та на друкованій основі; методичні рекомендації до проведення практичних та лабораторних занять; тематичні web-додатки для поточного та кінцевого контролю засвоєння навчального матеріалу тощо);

- обґрунтування ефективності, розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

В рамках дослідження виокремлено такі етапи експерименту: *підготовчий* – на цьому етапі відбувалося обґрунтування теми та її актуальності, визначалися мета і завдання експерименту, об'єкт і предмет дослідження; *констатувальний* – визначався фактичний стан освітнього процесу, тобто рівень сформованості знань з механіки і біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології, а також затребуваність таких знань у контексті сучасних вимог до професійної діяльності лікаря-стоматолога без внесення змін; *пошуковий* – здійснювалося апробування різних підходів до розв'язання досліджуваної проблеми; *формувальний* – розроблялися та перевірялися на ефективність нові методи, прийоми й засоби, спрямовані на вдосконалення наявного стану інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.

Опишемо детальніше дослідно-експериментальну роботу з теоретичного обґрунтування та розроблення методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки, орієнтованої на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології, яка проводилася у чотири вищезазначені етапи в період 2022–2025 рр.

На першому етапі (*підготовчий*: 2022 р.) було отримано такі результати:

- здійснено теоретичний аналіз проблеми дослідження; обрано й обґрунтовано тему дисертаційної роботи, а також визначено її об'єкт, предмет, мету та завдання;

- уточнено науковий апарат дослідження;

- вивчено стан проблеми на основі аналізу науково-технічних, навчально-методичних та психолого-педагогічних джерел;

На другому етапі (*констатувальний*: 2022–2023 рр.) досягнуто таких результатів:

- проведено аналіз підручників і навчальних посібників з біомеханіки та гнатології, нормативно-інструктивних матеріалів у сфері вищої освіти, а також навчальних планів і програм, що регламентують міждисциплінарні підходи до вивчення біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології;

- здійснено аналіз сучасних трендів розвитку стоматологічної галузі;

- вивчено досвід вітчизняних та закордонних стоматологічних шкіл щодо інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі професійної підготовки магістрів стоматології;

- визначено роль і місце знань з біомеханіки та механіки у формуванні фахової компетентності сучасного лікаря-стоматолога;

- здійснено історико-генезисний аналіз становлення та розвитку міждисциплінарного підходу у стоматології;

- проведено констатувальний етап педагогічного експерименту, результати якого дали можливість сформулювати основні напрями дослідження та підготувати пошуковий етап експерименту.

На третьому етапі (*пошуковий*: 2023–2024 рр.):

- розроблено теоретичні засади проєктування моделі міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩА;

- обґрунтовано та запропоновано шляхи та форми інтеграції знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології у контексті вимог до системи забезпечення якості підготовки фахівців зі стоматології в Україні;

- побудовано модель міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩА у процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології;

- розроблено методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології, визначено методи, засоби і організаційні форми;

- розроблено зміст вибіркової дисципліни, орієнтованої на формування системних знань з біомеханіки у майбутніх магістрів стоматології «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» на основі дослідження міждисциплінарних зв'язків методом графів;

- запропоновано підходи до організації проєктної навчальної діяльності як засобу інтеграції біомеханіки у професійну підготовку майбутніх магістрів стоматології.

На четвертому етапі (*формувальний*: 2024–2025 рр.):

- організовано та здійснено педагогічний експеримент у якому брали участь здобувачі вищої освіти спеціальності 221 «Стоматологія»;

- проведено систематизацію та узагальнення результатів педагогічного експерименту; отримані дані інтегровано в методику інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології;

- конструювання навчально-методичних комплексів та їх експериментальне використання у процесі формування предметної компетентності з біомеханіки;

- здійснено опитування з метою дослідження ціннісно-рефлексивного компонента предметної компетентності з біомеханіки;

- здійснено коригування розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці майбутніх магістрів стоматології та впровадження її компонентів в освітній процес М(Ф)ЗВО;

- організовано порівняльне дослідження проміжних і підсумкових результатів педагогічного експерименту;

- здійснено аналіз і впорядковано матеріали формувального етапу педагогічного експерименту;

- проведено педагогічний експеримент з визнавання ефективності розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки та оцінено

вплив інтеграції знань з механіки та біомеханіки на якість професійної підготовки магістрів стоматології;

– завершено оформлення дисертаційної роботи.

З метою визначення рівня ефективності розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки до педагогічного експерименту було залучено здобувачів вищої освіти спеціальності 221 «Стоматологія» та розподілено їх на дві групи: експериментальну та контрольну.

У формуванні системних знань з механіки та біомеханіки ЗЩС як складової професійної компетентності майбутнього магістра стоматології можна виокремити чотири етапи (Рис. 3.1).



Рис. 3.1. Послідовність етапів формування системи знань з біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології

Оскільки зазначені етапи є маркерними віхами для проведення оцінювальних процедур, зупинимося детальніше на описі кожного із них:

I – формування базових знань та умінь з механіки при вивченні фізики у закладах середньої освіти: основні поняття механіки, закони та закономірності.

II – формування знань та умінь з біомеханіки у процесі вивчення природничих навчальних дисциплін, насамперед медичної і біологічної фізики, анатомії

III – формування знань з біомеханіки ЗЩС у процесі вивчення спеціальних навчальних дисциплін

IV – спеціальні фахово орієнтовані знання, що формуються у процесі розв’язування професійно орієнтованих задач при вивченні клінічних дисциплін, спираючись на знання з механіки та біомеханіки.

Коротко схарактеризуємо кожен з етапів, визначивши, які саме поняття, закони та закономірності біомеханіки та механіки мають бути засвоєнні здобувачами вищої освіти за спеціальністю 221 «Стоматологія» на кожному з них.

Сформована на першому з визначених етапів система знань з механіки має містити знання й розуміння ключових механічних понять та законів, а саме:

- Основні кінематичні характеристики обертального та поступального рухів (кутова та лінійна швидкість, нормальне та тангенціальне прискорення).
- Кінематичні рівняння рівномірного та рівноприскореного рухів.
- Маса, сила, центр мас, закони Ньютона.
- Момент сили, важіль, типи важелів.

На другому з визначених етапів має бути сформована система знань про:

- Суглоб як важіль, біомеханіку руху суглобів.
 - Деформації, види і типи: стиснення, розтяг, зсув, кручення, згин.
 - Числові характеристики, що описують деформацію: механічне напруження, абсолютна і відносна деформації.
 - Діаграма деформації, релаксація механічного напруження, текучість.
 - Основні параметри, що характеризують здатність тканини до деформації: модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, модуль зсуву.
 - Пружність, пластичність, в’язкість.
 - Механічні властивості кісткової тканини.
 - Адаптивність біологічних тканин до механічного навантаження.
- Релаксація механічного напруження

- Адгезія, сила адгезії, змочування та незмочування.

Здобувачі вищої медичної освіти за спеціальністю 221 «Стоматологія» на III етапі отримують системні знання з біомеханіки щелепно-лицевого апарату, що дасть змогу їм розуміти та аналізувати складні багатофакторні процеси ЗЩС.

Сформована система знань на цьому етапі має містити базові знання про:

- Біомеханіку рухів скронево-нижньощелепного суглоба.
- Біомеханіку м'язового скорочення. Рівняння Хілла.
- Основи стоматологічного матеріалознавства.
- Механічні властивості емалі, дентину, періодонта.
- Типи сил, які застосовуються в ортодонтії та ортопедії: сила, момент, пара сил.
- Центр резистенції, центр ротації зуба.
- Переміщення зубів: тіппінг, торкінг, корпусне переміщення
- Контроль сили: її величина, напрям, тривалість дії.
- Дисфункції СНЩС їх типи та біомеханічні порушення, що з ними взаємопов'язані.

На четвертому етапі формуються системні знання про особливості використання біомеханічних законів та закономірностей у практичній діяльності фахівців різного профілю, студенти мають мати знання та розуміння про:

- Розподіл жувального навантаження в різних елементах ЗЩС, мостах, коронках, вкладках.
- Особливості знаходження центрів резистенції та центру ротації у різних випадках патологічних змін.
- Біомеханіку пародонта як амортизуючої системи.
- Біомеханіка брекет-систем, дуг, еластиків.
- Принципи рівноваги та стабільності елементів ЗЩС та зубних протезів. Прикус і його вплив на силові навантаження.
- Сили в ортодонтичних апаратах (дуги, пружини, еластики).
- Біомеханіка анкерної підтримки.

- Первинна і вторинна стабільність імпланта, розподіл сили навколо імпланта.
- Ризики дисфункції СНЩС через біомеханічні порушення.
- Принципи дизайну імплантатів (форма, різьба, покриття).

З урахуванням вищесказаного була розроблена система моніторингу, яка давала змогу визначати та коригувати рівень сформованості знань з механіки та біомеханіки зубо-щелепної системи, розуміння сутності функціональних взаємозв'язків між її складовими, готовності до використання набутих знань та умінь для розв'язування професійно орієнтованих завдань. Система моніторингу передбачала розроблення та обґрунтування критеріїв оцінювання рівнів сформованості знань з механіки і біомеханіки ЗЩС; визначення психолого-педагогічних умов реалізації компетентісно орієнтованої методики інтеграції знань в умовах воєнного стану; побудову змістово-структурної моделі та реалізація методики, орієнтованої на формування професійної компетентності майбутнього лікаря-стоматолога, а також, аналіз та інтерпретацію результатів експерименту.

Цілком очевидно, що реалізація розробленої нами методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі підготовки здобувачів вищої медичної освіти за спеціальністю 221 «Стоматологія» здійснювалася на засадах компетентісного підходу, тому при аналізі результатів педагогічного експерименту ми не можемо обмежитися дослідженням лише знаннєвої компоненти, а маємо визначитися, які складові професійної компетентності магістра стоматології зазнаватимуть змін при проведенні формувального етапу педагогічного експерименту і яким чином ці зміни можуть бути діагностовані. У Законі України «Про вищу освіту», у Національному освітньому глосарії компетентність витлумачено як «динамічну комбінацію знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти» [219; 186].

Узагальнюючи результати ґрунтовних наукових досліджень [194; 216; 162; 207] щодо реалізації компетентнісного підходу у системі підготовки фахівців галузі охорони здоров'я, в структурі компетентності можна виокремити такі компоненти: *«знаннєва (когнітивна)»* (сформована система знань з фундаментальних, фахово орієнтованих, фахових навчальних дисциплін); *процесуально-діяльнісна* – уміння використовувати набуті знання у професійній діяльності; *прогностично-рефлексивна* (здатність усвідомлено добирати методи та підходи, оцінювати наслідки своєї професійної діяльності); *ціннісно-етична* (сформована система цінностей, потреб і мотивів, усвідомлене дотримання основ біоетики та деонтології у професійній діяльності); *комунікативна* (уміння й навички професійного усного та письмового спілкування рідною та іноземною мовами з колегами та пацієнтами, також з використанням сучасних комунікаційних технологій, уміння створювати та зберігати професійно значущу інформацію)».

У контексті нашого дослідження вбачаємо за необхідне провести аналіз динаміки рівнів сформованості таких взаємозумовлених компонентів (Рис 3.2):

- **знаннєвий (когнітивний)** – передбачає глибоке розуміння основних понять, законів і принципів, які є основою механіки та біомеханіки, а також здатність бачити взаємозв'язок між різними явищами та процесами. Це означає, що здобувач вищої освіти не просто знає, що таке деформація, а розуміє, як вона пов'язана з напруженням, матеріалом та силою, що діє на зуб або протез. Наявність цього компоненту дозволяє майбутньому магістру стоматології свідомо приймати рішення, а не діяти за шаблоном. Без міцної знаннєвої бази неможливо досягти високого рівня практичної майстерності та критичного мислення. Когнітивний компонент, спираючись на базові теоретичні знання, забезпечує задоволення та розвиток потреб, мотивів, інтересів і ціннісних орієнтацій майбутнього магістра стоматології.

- **процесуально-діяльнісний** – передбачає здатність перетворювати теоретичні знання в конкретні дії, уміння аналізувати клінічні випадки з точки зору біомеханіки щелепно-лицевого апарату, розпізнавати причини проблем та

оцінювати ризики. Безпосереднє виконання маніпуляцій, які потребують біомеханічного розрахунку та моделювання, наприклад, встановлення імплантатів, виготовлення ортопедичних конструкцій. Таким чином, цей компонент перетворює знання з пасивного стану в активну дію, що є вирішальним для майбутньої професійної діяльності. Процесуально-діяльнісний компонент забезпечує трансляційні та регуляційні функції завдяки поєднанню проєктувальних, організаційних, комунікативних, рефлексивних умінь і аналітичних здібностей.

- ціннісно-рефлексивний – передбачає здатність до самооцінювання власних знань і можливостей, наслідків своєї професійної діяльності, здатність усвідомлено добирати методи та підходи при розв’язанні професійно орієнтованих ситуаційних задач, оцінювати наслідки своєї професійної діяльності, об’єктивно оцінювати власні навчальні досягнення, виявляти прогалини, систематично підвищувати рівень знань та умінь.

Сформованість цих трьох компонентів є визначальною, оскільки містить знання і розуміння теоретичних основ механіки й біомеханіки ЗЩС, вказує шлях як діяти, застосовуючи ці знання у конкретних практичних ситуаціях, є ціннісним орієнтиром професійного становлення й розвитку, способу сприйняття трансформаційних змін глобалізаційного і темпорального характеру у сучасному світі. Виходячи з позицій таксономії Блума (Рис. 2.17), зазначена тріада створює базис для мислення вищого порядку, яке спирається на системні знання, розуміння як застосовувати ці знання, дає змогу аналізувати та оцінювати професійні проблеми з позицій біомеханічного підходу в стоматології, синтезувати та створювати нові знання.

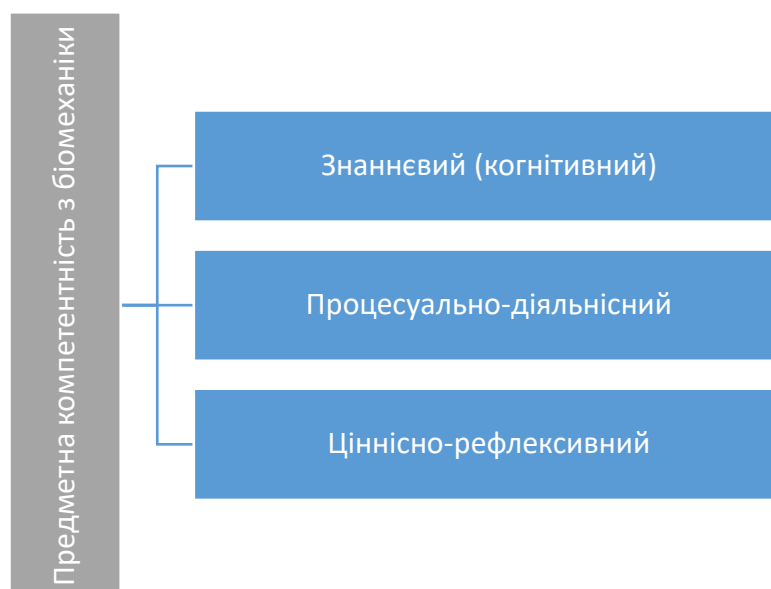


Рис. 3.2. Компоненти структури предметної компетентності з біомеханіки в стоматології, які підлягали оцінюванню

У процесі проведення педагогічного експерименту важливе значення має добір методів та відповідних засобів оцінювання рівня сформованості предметної компетентності з біомеханіки щодо кожного з компонентів: знаннєвого (когнітивний), процесуально-діяльнісного, ціннісно-рефлексивного. Відповідно до розробленої моделі з метою комплексної діагностики компонентів (Таблиця 3.2) за встановленими нами рівнями пропонується використання таких засобів: знаннєвий (когнітивний) – тестування сформованості теоретичних знань (ДОДАТОК Б)); процесуально-діяльнісний – виконання практичних завдань для перевірки сформованих практичних умінь та навичок; ціннісно-рефлексивний – опитування.

Нами ретельно розроблялися засоби оцінювання та моніторингу формування предметної компетентності з біомеханіки в стоматології. Під час визначення стану сформованості предметної компетентності з біомеханіки в стоматології ми дотримувались принципів, які викладені в праці [180] про те, що «Педагогічний контроль повинен ґрунтуватись на об'єктивних критеріях та бути простим, зручним і ефективним». Зокрема, Микитенко П.В. [180] рекомендує використовувати такі види педагогічного контролю «вхідний контроль (визначалась готовність до певного етапу навчання, здійснювався на початку

вивчення дисципліни); поточний контроль (здійснювався під час кожного практичного заняття); підсумковий контроль (здійснювався в кінці вивчення дисципліни); адаптивний контроль (перевірка опанування певного змістового модуля)».

Особлива увага системі оцінювання приділялася при вивченні вибіркової дисципліни «Біомеханіка ЗЩС. Фізичні основи гнатології». Ми погоджуємося з [19; 108; 203], що оцінювання «має не лише діагностувати, а й мотивувати студентів», а «завдання викладача полягає у знаходженні балансу між діагностичною точністю, справедливістю, об'єктивністю оцінки з одного боку та заохоченням і мотивуванням студентів з іншого».

При оцінюванні результатів проєктної діяльності ми використовували комбінований підхід: самооцінювання, взаємне оцінювання, оцінювання викладачем. При цьому спонукали до охоплення широкого спектра показників [203]: структура доповіді (вступ, логічні переходи, завершення і висновок), зміст доповіді, стиль презентування, візуальні компоненти, «мова тіла» (постава, голос, жестикуляція) тощо. Залучення студентів до процесу оцінювання дає змогу чіткіше фокусувати їх увагу на презентованому навчальному матеріалі, глибше занурювати в аналіз представленої інформації, формувати об'єктивний погляд на якість доповіді, що є важливим для розвитку критичного мислення, посилення мотивації та самостійності. Як приклад наведемо зразок відгука на презентацію проєктної роботи (ДОДАТОК В).

Описаний метод є віддзеркаленням популярного сьогодні в бізнес колах методу оцінювання 360°, оскільки є комплексним та містить в собі потужний канал позитивного зворотного зв'язку. Завдячуючи такому підходу нам вдалося досягти ситуації, коли оцінювання виконувало навчальну, розвивальну, стимулювальну, діагностичну та контрольну функції водночас. Педагогічний контроль у дослідженні інтерпретувався не лише як фінальний результат діагностики, а і як механізм збору поточних даних для оцінювання якості знань та вмінь на різних етапах навчання.

Методологічний апарат експериментальної роботи включав: анкетування та інтерв'ювання; аналіз навчально-методичної документації (робочих програм, силабусів); педагогічне спостереження та тестування; дослідне викладання. Процес розроблення анкет базувався на чітких вимогах до їх змістового наповнення. Зокрема, для забезпечення надійності та валідності результатів використовувався метод дублювання: замість поодиноких запитань впроваджувалися тематичні блоки, спрямовані на всебічну перевірку кожного припущення. Відповідь на кожне з запитань містила 5 можливих варіантів, згідно з рекомендаціями методу оцінювання 360° [173].

Окрім конкретизації відповідей респондентів, отриманих шляхом анкетування, інтерв'ювання дозволило виявити інформацію, яка залишалася поза межами попереднього опитування.

Для об'єктивізації та інтерпретації навчальних досягнень майбутніх магістрів стоматології необхідна чітка градація, що передбачає диференціацію рівнів сформованості предметної компетентності з біомеханіки. Нами визначено та обґрунтовано такі рівні сформованості системи знань:

- *базовий рівень (основи біомеханіки)*: характеризується орієнтованістю на виконання типових біомеханічних завдань, періодичним використанням біомеханічних принципів, частковою сформованістю знань щодо засобів та методів аналізу навантажень. Цей рівень представляє собою фундаментальне розуміння основних принципів, законів та закономірностей біомеханіки. Біомеханічні знання використовуються на рівні відтворення. Здобувач вищої освіти повинен володіти основними поняттями механіки та біомеханіки (сила, момент сили, напруга, деформація), знаннями базових законів (закони Ньютона, закон Гука), розумінням, як ці закони застосовуються до простих анатомічних структур ротової порожнини. Здобувач вищої освіти на цьому рівні має елементарні навички застосування простих біомеханічних концепцій, наявна зацікавленість, проте відсутнє прагнення до самовдосконалення. Здобувач вищої освіти може пояснити дію простих сил на зуби, наприклад, під час жування, або описати принцип роботи найпростіших протезів, здатний розпізнавати основні

елементи зубощелепної системи з точки зору їхньої механічної функції. Його дії є переважно механічними та базуються на запам'ятованих алгоритмах, здатності виконувати завдання, які не вимагають глибокого аналізу чи нестандартних рішень.

- *середній рівень* (основи біомеханіки тканин зубощелепної системи): характеризується здатністю виконувати складні інтегровані біомеханічні завдання, систематичним аналізуванням навантажень, використанням біомеханічних принципів на високому рівні. На цьому етапі відбувається перехід від простого запам'ятовування до аналізу та практичного застосування знань у типових клінічних ситуаціях. Здобувач вищої освіти не лише володіє знаннями, а й розуміє взаємозв'язок між механічними навантаженнями та біологічною реакцією тканин, а також знаннями про механічні властивості різних стоматологічних матеріалів та їхній вплив на тканини. Здобувач вищої освіти на цьому рівні здатний аналізувати прості клінічні ситуації з точки зору біомеханіки щелепно-лицевого апарату. Він може вибрати відповідну конструкцію протеза, враховуючи навантаження, та пояснити, чому неправильно підібрана конструкція може призвести до ускладнень, може застосовувати знання для вирішення конкретних, але стандартних, завдань. Його дії є свідомими, він може обґрунтувати свій вибір і передбачити типові помилки.

- *поглиблений рівень* (поглиблені знання біомеханіки ЗЩС): характеризується системним та творчим підходом до вирішення складних біомеханічних проблем щелепно-лицевого апарату. Цей рівень передбачає творчий підхід та глибоке розуміння. Здобувачі повинні мати глибокі знання з біомеханіки щелепно-лицевого апарату, що дозволять їм аналізувати складні багатofакторні процеси

Здобувач вищої освіти здатні використовувати програмне забезпечення для моделювання навантажень на протези, імпланти та кісткову тканину, можуть з високою точністю прогнозувати, як поведуться тканини зубощелепної системи після складного ортопедичного чи ортодонтичного лікування, розробляти індивідуалізовані плани лікування, враховуючи всі особливості пацієнта, і

обґрунтувати свій вибір з наукової точки зору, самостійно оцінювати ефективність різних методик, матеріалів та конструкцій, виходячи з їхніх біомеханічних властивостей. Дії здобувача вищої освіти є високопрофесійними та базуються на глибокому аналізі. Він здатний критично оцінювати наукову інформацію та впроваджувати новітні підходи у свою практику.

- *високий рівень* (знання з біомеханіки ЗЩС, які достатні для планування та ведення лікування): характеризується інноваційним та науково-дослідницьким підходом. Здобувач вищої освіти має експертні знання у сфері біомеханіки щелепно-лицевого апарату, володіє сучасними методиками та технологіями. Він знає про поточні світові тенденції та напрями розвитку біомеханіки в стоматології.

Здобувачі вищої освіти здатний самостійно, творчо та раціонально опрацьовувати медичні дані проводити власні наукові дослідження, публікувати результати, розробляти нові методики та інструменти, а також створювати та впроваджувати інновації у клінічну практику, при цьому діяльність не обмежується вирішенням клінічних завдань, а спрямована на вдосконалення методології. Нашим завданням є навчити формулювати статистичні гіпотези, планувати експерименти та проводити дослідження у сфері біомеханіки щелепно-лицевого апарату та гнатології.

У ході порівнювального експерименту було зафіксовано розбіжності в рівнях сформованості компонентів предметної компетентності з біомеханіки між здобувачами контрольних та експериментальних груп, а також здійснено перевірку статистичної значущості цих показників.

Оцінювання навчальної діяльності здобувачів вищої освіти регламентовано Положенням про «Порядок оцінювання знань студентів під час поточного та кінцевого контролю з дисципліни в НМУ імені О.О. Богомольця» (протокол засідання Вченої ради НМУ імені О.О. Богомольця № 4 від 28.11.2023 р.). Кожен з вище розглянутих нами рівнів відповідав певній кількості балів, шкала оцінювання, що застосовувалась – 200 бальна (Таблиця 3.1). Незадовільний рівень до уваги не братимемо, оскільки не було виявлено

студентів із таким рівнем в ході експерименту, а якби й були, то їх число цілком вписувалося б у похибку вимірювання.

Таблиця 3.1

**Шкала відповідності оцінювання знань та встановлених рівнів
сформованості предметної компетентності з біомеханіки в стоматології**

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS		Рівень
		Оцінка	Пояснення	
170-200	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)	Високий
155-169	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)	Поглиблений
140-154		C	Добре (в цілому правильне виконання з певною кількістю суттєвих помилки)	Середній
125-139	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)	Базовий
111-124		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)	
60-110	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)	Незадовільно
1-59		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)	

**Компоненти, критерії та показники сформованості предметної
компетентності з біомеханіки в стоматології**

Компоненти	Критерій	Показник
Знаннєвий (когнітивний)	Сформованість системи усвідомлених знань з біомеханіки щелепно-лицевого апарату та гнатології	Розуміння теоретичних основ: закони, принципи, основні поняття (сила, деформація, напруження тощо)
Процесуально-діяльнісний	Сформованість умінь та навичок використання набутих знань з біомеханіки щелепно-лицевого апарату у професійній діяльності магістра стоматології	Здатність застосовувати біомеханічний підхід до оцінювання клінічних випадків та розроблення стратегії лікування. Вона базується на володінні логічними операціями: порівнянні, класифікації та узагальненні фактів, а також умінні встановлювати причинно-наслідкові зв'язки й формулювати обґрунтовані висновки
Ціннісно-рефлексивний	Сформованість стійкої внутрішньої мотивації та комплексу особистісних рис, що виступають фундаментом для об'єктивної саморефлексії та зрілого критичного мислення	Уміння аналізувати власні знання та можливості, наслідки своєї професійної діяльності, усвідомлене обрання методів і підходів при розв'язанні професійно орієнтованих ситуаційних задач, об'єктивна оцінка власних навчальних досягнень, виявлення прогалин, систематичне підвищення рівня знань та вмінь

Апробація запропонованої методики інтеграції знань із механіки та біомеханіки здійснювалася у двох форматах: як комплексне впровадження на основному етапі експерименту, так і перевірка ефективності окремих навчальних

матеріалів. Значною мірою це стосувалося тем практичних занять вибіркової навчальної дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології», оскільки це нова навчальна дисципліна, робоча програма якої була розроблена спільно НПП кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики та викладачами кафедри ортодонції та пропедевтики ортопедичної стоматології при активній участі здобувача.

Автором розроблялися теми практичних занять:

1. Основні біомеханічні характеристики (кінематичні, динамічні, енергетичні) ЗЩС та взаємозв'язки між ними.
2. Біомеханіка рухів нижньої щелепи. Визначення середньоанатомічних значень кінематичних показників рухливості СНЩС.
3. Біофізика м'язового скорочення. В'язкопружні деформації. Активне й пасивне скорочення. Дослідження залежності сили м'яза від довжини саркомера.
4. Фізичні основи методів діагностики стану зубо-щелепної системи Апарати для реєстрації та аналізу рухів нижньої щелепи. Аналіз оклюзії в артикуляторі.

Автором також розроблялась система професійно орієнтованих завдань для кожної з тем, окремі лекції, система тестових завдань, сценаріїв для опису аномалій зубо-щелепної системи.

Деякі з запропонованих автором інновацій знайшли впровадження також і в інших ЗВО України, про затребуваність і своєчасність таких досліджень свідчать отримані позитивні відгуки.

3.2. Дослідження якості навчання та самооцінки сформованості предметної компетентності з біомеханіки в стоматології

З метою дослідження ціннісно-рефлексивного компоненту предметної компетентності з біомеханіки в стоматології нами було проведено анкетування «Самооцінка сформованості предметної компетентності з біомеханіки в стоматології та визначення якості навчання» здобувачів вищої освіти 2-го курсу спеціальності 221 «Стоматологія». Таким чином ми мали на меті, з одного боку,

дослідити стан внутрішньої мотивації та здатності об'єктивно оцінювати власні знання, вміння та можливості в експериментальній групі, а з іншого – динаміку розвитку критичного мислення (передбачає здатність усвідомлено добирати методи та підходи при розв'язанні професійно орієнтованих ситуаційних задач) в контрольній (КГ) та експериментальній (ЕГ) групах на констатувальному та формувальному етапах експерименту.

Зокрема, у дослідженні «Самооцінка сформованості предметної компетентності з біомеханіки в стоматології та визначення якості навчання» брало участь 72 здобувачів вищої освіти НМУ імені О.О. Богомольця. Опитування проводилося дистанційно з використанням платформи Google Forms (ДОДАТОК А). Доступ до опитування забезпечувався через посилання, розміщені в публічному просторі соціальних мереж та надіслані через месенджери. Умовно питання анкети було розділено на блоки:

1. Оцінка викладачів та якості викладання (Рис. 3.3). Цей блок містить запитання, що стосуються компетентності викладачів, стилю викладання та комунікаційних навичок. На запитання «Чи Вас заохочують брати участь у занятті» було отримано такі відповіді: 28.6% респондентів повністю згодні, 57.1% – згодні, 14.3% – не впевнені. При визначенні компетентності викладачів респонденти надали позитивні відповіді: 55.7% респондентів повністю згодні, 42.9% – згодні, 1.4% – не впевнені. На запитання «Чи проявляють викладачі терпляче ставлення до студентів» було отримано такі відповіді: 20% – повністю згодні, 78.6% – згодні, 1.4% – не впевнені. На запитання «Чи часто стимулює навчання» відповіді респондентів розділились: 27.6% – повністю згодні, 50% – згодні, 21% – не впевнені, 1.4% – не згодні. На запитання «Чи висміюють викладачі студентів» було отримано такі відповіді: 1.4% – не впевнені, 35.7% – не згодні, 62.9% – зовсім не згодні. При дослідженні авторитарності викладачів, отримано такі результати: 1.4% – згодні, 1.4% – не впевнені, 50% – не згодні, 47.2% – зовсім не згодні. На запитання «Чи викладачі мають належні комунікативні навички» отримано такі відповіді: 41.5% респондентів вказали, що повністю згодні, 57.1% – згодні, 1.4% – не впевнені. На запитання «Чи

викладання є сфокусованим на найважливіших моментах» було отримано такі відповіді: 41.4% – повністю згодні, 42.9% – згодні, 14.3% – не впевнені, 1.4% – не згодні. На запитання «Чи викладачі надають належний зворотний зв'язок студентам» було отримано такі відповіді: 7.1% – повністю згодні, 64.3% – згодні, 28.6% – не впевнені. Досліджуючи конструктивність критики викладачів респонденти дали такі відповіді: 14.3% – повністю згодні, 57.1% – згодні, 28.6% – не впевнені. На запитання «Чи викладачі наводять зрозумілі приклади» було отримано такі відповіді: 34.3% – повністю згодні, 64.3% – згодні, 1.4% – не впевнені.

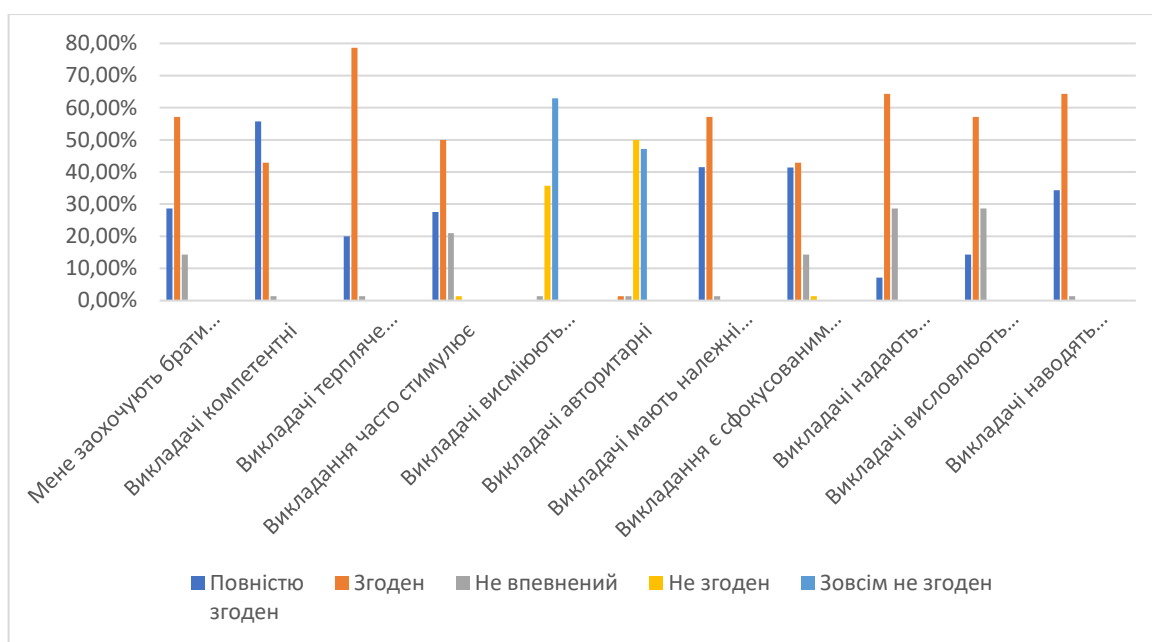


Рис. 3.3. Розподіл відповідей респондентів на блок запитань «Оцінка викладачів та якості викладання»

Проаналізувавши результати відповідей здобувачів вищої освіти після вивчення дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології», можна констатувати про високий рівень інтерактивності, комфортну та підтримуючу атмосферу, мотивуючі методи викладання, якісне структурування матеріалу, демократичний стиль викладання та високий рівень довіри до професіоналізму викладачів.

2. Оцінка навчального процесу та особистого сприйняття (Рис. 3.4). У цьому блоці згруповано запитання, що стосуються сприйняття студентом навчальних стратегій, власної успішності та загальної ефективності навчання. На

запитання «Стратегії навчання, які спрацьовували раніше, спрацьовують і тепер» було отримано такі відповіді: 7.1% – повністю згодні, 35.7% – згодні, 42.9% – не впевнені та 14.3% – не згодні. Досліджуючи чи навчання є студентоорієнтоване отримано такі відповіді: 20.1% – повністю згодні, 57.1% – згодні, 21.4% – не впевнені та 1.4% – не згодні. На запитання «Чи Вам рідко буває нудно під час вивчення дисципліни» респонденти дали такі відповіді: 34.3% – повністю згодні, 42.9% – згодні, 21.4% – не впевнені та 1.4% – не згодні. На запитання «Чи навчання направлене на розвиток Ваших компетентностей» отримано такі відповіді: 7.1% респондентів повністю згодні, 64.3% – згодні, 28.6% – не впевнені. Досліджуючи вплив навчання на розвиток у студентів впевненості було отримано такі відповіді: 20.1% – повністю згодні, 35.7% – згодні, 21.4% – не впевнені, 21.4% – не згодні та 1.4% – зовсім не згодні. На запитання «Чи час використовується за призначенням» було отримано такі відповіді: 34.3% – повністю згодні, 50% – згодні, 14.3% – не впевнені, 1.4% – не згодні. На запитання «Чи приділяється належна увага для здобуття фактологічних знань» було отримано такі відповіді: 34.3% – повністю згодні, 50% – згодні, 14.3% – не впевнені, 1.4% – не згодні. На запитання «Чи попереднє навчання було належною підготовкою до теперішнього» було отримано такі відповіді: 12.9% – повністю згодні, 64.3% – згодні, 21.4% – не впевнені, 1.4% – не згодні. Відповідаючи на запитання «Я здатен запам'ятати все, що потрібно» респонденти дали різні відповіді: 14.3% вказали, що повністю згодні, 50% вказали, що згодні та 35.7% вказали, що не впевнені. На запитання «Чи здатні Ви концентруватися на складному, але важливому матеріалі» респонденти дали такі відповіді: 20.1% – повністю згодні, 57.1% – згодні, 21.4% – не впевнені, 1.4% – не згодні. Аналізуючи чи зрозумілі навчальні цілі дисципліни та опираючись на відповіді, можна констатувати, що 40.1% респондентам повністю зрозумілі, 57.1% – зрозумілі та 2.8% респондентів вказали – не впевнені, що зрозумілі.

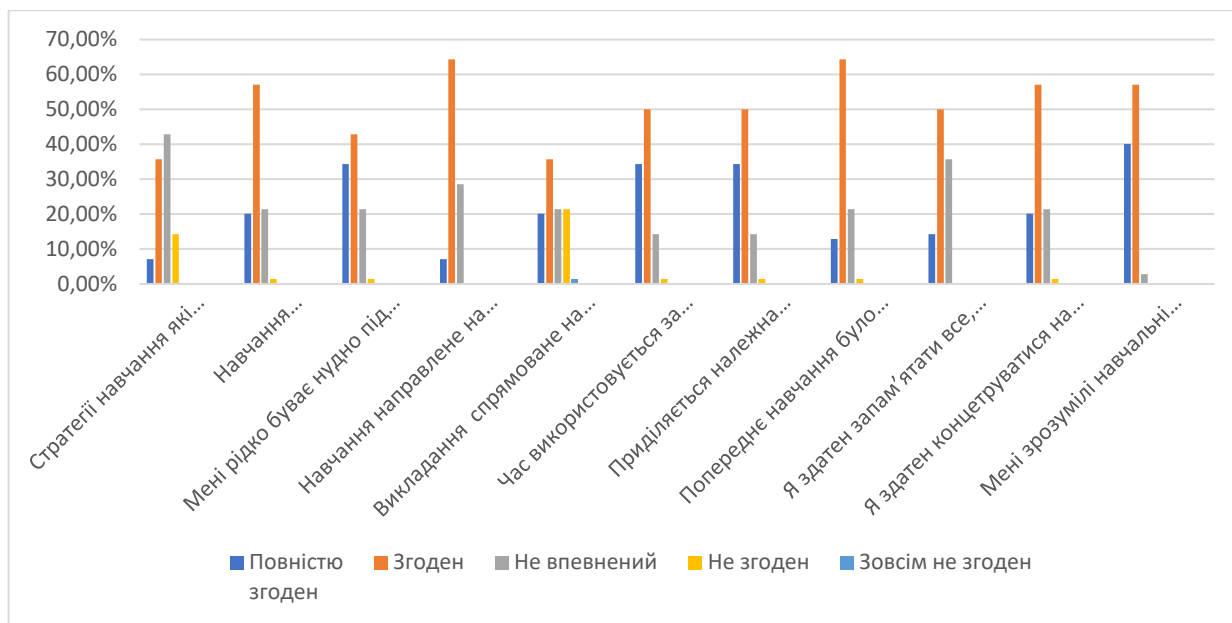


Рис. 3.4. Розподіл відповідей респондентів на блок запитань «Оцінка навчального процесу та особистого сприйняття»

Проаналізувавши результати відповідей здобувачів вищої освіти на запитання другого блоку, можна констатувати на високу зацікавленість дисципліною, ефективний розподіл навчального часу, прозорість навчального процесу та високий рівень концентрації студентів. Зокрема, здобувачам вищої освіти очевидний зв'язок між навчанням та професійними навичками. Проте, аналізуючи стратегії навчання, які спрацьовували раніше, то думки респондентів розділилися, що може вказувати на потребу в адаптації до нових підходів.

3. Соціально-психологічний комфорт та атмосфера (Рис. 3.5). Цей блок демонструє рівень соціального та психологічного комфорту в навчальному середовищі. На запитання «Чи Існує належна система підтримки студентів, що відчувають стрес» респонденти дали такі відповіді: 7.1% – повністю згодні, 42.9% – згодні, 28.6% – не впевнені та 21.4% – не згодні. Аналізуючи задоволення студентів від вивчення дисципліни та втому, 35.7% відмітили, що занадто втомлені, 35.7% – не впевнені та 28.6% – не згодні, що втомлені. На запитання «Я впевнений(-а), що складу ПК» було отримано такі відповіді: 14.3% – повністю згодні, 64.3% – згодні, 21.4% – не впевнені. Аналізуючи атмосферу під час занять 12.9% респондентів повністю згодні, що вона не вимушена, 64.3% – згодні, 21.4% – не впевнені та 1.4% – не згодні. На запитання «Чи рідко Ви

почуваєтесь самотнім» було отримано такі відповіді: 21.4% – повністю згодні, 42.9% – згодні, 31.4% – не впевнені, 4.3% – не згодні. Відповідаючи на запитання «Чи маєте Ви можливість розвивати навички міжособистісного спілкування» 26% опитаних вказали, що «повністю згоден», 71.2% – «згоден», 2.8% – «не впевнений». На запитання «Як багато Ви дізнались про емпатію в своїй професії» респонденти дали такі відповіді: 11.5% – повністю згодні, 50% – згодні, 35.7% – не впевнені та 1.4% – не згодні, 1.4% – зовсім не згодні. Відповідаючи на запитання «Чи почуваєтесь Ви комфортно в групі з соціальної точки зору» 55.7% опитаних вказали, що «повністю згоден», 41.5% – «згоден», 1.4% – «не впевнений», 1.4% – «не згодні».

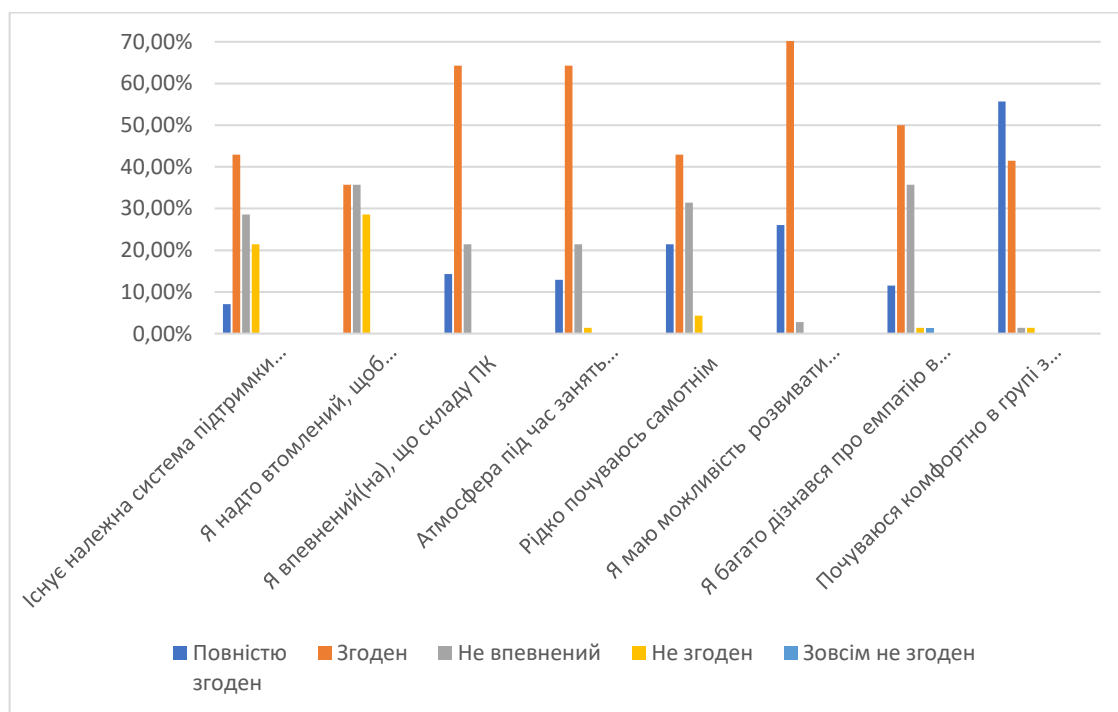


Рис. 3.5. Розподіл відповідей респондентів на блок запитань «Соціально-психологічний комфорт та атмосфера»

Проаналізувавши результати відповідей здобувачів вищої освіти на запитання третього блоку, можна констатувати високий рівень впевненості у своїх знаннях, задоволеності навчанням та низький рівень вигорання, а також добрі стосунки в групах, сприятливу атмосферу для комунікації. Поруч з цим, аналізуючи систему підтримки студентів, не всі студенти впевнені в її ефективності. А дослідження рівня емпатії вказує, що в процесі навчання приділяється значна увага розвитку етичних якостей.

4. Організаційні та адміністративні запитання (Рис. 3.6). На запитання «Чи розклад занять зручний» було отримано такі відповіді: 14.3% – повністю згодні, 35.7% – згодні, 21.4% – не впевнені та 28.6% – не згодні. Відповідаючи на запитання «Чи списування є проблематичним» 57.2% опитаних вказали, що «згоден», 35.7% – «не впевнений», 7.1% – «не згоден». На запитання «Чи розчаровує Вас досвід навчання» було отримано такі відповіді: 1.4% – згодні, 2.8% – не впевнені, 44.4% – не згодні та 51.4% – повністю не згодні.

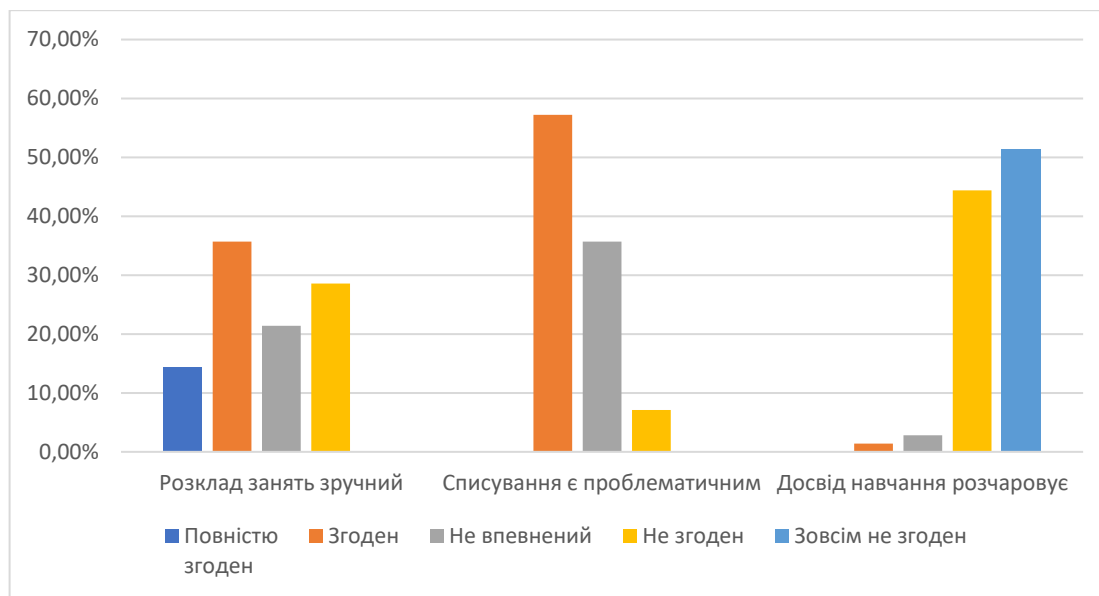


Рис. 3.6. Розподіл відповідей респондентів на блок запитань «Організаційні та адміністративні запитання»

За результатами відповідей респондентів на запитання четвертого блоку, можна констатувати необхідність оптимізації розкладу, позитивний показник задоволеності своїм навчальним досвідом серед студентів.

5. Підготовка до майбутньої професії. На запитання «Чи відчуваєте Ви, що отримуєте достатню підготовку для майбутніх потреб професійного розвитку» 20% – повністю згодні, 64.3% – згодні, 14.3% – не впевнені та 1.4% – не згодні.

За результатами проведеного опитування можна зробити висновок, що студенти високо оцінюють викладачів та загальну атмосферу в навчальному процесі. Переважна більшість опитаних погоджується, що викладачі є компетентними, терплячими та мають належні комунікативні навички. Студенти також відчувають, що їх заохочують до участі в заняттях, а викладання є

стимулюючим. Психологічна атмосфера під час занять вважається невимушеною, а взаємини в групі – комфортними. Більшість студентів не почуваються самотніми і не відчують, що навчання є надто виснажливим. Хоча студенти загалом задоволені навчальним процесом, деякі питання вимагають уваги. Зокрема, менше половини опитаних вважають, що їхні попередні навчальні стратегії є ефективними зараз. Незважаючи на це, більшість зазначає, що навчання є студентоорієнтованим і спрямоване на розвиток їхніх компетентностей. Опитування виявило кілька проблемних моментів, які потребують адміністративного втручання. Найбільш вираженою проблемою є зручність розкладу, що вказує на потребу в його оптимізації. Крім того, лише половина студентів вважає, що існує належна система підтримки для тих, хто відчуває стрес. Студенти відчують високу впевненість у своїй готовності до майбутньої кар'єри. Більшість згодні, що отримують достатню підготовку для потреб професійного розвитку. Ця впевненість також відображається у високому показнику віри в успішне складання ПК.

У рамках нашого дослідження актуальною є проблема оцінювання навчальних досягнень, пов'язаних проєктною навчальною діяльністю. Ми погоджуємося з [19, 108, 203], що така навчальна діяльність є творчою і містить у собі «прихований дидактизм», тому оцінювання «має не лише діагностувати, а й мотивувати студентів», а «завдання викладача полягає у знаходженні балансу між діагностичною точністю, справедливістю, об'єктивністю оцінки з одного боку та заохоченням і мотивуванням студентів з іншого».

Ми дотримувалися методики оцінювання, яка описана в [203], з внесенням необхідних коректив, що відповідають потребам навчальної дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології». Методика є комбінованою (самооцінювання, взаємне оцінювання, оцінювання викладачем) і охоплює широкий спектр показників: структура доповіді (вступ, логічні переходи, завершення і висновок), зміст доповіді, стиль презентування, візуальні компоненти, «мова тіла» (постава, голос, жестикуляція) тощо. Залучення студентів до процесу оцінювання дало змогу чіткіше фокусувати їх увагу на

презентованому навчальному матеріалі, глибше занурювати в аналіз представленої інформації, формувати об'єктивний погляд на якість доповіді, що є важливим для розвитку критичного мислення, посилення мотивації та самостійності [203].

За добровільної участі в оцінюванні по-над 75% респондентів, що навчалися в аудиторному форматі, відповіли на всі запитання (ДОДАТОК В), що свідчить про їхню відкритість та зацікавленість у вивченні вибіркової навчальної дисципліни.

3.3. Статистичне опрацювання та аналіз результатів формувального етапу педагогічного експерименту

Проведення формувального етапу експерименту мало на меті перевірити робочу гіпотезу стосовно ефективності розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології. Апробація відбувалася під час проведення практичних занять з вибіркової дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» зі студентами II курсу стоматологічного факультету НМУ імені О.О. Богомольця. Загальна кількість годин з дисципліни – 90, з них лекцій – 10 ак. год., практичні – 20 ак. год., самостійна робота – 60 ак. год.; кількість кредитів ЄКТС – 3.

Для верифікації ефективності авторської методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки було проведено порівняльний аналіз результатів контрольної (КГ) та експериментальної (ЕГ) груп на вхідному та підсумковому етапах формувального експерименту.

З метою виявлення динаміки розвитку предметної компетентності здійснено моніторинг змін у структурі підготовки студентів. Зокрема, діагностика когнітивного критерію передбачала контроль теоретичних знань за результатами тестування, процесуально-діяльнісного – виконання практичних завдань; розв'язування ситуаційних задач; виконання індивідуальних та групових проєктів, їх презентація, ціннісно-рефлексивного – само- та взаємоконтроль, опитування здобувачів вищої освіти) компонентів. Схему

проведення формувального етапу експерименту за роками навчання подано в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Схема проведення формувального етапу педагогічного експерименту

Групи	Кількість здобувачів за семестрами (2024–2025 н.р.)		Всього
	1й семестр	2й семестр	
КГ	36	34	70
ЕГ	37	35	72
Всього	73	69	142

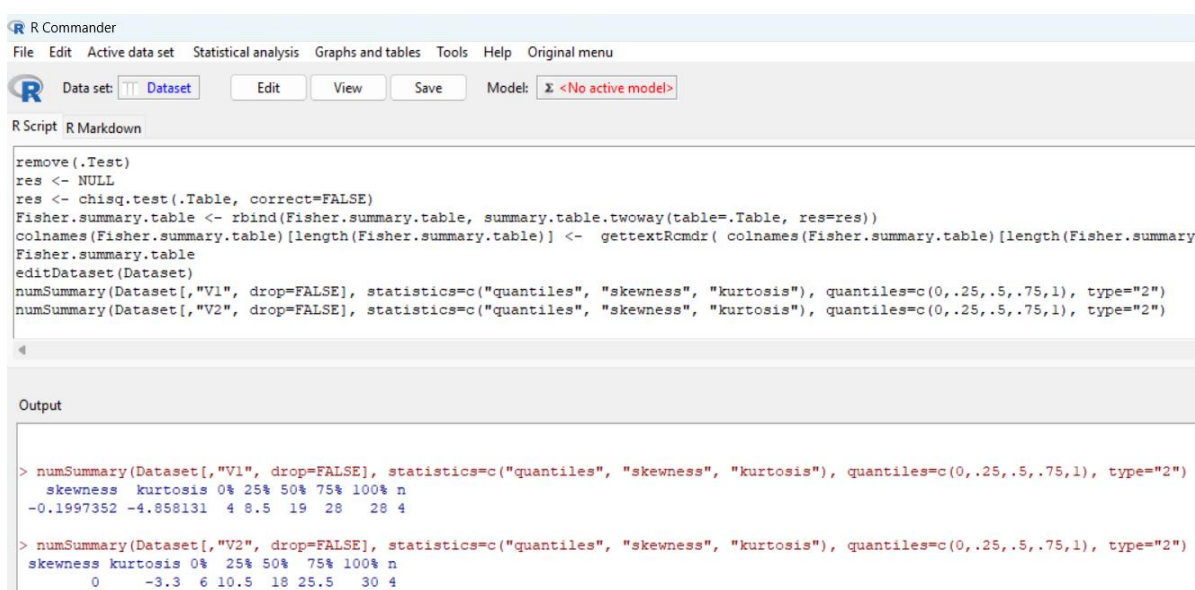
Для підтвердження статистичної значущості змін у рівнях знаннєвого (когнітивного), процесуально-діяльнісного та ціннісно-рефлексивного компонентів предметної компетентності, досягнутих у результаті впровадження методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки, застосовано метод перевірки статистичних гіпотез. Відповідно, сформульовано нульову (H_0) та альтернативну (H_1) гіпотези:

Нульова гіпотеза H_0 : Ймовірності розподілу здобувачів вищої освіти ЕГ та КГ за виділеними рівнями ($i = 1, 2, \dots, C$, де $C = 4$) є однаковими. Це означає, що вищий рівень сформованості компонентів предметної компетентності в ЕГ зумовлений виключно випадковими чинниками.

Альтернативна гіпотеза H_1 : Ймовірності розподілу відрізняються принаймні для однієї з категорій. Це свідчить про те, що вищий рівень компетентності в ЕГ є не випадковим і пояснюється результатом впровадження авторської методики.

Для обґрунтування вибору статистичного критерію було перевірено характер розподілу емпіричних даних шляхом розрахунку та аналізу показників асиметрії та ексцесу. Як зазначено в праці [153] «нормальним вважається розподіл якщо коефіцієнти асиметрії та ексцесу дорівнюють нулю».

В межах експериментального дослідження було проведено тестування майбутніх магістрів стоматології з метою визначення рівня знаннєвого (когнітивного) компоненту. Фрагмент тесту для оцінювання теоретичного рівня знань з дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» наведено в додатку Б. Після розрахунку коефіцієнтів асиметрії та ексцесу отримано, відповідно: 0,2 у КГ і 0 в ЕГ та 4,9 у КГ і 3,3 в ЕГ (Рис. 3.7). З огляду на це, гіпотеза про нормальність розподілу вибірок ЕГ та КГ не підтвердилася, що робить некоректним використання параметричних методів аналізу.



```

R Commander
File Edit Active data set Statistical analysis Graphs and tables Tools Help Original menu
Data set: Dataset Edit View Save Model: <No active model>
R Script R Markdown

remove(.Test)
res <- NULL
res <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
Fisher.summary.table <- rbind(Fisher.summary.table, summary.table.twoway(table=.Table, res=res))
colnames(Fisher.summary.table)[length(Fisher.summary.table)] <- gettextRcmdr( colnames(Fisher.summary.table)[length(Fisher.summary.
Fisher.summary.table
editDataset(Dataset)
numSummary(Dataset[, "V1", drop=FALSE], statistics=c("quantiles", "skewness", "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2")
numSummary(Dataset[, "V2", drop=FALSE], statistics=c("quantiles", "skewness", "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2")

Output

> numSummary(Dataset[, "V1", drop=FALSE], statistics=c("quantiles", "skewness", "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2")
skewness kurtosis 0% 25% 50% 75% 100% n
-0.1997352 -4.858131 4 8.5 19 28 28 4

> numSummary(Dataset[, "V2", drop=FALSE], statistics=c("quantiles", "skewness", "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2")
skewness kurtosis 0% 25% 50% 75% 100% n
0 -3.3 6 10.5 18 25.5 30 4
  
```

Рис. 3.7. Приклад використання статистичного пакету EZR [137] для визначення коефіцієнтів асиметрії та ексцесу при опрацюванні результатів оцінювання знаннєвого (когнітивного) компонента

З огляду на це, для перевірки статистичних гіпотез застосовано непараметричний критерій узгодженості Пірсона χ^2 , який дозволяє порівнювати емпіричні розподіли ознаки в незалежних вибірках. Дослідження відповідає умовам застосування критерію: вибірки є випадковими, а вимірювання здійснено за номінальною шкалою (шкалою найменувань) із чотирма рівнями. Критичне значення критерію ($\chi^2_{кр}=7,815$) визначено за таблицею для рівня значущості $\alpha=0,05$ і числа ступенів вільності $\nu = 3$. Опрацювання динаміки когнітивного компонента в ЕГ та КГ (до і після формувального етапу) та розрахунок

показників $\chi^2_{\text{емп}}$ реалізовано засобами статистичного пакета MedStat (Таблиця 3.4).

Таблиця 3.4

Розподіл рівнів знаннєвого (когнітивного) компонента в КГ та ЕГ до та після формувального етапу педагогічного експерименту

Рівень	Емпірична частота			
	До		Після	
	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ
Базовий	4	6	3	2
Середній	28	24	26	13
Поглиблений	28	30	29	31
Високий	10	12	12	26
$\chi^2_{\text{емп}}$	0,93		9,73	

Порівняння розрахованого та табличного показників засвідчило, що емпіричне значення ($\chi^2_{\text{емп}} = 0,93$) є меншим за критичне ($\chi^2_{\text{кр}} = 7,815$) при рівні значущості $\alpha=0,05$ (Рис. 3.8). Виконання $\chi^2_{\text{емп}} < \chi^2_{\text{кр}}$ дає підстави для прийняття нульової гіпотези H_0 . Це дозволяє стверджувати, що перед початком формувального етапу між КГ та ЕГ були відсутні статистично значущі відмінності за рівнем сформованості знаннєвого (когнітивного) компонента (Рис. 3.9).

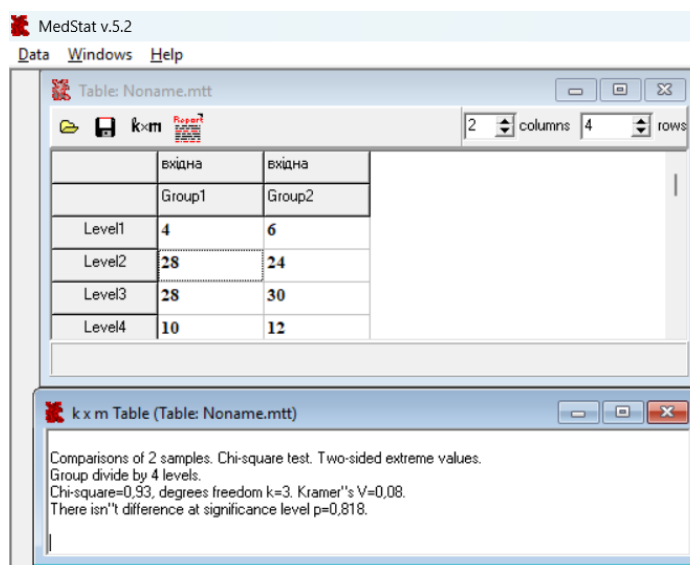


Рис. 3.8. Приклад використання MedStat для визначення $\chi^2_{\text{емп}}$ до формувального етапу педагогічного експерименту

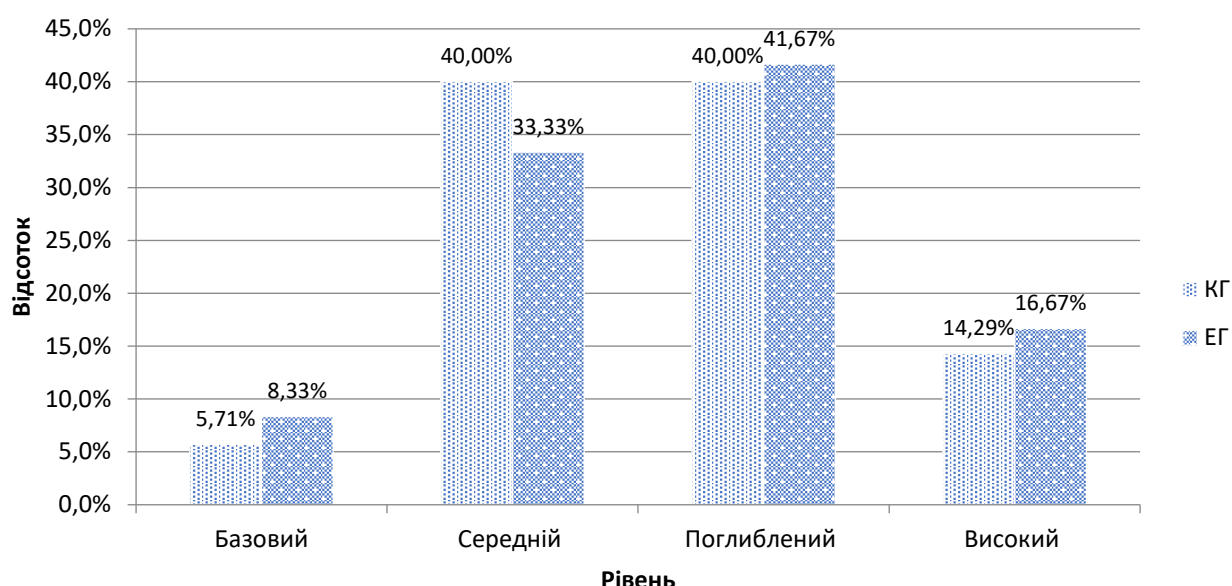


Рис. 3.9. Розподіл за рівнями показників знаннєвого (когнітивного) компонента в КГ та ЕГ перед формульним етапом педагогічного експерименту

Проаналізувавши експериментальні дані після формульного етапу експерименту, з'ясували, що КГ і ЕГ мають статистично значущі відмінності в рівнях сформованості знаннєвого (когнітивного) компонента (Рис. 3.10, 3.11), оскільки за таблицею точок критичних областей $\chi^2_{кр} = 7,815$, при цьому $\chi^2_{емп} = 9,73$ і $\chi^2_{емп} > \chi^2_{кр}$.

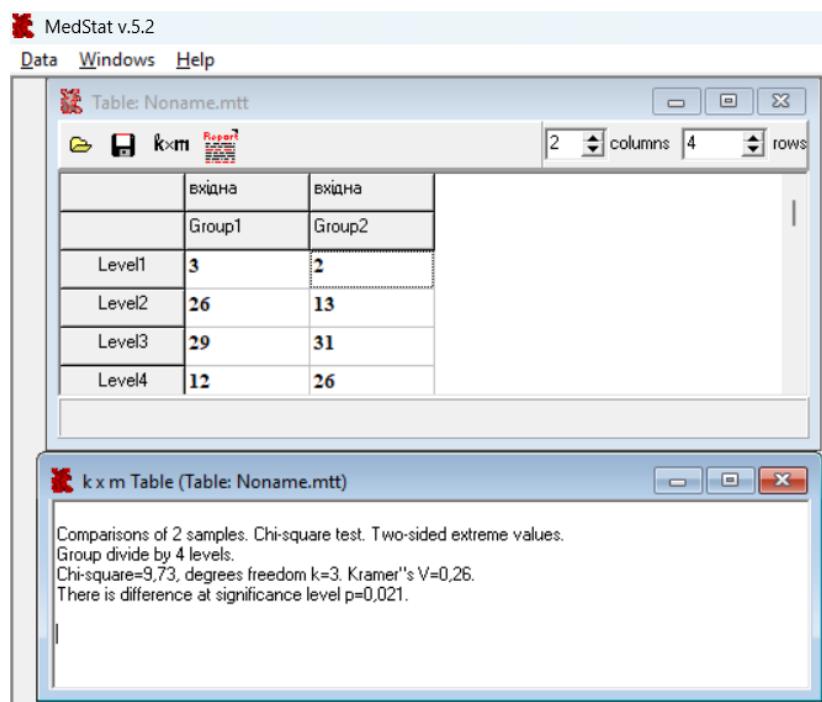


Рис. 3.10. Приклад використання MedStat для визначення $\chi^2_{емп}$ після формульного етапу педагогічного експерименту

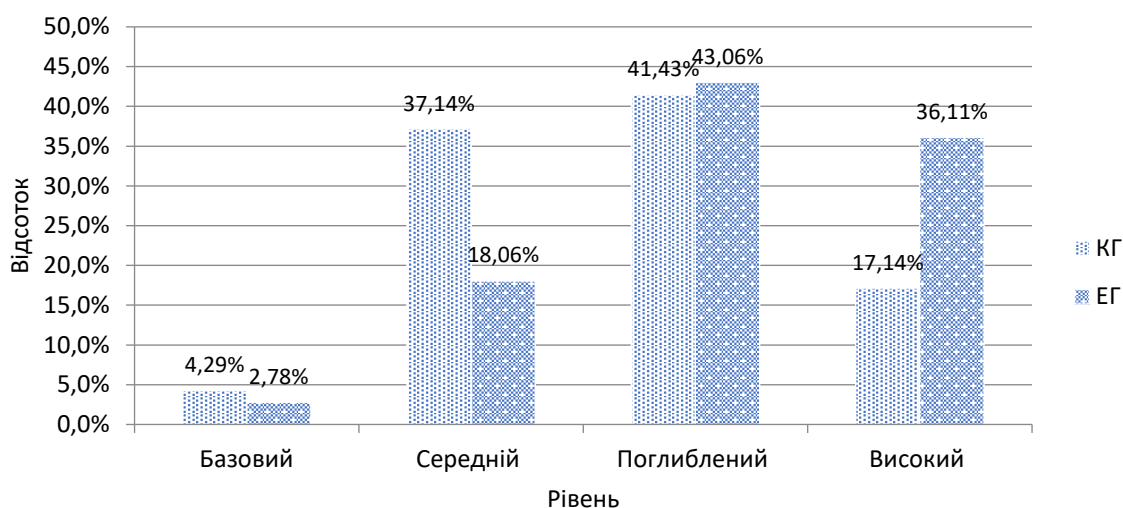


Рис. 3.11. Розподіл за рівнями показників знанняєвого (когнітивного) компонента в КГ та ЕГ після формувального етапу педагогічного експерименту

За результатами формувального етапу між КГ та ЕГ виявлено статистично значущі відмінності, що дало підстави відхилити нульову гіпотезу (H_0) та прийняти альтернативну (H_1). Беручи до уваги підтверджену раніше статистичну рівність умов до початку експерименту, зафіксований вищий рівень сформованості когнітивного компонента компетентності з біомеханіки в ЕГ можна вважати безпосереднім результатом впровадження авторської методики.

Порівняльний аналіз результатів засвідчив, що перед початком формувального етапу експерименту базовий рівень продемонстрували 5,7 % здобувачів КГ і 8,3 % здобувачів ЕГ. Середній рівень демонстрували відповідно 40,0 % – КГ і 33,3 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнули у 40,0 % – КГ і 41,7 % – ЕГ. Високий рівень був у 14,3 % здобувачів КГ і в 16,7 % – ЕГ. Після застосування запропонованої методики базовий рівень виявлено в 4,3 % – КГ і 2,8 % – ЕГ. Середній рівень підтверджено в 37,1 % – КГ і 18,1 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнуто в 41,4 % – КГ і 43,1 % – ЕГ. Високого рівня досягли 17,1 % – КГ і 36,1 % – ЕГ. Збільшення відсотка здобувачів на вищих рівнях, пояснюється переходом з нижчих рівнів. На рис. 3.12 проілюстровано динаміку зміни рівнів сформованості знанняєвого (когнітивного) компонента предметної компетентності з біомеханіки в ЕГ до та після формувального етапу експерименту.

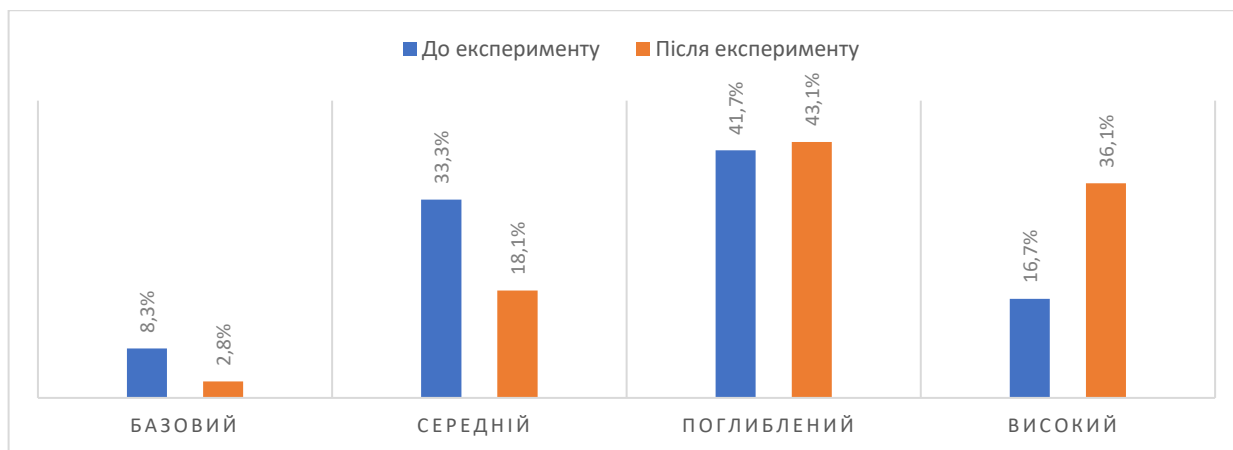


Рис. 3.12. Динаміка зміни рівнів сформованості знаннєвого (когнітивного) компонента в ЕГ до та після формувального етапу експерименту

Нами також проаналізовано результати оцінювання процесуально-діяльнісного компонента. Для оцінювання було використано практично-орієнтовані завдання фрагмент яких наведено в додатку Е.

Аналіз показників розподілу (асиметрія: 0,07 у КГ, 0,06 в ЕГ; ексцес: 5,35 у КГ, 5,29 в ЕГ) засвідчив його відхилення від нормального закону (Рис. 3.13)). У зв'язку з цим, за аналогією до аналізу попереднього компонента, статистичну обробку даних на вхідному та підсумковому етапах здійснено за допомогою непараметричного критерію Пірсона χ^2 .

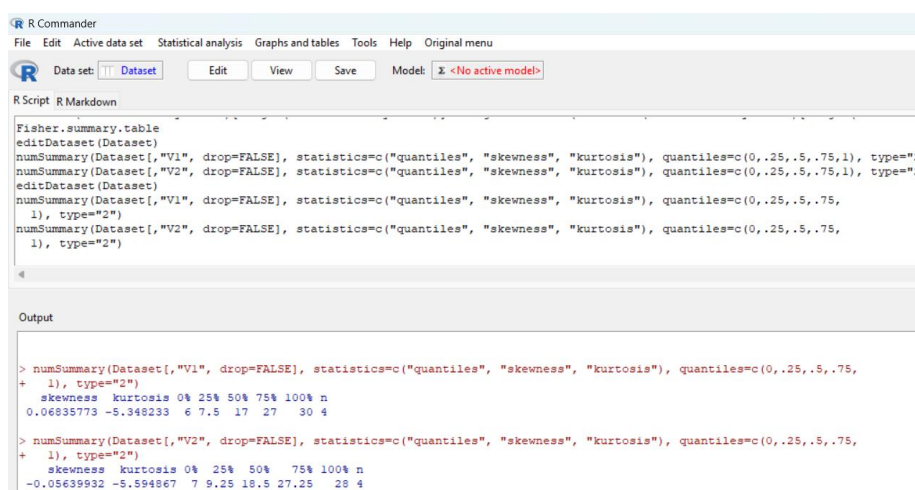


Рис. 3.13. Приклад використання статистичного пакету EZR для визначення коефіцієнтів асиметрії та ексцесу при опрацюванні результатів оцінювання процесуально-діяльнісного компонента

Зіставлення отриманого значення $\chi^2_{\text{емп}} = 0,36$ із критичним $\chi^2_{\text{кр}} = 7,815$ засвідчує виконання нерівності $\chi^2_{\text{емп}} < \chi^2_{\text{кр}}$ (Таблиця 3.5). Це дає підстави

прийняти нульову гіпотезу (H_0) на рівні значущості $\alpha = 0,05$. Отже, до початку формувального етапу експерименту КГ та ЕГ не мали статистично значущих відмінностей за рівнем сформованості процесуально-діяльнісного компонента (Рис. 3.14).

Таблиця 3.5

Розподіл рівнів процесуально-діяльнісного компонента в КГ та ЕГ до та після формувального етапу педагогічного експерименту

Рівень	Емпірична частота			
	до		Після	
	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ
Базовий	6	7	5	2
Середній	26	27	23	14
Поглиблений	30	28	29	27
Високий	8	10	13	29
$\chi^2_{\text{емп}}$	0,36		9,62	

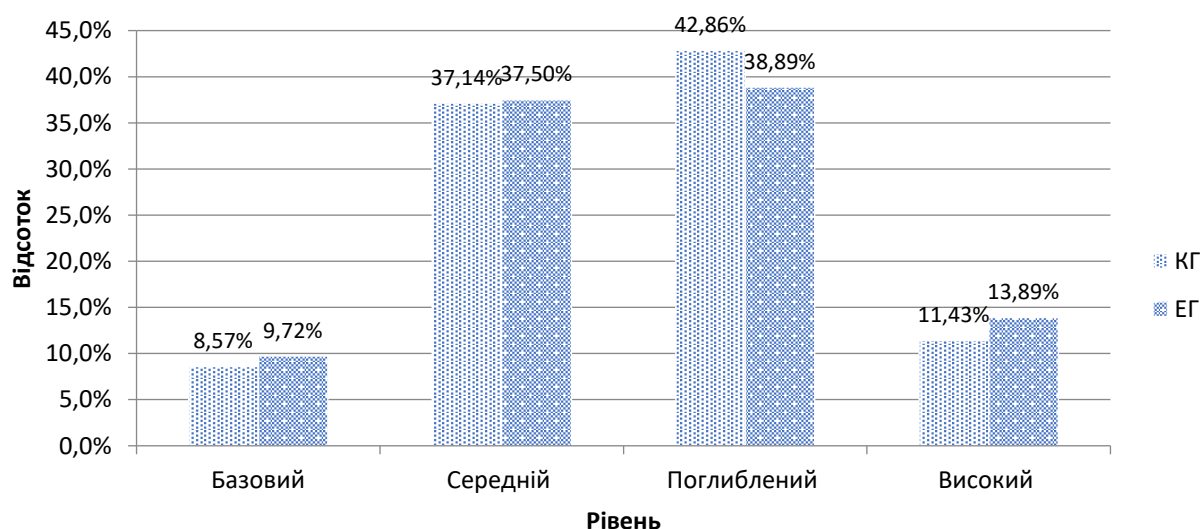


Рис. 3.14. Розподіл за рівнями показників процесуально-діяльнісного компонента в КГ та ЕГ перед формувальним етапом педагогічного експерименту

Аналіз результатів за процесуально-діялісним компонентом виявив суттєві розбіжності між КГ та ЕГ. Статистична перевірка підтвердила значущість цих відмінностей: при числі ступенів вільності $\nu = 3$ та рівні значущості $\alpha = 0,05$

емпіричне значення критерію ($\chi^2_{\text{емп}} = 9,62$) перевищило критичне ($\chi^2_{\text{кр}} = 7,815$). Виконання нерівності $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ свідчить про ефективність застосування розробленої авторської методики формування предметної компетентності з біомеханіки (Рис. 3.15).

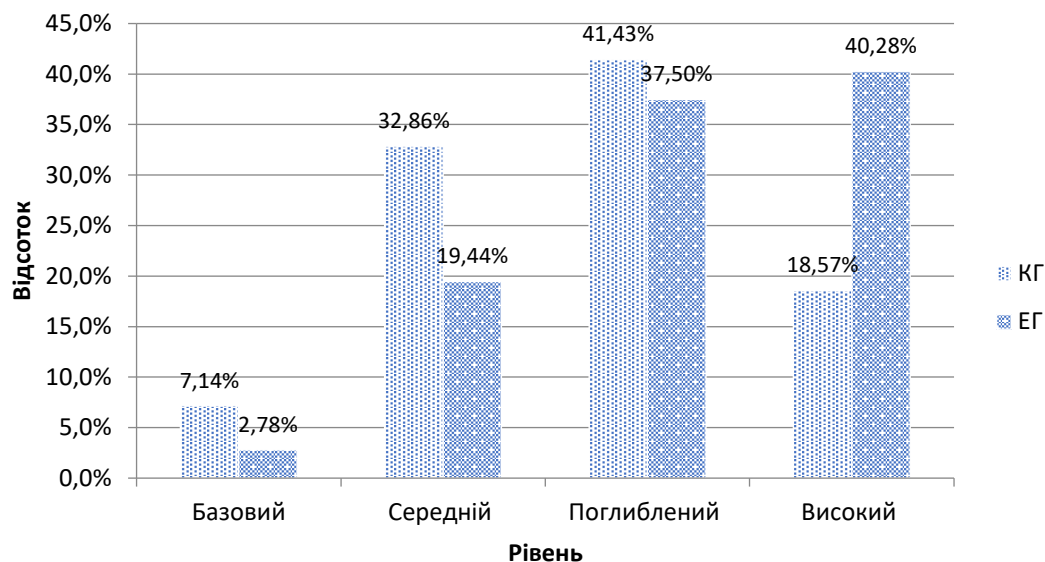


Рис. 3.15. Розподіл за рівнями показників процесуально-діяльнісного компонента в КГ та ЕГ після формувального етапу педагогічного експерименту

Результати статистичного аналізу, що підтвердили значущість розбіжностей у процесуально-діяльнісному компоненті між групами, дозволяють прийняти альтернативну гіпотезу (H_1), відхиливши при цьому нульову (H_0).

Аналіз результатів констатувального зрізу дозволив встановити, що до початку впровадження формувальних впливів базовий рівень мали 8,6 % здобувачів КГ і 9,7 % здобувачів ЕГ. Середній рівень демонстрували відповідно 37,1 % – КГ і 37,5 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнули 42,9 % – КГ і 38,9 % – ЕГ. Високий рівень мали 11,4 % – КГ і 13,9 % – ЕГ. Після формувального етапу базовий рівень виявлено в 7,1% здобувачів КГ і в 2,8 % здобувачів ЕК. Середній рівень підтверджено в 32,9 % – КГ і 19,4 % – ЕГ. Поглиблений рівень досягнуто в 41,4 % здобувачів КГ і в 37,5 % здобувачів ЕГ. Високого рівня досягли 18,6 % – КГ і 40,3 % – ЕГ.

Порівняльний аналіз рівневих показників сформованості процесуально-

діяльнісного компонента предметної компетентності з біомеханіки в ЕГ на початку та в кінці експерименту проілюстровано на рис. 3.16.

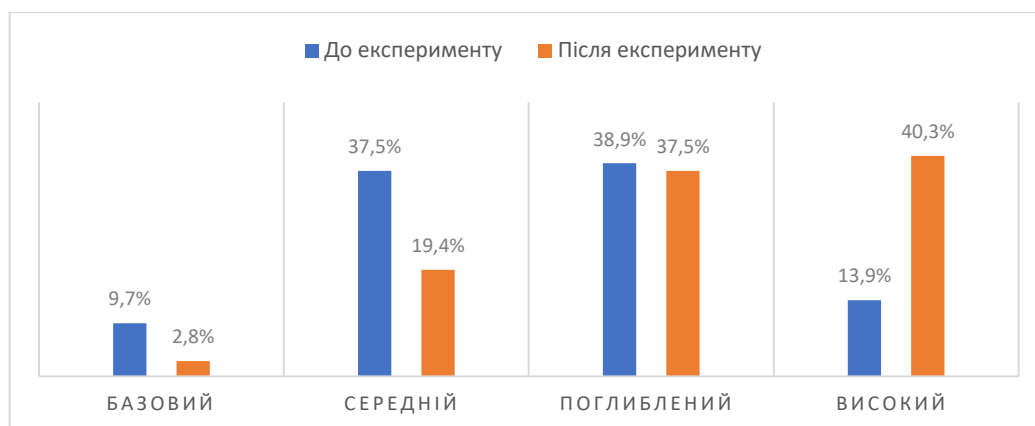


Рис. 3.16. Динаміка зміни рівнів сформованості процесуально-діяльнісного компонента в ЕГ до та після формувального етапу експерименту

Третій компонент, який нами аналізувався – ціннісно-рефлексивний (за результатами анкетування). Для діагностики рівня внутрішньої мотивації майбутніх магістрів стоматології щодо застосування набутих компетентностей у професійній діяльності було застосовано спеціалізований опитувальник внутрішньої мотивації (адаптований варіант) [79] в редакції В.О. Климчука. Під внутрішньою мотивацією у дослідженні розуміється виконання діяльності, зумовлене власне інтересом до неї та усвідомленням її цінності, без впливу зовнішніх чинників чи фізіологічних потреб. Структура методики включає 14 запитань, згрупованих у чотири субшкали: Задоволення від діяльності. Докладені зусилля. Почуття компетентності. Почуття самореалізації. Оцінювання кожного твердження здійснюється за 7-бальною шкалою. При обробці даних максимальний результат за кожною субшкалою становить 5 балів. Мінімальна межа варіюється: 1 бал для шкали «докладені зусилля» та -1 бал для трьох інших шкал. Запитання були такими [154]:

1. Робота була нудною.
2. Я виконував (-ла) завдання за власним бажанням.
3. Працюючи, я відчував (-ла) себе достатньо кваліфікованим (-ою).
4. Я затратив (-ла) багато енергії.
5. Я назвав (-ла) би цю роботу цікавою.

6. Я задоволений (-а) результатом роботи.
7. Я працював (-ла) із захопленням.
8. Мені було складно зрозуміти і виконати це завдання.
9. Ніхто не змушував мене виконувати завдання.
10. Я гадаю, що виконав (-ла) роботу якісно.
11. Я працював (-ла) із задоволенням.
12. Я вважаю, що мав (-ла) вибір – виконувати чи не виконувати завдання.
13. Я доклав (-ла) багато зусиль, щоб виконати цю роботу.
14. Моя відмова працювати призвела б до негативних висновків.

Як зазначено в праці [180], «ця методика є дослідницькою, а не діагностичною, тому її використання для аналізування мотивації одного досліджуваного не дасть валідного і надійного результату, опитувальник доречно застосовувати для порівняння параметрів внутрішньої мотивації двох або більше груп досліджуваних». Оскільки для анкети не встановлено тестові норми, а значення за шкалою можуть набувати від мінус 1 до 5 балів, то нами було узагальнено результати відповідей респондентів за кожною субшкалою та диференційовано їх залежно від набраних балів [180]. Хоча пряме зіставлення балів між різними субшкалами є недоцільним (через індивідуальність профілю кожного респондента), обраний методичний підхід дозволяє ефективно порівняти результати між двома досліджуваними групами.

Анкетування майбутніх магістрів стоматології відбувалось в кінці вивчення дисципліни «Медична та біологічна фізика» та на початку вивчення дисципліни «Ортодонтія, в тому числі клінічна практика з ортодонтії». Адже саме вивчення дисципліни «Медична та біологічна фізика» закладає основи знань з біомеханіки, які поглиблюються під час проходження вибіркової дисципліни «Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології» та є підґрунтям для формування професійних компетентностей, які формуються під час вивчення дисципліни «Ортодонтія, в тому числі клінічна практика з ортодонтії».

Відповіді на відкриті запитання дали змогу визначитися, які з тем навчальної дисципліни були найскладнішими, найбільш цікавими та стосовно пропозицій щодо вдосконалення навчального процесу. Студенти зацікавлені у збільшенні кількості експериментальних досліджень, роботи з приладами, отриманні навичок опрацювання експериментальних результатів. Серед найскладніших для розуміння тем, пов'язані з використанням діагностичних методів у стоматології: міографія, рентгенівські методи у стоматології.

Таблиця 3.6

**Розподіл даних за субшкалами на завершальному етапі вивчення
дисципліни «Медична та біологічна фізика»**

Рівень Субшкала	Кількість респондентів, які потрапили в кожну субшкалу							
	ЕГ				КГ			
	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 4	від 4 до 5	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 4	від 4 до 5
	Базовий рівень	Середній рівень	Поглиблений рівень	Високий рівень	Базовий рівень	Середній рівень	Поглиблений рівень	Високий рівень
Задоволення від діяльності	19%	38%	33%	10%	16%	43%	37%	4%
Докладені зусилля	18%	32%	35%	15%	16%	39%	33%	13%
Рівень компетентності (за результатами самооцінювання)	17%	35%	36%	13%	20%	36%	34%	10%
Самореалізація (за власним відчуттям)	18%	35%	33%	14%	19%	41%	34%	6%

Всього в опитуванні брало участь 142 здобувачів вищої освіти спеціальності 221 «Стоматологія». На констатувальному етапі педагогічного експерименту нами було здійснено рандомізований поділ цих респондентів на дві групи КГ та ЕГ, які відповідно досліджувались нами і по вищеописаних компонентах (Таблиця 3.6). Хоча усереднення показників не дозволяє повною мірою інтерпретувати загальний рівень мотивації, цей метод є доцільним для виявлення статистично значущих відмінностей між досліджуваними групами.

Перевірка даних на нормальність розподілу (Таблиця 3.7) виявила відхилення в обох групах (у КГ: коефіцієнт асиметрії: $-0,16$, ексцесу: $-3,72$; в ЕГ: $-0,20$ та $-4,86$ відповідно). З огляду на відсутність нормального розподілу, опрацювання даних до та після формувального етапу було здійснено за аналогією з попередніми компонентами – із застосуванням непараметричного критерію Пірсона χ^2 .

Таблиця 3.7

Розподіл рівнів ціннісно-рефлексивного компонента в КГ та ЕГ до та після формувального етапу педагогічного експерименту

Рівень	Емпірична частота			
	до		Після	
	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ
Базовий	12	13	9	4
Середній	28	25	27	14
Поглиблений	24	25	26	34
Високий	6	9	8	20
$\chi^2_{\text{емп}}$	0,80		12,23	

Зіставлення отриманого емпіричного значення критерію ($\chi^2_{\text{емп}} = 0,80$) з критичним ($\chi^2_{\text{кр}} = 7,815$) засвідчило, що $\chi^2_{\text{емп}} < \chi^2_{\text{кр}}$. Виконання цієї нерівності дає підстави прийняти нульову гіпотезу (H_0) на рівні значущості $\alpha = 0,05$. Отже, можна стверджувати, що перед початком формувального етапу між КГ та ЕГ не існувало статистично значущих відмінностей за рівнями сформованості ціннісно-рефлексивного компонента (Рис. 3.17).

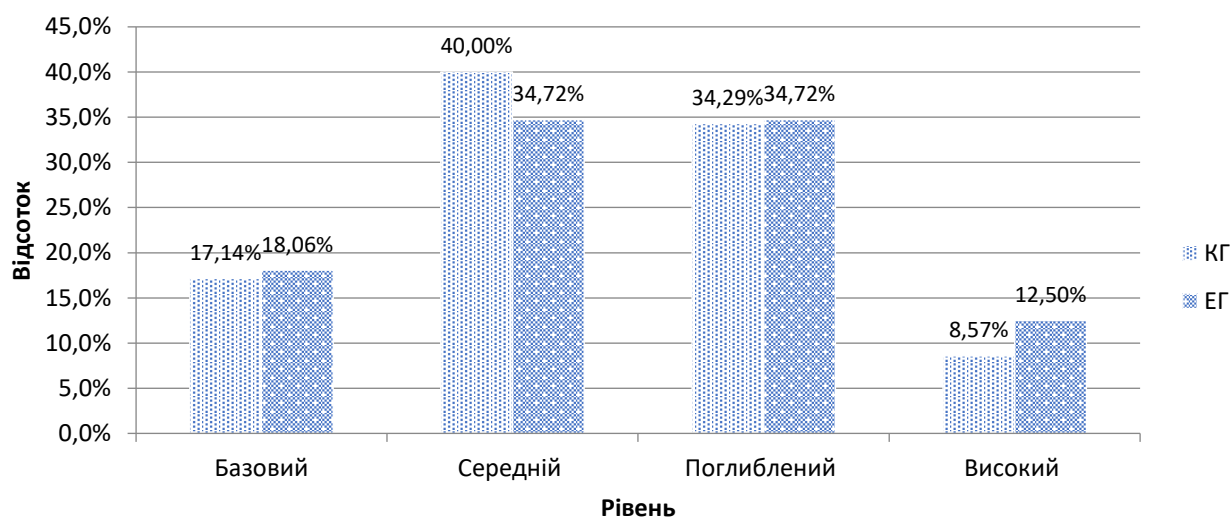


Рис. 3.17. Рівні сформованості ціннісно-рефлексивного компонента в КГ та ЕГ на констатувальному етапі експерименту

У табл. 3.8 відображено зведені дані опитування респондентів на вхідному етапі опанування дисципліни «Ортодонція, в тому числі клінічна практика з ортодонтії».

Таблиця 3.8

Розподіл даних за субшкалами на початковому етапі вивчення дисципліни «Ортодонція, в тому числі клінічна практика з ортодонтії»

Рівень Субшкала	Кількість респондентів, які потрапили в кожну субшкалу							
	ЕГ				КГ			
	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 4	від 4 до 5	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 4	від 4 до 5
	Базовий рівень	Середній рівень	Поглиблений рівень	Високий рівень	Базовий рівень	Середній рівень	Поглиблений рівень	Високий рівень
Задоволення від діяльності	4%	22%	44%	29%	14%	36%	37%	13%
Докладені зусилля	4%	18%	47%	31%	11%	39%	36%	14%
Рівень компетентності (за результатами самооцінювання)	6%	18%	50%	26%	13%	40%	39%	9%
Самореалізація (за власним відчуттям)	6%	21%	46%	28%	11%	40%	39%	10%

Аналіз результатів після завершення формувального етапу експерименту виявив суттєві розбіжності у рівнях сформованості ціннісно-рефлексивного компонента між контрольною та експериментальною групами. Статистична перевірка підтвердила значущість цих відмінностей: отримане емпіричне значення критерію ($\chi^2_{\text{емп}} = 12,23$) перевищує критичне ($\chi^2_{\text{кр}} = 7,815$) на рівні значущості $\alpha = 0,05$. Виконання нерівності $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ свідчить про ефективність впровадженої методики (Рис. 3.18).

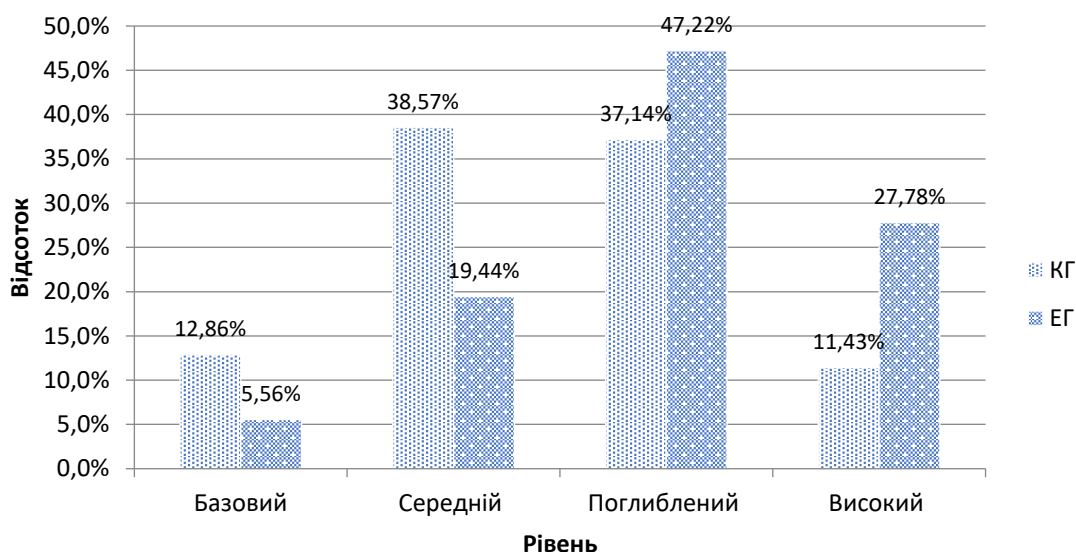


Рис. 3.18. Результати діагностики ціннісно-рефлексивного компонента в КГ та ЕГ після завершення формувального етапу

Отже, після формувального етапу педагогічного експерименту КГ та ЕГ мали статистично значущі відмінності в рівнях сформованості ціннісно-рефлексивного компонента, що стало підставою відхилення нульової гіпотези (H_0) та прийняття альтернативної гіпотези (H_1). Аналіз вихідних показників дозволив встановити: перед початком формувального етапу базовий рівень продемонстрували 17,1 % здобувачів КГ і 18,1 % здобувачів ЕГ. Середній рівень демонстрували відповідно 40,0 % – КГ і 34,7 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнули 34,3 % – КГ і 34,7 % – ЕГ. Високий рівень мали 8,6 % – КГ і 12,5 % – ЕГ. Після формувального етапу базовий рівень виявлено в 12,9% здобувачів КГ і в 5,6 % здобувачів ЕК. Середній рівень підтверджено в 38,6 % – КГ і 19,4 % – ЕГ. Поглиблений рівень досягнуто в 37,1 % здобувачів КГ і в 47,2 % здобувачів

ЕГ. Високого рівня досягли 11,4 % – КГ і 27,8 % – ЕГ. На рис. 3.19 проілюстровано динаміку зміни рівнів сформованості процесуально-діяльнісного компонента в ЕГ до та після формувального етапу експерименту.

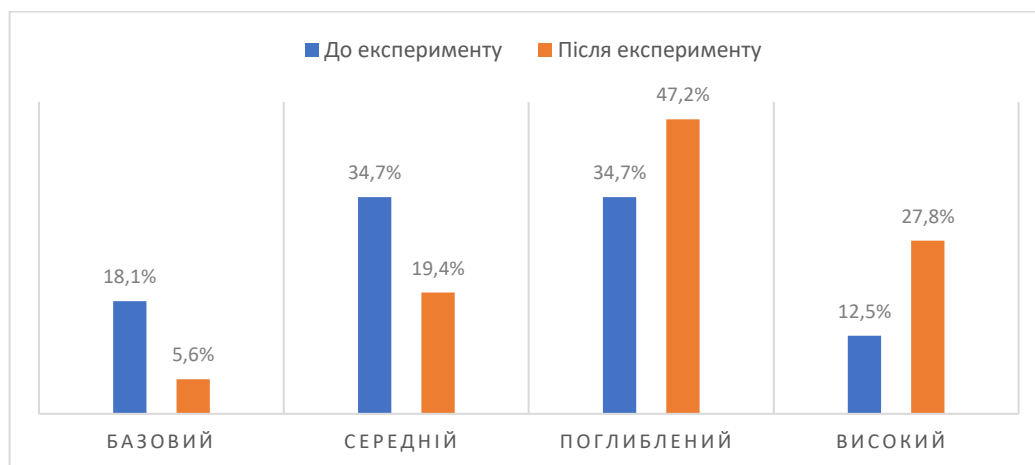


Рис. 3.19. Динаміка зміни рівнів сформованості ціннісно-рефлексивного компонента в ЕГ до та після формувального етапу експерименту

Статистичний аналіз результатів педагогічного експерименту підтвердив ефективність методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології, що виявилось у підвищенні рівнів сформованості досліджуваних компонентів предметної компетентності з біомеханіки. В експериментальній групі зафіксовано стійку позитивну динаміку: суттєво зросла частка здобувачів, які досягли поглибленого та високого рівнів.

Висновки до третього розділу

Проведено педагогічний експеримент, який полягав у дослідженні ефективності розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки та оцінюванні впливу інтеграції знань з механіки та біомеханіки на якість професійної підготовки магістрів стоматології.

1. Педагогічний експеримент включав чотири етапи (підготовчий, констатувальний, пошуковий, формувальний), що забезпечило поетапне виконання його завдань. Особливе значення мало впровадження системи контролю, яка включала вхідний, поточний, підсумковий та адаптивний етапи. Це дало змогу не лише відстежити прогрес здобувачів вищої освіти, а й своєчасно коригувати освітній процес. Важливим є те, що експеримент враховував умови воєнного стану, що підвищує практичну цінність і гнучкість методики. Таким чином, на етапі організації експерименту було створено основу для подальшої реалізації дослідження, визначено критерії, показники та рівні сформованості предметної компетентності, що забезпечило достовірність результатів. У ході роботи було доведено, що інтеграція знань з механіки та біомеханіки є не лише доцільною, а й необхідною умовою якісної підготовки лікарів-стоматологів.

2. Результати анкетування підтвердили високу ефективність впровадженої методики. Студенти відзначили компетентність викладачів, демократичний стиль викладання та високий рівень комунікації. Було встановлено, що більшість респондентів почуваються комфортно у навчальному середовищі, не відчують вираженого стресу та виснаження, що свідчить про позитивний вплив нової системи організації освітнього процесу. Оцінка навчального процесу показала, що студенти сприймають дисципліну як практично орієнтовану і таку, що сприяє розвитку професійних компетентностей. Значна частина респондентів відзначила зрозумілість цілей, ефективний розподіл часу та зростання власної впевненості у професійній підготовці. Проте, актуальною залишається потреба в оптимізації розкладу занять і посиленні системи психологічної підтримки.

Таким чином, дослідження підтвердило, що впровадження інтегрованої методики сприяє зростанню мотивації, розвитку критичного мислення, усвідомленню студентами значення біомеханічних знань у майбутній професійній діяльності та формуванню позитивного ставлення до навчання.

3. Статистичний аналіз на основі непараметричного критерію χ^2 довів, що після формувального етапу між експериментальною та контрольною групами з'явилися статистично значущі відмінності. Це означає, що вищий рівень сформованості компетентностей в експериментальній групі був зумовлений саме впровадженням авторської методики, а не випадковими чинниками.

Динаміка зростання рівнів знаннєвого, процесуально-діяльнісного та ціннісно-рефлексивного компонентів показала позитивні результати. Якщо до експерименту більшість студентів перебувала на середньому чи поглибленому рівні, то після його завершення спостерігалось значне зростання частки студентів з високим рівнем сформованості компетентностей. Це доводить, що інтеграція біомеханічних знань у навчальний процес не лише покращує розуміння теоретичного матеріалу, а й формує навички аналізу, планування та прийняття професійних рішень. Застосування статистичного критерію Пірсона при рівні значущості ($p=0,05$) підтвердило, що в експериментальних групах відбулося статистично значуще зростання рівня сформованості компетентностей з ортодонтії:

- За знаннєвим (когнітивним) компонентом перед формувальним етапом педагогічного експерименту базовий рівень мали 5,7 % здобувачів КГ і 8,3 % здобувачів ЕГ. Середній рівень демонстрували відповідно 40,0 % – КГ і 33,3 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнули у 40,0 % – КГ і 41,7 % – ЕГ. Високий рівень був у 14,3 % здобувачів КГ і в 16,7 % – ЕГ. Після застосування запропонованої методики базовий рівень виявлено в 4,3 % – КГ і 2,8 % – ЕГ. Середній рівень підтверджено в 37,1 % – КГ і 18,1 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнуто в 41,4 % – КГ і 43,1 % – ЕГ. Високого рівня досягли 17,1 % – КГ і 36,1 % – ЕГ.

- За процесуально-діяльнісним компонентом перед формувальним етапом педагогічного експерименту базовий рівень мали 8,6 % здобувачів КГ і 9,7 %

здобувачів ЕГ. Середній рівень демонстрували відповідно 37,1 % – КГ і 37,5 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнули 42,9 % – КГ і 38,9 % – ЕГ. Високий рівень мали 11,4 % – КГ і 13,9 % – ЕГ. Після формувального етапу базовий рівень виявлено в 7,1% здобувачів КГ і в 2,8 % здобувачів ЕК. Середній рівень підтверджено в 32,9 % – КГ і 19,4 % – ЕГ. Поглиблений рівень досягнуто в 41,4 % здобувачів КГ і в 37,5 % здобувачів ЕГ. Високого рівня досягли 18,6 % – КГ і 40,3 % – ЕГ.

- За ціннісно-рефлексивним компонентом перед формувальним етапом педагогічного експерименту базовий рівень мали 17,1 % здобувачів КГ і 18,1 % здобувачів ЕГ. Середній рівень демонстрували відповідно 40,0 % – КГ і 34,7 % – ЕГ. Поглибленого рівня досягнули 34,3 % – КГ і 34,7 % – ЕГ. Високий рівень мали 8,6 % – КГ і 12,5 % – ЕГ. Після формувального етапу базовий рівень виявлено в 12,9% здобувачів КГ і в 5,6 % здобувачів ЕК. Середній рівень підтверджено в 38,6 % – КГ і 19,4 % – ЕГ. Поглиблений рівень досягнуто в 37,1 % здобувачів КГ і в 47,2 % здобувачів ЕГ. Високого рівня досягли 11,4 % – КГ і 27,8 % – ЕГ.

Важливим висновком стало підтвердження того, що експериментальна методика підвищує не лише знаннявий рівень студентів, а й їхню здатність до саморефлексії, оцінювання власних досягнень, формування мотивації до безперервного професійного розвитку. Отже, розроблена методика може розглядатися як ефективний інструмент модернізації підготовки стоматологів в умовах сучасних вимог освіти.

ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленої мети, що передбачала інтеграцію знань з механіки та біомеханіки у процесі фахової підготовки магістрів стоматології нами одержано такі основні результати: описано теоретичне підґрунтя інтеграції знань з механіки та біомеханіки; проведено аналіз сучасних трендів у стоматології, особливості системи підготовки магістрів стоматології в закладах вищої медичної освіти; визначено роль та місце біомеханіки у системі підготовки майбутніх магістрів стоматології та перспективи її розвитку; обґрунтовано й розроблено структурно-функціональну модель орієнтовану на інтеграцію знань з механіки та біомеханіки на засадах Outcomes Based Education (OBE), технологічного та STEM підходів; виокремлено й схарактеризовано етапи та науково-методичні умови реалізації моделі; експериментально перевірено та ефективність розробленої моделі та методики.

Результати дослідження дали підстави для таких висновків:

1. Досліджено роль та місце знань з механіки та біомеханіки у системі фахової підготовки магістрів, встановлено систему міждисциплінарних зв'язків, завдяки яким забезпечується цілісність фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології. Проведене дослідження засвідчило, знання з механіки та біомеханіки є однією з невід'ємних, системотвірних складових фахової підготовки студентів стоматологічних спеціальностей, оскільки біомеханічно-функціональний підхід є необхідною складовою формування фахової компетентності у діагностиці, профілактиці та лікуванні зубощеплених аномалій та деформацій.

2. Проаналізовано особливості становлення й розвитку гнатології в Україні, досліджено генезис становлення біомеханіки в стоматології як наукового напрямку. Виокремлено такі три основні етапи її розвитку:

- 20-ті – 60-ті роки XX ст. – зародження біомеханіки як окремого напрямку в стоматології;
- 70-ті – 90-ті роки XX ст. введення терміну «Біомеханіка у стоматології» в науковий обіг; розвиток електрофізичних досліджень; формування

стоматологічних наукових напрямів: біомеханічно-функціональний підхід; міждисциплінарний підхід; впровадження структурованої функціональної діагностики;

- 2000 дотепер – сучасний мультидисциплінарний етап. Широке використання цифрових технологій, створення європейських та міжнародних гнатологічних протоколів та стандартів, інтеграція біомеханіки з біоматеріалознавством, цифровою ортодонтією, біоінженерією.

3. Проведено дослідження логічно детермінованої послідовності наскрізних змістових ліній, що формують основу біомеханічно-функціонального підходу професійної готовності майбутнього лікаря-стоматолога, починаючи з програмних результатів навчання у ЗСО до програмних результатів навчання, що визначені освітньо-професійною програмою «Стоматологія» другого (магістерського) рівня підготовки.

4. Обґрунтовано зміст та структуру вибіркової навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології». Реалізовано аналіз міждисциплінарних зав'язків на засадах побудови змішаного графа, що дало змогу визначити точки дотику в змісті навчальних дисциплін, прийомах та методах розумової та навчальної діяльності здобувачів вищої освіти, посиливши тим самим фундамент для формування фахових практико орієнтованих компетентностей. Дослідження сукупності взаємозв'язків окремих тем навчальної дисципліни з комплексом навчальних дисциплін з використанням методу змішаного графа дало змогу істотно покращити структуру змісту, послідовність та обсяг лекційних та практичних занять навчальної дисципліни, забезпечивши вагомий ефект від застосування міждисциплінарного підходу. Сконструйовано граф алгоритмічної послідовності вивчення тем з різних дисциплін, які формують базові знання, уміння та навички, необхідні для якісного засвоєння навчального матеріалу з гнатології.

5. Вперше розроблений системний підхід для реалізації проєктної діяльності студентів медичних ЗВО з інтеграцією фундаментальних та фахових навчальних дисциплін у проєктах, що мають відеоформат. Комплексне

поєднання традиційних засобів в навчання з цифровими технологіями, що надають високий рівень візуалізації, є багатофункціональним інструментом для забезпечення глибокого розуміння сутності біомеханічних процесів.

6. Розроблено й обґрунтовано критерії оцінювання сформованості взаємопов'язаних складових предметної компетентності з механіки та біомеханіки у процесі підготовки магістрів стоматології на чотирьох рівнях: базовий, середній, поглиблений, високий, досягнення яких визначається послідовністю етапів розумових дій. Проведено педагогічний експеримент, метою якого було встановлення значущості педагогічного впливу розробленої методики інтеграції знань з механіки та біомеханіки у процесі підготовки магістрів стоматології. Статистичний аналіз на основі непараметричного критерію χ^2 довів, що після формувального етапу між експериментальною та контрольною групами з'явилися статистично значущі відмінності у динаміці зростання рівнів знаннєвого, процесуально-діяльнісного та ціннісно-рефлексивного компонентів. показала позитивні результати. Це доводить, що інтеграція біомеханічних знань у навчальний процес не лише покращує розуміння теоретичного матеріалу, а й формує навички аналізу, планування та прийняття професійних рішень.

Одержані результати дослідження можуть стати основою для ряду рекомендацій щодо вдосконалення освітнього процесу з підготовки магістрів стоматології у ЗВО України. Беззаперечно, здобуті результати не вичерпують усіх аспектів проблеми інтеграції знань з механіки та біомеханіки, а лише демонструють перспективність таких досліджень і можливості підвищення якості підготовки магістрів стоматології завдяки їхньому впровадженню у повсякденну практику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Afshari Z., Kookhi, N.A., Shamali M. et al. The effectiveness of multimodality treatment including stabilization splint and low-level laser therapies on managing temporomandibular disorders: a pilot randomized controlled trial. *Clin. Exp. Dent. Res.* 2025. 11. doi: 10.1002/cre2.70038.
2. Ahlers M.O., Holger A.J. *Klinische Funktionsanalyse* (4th Edition). Published by Dentaconcept. 2011. 681 p.
3. Ahmad M., Schiffman E.L. Temporomandibular joint disorders and orofacial pain. *Dent. Clin. N. Am.* 2016. 60. P. 105–124. doi: 10.1016/j.cden.2015.08.004.
4. Alfons H., Bernd K. *Handbuch instrumentelle funktionsanalyse und funktionelle okklusion*. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH, 2018. 30 p.
5. Allen W.A., Smith A.R. Effects of video podcasting on psychomotor and cognitive performance, attitudes and study behavior of student physical therapists. *Innov Educ Teach Int* 2012. 49. P. 401–414.
6. American Dental Association. URL: <https://www.ada.org/> (дата звернення: 16.11.2024).
7. Angle E.H. *Treatment of malocclusion of the teeth: Angle's system*. Philadelphia: S.S. White Manufacturing Co, 1907. 338 p.
8. Arturo N. Natali. *Dental biomechanics*. CRC Press. 2019. 292 p.
9. Ayres P., Ackermans K. Some do's and don'ts of Educational Videos. *Learning and Instruction*. 2025. 96. doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.102077.
10. BioDigital. URL: <https://www.biodigital.com/> (дата звернення: 16.11.2024).
11. Bizzarri P., Manfredini D., Koutris M. et al. Temporomandibular disorders in migraine and tension-type headache patients: a systematic review with meta-analysis. *J. Oral Facial Pain Headache*. 2024. 38. P. 11–24. doi: 10.22514/jofph.2024.011.
12. Blooms Cognitive Domain. URL: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1831948> (дата звернення: 20.02.2025).
13. Brahmi W., Jdey I., Drira F. Exploring the role of convolutional neural networks (CNN) in dental radiography segmentation: A comprehensive systematic literature

- review. 2024. 10.1016/0002-9416(84)90187-810.36227/techrxiv.170473930.04841483/v1.
14. BrainFacts. URL: <https://www.brainfacts.org/> (дата звернення: 19.10.2024).
 15. British Council. Higher Order Thinking Skills (HOTS). URL: <https://www.teachingenglish.org.uk/professional-development/teachers/using-21c-skills-or-core-skills/magazine/higher-order-thinking> (дата звернення: 19.10.2024).
 16. Bundeszahnärztekammer – «Nachgezählt». URL: <https://www.bzaek.de/ueber-uns/daten-und-zahlen/nachgezaehlt.html> (дата звернення: 16.12.2023).
 17. Burstone C.J. The mechanics of tooth movement. *American Journal of Orthodontics*. 1962. 48(9). P. 1–18. doi: 10.1016/0002-9416(84)90187-8.
 18. Carretero S., Vuorikari R., Punie Y. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. EUR 28558 EN. 2017. P. 48. doi: 10.2760/38842.
 19. Chirico R., Selders B. Bachelor statt Burnout: Entspannt studieren – Wie geht das? UTB. 2010. 173 p.
 20. Christiansen G. Das Kiefergelenk verstehen: Physiologie und pathologie der bewegung; die computergestützte funktionsanalyse; eine systematische arbeitsanleitung. CMD-Compact, Ingolstadt. 2012. 338 p.
 21. Da-Cas C.D., Valesan L.F., do Nascimento L.P. et al. Risk factors for temporomandibular disorders: a systematic review of cohort studies. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* 2024. 138. P. 502–515. doi: 10.1016/j.oooo.2024.06.007.
 22. de Jong T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*. 2009. 38. P. 105–134. doi: [10.1007/s11251-009-9110-0](https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0).
 23. De Kanter R., Battistuzzi P., Truin G.–J. Temporomandibular disorders: “Occlusion” matters! *Pain Research and Management*. 2018. doi:10.1155/2018/8746858.
 24. de Oliveira-Souza, Ana Izabela S. et al. Cervical musculoskeletal disorders in patients with temporomandibular dysfunction: A systematic review and meta-analysis.

Journal of bodywork and movement therapies. 2020. vol. 24,4. P. 84–101. doi:10.1016/j.jbmt.2020.05.001.

25. Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Deutsche_Gesellschaft_f%C3%BCr_Kieferorthop%C3%A4die (дата звернення: 23.05.2023).

26. Dinsdale A., Liang Z., Thomas L. et al. Is jaw muscle activity impaired in adults with persistent temporomandibular disorders? A systematic review and meta-analysis. *J. Oral Rehabil.* 2021. 48. P. 487–516. doi: 10.1111/joor.13139.

27. Dworkin S.F., LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J. Craniomandib. Disord.* 1992. 6. P. 301–355.

28. ElevenReader. URL: <https://elevenreader.io/> (дата звернення: 16.12.2023).

29. European Federation of Periodontology. URL: <https://www.efp.org/> (дата звернення: 17.12.2023).

30. Exploring Oral Health. URL: <https://ash.naf.org/public/learning/course/exploring-oral-health-unit> (дата звернення: 16.11.2024).

31. Farrar J.N. A treatise on the irregularities of the teeth and their correction. New York: The De Vinne press, 1888. 795 p. URL: <https://www.wissen-online.com/cms-data/depot/cms-buecher-bereiche/A-treatise-on-the-irregularities-of-the-teeth-and-their-correction-Vol-1-1888-.pdf> (дата звернення: 13.02.2024).

32. FDI Advocacy in Action. URL: <https://www.fdiworlddental.org/advocacy-action-role-and-value-industry> (дата звернення: 06.02.2024).

33. FDI Vision 2030. URL: <https://www.fdiworlddental.org/advocacy-action-vision-2030-implementation-toolkit> (дата звернення: 06.02.2024).

34. FDI World Dental Federation. The role and value of industry: Advocacy in Action – Vision 2030. URL: https://www.fdiworlddental.org/sites/default/files/2024-03/Advocacy%20in%20Action_Vision%202030%20-%20The%20role%20and%20value%20of%20industry.pdf (дата звернення: 06.02.2024).

35. FDI World Dental Federation. Vision 2030: Delivering optimal oral health for all. URL: <https://www.fdiworldental.org/sites/default/files/2023-08/Vision2030-Global-Advocacy-Milestones-2.pdf> (дата звернення: 06.02.2024).
36. Fornai C., Oppermann N., Tester I. et al. Robert M. Ricketts and Rudolf Slavicek: dentistry by the rules of nature. *Angle orthod.* 2023. 93(5). P. 497–500. doi: 10.2319/050423-323.1.
37. González-Sánchez B., García Monterey P., Ramírez-Durán M.D.V. et al. Temporomandibular joint dysfunctions: a systematic review of treatment approaches. *Journal of clinical medicine.* 2023. 12(12). doi: 10.3390/jcm12124156.
38. Goodfriend D.J. Dysarthrosis and Sub-arthritis of the Mandibular Articulation. *Dental Cosmos*, 1932. 74(6). P. 523–535.
39. Graphviz. URL: <https://graphviz.org> (дата звернення: 15.01.2025).
40. Hasas A., Enayat W., Hakimi M., Ahmady E. A Comprehensive Review Of ICT Integration In Enhancing Physics Education. *MAGNETON: Journal Inovasi Pembelajaran Fisika.* 2024. 2(1). P. 36–44. doi:10.30822/magneton.v2i1.3106.
41. Hook A. Temporomandibular Disorders: Understanding, Diagnosis, and Management. *JBR Journal of Interdisciplinary Medicine and Dental Sciences.* 2023. 6(4). P. 82–84. doi:10.37532/2376-032X.2023.6(4).82-84.
42. Hsin W.J., Cigas J. Short videos improve student learning in online education. *J Comput Sci Coll.* 2013. 28. P. 253–259.
43. Hugger A., Schilgen M., Göbel H. *Gesichts- Und Kopfschmerzen Aus Interdisziplinärer Sicht.* Hardcover: Springer, 2005. 288 p.
44. Kaniura O.A., Melnyk B.M., Mykytenko P.V. et al. Professional training of masters of dentistry within quarantine restrictions and martial law: A comparative analysis of educational process. *Wiadomosci Lekarskie.* 2023. 76(4). P. 772–777. doi: 10.36740/WLek202304111.
45. Kaniura O.A., Stuchynska N.V., Prokhorenko I.A. Formation of readiness for professional activity of future dentists on the basis of interdisciplinary integration. *Wiad Lek.* 2025. 78(5). P. 1058–1064. doi: 10.36740/WLek/205369.

46. Kapos F.P., Exposto F.G., Oyarzo J.F., Durham J. Temporomandibular disorders: A review of current concepts in aetiology, diagnosis and management. *Oral Surg.* 2020. 13. P. 321–334. doi: 10.1111/ors.12473.
47. Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Kassenzahn%C3%A4rztliche_Bundesvereinigung (дата звернення: 23.05.2023).
48. Kay R.H. Exploring the use of video podcasts in education: a comprehensive review of the literature. *Comput Human Behav.* 2012. 28. P. 820–831.
49. Ketsman O., Daher T., Colon Santana J.A. An investigation of effects of instructional videos in an undergraduate physics course. *E-Learning and Digital Media.* 2018. 15(6). P. 267-289. doi: 10.1177/2042753018805594.
50. Khalid A. Gnathology and biomechanics: Pioneering dental prosthesis innovations with advanced material science. *The role of gnathology in dental prosthesis design.* doi:10.13140/RG.2.2.11254.82247.
51. Kieferorthopädie. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kieferorthop%C3%A4die> (дата звернення: 23.05.2023).
52. Kingsley N.W. A Treatise on oral deformities as a branch of mechanical surgery. *Am J Dent Sci.* 1880. 13(12). P. 571.
53. Kojic M. et al. Computer modeling in bioengineering: theoretical background, examples and software. John Wiley & Sons. 2016. 446 p.
54. Kuchyn I., Reva T., Stuchynska N. et al. Digital competence as a necessary component of the professional competence of pharmaceutical industry employees. *Archives of Pharmacy Practice.* 2022. 13(1). P. 82–87. doi:10.51847/8OrtVmWGRO.
55. Kuchyn I.L., Vlasenko O.M., Melnyk V.S. et al. Simulation training and virtual patients as a component of classroom training of future doctors under covid-19 conditions. *Wiadomości lekarskie.* 2022. 75(5). P. 1118–1123. doi: 10.36740/WLek202205112.
56. Kulbashna Y., Skrypnyk I. Profesiina pidhotovka i bezperervnyi profesiinyi rozvytok mahistriv stomatolohii v ekstremalnykh umovakh pandemii SOVID-19 ta

- viiskovoho stanu v Ukraini. *Oral and general health*. 2023. 4(2). P. 34–40. doi: 10.22141/ogh.4.2.2023.161.
57. Kulgemeyer C. A framework of effective science explanation videos informed by criteria for instructional explanations. *Research in Science Education*. 2020. 50(6). P. 2441–2462. doi: 10.1007/s11165-018-9787-7.
 58. Kustryo T.V., Antonenko M.Yu., Hubska O.Yu. et al. Structure and clinicoradiologic peculiarities of periodontal disease in patients with gluten related-diseases. *Actual Dentistry*. 2020. (2). P. 40–43. doi: [10.33295/1992-576X-2020-2-40](https://doi.org/10.33295/1992-576X-2020-2-40).
 59. Larheim T.A. Current trends in temporomandibular joint imaging. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 1995. 80(5). P. 555–76. doi:10.1016/s1079-2104(05)80154-4.
 60. Lin SL, Wu SL, Ko SY et al. Temporal relationship between dysthymia and temporomandibular disorder: a population-based matched case-control study in Taiwan. *BMC Oral Health*. 2017. 17(1). doi:10.1186/s12903-017-0343-z.
 61. List T., Jensen R.H. Temporomandibular disorders: Old ideas and new concepts. *Cephalalgia*. 2017. 37. P. 692–704. doi: 10.1177/0333102416686302.
 62. Lloyd S.A., Robertson C.L. Screencast tutorials enhance student learning of statistics. *Teach Psychol*. 2012. 39. P. 67–71.
 63. Mackie A., Lyons K., The role of occlusion in temporomandibular disorders--a review of the literature. *N. Z. Dent. J*. 2008. 104. P. 54–59.
 64. Manfredini D. Occlusal equilibration for the management of temporomandibular disorders. *Oral maxillofac surg clin north am*. 2018. 30(3). P. 257–264. doi: 10.1016/j.coms.2018.04.002.
 65. Mathieu R., Ardouin J.-F. *Les dents disent la vérité: le langage du système stomatognathique*. Textbook Binding. 2018. 176 p.
 66. Mew J.R.C. The aetiology of temporomandibular disorders: a philosophical overview. *European Journal of Orthodontics*. 1997. 19(3). P. 249–258. doi: 10.1093/ejo/19.3.249.

67. Mew J.R.C. The postural basis of malocclusion: a philosophical overview. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004. 126(6). P. 729–738. doi: 10.1016/j.ajodo.2003.12.019.
68. Minervini G. State-of-the-art in orthodontics and gnathology. *Applied Sciences*. 2022. 12(23). doi: 10.3390/app122312419.
69. Minervini G., Franco R., Marrapodi M.M., Crimi S., Badnjević A., Cervino G., Bianchi A., Cicciù M. Correlation between temporomandibular disorders (TMD) and posture evaluated through the diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD): A Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 2023. 12(7). P. 2652. doi: 10.3390/jcm12072652
70. Natali A.N., Pavan P.G., Scarpa C. Numerical analysis of tooth mobility: formulation of a non-linear constitutive law for the periodontal ligament. *Dental Materials*. 2003. 20(7). P. 623–629. doi: 10.1016/j.dental.2003.08.003.
71. Nota A., Pittari L., Monticciolo F.M. et al. Correlations between mandibular kinematics and electromyography during the masticatory cycle: an observational study by digital analysis. *Applied sciences*. 2024. 14(21). doi: 10.3390/app14219996.
72. Papadopoulou A.K., Gkantidis N. Biomechanics in orthodontics: Theory and clinical application. *Journal of Orthodontics*. 2021. 48(1). P. 3–11. doi: [10.1177/1465312521992523](https://doi.org/10.1177/1465312521992523).
73. Pascu L., Haiduc R.-S., Almășan O. Occlusion and temporomandibular disorders: A scoping review. *Medicina*. 2025. 61(5). doi: 10.3390/medicina61050791.
74. PhET. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/> (дата звернення: 25.03.2025).
75. Rackaway C. Video killed the textbook star? Use of multimedia supplements to enhance student learning. *J Pol Sci Educ*. 2012. 8. P. 189–200.
76. Rauch A., Schierz O. Reliability of mandibular movement assessments depending on TMD. *Cranio*. 2018. 36. P. 156–160. doi: 10.1080/08869634.2017.1325986.
77. Ridder P. Craniomandibuläre dysfunktion interdisziplinäre diagnose- und behandlungsstrategien. Published by Urban & Fischer/Elsevier. 2024. 303 p.

78. Ross S.M., Morrison G.R., Lowther D.L. Educational technology research past and present: Balancing rigor and relevance to impact school learning. *Contemporary Educational Technology*, 2010. 1. P. 17–35. doi: 10.30935/cedtech/5959.
79. Ryan R.M. Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*. 1982. 43. P. 450–461. doi: 10.1037/0022-3514.43.3.450.
80. Saito E.T., Akashi P.M., Sacco Ide C. Global body posture evaluation in patients with temporomandibular joint disorder. *Clinics (Sao Paulo)*. 2009. 64(1). P. 35–39. doi: 10.1590/s1807-59322009000100007.
81. Sambataro S., Cervino G., Bocchieri S., La Bruna R., Cicciù M. TMJ dysfunctions systemic implications and postural assessments: A review of recent literature. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 2019. 4(3). P. 58. doi: 10.3390/jfmk4030058
82. Sarwar S., Jabin, S. AI techniques for cone beam computed tomography in dentistry: Trends and practices. 2023. doi: 10.48550/arXiv.2306.03025.
83. Schorn A. Online explainer videos: Features, benefits, and effects. *Frontiers in Communication*. 2022. 7. doi: 10.3389/fcomm.2022.1034199.
84. Schwendicke F., Samek W., Krois, J. Artificial intelligence in dentistry: Chances and challenges. *Journal of Dental Research*, 2020. 99(7). P. 769–774. doi: 10.1177/0022034520915714.
85. Slavicek R. Das Kauorgan: Funktionen und Dysfunktionen. Klosterneuburg. 543 p.
86. Slavicek R. Die funktionellen Determinanten des Kauorgans (Verlag Zahnärztlich-Medizinisches Schrifttum). 1984. 144 p.
87. Slavicek R. The masticatory organ – functions and dysfunctions. 543 p.
88. Slavicek R., Sato S. Bruxism – a function of the masticatory organ to cope with stress. *Wien Med Wochenschr*. 2004. 154(23–24). P. 584–589.
89. Stockwell B.R., Stockwell M.S., Cennamo M, Jiang E. Blended learning improves science education. *Cell*. 2015. 162. P. 933–936.

90. Strini P.J., Machado N.A., Gorreri M.C., Ferreira A. deF., Sousa G.daC., Fernandes Neto A.J. Postural evaluation of patients with temporomandibular disorders under use of occlusal splints. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2009. 17(5). P. 539–543. doi: 10.1590/s1678-77572009000500033.
91. Stuchynska N.V. Studies of medical and biological physics by facilities of ict: analysis of experience. *Information Technologies and Learning Tools*. 2011. 32(6). doi: 10.33407/itlt.v32i6.763.
92. Stuchynska N.V., Belous I.V., Mykytenko P.V. Use of modern cloud services in radiological diagnostics training. *Wiadomości Lekarskie*. 2021. 78(3). P. 589–595. doi: 10.36740/WLek202103205.
93. Stuchynska N.V., Ostapovych N.V., Belous I.V. et al. Game-based technologies in teaching professionally oriented natural sciences to the future doctors. *Nuances: Estudos sobre Educação*. 2020. 31. P. 160–175. doi: 10.32930/nuances.v31i0.8215.
94. Stuchynska N.V., Palamarchuk Y.V., Prokhorenko I.A. Research of the professional training of masters of dentistry during the pandemic and martial state. *Wiad Lek*. 2023. 76(4) P. 781.
95. Stuchynska N.V., Sokolova, T.A. Research of medical universities' students communicative activity in social networks. *Information Technologies and Learning Tools*. 2011. 23(3). doi: 10.33407/itlt.v23i3.425.
96. Sweller J. Cognitive bases of human creativity. *Educational Psychology Review*. 2009. 21. P. 11–19.
97. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*. 1988. 12. P. 257–285.
98. Sweller J. The Redundancy Principle in Multimedia Learning. In: Mayer R, ed. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge University Press. 2005. P. 159–168.
99. Sweller J., Ayres P., Kalyuga S. Cognitive Load Theory. New York: Springer. 2011. 274 p.
100. The Journal of the American Dental Association. URL: <https://jada.ada.org/> (дата звернення: 01.03.2024).

101. The U.S. Dentist Workforce. URL: https://www.ada.org/-/media/project/ada-organization/ada/ada-org/files/resources/research/hpi/us_dentist_workforce_2025.pdf?hash=965F6A7BBBCEE3953FDFB454462025E4&rev=55ce1a69717e4c17bdd846b84ca3e94f&utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 01.03.2024).
102. Wael O., Fatma M., Mohamed E. et al. Is YouTube a reliable source of health-related information? A systematic review. *Medical Education*. 2022. 22. doi: 10.1186/s12909-022-03446-z.
103. Wänman A., Marklund S. Treatment outcome of supervised exercise, home exercise and bite splint therapy, respectively, in patients with symptomatic disc displacement with reduction: A randomised clinical trial. *J. Oral Rehabil.* 2020. 47(2). P. 143–149. doi: 10.1111/joor.12888.
104. What is OBE? The Outcomes Based Curriculum Initiative : Teaching and Learning together at Nunavut Arctic College. URL: <https://obecurriculumsessions.wordpress.com/what-is-obe/> (дата звернення: 03.02.2025).
105. What is Outcome-based education? K12 Academics. URL: <https://www.k12academics.com/education-reform/outcome-based-education/what-obe> (дата звернення: 03.02.2025).
106. Winocur, E., & Emodi-Perlm, A. Occlusion, Orthodontic Treatment and Temporomandibular Disorders: Myths and Scientific Evidences. *InTech*. 2012. P. 327–340. doi: 10.5772/30949
107. Wolfgang B., Werner S. Kraniomandibuläres und muskuloskelettales system funktionelle konzepte in der zahnmedizin, kieferorthopädie und manualmedizin. Quintessenz Verlag. 2012. 432 p.
108. Wolfsberger J. Frei geschrieben: Mut, freiheit und strategie für wissenschaftliche abschlussarbeiten. utb GmbH. 2016. 259 p.
109. Yaroslavskaya J., Hrechko N., Vlasov A. et al. Etiology, diagnosis and treatment of muscle-articular dysfunction of the temporomandibular joint in adolescence. *Georgian Med News*. 2024. 350. P. 127–132.

110. Zhang S.-H., He K.-X., Lin, C.-J. et al. Efficacy of occlusal splints in the treatment of temporomandibular disorders: a systematic review of randomized controlled trials. *Acta Odontol. Scand.* 2020. 78. P. 580–589. doi: 10.1080/00016357.2020.1759818.
111. Zhang Z.K. Core position of occlusion, gnathology and related diagnosis and treatment principles that must be followed in stomatology. *Chinese journal of stomatology.* 2021. 56(8). P. 729–733. doi: 10.3760/cma.j.cn112144-20210709-00321.
112. zm-online – «3 752 Zahl des Monats». URL: https://www.zm-online.de/fileadmin/user_upload/ZM_2025_09_online_master.pdf (дата звернення: 23.05.2023).
113. zm-online/gesundheitsmarkt.de. URL: <https://www.zm-online.de/> (дата звернення: 23.05.2023).
114. Азаренков В.І., Перешивайлова І.О., Заболотний А.С. Можливості використання штучного інтелекту в стоматології. *Актуальні питання сучасної медицини та фармації: тези доп. 1-ї міжнар. наук.-практ. конф.* Харків: НТУ «ХПІ», 2024. С. 107–110.
115. Алексєєв О., Коротун М., Трибухов Д. Використання анімації як засобу підвищення мотивації навчання студентів інженерних спеціальностей. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2018. 65(3). doi:[10.33407/itlt.v65i3.1985](https://doi.org/10.33407/itlt.v65i3.1985).
116. Безкоровайна Л.П., Жегулович З.Є. Окремі аспекти етіології, поширеності та діагностики дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба. *Медична наука України.* 2023. 19. С. 111–121. doi: 10.32345/2664-4738.2.2023.15.
117. Биков В.Ю. Теоретико-методологічні засади моделювання навчального середовища сучасних педагогічних систем. Запоріжжя: ООО "ЛИПС"ЛТД, 2010. 1(5). С. 234–243.
118. Биков В.Ю. Хмарна комп'ютерно-технологічна платформа відкритої освіти та відповідний розвиток організаційно-технологічної будови ІТ-підрозділів навчальних закладів. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2013. №1. С. 81–98.

119. Биков В.Ю. Хмарні технології, ІКТ-аутсорсинг і нові функції ІКТ підрозділів освітніх і наукових установ. *Інформаційні технології в освіті*. 2011. № 10. С. 8–23.
120. Биков В.Ю., Вернигора С.М., Гуржій А.М. та ін. Проектування і використання відкритого хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища закладу вищої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. № 6 (74). С. 1–19.
121. Биков В.Ю., Ляшенко О.І., Литвинова С.Г. та ін. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи: науково-аналітична доповідь; за заг. ред. В.Г. Кременя. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 96 с.
122. Биков В.Ю., Спірін О.М., Шишкіна М.П. та ін. Проектування і використання відкритого хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища закладу вищої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. № 6 (74). С. 1–19.
123. Білецький В.В., Войтович І.С., Апшай Ф.В., Теліш І.С. Інформаційно-комунікаційні технології в умовах змішаного навчання. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2023. С. 91–97. doi: 10.36550/2415-7988-2023-1-208-91-97.
124. Білоусова Л.І., Житеньова Н.В. Функціональний підхід до використання технологій візуалізації для інтенсифікації навчального процесу. *Інформаційні технології й засоби навчання*. 2017. 57(1). С. 38–49.
125. Бордюжа А.Р., Осипова С.С. Аналіз використання штучного інтелекту у діагностиці та лікуванні стоматологічних захворювань. *IMEDSCOP: Abstract book of 5th International Medical Students Conference*. Полтава: Полтавський державний медичний університет, 2024. С. 51–52.
126. Борисенко А.В., Неспрядько В.П., Шидловський М.С., Савичук А.О. Експериментальне вивчення механічних характеристик зубів, відновлених різними реставраційними конструкціями. *Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О. Богомольця*. 2013. 2. С. 46–49.

127. Борисюк І., Лоскутова Т., Камінський В. Інтеграція інтерактивних технологій в медичну освіту ЗВО України: роль STEAM-підходу. *Актуальні питання у сучасній науці*. 2023. 11(17). С. 778–791. doi: 10.52058/2786-6300-2023-11(17)-778-791.
128. Булах І.Є., Волосовець О.П., Вороненко Ю.В. Система управління якістю медичної освіти в Україні. Донецьк: АРТ-ПРЕС, 2003. 212 с.
129. Булгакова Н.Б. Вища освіта і Болонський процес. Педагогіка вищої школи: навч.-метод. посіб. Київ: НАУ, 2009. 84 с.
130. Вембер В.П., Бучинська Д.Л. Сучасні типи навчальних відеофільмів та особливості їх використання в навчальному процесі. *Освітологічний дискурс: електронне наукове фахове видання*. 2016. 1(13). С. 19–29.
131. Вісник стоматології. URL: <https://www.visnyk.od.ua/index.php/mainjournal> (дата звернення: 23.05.2023).
132. Войтович І.С. Перспективи використання «Cloud computing» у навчальній діяльності педагогічних університетів. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2011. Вип. 10 (17). С. 58–63.
133. Волосовець О.П., Олексіна Н.О., П'ятницький Ю.С. Медична освіта: відповіді на виклики сучасності. *Медична освіта*. 2018. № 2. С. 36–40.
134. Гладуш В.А., Лисенко Г.І. Педагогіка вищої школи: теорія, практика, історія. Навч. посіб. Дніпропетровськ: Акцент, 2014. 416 с.
135. Головенкін В.П. Педагогіка вищої школи. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. 290 с.
136. Гриценко Є.М., Пилипюк Є.В., Овчар О.В. Компоненти STEM освіти як складова формування майбутнього лікаря. *Сучасні тренди розвитку медичної освіти: перспективи і здобутки: Матеріали навчально-наукової конференції з міжнародною участю*. Полтава, 2022. С. 78–80.

137. Гур'янов В.Г., Лях Ю.Є., Парій В.Д. та ін. Аналіз результатів медичних досліджень у пакеті EZR (R–statistics). Навчальний посібник. Київ: Вістка, 2018. 152 с.
138. Гуржій А.М., Карташова Л.А., Лапінський В.В. Інформатизація загальної середньої освіти в Україні. *Доповіді XIII Міжнародної наукової конференції «Сучасні досягнення в науці та освіті»*. Ізраїль, 2018. С. 9–13.
139. Гуржій А.М., Лапінський В.В. Електронні освітні ресурси як основа сучасного навчального середовища загальноосвітніх навчальних закладів. *Інформаційні технології в освіті: зб. наук. праць*. Херсон: ХДУ, 2013. Вип. 15. С. 3–5.
140. ДНП «Центр тестування». URL: <https://www.testcentr.org.ua/uk/> (дата звернення: 16.12.2024).
141. Євдокимов В.І. Педагогічний експеримент: Навчальний посібник для студентів педагогічних вузів. Харківський національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди. Харків: ОВС, 2001. 148 с.
142. Європарламент ухвалив перший у світі закон про обмеження штучного інтелекту. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2024/03/13/7446314/> (дата звернення 18.06.2025)
143. Жалдак М.І., Биков В.Ю., Буров О.Ю. та ін. Теоретико-методологічні засади інформатизації освіти та практична реалізація інформаційно-комунікаційних технологій в освітній сфері України; наук. ред. В.Ю. Биков, С.Г. Литвинова, В.І. Луговий. Київ: Компринт, 2019. 214 с.
144. Зайцева Г.М., Стучинська Н.В., Пушкарьова Я.М. Формування дослідницьких навичок у майбутніх фармацевтів. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. 2. С. 16–19.
145. Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» від 19.11.1992 № 2801-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text> (дата звернення: 23.09.2023).

146. Закон України «Про авторське право і суміжні права» від 20.03.2023 № 2974-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-20#n855> (дата звернення: 23.09.2023).
147. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 № 1556-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення: 21.07.2023).
148. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text> (дата звернення: 21.07.2023).
149. Закон України «Про освіту» від 01.01.2023 № 2145-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#top> (дата звернення: 02.09.2023).
150. Засекіна Т.М. Використання системи дидактичних засобів в умовах диференційованого навчання фізики: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 – теорія і методика навчання (фізика). Нац пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2009. 241 с.
151. Захаров С.В., Русакова О.О., Смольянова О.В. Мотиваційно-емоційні аспекти вибору професії лікаря вступниками медичного закладу вищої освіти. *Медична освіта*. 2023. 1. С. 35–41. doi: 10.11603/m.2414-5998.2023.1.13564.
152. Інновації в стоматології. URL: <http://www.innovacii.od.ua/index.php/mainjournal/index> (дата звернення: 02.09.2023).
153. Карташов М.В. Імовірність, процеси, статистика: посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 494 с.
154. Климчук В.О. Опитувальник внутрішньої мотивації. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №12. Психологічні науки: Збірник наукових праць*. Київ, 2006. № 12 (37). С. 71–76.
155. Климчук В.О., Горбунова В.В. Внутрішня мотивація учбової діяльності молоді: теорія, методика, програма розвитку: монографія. Житомир: Вид-во. ЖДУ ім. І. Франка, 2014. 110 с.
156. Козловський Ю.М., Козловська І.М., Білик О.С. Розвиток наукових досліджень із проблем освітньої інтеграції в українській педагогіці (кінець ХХ – початок ХХІ століття). *Інновац. педагогіка*. 2019. 14(2). С. 55–59.

157. Концептуально-референтна рамка цифрових компетентностей працівників сфери охорони здоров'я та забезпечення розвитку інформаційної культури, цифрової грамотності (цифрової освіченості), кібербезпеки і кібергігієни працівників сфери охорони здоров'я. URL: <https://moz.gov.ua/uploads/ckeditor/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%96,%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%B6%D0%BD%D1%96%20%D1%82%D0%B0%20%D1%96%D0%BD%D1%88%D1%96%20%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%87%D1%96%20%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%20%D0%9C%D0%9E%D0%97/1/1627/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BA%D0%B0.pdf> (дата звернення: 29.02.2024).

158. Костюк Т., Стучинська Н., Мельник Б, Прохоренко І. Конструювання змісту вибірових навчальних дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців у сфері ортодонції, зокрема в напрямку гнатології. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2025. (2). 70–78.

159. Костюк Т.М. Комплексна діагностика, клініка, ортопедичне лікування та профілактика м'язово-суглобової дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба: автореф. дис. ...док. мед. наук: [спец.] 14.01.22 «Стоматологія»; НМУ імені О.О. Богомольця. Київ, 2021. 37 с.

160. Кремень В.Г., Сисоєва С.О., Бех І.Д. та ін. Концепція виховання дітей та молоді в цифровому просторі. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2022. 4(2). С. 1–30.

161. Кульбашна Я., Ткачук Е., Захарова В. Нові завдання і функції сучасного викладача закладу вищої медичної освіти у підготовці компетентного лікаря. *Освітологічний дискурс*. 2018. 1-2. С.141–157.

162. Кульбашна Я.А. Формування професійної компетентності майбутніх фахівців із стоматології: теоретичні й методичні основи: монографія. Київ: Компас. 2014. 415 с.

163. Кун Т. Структура наукових революцій. The University of Chicago Press: Port-Royal, 2001. 228 с.
164. Кучин Ю., Власенко О., Кучеренко І. Микитенко П. Комп'ютерне тестування в системі моніторингу успішності майбутніх магістрів М(Ф)ЗВО. *Фізико-математична освіта*. 2022. № 35(3). С. 41–49.
165. Кучин Ю., Власенко О., Кучеренко І., Микитенко П. Індивідуальна освітня траєкторія здобувачів вищої медичної освіти: методичні та технічні аспекти реалізації. *Інноваційна педагогіка*. 2023. № 56(2). С. 163–169.
166. Кучин Ю.Л., Власенко О.М., Кучеренко І.І., Микитенко П.В., Литвин Ю.М., Лехніцька С.І., Васильєв А.В., Курлов М.В. Аналітична довідка результатів проведення щоквартального ректорського зрізу знань з дисциплін, які входять до «ЄДКІ–1» та «ЄДКІ–2» із використанням дистанційної платформи Likar_NMU у 2021–2022 навчальному році за результатами складань вітчизняних студентів. Київ, 2022. 111 с.
167. Кучин Ю.Л., Канюра О.А., Мельник В.С., Стучинська Н.В., Микитенко П.В. Симуляційні технології у системі підготовки майбутніх лікарів в умовах Covid-19. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи: Збірник наукових праць*. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2022. Вип. 86. С. 132–142.
168. Кучин Ю.Л., Науменко О.М., Власенко О.М., Микитенко П.В. та ін. Методичні рекомендації щодо роботи на платформі дистанційного навчання LIKAR_NMU; під керівництвом Ю.Л. Кучина. Київ, 2021. 118 с.
169. Кучин Ю.Л., Науменко О.М., Власенко О.М., Микитенко П.В. та ін. Методичні рекомендації щодо роботи на платформі дистанційного навчання LIKAR_NMU; під керівництвом Ю.Л. Кучина. Київ, 2021. 118 с.
170. Кучин Ю.Л., Стучинська Н.В., Литвиненко Н.П. та ін. Дослідження психолінгвістичних показників професійного спілкування лікарів в умовах війни в Україні. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (2). С. 3–8. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-2-1.

171. Литвиненко Н., Місник, Н. Інновації українського правопису і медичний дискурс. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2025. (1). С. 77–82. doi: 10.32782/eddiscourses/2025-1-13.
172. Литвинова С.Г., Спірін О.М., Анікіна Л.П. Хмарні сервіси Office 365: навчальний посібник. Київ: Компрінт, 2015. 170 с.
173. Любченко Н., Онищук О., Марчук Г. Метод «360 градусів» у менеджменті загальної середньої освіти у контексті професійних стандартів України», *Нова педагогічна думка*, т. 112, № 4, С. 3–12, 2022.
174. Мазур І.П., Вахненко О.М., Рибачук А.В., Мазур П.В. Аналіз основних показників стоматологічної допомоги в Україні за 2020 рік *Oral and General Health*. 2021. Том 2, № 3, DOI: 10.22141/ogh.2.3.2021.240727
175. Мазур І.П., Черненко Л.М., Полянська Л.О. та ін. Аналіз основних показників стоматологічної допомоги в Україні за 2022 рік. *Oral and General Health*. 2023. 4(2). С. 19–25. doi:10.22141/ogh.4.2.2023.158.
176. Матвієнко М.М., Прохоренко І.А. Використання технологій комп'ютеризованого навчання, доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальностей у доклінічній стоматологічній освіті. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (4). С. 70–78.
177. Матвієнко М.М., Прохоренко І.А., Стучинська Н.В. Вибіркові дисципліни у контексті формування та розвитку професійної компетентності сучасного працівника охорони здоров'я. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Світові освітні тренди: навчання впродовж життя в інформаційному суспільстві»*. Київ: УДУ ім М.П. Драгоманова, 2024 р, С. 267–272
178. Мельник Б.М. Технологія змішаного навчання ортодонтії студентів стоматологічних спеціальностей закладів вищої медичної освіти: дис. ... докт. філос.: 011 Освітні, педагогічні науки. Київ, 2024. 250 с.
179. Меморандум про створення Коаліції STEM-освіти. URL: <http://csr-ukraine.org/wp->

content/uploads/2016/01/STEM_memorandum_FINAL_%D0%9011.pdf

(дата

звернення: 28.02.2024).

180. Микитенко П.В. Теоретико-методичні засади веб-орієнтованої системи інформатичної підготовки майбутніх магістрів медицини: дис. ... док. пед. наук: 13.00.02. Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, 2024. 507 с.

181. Микитенко П.В., Лапінський В.В. Проектування міждисциплінарної інтеграції медичної інформатики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. № 1(75). С. 26–41.

182. Міхненко Г.Е. Формування інтелектуальної мобільності майбутніх інженерів в умовах освітнього середовища технічного університету: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Національний авіаційний університет, Київ, 2016. 245 с.

183. Навчальне відео: створюємо, редагуємо, розміщуємо. URL: <https://ceit.ucu.edu.ua/navchalne-video-stvoryuyemo-redaguyemo-rozmishhuyemo/> (дата звернення: 22.01.2025).

184. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Переліку циклів спеціалізації та тематичного удосконалення за лікарськими та фармацевтичними (провізорськими) спеціальностями» від 10.01.2025 № 78. URL: <https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukraini-vid-25112022--2136-pro-zatverdzhennja-pereliku-cikliv-specializacii-ta-tematichnogo-udoskonallennja-zalikarskimi-ta-farmaceutichnimi-provizorskimi-specialnostjami> (дата звернення: 22.01.2025).

185. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Положення про інтернатуру МОЗ України» від 22.06.2021 №1254. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1081-21#Text> (дата звернення: 23.11.2023).

186. Національний освітній глосарій: вища освіта (4-е вид., перероб. і доп.) / Авт.-уклад.: В.Є. Бахрушин, М.І. Винницький, В.М. Захарченко та ін./ За ред. В.Г. Кременя, В.Є. Бахрушина, Ю.М. Рашкевича. 2024. 114 с.

187. Ортинський В.Л. Педагогіка вищої школи.. Львівська політехніка. 2019. 427 с.

188. Осадча К.П., Осадчий В.В., Спірін О.М. та ін. Стан проблеми організації змішаного навчання у закладах вищої освіти України під час пандемії Covid-19. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах: Збірник наукових праць*. 2022. № 81. С. 235–241.
189. Освітньо-професійна програма Стоматологія другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 221 «Стоматологія» галузі знань 22 Охорона здоров'я. URL: https://drive.google.com/drive/folders/1r0HoQ6povdPbin7lcYj199Y6e_aaq6GH (дата звернення: 22.01.2025).
190. Охорона здоров'я та соціальне забезпечення «Стоматологія». URL: <https://osvita.ua/vnz/guide/search-17-0-0-282-0.html/> (дата звернення: 22.01.2025).
191. Прохоренко І. Інтеграція медичної та біологічної фізики з фаховими дисциплінами у системі підготовки майбутніх магістрів стоматології Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині: матеріали IV науково-практичної інтернет конференції, м. Чернівці, 19 червня 2024 р. / за ред. В. І. Федіва – Чернівці: БДМУ, 2024. – 311 с. , с. 287 – 289
192. Прохоренко І.А. Інтеграція знань з біомеханіки у професійну підготовку магістрів стоматології. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (1). С. 45–50. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-1-7.
193. Радкевич В.О. Методолог, дидакт, гуманіст. Семен Устимович Гончаренко: біобліогр. Показч. Київ: Нілан-ЛТД, 2013. С. 16-20.
194. Рева Т.Д. Теоретико-методичні засади реалізації компетентнісного підходу у навчанні хімічних дисциплін майбутніх провізорів: дис. ... док. пед. наук: 13.00.02 – теорія і методика навчання (медичні та фармацевтичні дисципліни). Нац мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. Київ, 2018. 597 с.
195. Розпорядження Кабінету міністрів «Про схвалення Стратегії розвитку медичної освіти в Україні» від 27.02.2019 № 95-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/95-2019-%D1%80#Text> (дата звернення: 30.10.2021).

196. Розпорядження Кабінету міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» від 05.08.2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 15.09.2023).
197. Рудяк Ю.А., Багрій-Заяць О.А., Паласюк Б.М., Горкуненко А.Б., Майхрук З.В. Використання у процесі підготовки магістрів стоматології моделювання міцності кісткового комплексу за допомогою критерію тензора діелектричної проникності. Наукові записки : [збірник наукових статей] / М-во освіти і науки України, Укр. держ. ун-т імені Михайла Драгоманова ; упор. Л. Л. Макаренко. Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Випуск CLVII (157). Том. 1. С. 65–70. doi: 10.31392/NZ-udu-157.2024.08
198. Сисоєва С.О., Осадча К.П. Стан, технології та перспективи дистанційного навчання у вищій освіті України. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. 70(2). С. 271–284. doi:10.33407/itlt.v70i2.2907.
199. Стадніченко С. М. Медична візуалізація у курсі «Медична біофізика» для майбутніх лікарів. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2021. 198. С. 167–171. doi:10.36550/2415-7988-2021-1-198-167-171.
200. Стандарт вищої освіти, другого магістерського рівня, галузі знань 222 «Охорона здоров'я», спеціальності 221 «Стоматологія». URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/06/25/221-Stomatolohiya-mahistr.20.01.22.pdf> (дата звернення: 30.09.2023).
201. Столяренко О.В. Моделювання управлінської діяльності у підготовці майбутнього вчителя. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія : Педагогіка і психологія*. 2014. 42(2). С. 91–95.
202. Стучинська Н.В., Андрійчук М.Д., Прохоренко І.А. Компоненти STEM-освіти у підготовці майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. *Наукові записки: Педагогічні науки*. 2025. 159. С. 129–139. doi: 10.31392/NZ-udu-159.2025.13.
203. Стучинська Н., Остапович Н., Кузишин М., Мазуренко Ю. Формувальне оцінювання навчальних досягнень студентів медичних спеціальностей із

застосуванням автоматизованих і хмарних систем. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. 1. С. 61–71. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-1-10.

204. Стучинська Н., Храпійчук Г., Прохоренко І. Соціальні мережі як дидактичний інструмент у процесі навчання природничих дисциплін. *Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної інтернет конференції «Проблеми та інновації в математичній, цифровій, природничій і професійній освіті»*. Кропивницький, 2024. С. 240–242.

205. Стучинська Н.В. Інтеграція фундаментальної та фахової підготовки майбутніх лікарів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. спец.: 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика). Нац. пед. ун-т імені М.П. Драгоманова. Київ, 2008. 44 с.

206. Стучинська Н.В. Інтеграція фундаментальної та фахової підготовки майбутніх лікарів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін. монографія. Київ: Книга Плюс, 2008. 304 с.

207. Стучинська Н.В. Інтеграція фундаментальної та фахової підготовки майбутніх лікарів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін: дис. ... док. пед. наук: 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика). Нац пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. Київ, 2008. 483 с.

208. Стучинська Н.В. Технологія змішаного навчання вищої математики студентів медичних університетів. *Наукові записки [Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова]. Серія : Педагогічні науки : [збірник наукових статей]*. Київ: Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2022. 154. С. 117–124.

209. Стучинська Н.В., Костюк Т.М., Мельник Б.М., Храпійчук Г.В., Прохоренко І.А. Робоча програма навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології» за напрямом підготовки фахівців другого (магістерського) рівня освіти, спеціальності 221 «Стоматологія». Київ: Друкарня НМУ, 2025. 20 с.

210. Стучинська Н.В., Костюк Т.М., Мельник Б.М., Храпійчук Г.В., Прохоренко І.А. Силабус навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного

апарату. Фізичні основи гнатології» за напрямом підготовки фахівців другого (магістерського) рівня освіти, спеціальності 221 «Стоматологія». Київ: Друкарня НМУ, 2025. 13 с.

211. Стучинська Н.В., Матвієнко М.М. Використання інформаційних технологій у процесі формування цифрової компетентності майбутніх лікарів. *Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині: матеріали IV науково-практичної інтернет-конференції*. Чернівці: БДМУ, 2024. С. 292–293.

212. Стучинська Н.В., Матвієнко М.М. Роль вибіркокових дисциплін у формуванні цифрової компетентності майбутніх лікарів. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2023. 88. С. 138–147.

213. Стучинська Н.В., Прохоренко І.А. Віртуальні симулятори LABSTER В процесі підготовки майбутніх магістрів стоматології. *Український науково-медичний молодіжний журнал (Спеціальний випуск)*. 2022. Том 135, № 4. С 72–73.

214. Стучинська Н.В., Храпійчук Г.В. Освітній потенціал соціальних мереж при вивченні природничих дисциплін майбутніми фахівцями галузі охорони здоров'я. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. 4. С. 143–149. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-4-22.

215. Указ Президента «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>. (дата звернення: 16.10.2019).

216. Філіпова Л.В. Теоретико-методичні засади професійно орієнтованого навчання хімічних дисциплін майбутніх магістрів фармації: дис. ... док. пед. наук: 13.00.02 – теорія і методика навчання (медичні та фармацевтичні дисципліни). Нац мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. Київ, 2021. 529 с.

217. Фіцула М.М. Педагогіка вищої школи: навчальний посібник. Київ: Академвидав, 2014. 354 с.

218. Фліс П.С. Ортодонтія. Зубо-щелепні аномалії та деформації: підручник. Київ: ВСВ «Медицина», 2015. 176 с.

219. Фліс П.С., Леоненко Г.П., Канюра О.А. Пропедевтика ортопедичної стоматології. Київ: «Медицина», 2020. 328 с.
220. Франчук В.М., Галицький О.В. Використання хмарних сервісів у навчальному процесі. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2016. № 18 (25). С.39–42.
221. Франчук В.М. Веб-орієнтовані технології навчання: можливості використання та перспективи розвитку. *Вища освіта України: теоретичний та науково-методичний часопис. Тематичний випуск "Науково-методичні засади управління якістю освіти у вищих навчальних закладах"*. Луцьк: СПД Гадяк Жанна Володимирівна, друкарня «ВолиньПоліграф», 2013. №2. С. 447–453.
222. Франчук В.М. Створення освітніх web-ресурсів в системі MOODLE з використанням хмарних технологій. *Матеріали Другої міжнародна науково-практична конференція «Moodle-Moot Ukraine 2014. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»*. Київ, 2014. С. 60.
223. Франчук В.М. Франчук Н.П. Організація електронного навчального курсу для підтримки аудиторного навчального процесу. *П'ята міжнародна науково-практична конференція MoodleMoot Ukraine 2017. «Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»*. Київ: КНУБА, 2017. URL: <https://2017.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=119>
224. Франчук В.М., Галицький О.В. Вибір системи управління вмістом сайту. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*. 2014. № 14(21). С. 19–28.
225. Храпійчук Г., Стучинська Н., Прохоренко І. Створення навчальних відео в процесі проєктної діяльності студентів. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2025. 2(83). С.79–90. doi: 10.28925/1609-8595.2025.2.
226. Цифрові методи діагностики і лікування в стоматології. URL: <https://pdmu.edu.ua/events/cifrovi-metodi-diagnostiki-i-likuvannya-v-stomatologiyi> (дата звернення: 27.10.2024).

227. Чалий О.В., Стучинська Н.В., Меленєвська А.В. Вища математика для лікарів та фармацевтів: підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів. Київ: Техніка, 2001. 104 с.
228. Чопчик В., Канюра О., Біденко Н., Копчак А. Обґрунтування необхідності впровадження симуляційного навчання здобувачів стоматологічної освіти за результатами аналізу діяльності Стоматологічного медичного центру Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. *Український науково-медичний молодіжний журнал*. 2023. 136(1). С. 7–13.
229. Чуйко А.М., Вовк В.Є. Особливості біомеханіки в стоматології. Харків: Прапор, 2006. 300 с.
230. Чуйко А.М., Угрин М.М. Аналіз зусиль у системі імплантат–кістка з урахуванням дискретних геометричних параметрів різьби і механічних властивостей кісткових тканин. *Новини стоматології*. 2016. 4. С. 64–71.
231. Чуйко А.М., Угрин М.М., Левандовський Р.А. та ін. Біомеханіка та комп'ютерні технології в щелепно-лицевій ортопедії та дентальній імплантології. ГалДент. 2014. 350 с.
232. Чуйко А.М., Шинчуковський І.А. Біомеханіка в стоматології : монографія. Харків: Форт, 2010. 468 с.
233. Шевченко О., Андрущенко Н., Сірик Е. Роль STEAM-освіти у формуванні креативності й інноваційного мислення здобувачів освіти. Наукові інновації та передові технології. 2023. 7(21). С. 486–497. doi: 10.52058/2786-5274-2023-7(21)-486-497.
234. Шнайдер С.А., Громов О.В., Чуйко А.М. Вивчення біомеханічних показників зуба та інтактного пародонту за допомогою комп'ютерного моделювання. *Ортопедична стоматологія*. 2025. 5. С. 83–89.
235. Яворовський О.П., Риган М.М., Науменко О.М. та ін. Культура безпеки пацієнтів у вітчизняних лікарняних закладах. *Медичні перспективи*. 2021. 3. С. 179–187.
236. Ярмоленко Т.А. Професійно-педагогічні засади впровадження STEM-освіти в Україні. *Перспективи та інновації науки (Серія «Педагогіка», Серія*

«Психологія», Серія «Медицина»). 2022. 12. С. 507–519. doi: 10.52058/2786-4952-2022-7(12)-507-519-93.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Анкета

«Самооцінка сформованості предметної компетентності з біомеханіки в
стоматології та визначення якості навчання»

	ТВЕРДЖЕННЯ	Повністю згоден	Згоден	Не впевнений	Не згоден	Зовсім не згоден
		5	4	3	2	1
1	Мене заохочують брати участь у занятті	28,60%	57,10%	14,30%		
2	Викладання є сфокусованим на найважливіших моментах	41,40%	42,90%	14,30%	1,40%	
3	Викладачі компетентні	55,70%	42,90%	1,40%		
4	Існує належна система підтримки студентів, що відчувають стрес	7,10%	42,90%	28,60%	21,40%	
5	Я надто втомлений, щоб отримувати задоволення від вивчення дисципліни		35,70%	35,70%	28,60%	
6	Стратегії навчання які спрацьовували раніше, спрацьовують і тепер	7,10%	35,70%	42,90%	14,30%	
7	Викладачі терпляче ставляться до нас	20,00%	78,60%	1,40%		
8	Викладання часто стимулює	27,60%	50,00%	21,00%	1,40%	
9	Викладачі висміюють студентів			1,40%	35,70%	62,90%
10	Викладачі авторитарні		1,40%	1,40%	50,00%	47,20%
11	Я впевнений(на), що складу ПК	14,30%	64,30%	21,40%		

12	Розклад занять зручний	14,30%	35,70%	21,40%	28,60%	
13	Навчання студентоорієнтоване	20,10%	57,10%	21,40%	1,40%	
14	Мені рідко буває нудно під час вивчення дисципліни	34,30%	42,90%	21,40%	1,40%	
15	Навчання направлене на розвиток моїх компетентностей	7,10%	64,30%	28,60%		
16	Списування є проблематичним		57,20%	35,70%	7,10%	
17	Викладачі мають належні комунікативні навички	41,50%	57,10%	1,40%		
18	Я відчуваю, що отримую достатню підготовку для майбутніх потреб професійного розвитку	20,00%	64,30%	14,30%	1,40%	
19	Викладання спрямоване на розвиток моєї впевненості	20,10%	35,70%	21,40%	21,40%	1,40%
20	Атмосфера під час занять невимушена	12,90%	64,30%	21,40%	1,40%	
21	Час використовується за призначенням	34,30%	50,00%	14,30%	1,40%	
22	Приділяється належна увага для здобуття фактологічних знань	34,30%	50,00%	14,30%	1,40%	
23	Попереднє навчання було належною підготовкою до теперішнього	12,90%	64,30%	21,40%	1,40%	
24	Я здатен запам'ятати все, що потрібно	14,30%	50,00%	35,70%		
25	Рідко почуваюсь самотнім	21,40%	42,90%	31,40%	4,30%	
26	Викладачі надають належний зворотний зв'язок студентам	7,10%	64,30%	28,60%		

27	Я маю можливість розвивати навички міжособистісного спілкування	26,00%	71,20%	2,80%		
28	Я багато дізнався про емпатію в моїй професії	11,50%	50,00%	35,70%	1,40%	1,40%
29	Викладачі висловлюють конструктивну критику	14,30%	57,10%	28,60%		
30	Почуваюся комфортно в групі з соціальної точки зору	55,70%	41,50%	1,40%	1,40%	
31	Досвід навчання розчаровує		1,40%	2,80%	44,40%	51,40%
32	Я здатен концентруватися на складному але важливому матеріалі	20,10%	57,10%	21,40%	1,40%	
33	Викладачі наводять зрозумілі приклади	34,30%	64,30%	1,40%		
34	Мені зрозумілі навчальні цілі дисципліни	40,10%	57,10%	2,80%		

**Фрагмент тесту для оцінювання теоретичного рівня знань з дисципліни
«Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології»**

1. Пацієнт 37 років, звернувся на консультацію до лікаря-стоматолога-терапевта. Скаржиться на періодичний біль у зубі 36, який з'являється раптово, триває до 1 хвилини. Об'єктивно: наявність каріозної порожнини в зубі 36. Реакція на холодову пробу позитивна. Вкажіть, який додатковий метод обстеження доцільно провести для встановлення остаточного діагнозу:
 - a. Панорамний знімок.
 - b. Прицільний знімок.
 - c. Бічна телерентгенографія.
 - d. Комп'ютерна томографія.
 - e. Магнітно-резонансна томографія.
2. Батьки пацієнта 8 років, звернулись на консультацію до лікаря-ортодонта. Об'єктивно: змінний період прикусу, скупченість зубів на верхній та нижній щелепах, затримка прорізування зуба 21. Вкажіть, який додатковий метод обстеження доцільно провести для планування ортодонтичного лікування:
 - a. Прицільний знімок.
 - b. Пряма телерентгенографія.
 - c. Магнітно-резонансна томографія.
 - d. Бічна телерентгенографія.
 - e. Панорамний знімок.
3. Пацієнт 19 років, звернувся на консультацію до лікаря-ортодонта. Об'єктивно: співвідношення перший молярів – 2 клас за класифікацією Енгля, сагітальна щілина – 4 мм, звуження верхньої та нижньої щелеп, скупченість зубів на нижній щелепі. Вкажіть, який додатковий метод обстеження доцільно провести для визначення ступеня розвитку верхньої та нижньої щелеп та диференційної діагностики між зубоальвеолярною та скелетною формою дистального прикусу:

- a. Бічна телерентгенографія.
 - b. Панорамний знімок.
 - c. Комп'ютерна томографія.
 - d. Магнітно-резонансна томографія.
 - e. Аналіз гіпсових моделей щелеп.
4. Пацієнт 58 років, звернувся на консультацію до лікаря-хірурга-стоматолога зі скаргою на відсутність першого моляра верхньої щелепи справа. Оптимальним варіантом лікування було обрано дентальну імплантацію з наступним протезуванням. Вкажіть, який додатковий метод обстеження доцільно провести для планування дентальної імплантації:
- a. Панорамний знімок.
 - b. Магнітно-резонансна томографія.
 - c. Комп'ютерна томографія.
 - d. Прицільний знімок.
 - e. Бічна телерентгенографія.
5. Пацієнтка 38 років, звернулась на консультацію до лікаря-ортодонта. Скарги на біль у м'яза обличчя, клацання у лівому суглобі під час рухів нижньої щелепи та нерівні зуби. Об'єктивно: скупченість зубів верхньої та нижньої щелеп, глибоке різцеве перекриття, стертість зубів. Вкажіть, який додатковий метод обстеження доцільно провести для визначення стану та положення суглобових голівок скронево-нижньощелепних суглобів (СНЩС):
- a. Комп'ютерна томографія СНЩС.
 - b. Магнітно-резонансна томографія СНЩС.
 - c. Бічна телерентгенографія.
 - d. Панорамний знімок.
 - e. Пряма телерентгенографія.
6. Пацієнтка 29 років, звернулась на консультацію до лікаря-ортодонта. Скарги на клацання у скронево-нижньощелепному суглобі справа. Об'єктивно: дистальний прикус ускладнений глибоким. Клацання у скронево-нижньощелепному суглобі справа під час відкривання та закривання ротової

порожнини, наявна девіація. Вкажіть, який додатковий метод обстеження доцільно провести для визначення положення та форми суглобового диску скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС):

- a. Бічна телерентгенографія.
- b. Аксиографія.
- c. Комп'ютерна томографія СНЩС.
- d. Магнітно-резонансна томографія СНЩС.
- e. Аналіз рухів нижньої щелепи в артикуляторі.

7. Пацієнт 31 рік, звернувся на консультацію до лікаря-стоматолога-ортопеда зі скаргами на біль та скутість м'язів обличчя, хрускіт суглобів під час їжі, обмеження відкривання рота. Після детального обстеження було прийнято рішення провести лікування за допомогою сплінт-терапії. Для їх виготовлення лікар планує провести гіпсування моделей пацієнта в артикуляторі. Вкажіть, який додатковий метод обстеження варто провести для індивідуального налаштування рухів нижньої щелепи в артикуляторі:

- a. Аксиографія.
- b. Магнітно-резонансна томографія СНЩС.
- c. Комп'ютерна томографія СНЩС.
- d. Бічна телерентгенографія.
- e. Інтраоральне сканування.

8. Пацієнтка 46 років, звернувся на консультацію до лікаря-стоматолога-ортопеда зі скаргами на біль та скутість м'язів обличчя. Вкажіть, який додатковий метод обстеження варто провести для оцінки електричної активності м'язів та нервово-м'язової провідності:

- a. Електрокардіограма (ЕКГ).
- b. Електроодонтодіагностика (ЕОД).
- c. Ультразвукове дослідження (УЗД).
- d. Електроміографія (ЕМГ).
- e. Немає вірної відповіді.

9. Пацієнт 55 років, звернувся на консультацію до лікаря-стоматолога-ортопеда зі скаргами на сильну стертість зубів, множинні дефекти зубів. Після детального обстеження було прийнято рішення провести тотальну реабілітацію. Вкажіть, який етап варто провести для раціонального планування ортопедичного лікування, аналізу рухів нижньої щелепи, визначення передчасних контактів зубів:

- a. Інтраоральне сканування.
- b. Електроміографія (ЕМГ).
- c. Магнітно-резонансна томографія СНЩС.
- d. Бічна телерентгенографія.
- e. Гіпсування моделей в артикулятор.

10. Пацієнтка 33 роки, звернулась на консультацію до лікаря-ортодонта. Скарги на клацання у скронево-нижньощелепному суглобі справа під час відкривання та закривання рота, скутість та біль у м'язах обличчя. Після проведення клінічної діагностики було встановлено попередній діагноз: зміщення суглобового диска справа. Вкажіть, перелік яких додаткових методів обстеження є достатнім для встановлення остаточного діагнозу «зміщення суглобового диска» та планування подальшого лікування:

- a. Комп'ютерна томографія СНЩС та магнітно-резонансна томографія СНЩС.
- b. Аналіз моделей в артикуляторі та аксіографія.
- c. Панорамний знімок та бічна телерентгенографія.
- d. Аксіографія та електроміографія.
- e. Аналіз моделей в артикуляторі та аксіографія бічна телерентгенографія.

Відгук на презентацію проєктної роботи

Назва проєкту та ПІБ його

авторів _____

Оцінки	1	2	3	4
Структура доповіді				
Вступ до теми	Не виокремлено	Вводить у тему	Пробуджує увагу	Одразу викликає зацікавлення
Логічні переходи	відсутні	Слабке поєднання	Поєднання ідеями	Переконливе поєднання в єдине ціле
Завершення і висновок	не виокремлено	Не надто цікаве завершення	Поєднане зі вступом	Вражає, збуджує увагу
Зміст доповіді				
Правильність	З помилками, суперечливо	Деякі змістові помилки, недоречност і	Незначні змістові помилки, неточності	Вся інформація коректна і обґрунтована
Повнота	Тему розкрито зі значними прогалинами	Деякі прогалини	Незначні прогалини, запитання без відповідей	Вся інформація змістовно доречна і повна
Документованість	Не названо жодних джерел	Названо деякі джерела	Названо більшість джерел	Названо усі джерела

Стиль доповіді				
Постава	Все зачитується, не звертаючись до аудиторії	Візуальний контакт від випадку до випадку, затиснута постава тіла	Візуальний контакт з деякими людьми, постава тіла частково звернута до аудиторії	Постійний візуальний контакт і постава тіла, звернута до аудиторії
Голос	Тихий, монотонний, невиразний	Чутно лише у перших рядах, мало акцентів	До певної міри добре чутно і зрозуміло	Жвава доповідь, голосові акценти на важливих аспектах
Жестикуляція	Жодної	Мало	Жести частково спираються на зміст	Змістовні жести, жваво підкреслюють суттєве
Візуалізація				
Зображення	Малий ефект, незрозумілий змістовий зв'язок	Зображення частково пов'язані зі змістом	Зображення збуджують увагу до змісту	Зображення візуалізують доповідь і надихають аудиторію
Прикінцеві зауваження				
Обсяг інформації	надто мало	надто багато	Дещо забагато/дещо замало	Саме достатньо

			(потрібне виділити)	
Формулювання центрального проблемного питання	Неповне, нечітке з помилками і неточностями	Нечітке з незначними прогалинами	Коректне, обґрунтоване з незначними неточностями	Коректне, обґрунтоване і повне
Інші зауваження – що б Ви хотіли порадити доповідачу?				

Прізвище ім'я студента, який проводив оцінювання _____

При оцінюванні зверніть увагу!

Сильні сторони

- Що у тексті є особливо вдалим і чому?

Зміст

- Чи є твердження чіткими і зрозумілими?
- Які є прогалини (чогось бракує)?
- Що є суперечливим?
- Де для наочності тексту слід було б додати описи, кейс-приклади чи порівняння?

- Де повторюються одні й ті ж тези?

- Що є несуттєвим і відволікає від центрального питання дослідження?

Структура

- Чи дотримано у роботі зміст, який заявлено у вступі?
- Чи у висновках наведено відповідь на головне питання дослідження?
- Наскільки плавним є перебіг тексту? Чи є у ньому лейтмотив, «червона нитка»?

- Чи є «перестрибування» з думки на думку?
- Чи логічним і осмисленим є поділ тексту на абзаци?
- Чи можна було б ще додати логічні переходи між розділами чи окремими підпунктами тексту?
- Де можна було б ще додати абзаци?
- Чи могли б додаткові заголовки та підзаголовки чіткіше структурувати текст?
- Чи могли б підвищити читабельність тексту переліки у формі списків чи таблиць?

Наукові стандарти

- У яких місцях тексту твердження потребують доказів (Приклад: «Проблеми гнатовічного характеру найчастіше зустрічаються у людей віком 55-60 років» – таку тезу слід підтвердити покликанням на літературні джерела або власні дослідження. Індикаторами є такі слова як «завжди», «багато», «більшість» і. т. д.)
- Де не зрозуміло, чия думка чи результати чийх досліджень наведено?
- Чи доречно вплетені в текст цитати? (Слід уникати «латаного килимка» з цитат!)
- Чи наведено дефініції центральних понять, використаних у тексті?
- Чи витлумачено значення скорочень при їх першому наведенні у тексті?

Анкета для студентів 3 курсу стоматологічного факультету щодо організації навчального процесу з вибіркової дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»

Шановні студенти! Пропонуємо взяти участь у анкетному опитуванні щодо організації навчального процесу з вибіркової дисципліни «Гнатологія в ортодонтії». Опитування є анонімним. Будь ласка, зазначте ту відповідь, яку Ви вважаєте вірною. Заповніть відсутню інформацію, яку Ви вважаєте необхідною.

1. Ваша стать: а) ____ чоловіча б) ____ жіноча
2. Ваш вік _____ років
3. Чи задоволені Ви дисципліною «Гнатологія в ортодонтії» в цілому?
а) ____ так б) ____ ні в) ____ важко відповісти
4. Вкажіть, що мотивує Вас до вивчення дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?
а) ____ викладачі кафедри якісно проводять практичні заняття
б) ____ цікава дисципліна
в) ____ Гнатологія перспективна з професійної точки зору
г) ____ інше _____
5. Чи виникають у Вас труднощі при засвоєнні нового матеріалу з дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?
а) ____ так
б) ____ скоріше так, ніж ні
в) ____ скоріше ні, ніж так
г) ____ ні
д) ____ важко відповісти

6. Скільки часу Ви витрачаєте для якісної самостійної підготовки до одного заняття з дисципліни «Гнатологія в ортодонтії» (в хвилинах)

_____ хв.

7. Яка, з тем була найскладнішою під час вивчення дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?

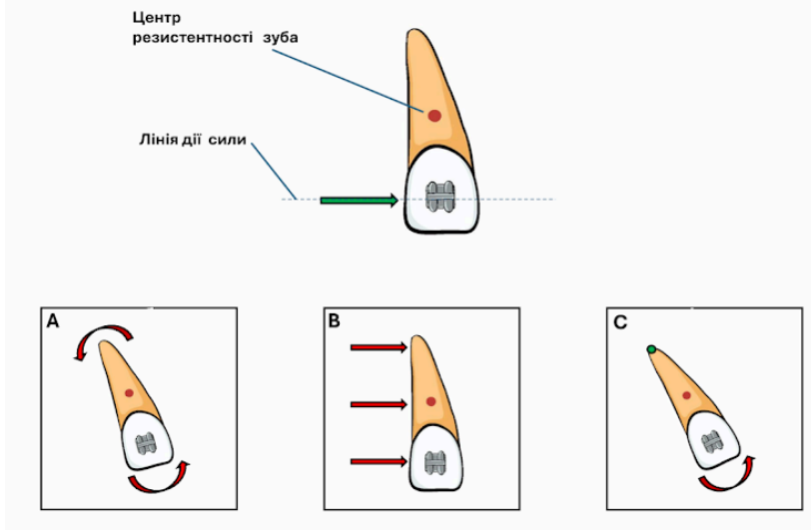
8. Яка, з тем була найлегшою під час вивчення дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?

9. Які недоліки Ви виявили у процесі навчання дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?

10. Як, на Вашу думку, можна вдосконалити навчальний процес з дисципліни «Гнатологія в ортодонтії»?

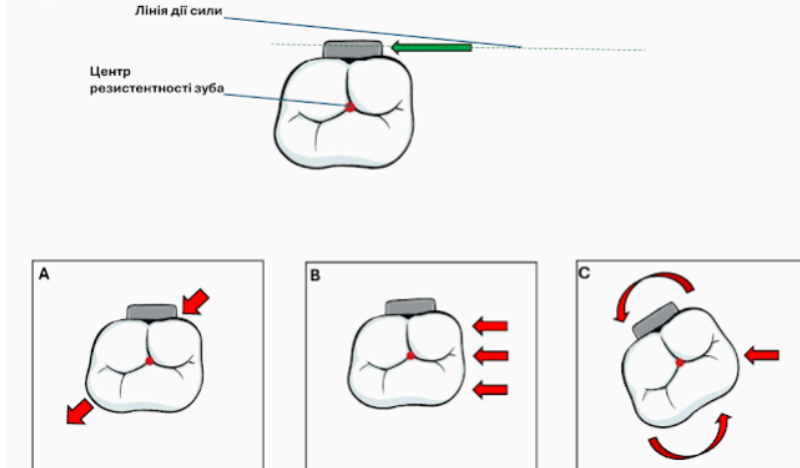
**Фрагмент завдань для оцінювання практичних навичок з дисципліни
«Біомеханіка щелепно-лицевого апарату. Фізичні основи гнатології»**

Завдання 1



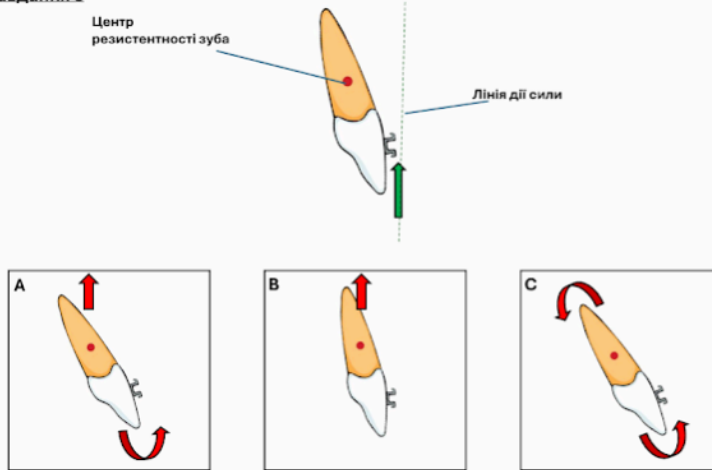
- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C

Завдання 2



- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C

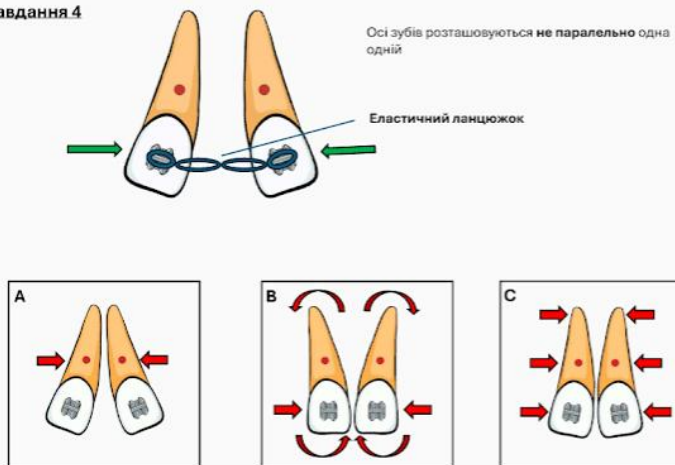
Завдання 3


☐ A

☐ B

☐ C

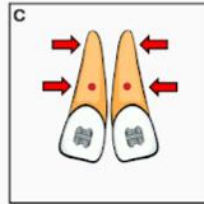
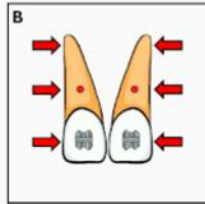
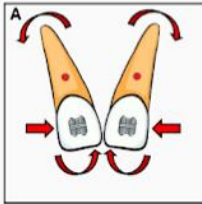
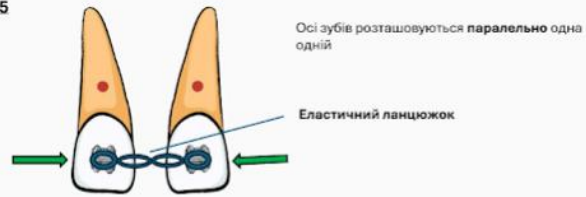
Завдання 4


☐ A

☐ B

☐ C

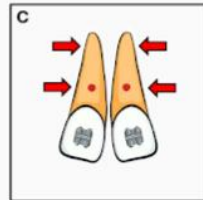
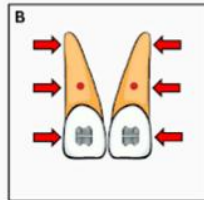
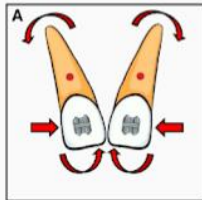
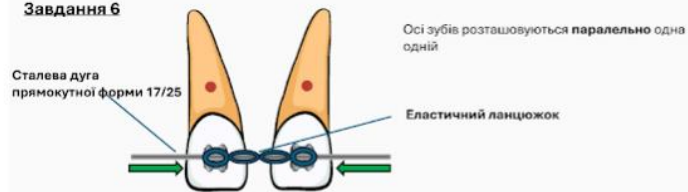
Завдання 5


☐ A

☐ B

☐ C

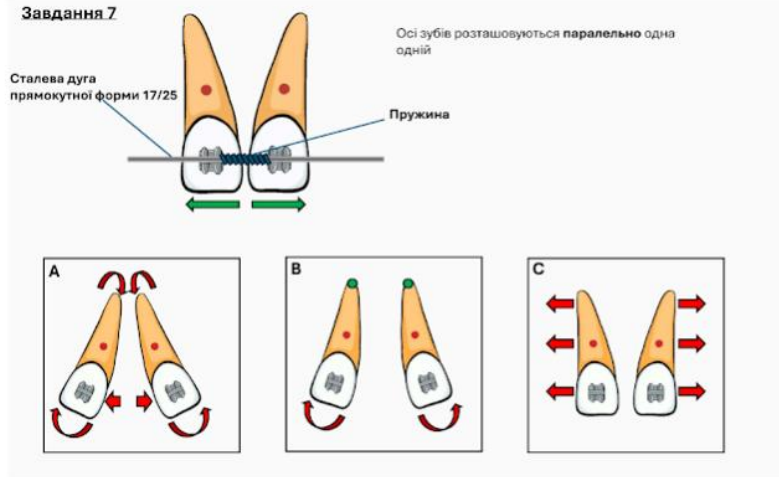
Завдання 6


☐ A

☐ B

☐ C

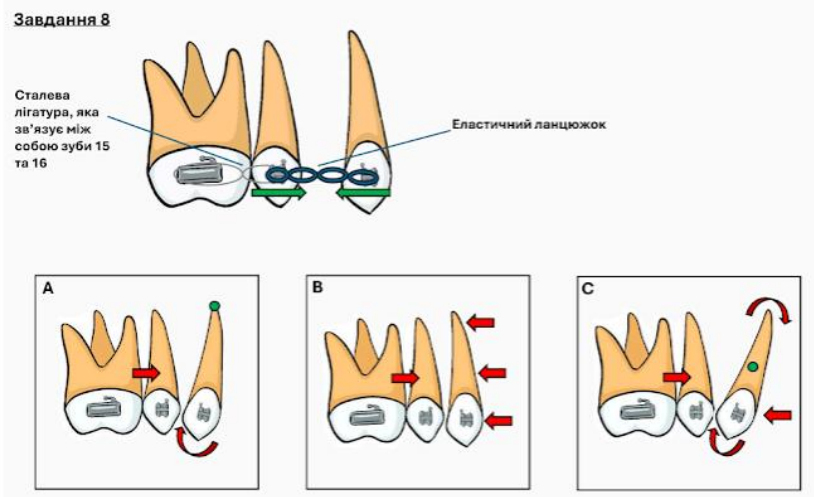
Завдання 7


☐ A

☐ B

☐ C

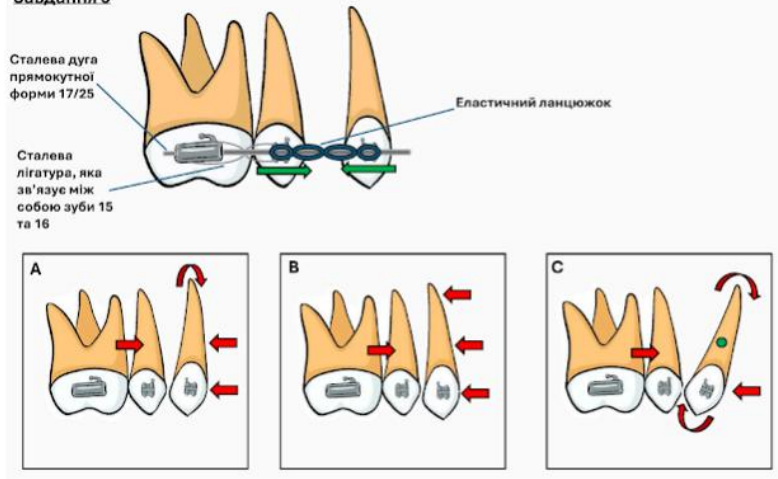
Завдання 8


☐ A

☐ B

☐ C

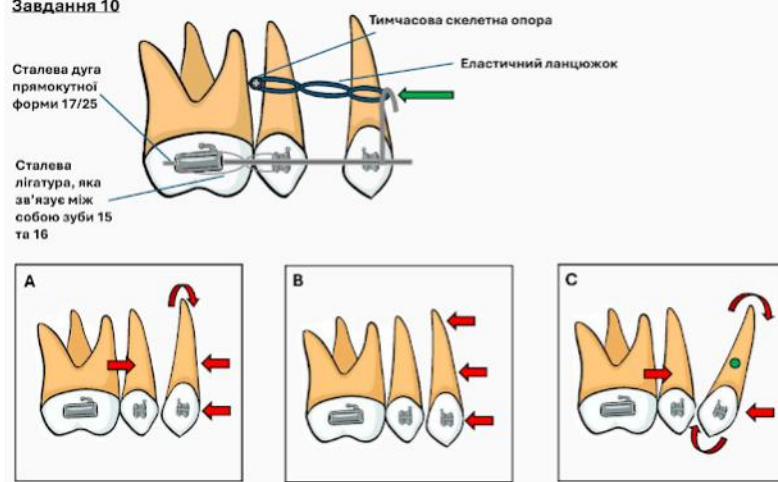
Завдання 9


☐ A

☐ B

☐ C

Завдання 10


☐ A

☐ B

☐ C

Акти про впровадження

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи
Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця
професор О.М. Власенко
« 5 » травня 2025 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Найменування пропозиції до впровадження:** модель міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩА у процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології.
2. **Ким впроваджено:** Національний медичний університет імені О.О. Богомольця.
3. **Виконавець:** Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, аспірант кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики Прохоренко І.А.
4. **Джерело інформації:**
 - Стучинська Н.В., Андрійчук М.Д., **Прохоренко І.А.** Компоненти STEM-освіти у підготовці майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. Наукові записки: Педагогічні науки. 2025. 159. С. 129–139. doi: 10.31392/NZ-udu-159.2025.13.
 - Храпійчук Г., Стучинська Н., **Прохоренко І.** Створення навчальних відео в процесі проєктної діяльності студентів. Неперервна професійна освіта: теорія і практика. 2025. 2(83). С. 79–90. doi: 10.28925/1609-8595.2025.2.
 - Stuchynska N.V., Palamarchuk Y.V., **Prokhorenko I.A.** Research of the professional training of masters of dentistry during the pandemic and martial state. Wiad Lek. 2023. 76(4) P. 781.
5. **Де впроваджено:** кафедра медичної і біологічної фізики та інформатики Національний медичний університет імені О.О. Богомольця.
6. **Термін впровадження:** 2022-2025 н.р.
7. **Форма впровадження:** навчальний процес.
8. **Ефективність впровадження у відповідності з критеріями, викладеними у джерелі інформації:** Розроблена модель міждисциплінарної інтеграції знань з механіки та біомеханіки ЗЩА у процесі фахової підготовки майбутніх магістрів стоматології є актуальною та необхідною у зв'язку з інноваційністю стоматологічної сфери галузі охорони здоров'я. Результати дисертаційного дослідження Прохоренка І.А. на тему «Методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології» були представлені, обговорені й отримали схвальні відгуки на засіданні кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики (протокол №16 від 3 квітня 2025 року).
9. **Зауваження, пропозиції:** зауважень немає, пропонується подальше впровадження в освітній процес.

Відповідальний за впровадження:

**Завідувач кафедри медичної і біологічної
фізики та інформатики,
доктор педагогічних наук, професор**

Н.В. Стучинська

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор з науково-педагогічної роботи
ДНП «Львівський національний медичний
університет імені Данила Галицького»
доцент

І.І. Солонинко

2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

- 1. Найменування пропозиції до впровадження:** модель та методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.
- 2. Установа, розробник, автори:** Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, аспірант кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики Прохоренко І.А.
- 3. Джерело інформації:**
 - Матвієнко М.М., Прохоренко І.А. Використання технологій комп'ютеризованого навчання, доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальностей у доклінічній стоматологічній освіті. Медицина та фармація: освітні дискурси. 2024. (4). С. 70–78. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-4-12
 - Стучинська Н.В., Андрійчук М.Д., Прохоренко І.А. Компоненти STEM-освіти у підготовці майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. Наукові записки: Педагогічні науки. 2025. 159. С. 129–139. doi: 10.31392/NZ-udu-159.2025.13.
 - Матвієнко М.М., Прохоренко І.А., Стучинська Н.В. Вибіркові дисципліни у контексті формування та розвитку професійної компетентності сучасного працівника охорони здоров'я. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Світові освітні тренди: навчання впродовж життя в інформаційному суспільстві». Київ: УДУ ім М.П. Драгоманова, 2024 р, С. 267–272.
- 4. Базова установа, яка проводить впровадження:** ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького».
- 5. Де впроваджено:** кафедра біофізики ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького».
- 6. Термін впровадження:** 2022-2025 н.р.
- 7. Форма впровадження:** навчальний процес.
- 8. Ефективність впровадження у відповідності з критеріями, викладеними у джерелі інформації:** Результати дослідження Прохоренка І.А. на тему «Методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології» були представлені, обговорені й отримали схвальні відгуки на засіданні кафедри біофізики ДНП «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького» (протокол № 3 від «27» жовтня 2025 року).
- 9. Зауваження, пропозиції:** зауважень немає, пропонується подальше впровадження в навчальний процес.

Відповідальний за впровадження:

Т.в.о. завідувача кафедри біофізики,
доктор технічних наук, доцент



Оксана МАЛАНЧУК

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної роботи
Івано-Франківського національного
медичного університетупрофесор Сергій ГЕРАЩЕНКО
«___» _____ 2025 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції до впровадження: методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології.
2. Установа, розробник, автори: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, аспірант кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики Прохоренко І.А.
3. Джерело інформації:
 - Прохоренко І.А. Інтеграція знань з біомеханіки в професійну підготовку магістрів стоматології. Медицина та фармація: освітні дискурси. 2024. (1). С. 45–50. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-1-7.
 - Стучинська Н., Костюк Т., Мельник Б., Прохоренко І. Конструювання змісту вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців у сфері ортодонції, зокрема в напрямку гнатології. Медицина та фармація: освітні дискурси. 2025. (2). 70–78. doi: 10.32782/eddiscourses/2025-2-4.
 - Kaniura O.A., Stuchynska N.V., Prokhorenko I.A. Formation of readiness for professional activity of future dentists on the basis of interdisciplinary integration. Wiad Lek. 2025. 78(5). P. 1058–1064. doi: 10.36740/WLek/205369.
4. Базова установа, яка проводить впровадження: Івано-Франківський національний медичний університет.
5. Де впроваджено: Кафедра медичної інформатики, медичної та біологічної фізики.
6. Термін впровадження: 2022-2025 н.р.
7. Форма впровадження: результати дослідження впроваджено у навчальний процес підготовки майбутніх магістрів стоматології.
8. Ефективність впровадження у відповідності з критеріями, викладеними у джерелі інформації: впровадження результатів дисертаційного дослідження Прохоренка І.А. на тему «Методика інтеграції знань з механіки та біомеханіки у професійній підготовці магістрів стоматології» в освітній процес дозволило поглибити інтеграцію знань з механіки та біомеханіки, орієнтованої на підвищення якості професійної підготовки майбутніх магістрів стоматології. Результати наукового дослідження отримали схвальні відгуки під час їх обговорення на засіданні кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики (протокол № 5 від 10.11.2025 року).
9. Зауваження, пропозиції: зауважень немає, пропозиції не вносились.

Відповідальна за впровадження: доцент кафедри медичної інформатики, медичної та біологічної фізики, кандидат педагогічних наук Остапович Н.В.

Завідувач кафедри
медичної інформатики,
медичної та біологічної фізики,
доктор біологічних наук, професор



М.І. Мойсесенко

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Прохоренко І.А. Інтеграція знань з біомеханіку в професійну підготовку магістрів стоматології. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (1). С. 45–50. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-1-7.
2. Матвієнко М.М., **Прохоренко І.А.** Використання технологій комп'ютеризованого навчання, доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальностей у доклінічній стоматологічній освіті. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2024. (4). С. 70–78. doi: 10.32782/eddiscourses/2024-4-12
3. Стучинська Н.В., Андрійчук М.Д., **Прохоренко І.А.** Компоненти STEM-освіти у підготовці майбутніх фахівців галузі охорони здоров'я. *Наукові записки: Педагогічні науки*. 2025. 159. С. 129–139. doi: 10.31392/NZ-udu-159.2025.13.
4. Стучинська Н., Костюк Т., Мельник Б, **Прохоренко І.** Конструювання змісту вибіркового навчальних дисциплін, орієнтованих на підготовку фахівців у сфері ортодонції, зокрема в напрямку гнатології. *Медицина та фармація: освітні дискурси*. 2025. (2). 70–78. doi: 10.32782/eddiscourses/2025-2-4.
5. Храпійчук Г., Стучинська Н., **Прохоренко І.** Створення навчальних відео в процесі проєктної діяльності студентів. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2025. 2(83). С.79–90. doi: 10.28925/1609-8595.2025.2.

Статті у зарубіжних виданнях

6. Kaniura O.A., Stuchynska N.V., **Prokhorenko I.A.** Formation of readiness for professional activity of future dentists on the basis of interdisciplinary integration. *Wiad Lek*. 2025. 78(5). P. 1058–1064. doi: 10.36740/WLek/205369.
7. Stuchynska N.V., Palamarchuk Y.V., **Prokhorenko I.A.** Research of the professional training of masters of dentistry during the pandemic and martial state. *Wiad Lek*. 2023. 76(4) P. 781.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Стучинська Н., Храпійчук Г., **Прохоренко І.** Соціальні мережі як дидактичний інструмент у процесі навчання природничих дисциплін. *Матеріали*

XVIII Міжнародної науково-практичної інтернет конференції «Проблеми та інновації в математичній, цифровій, природничій і професійній освіті». Кропивницький, 2024. С. 240–242.

9. **Прохоренко І.** Інтеграція медичної та біологічної фізики з фаховими дисциплінами у системі підготовки майбутніх магістрів стоматології Розвиток природничих наук як основа новітніх досягнень у медицині: матеріали IV науково-практичної інтернет конференції, м. Чернівці, 19 червня 2024 р. / за ред. В. І. Федіва – Чернівці: БДМУ, 2024. – 311 с. , с. 287 – 289

10. Стучинська Н.В., **Прохоренко І.А.** Віртуальні симулятори LABSTER В процесі підготовки майбутніх магістрів стоматології. *Український науково-медичний молодіжний журнал (Спеціальний випуск)*. 2022. Том 135, № 4. С 72–73.

Програми та силабуси навчальних дисциплін

11. Стучинська Н.В., Костюк Т.М., Мельник Б.М., Храпійчук Г.В., **Прохоренко І.А.** Робоча програма навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології» за напрямом підготовки фахівців другого (магістерського) рівня освіти, спеціальності 221 «Стоматологія». Київ: Друкарня НМУ, 2025. 20 с.

12. Стучинська Н.В., Костюк Т.М., Мельник Б.М., Храпійчук Г.В., **Прохоренко І.А.** Силабус навчальної дисципліни «Біомеханіка зубо-щелепного апарату. Фізичні основи гнатології» за напрямом підготовки фахівців другого (магістерського) рівня освіти, спеціальності 221 «Стоматологія». Київ: Друкарня НМУ, 2025. 13 с.