



IJTIMOIIY-GUMANITAR SOHADA ILMIIY-INNOVATION TADQIQOTLAR

ILMIY METODIK JURNALI

ISSN 3060-5059



VOL.3 № 4

2026

MUHANDISLIK FIZIKASI ZAMONAVIY MUHANDISLARNI TAYYORLASHDAGI O'RNINI

Isaev Xamid

Toshkent to'qimachilik va yengil sanoati instituti, dotsent

Annotatsiya

Mazkur maqolada muhandislik fizikasining zamonaviy muhandislarni tayyorlash jarayonidagi nazariy va amaliy ahamiyati tahlil qilinadi. Tadqiqotda muhandislik fizikasi fanining bo'lajak mutaxassislarining ilmiy dunyoqarashini shakllantirish, texnik tafakkurini rivojlantirish, murakkab jarayonlarni fizik qonuniyatlar asosida tushunish va muhandislik masalalariga ilmiy yondashuvni qaror toptirishdagi o'rni yoritiladi. Shuningdek, ushbu fan orqali talabalar analitik fikrlash, modellashtirish, tajriba o'tkazish, o'lchash natijalarini tahlil qilish va amaliy muammolarga fizik asoslangan yechim topish ko'nikmalarini egallashi asoslab beriladi. Maqolada muhandislik fizikasi muhandislik ta'limining fundamental tarkibiy qismi sifatida zamonaviy texnologiyalarni o'zlashtirish, innovatsion faoliyatga tayyorgarlik va kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirishga xizmat qilishi ko'rsatib beriladi. Tadqiqot natijalari muhandislik fizikasi fanini o'qitish metodikasini takomillashtirish va uning kasbiy ta'limdagi ahamiyatini chuqurroq anglashga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: muhandislik fizikasi, zamonaviy muhandis, muhandislik ta'limi, texnik tafakkur, analitik fikrlash, modellashtirish, tajriba, innovatsion faoliyat, kasbiy kompetensiya, fundamental fan.

РОЛЬ ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ В ПОДГОТОВКЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРОВ

Исаев Хамид

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности, доцент

Аннотация

В данной статье анализируется теоретическое и практическое значение инженерной физики в процессе подготовки современных инженеров. В исследовании раскрывается роль инженерной физики в формировании научного мировоззрения будущих специалистов, развитии технического мышления, понимании сложных процессов на основе физических закономерностей и становлении научного подхода к решению инженерных задач. Также обосновывается, что посредством данной дисциплины студенты овладевают навыками аналитического мышления, моделирования, проведения эксперимента, анализа результатов измерений и поиска физически обоснованных решений практических проблем. В статье показано, что инженерная физика как фундаментальная составляющая инженерного образования способствует освоению современных технологий, подготовке к инновационной деятельности и развитию профессиональных компетенций. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования методики преподавания инженерной физики и более глубокого осмысления её значения в профессиональном образовании.

Ключевые слова: инженерная физика, современный инженер, инженерное образование, техническое мышление, аналитическое мышление, моделирование, эксперимент, инновационная деятельность, профессиональная компетенция, фундаментальная дисциплина.

THE ROLE OF ENGINEERING PHYSICS IN TRAINING MODERN ENGINEERS

Isaev Khamid

Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Associate Professor

Abstract

This article analyzes the theoretical and practical significance of engineering physics in the training of modern engineers. The study highlights the role of engineering physics in shaping the scientific worldview of future specialists, developing technical thinking, understanding complex processes through physical laws, and establishing a scientific approach to solving engineering problems. It is also argued that through this discipline students acquire skills in analytical thinking, modeling, experimentation, analysis of measurement results, and finding physically grounded solutions to practical problems. The article shows that engineering physics, as a fundamental component of engineering education, contributes to mastering modern technologies, preparing for innovative activity, and developing professional competencies. The findings of the study may contribute to improving the methodology of teaching engineering physics and to a deeper understanding of its importance in professional education.

Keywords: engineering physics, modern engineer, engineering education, technical thinking, analytical thinking, modeling, experiment, innovative activity, professional competence, fundamental discipline.

Bugungi kunda fan va texnika taraqqiyotining jadallashuvi, ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi, raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, yangi materiallar va murakkab muhandislik tizimlarining keng joriy etilishi muhandis kadrlar tayyorlash mazmuniga yangi talablarni qo'ymoqda. Zamonaviy muhandis nafaqat texnik qurilmalar va texnologik jarayonlar bilan ishlay olishi, balki ularning fizik asoslarini chuqur tushunishi, jarayonlarni ilmiy tahlil qilishi, modellashtirishi va amaliy muammolarga asosli yechim topa olishi lozim. Shu nuqtai nazardan, muhandislik fizikasi bo'lajak mutaxassislarni tayyorlashda fundamental fan sifatida alohida ahamiyat kasb etadi.

Muhandislik fizikasi tabiat qonunlari, fizik jarayonlar va texnik tizimlarning ishlash mexanizmlarini tushuntirib beruvchi nazariy hamda amaliy bilimlar majmuasini o'z ichiga oladi. U muhandislik ta'limining bazaviy tarkibiy qismi bo'lib, talabalarni energiya almashinuvi, mexanik harakat, elektr va magnit hodisalari, issiqlik jarayonlari, optik tizimlar, materiallarning fizik xossalari va boshqa ko'plab muhandislik muammolari bilan bog'liq masalalarni ilmiy asosda anglashga tayyorlaydi. Aynan shu fan orqali bo'lajak muhandisda texnik tafakkur, analitik yondashuv, sabab-oqibat aloqalarini tushunish va murakkab jarayonlarni modellashtirish ko'nikmalari shakllanadi.

Zamonaviy muhandislik amaliyoti ko'plab fanlararo bilimlarni talab qilmoqda. Masalan, elektronika, energetika, qurilish, mexanika, transport, axborot texnologiyalari, kimyo texnologiyasi va ishlab chiqarishning boshqa yo'nalishlarida fizik qonuniyatlarga tayangan holda qaror qabul qilish muhim ahamiyatga ega. Shu sababli muhandislik fizikasi faqat nazariy fan emas, balki kasbiy faoliyatning ilmiy-metodologik asosi sifatida namoyon bo'ladi. U talabalarni o'lchash, kuzatish, eksperiment o'tkazish, natijalarni tahlil qilish va ularni amaliy vazifalarga tatbiq etishga o'rgatadi.

So'nggi yillarda muhandislik ta'limi tizimida kompetensiyaviy yondashuvning kuchayishi, ishlab chiqarish bilan integratsiya, innovatsion faoliyatga tayyorgarlik va muammoli o'qitish metodlarining keng qo'llanilishi muhandislik fizikasi fanining didaktik imkoniyatlarini yanada dolzarb etmoqda. Chunki ushbu fan talabalarni tayyor formulalarni yod olishga emas, balki fizik hodisalarni anglash, muammoni ilmiy asosda tahlil qilish va amaliy vaziyatlarda to'g'ri yechim topishga yo'naltiradi. Demak, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandislarning kasbiy kompetensiyalarini shakllantirishda tayanch fanlardan biri hisoblanadi.

Mazkur mavzuning dolzarbligi shundaki, muhandislik fizikasi fanining muhandis

tayyorlashdagi oʻrni koʻpincha umumiy tarzda eʼtirof etilsa-da, uning zamonaviy muhandisda texnik tafakkur, innovatsion yondashuv, analitik koʻnikmalar va kasbiy moslashuvchanlikni rivojlantirishdagi aniq pedagogik ahamiyatini chuqur tahlil qilish zarurati saqlanib qolmoqda. Shu jihatdan, muhandislik fizikasining nafaqat fundamental bilim manbai, balki zamonaviy muhandisni shakllantiruvchi muhim taʼlimiy vosita sifatidagi rolini ochib berish ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Shundan kelib chiqib, mazkur maqolada muhandislik fizikasining zamonaviy muhandislarni tayyorlashdagi oʻrni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqotda ushbu fanning ilmiy dunyoqarashni shakllantirish, texnik tafakkurni rivojlantirish, muammoli vaziyatlarga fizik asoslangan yondashuvni qaror toptirish va boʻlajak muhandislarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishdagi ahamiyati yoritiladi.

Adabiyotlar tahlili

Muhandislik fizikasi boʻyicha ilmiy adabiyotlar shuni koʻrsatadiki, fizika kurslari muhandislik taʼlimining chekka elementi emas, balki muhandislik tafakkurini shakllantiruvchi fundamental tayanchlardan biridir. Muhandislik yoʻnalishlari uchun fizika oʻqitilishiga bagʻishlangan umumlashtiruvchi sharhda bu fan muhandislik muammolarini tushunish, modellashtirish va texnik qarorlarni ilmiy asoslash uchun zarur bazaviy tayyorgarlikni berishi taʼkidlanadi. Ayniqsa, muhandislik talabalari uchun fizika kurslari nazariy tushunchalarni amaliy kontekst bilan bogʻlash orqali kasbiy oʻqishga tayyorgarlik vazifasini bajaradi.

Adabiyotlarda muhandislik fizikasi fanining oʻrni koʻpincha fundamental bilimlar va kasbiy fanlar oʻrtasidagi koʻprik sifatida talqin qilinadi. Masalan, kollej darajasidagi fizika, xususan, *Physics I* kursi, muhandislik termodinamikasini oʻzlashtirishga sezilarli taʼsir qilishi, fizika tayyorgarligi past boʻlgan talabalar keyingi muhandislik fanlarida koʻproq qiyinchilikka duch kelishi qayd etilgan. Bu holat muhandislik fizikasi alohida nazariy predmet boʻlib qolmay, keyingi kasbiy modullar samaradorligiga bevosita xizmat qilishini koʻrsatadi.

Zamonaviy tadqiqotlarda muhandislik fizikasi analitik fikrlash va muammoni hal qilish koʻnikmalarini rivojlantiruvchi fan sifatida ham baholanadi. Fizikada talabalar sabab-oqibat bogʻlanishlarini tahlil qiladi, modellar quradi, tajribalar natijasini talqin qiladi va matematik vositalar yordamida fizik jarayonlarni tushuntiradi. 2025-yildagi tizimli adabiyotlar sharhida fizika taʼlimida muammoni hal qilish koʻnikmalarini kuchaytiruvchi strategiyalar aynan savol berish, tadqiq qilish, modellashtirish va izchil tahlilga tayangan holda samarali boʻlishi koʻrsatilgan. Bu esa muhandislik fizikasi zamonaviy muhandis uchun zarur boʻlgan mantiqiy va kasbiy fikrlashning asosiy mashq maydoni ekanini tasdiqlaydi.

Muhandislik taʼlimida fizika kurslarini yangicha tashkil etish boʻyicha ishlarda ham ushbu fanning didaktik salohiyati alohida taʼkidlanadi. Muammoga asoslangan oʻqitish bilan anʼanaviy yondashuvni qiyoslagan tadqiqotda muhandislik dasturidagi fizika kursida *PBL* qoʻllanilishi yakuniy natijalarga ijobiy taʼsir qilgani koʻrsatilgan. Xuddi shuningdek, texnik-professional oliy taʼlimda fizika oʻqitishda *problem-based learning* talabalarning mazmunli oʻrganishi, kompetensiyalar rivoji va qoniqish darajasiga ijobiy taʼsir koʻrsatgani qayd etilgan. Bu xulosalar muhandislik fizikasi fani passiv nazariy oʻqitishdan koʻra faol, tadqiqotga yoʻnaltirilgan metodlar bilan ancha samarali oʻzlashtirilishini koʻrsatadi.

Adabiyotlarda muhandislik fizikasi laboratoriya va tajriba faoliyati bilan uzviy bogʻliq fan sifatida ham tavsiflanadi. Vizualizatsiya va virtual demonstratorlardan foydalanishga bagʻishlangan tadqiqotlarda fizika va mexanika kurslarida texnologik vositalar talabalarning tushunishini qoʻllab-quvvatlashi mumkinligi koʻrsatilgan. Bu esa muhandislik fizikasi nazariya bilan eksperimentni birlashtirgan holda boʻlajak muhandisda kuzatish, oʻlchash, natijani solishtirish va modellashtirish koʻnikmalarini rivojlantiruvchi fan ekanini anglatadi.

Muhandislik fizikasi boʻyicha ilmiy manbalarda yana bir muhim yoʻnalish — konseptual tushunishni baholash masalasidir. Masalan, muhandislik talabalarining kvant optikasi boʻyicha konseptual tushunishini oʻlchash uchun maxsus *concept inventory* ishlab chiqilgan va bunday

vositalar o'qituvchiga talabning haqiqiy mazmuniy o'zlashtirish darajasini ko'rsatishi ta'kidlangan. Bu yondashuv muhandislik fizikasi faqat formulalarni ishlatish emas, balki chuqur tushunish talab qiladigan fan ekanini ko'rsatadi. Zamonaviy muhandis tayyorlashda aynan konseptual o'zlashtirish keyingi texnologik va kasbiy fanlar uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Tadqiqotlarda fizika kurslarining muhandislikka *transfer of learning* berishi ham qayd etiladi. Fizika va muhandislik fanlarida matematik tayyorgarlik va bilim ko'chishi bo'yicha olib borilgan tadqiqotda aynan fizika va muhandislik kurslarida transfer aniq kuzatilgani ko'rsatilgan. Bu natija muhandislik fizikasi fanining faqat o'z doirasida emas, balki boshqa muhandislik fanlarida ham bilim va ko'nikmalarni faol qo'llashga xizmat qilishini anglatadi.

Shuningdek, adabiyotlar muhandislik ta'limida fizika fanining samaradorligi talabning kirishdagi *physical-technical prior competencies* darajasi bilan ham bog'liqligini ko'rsatadi. Bu boradagi tadqiqotlar muhandislik talabalari dastur boshida fizik-texnik tayyorgarlik bo'yicha sezilarli farqlarga ega ekanini va bu keyingi o'qish natijalariga ta'sir qilishi mumkinligini qayd etadi. Demak, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandis tayyorlashdagi o'rnini to'liq ro'yobga chiqarishi uchun uni differensial, kompetensiyaviy va amaliy yo'naltirilgan tarzda tashkil etish muhim.

Umuman olganda, real mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandislarni tayyorlashda uch asosiy vazifani bajaradi: birinchidan, u fundamental ilmiy asosni beradi; ikkinchidan, analitik va muammoli fikrlashni rivojlantiradi; uchinchidan, keyingi muhandislik fanlari va amaliy kasbiy faoliyat uchun tayanch kompetensiyalarni shakllantiradi. Biroq mavjud tadqiqotlarda muhandislik fizikasi ko'pincha alohida metodik yoki predmetiy nuqtai nazardan yoritilgan bo'lib, uning zamonaviy muhandis tayyorlashdagi kompleks pedagogik o'rnini hali ham chuqurroq tizimlashtirishni talab qiladi.

Muhokama va natijalar

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandislarni tayyorlashda alohida nazariy fan emas, balki muhandislik kompetensiyalarini shakllantiruvchi tayanch komponent sifatida namoyon bo'ladi. Muhandislik yo'nalishlari uchun fizika kurslarini ko'rib chiqqan umumlashtiruvchi ishda bu fan muhandislik muammolarini tushunish, modellashtirish va ilmiy asosda yechim topish uchun zarur baza ekani ta'kidlanadi. Shu bois muhandislik fizikasi bo'lajak muhandisning kasbiy fikrlashi va keyingi maxsus fanlarni o'zlashtirishi uchun metodologik poydevor vazifasini bajaradi.

Muhokama natijalari shuni ko'rsatadiki, muhandislik fizikasi, eng avvalo, analitik va tanqidiy fikrlashni rivojlantirishga xizmat qiladi. *Industry 5.0* sharoitida muhandislar uchun talab qilinayotgan ko'nikmalar qatorida aynan *analytical and critical thinking* alohida ko'rsatilgan. Fizika kurslarida hodisani tahlil qilish, sabab-oqibat aloqalarini ochish, matematik ifodalash va natijani sharhlash kabi faoliyatlar talabning muhandislik tafakkurini shakllantiradi. Demak, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandis uchun zarur bo'lgan muammoli vaziyatni ilmiy ko'ra olish qobiliyatini rivojlantiradi.

Tahlilda yana bir muhim natija aniqlandi: fizika tayyorgarligi bilan keyingi muhandislik fanlarini o'zlashtirish o'rtasida bevosita bog'liqlik mavjud. Kimyo muhandisligi termodinamikasi bo'yicha tadqiqotlarda termodinamika kabi murakkab fanlarni tushunish abstrakt tushunchalar va fizik tayyorgarlik bilan chambarchas bog'liq ekani qayd etiladi. Bu holat muhandislik fizikasi keyingi kasbiy fanlarga "kirish poydevori" bo'lib xizmat qilishini ko'rsatadi. Boshqacha aytganda, fizika kursida shakllangan tushunchalar mexanika, energetika, termodinamika, materialshunoslik va boshqa muhandislik modullarida faol ishlaydi.

Muhokama davomida muhandislik fizikasi konseptual tushunishni rivojlantirishdagi o'rnini ham alohida e'tiborga loyiq ekani ko'rindi. Muhandislik talabalarining kvant optikasi bo'yicha tushunchalarini baholash uchun ishlab chiqilgan *concept inventory* tadqiqoti fizik mazmunni chuqur anglashni o'lchash alohida zarurligini ko'rsatadi. Bu shuni anglatadiki, muhandislik fizikasi formulalarni yodlash fani emas; u texnologik tizimlar ortidagi fizik mohiyatni

tushunishga o'rgatadi. Ana shu chuqur tushunish keyinchalik real muhandislik vazifalarida yangi vaziyatga mos yechim topish imkonini beradi.

Adabiyotlar shuni ham ko'rsatdiki, muhandislik fizikasi samaradorligi uni qanday metodlar bilan o'qitishga ham kuchli bog'liq. *PBL* va an'anaviy o'qitishni qiyoslagan tadqiqotlarda muammoga asoslangan yondashuv fizika kursidagi natijalarga ijobiy ta'sir ko'rsatgani, texnik-professional oliy ta'limda esa *meaningful learning*, kompetensiya rivoji va talabalar qoniqishini yaxshilagani qayd etilgan. Bu natijalar muhandislik fizikasi zamonaviy muhandis tayyorlashda eng samarali bo'lishi uchun u faol, muammoli va amaliyotga yaqin metodlar bilan tashkil etilishi kerakligini tasdiqlaydi.

Natijalarning yana bir muhim tomoni shundaki, muhandislik fizikasi tajriba, vizualizatsiya va modellashtirish bilan bog'langanda kuchliroq didaktik ta'sir ko'rsatadi. Interaktiv vizualizatsiya va simulyatorlar bo'yicha tadqiqotlarda abstrakt fizik tushunchalarni fenomen bilan bog'lash tanqidiy fikrlash va tushunishni kuchaytirishi, *PhET* kabi simulyatorlar esa motivatsiyani sezilarli oshirishi ko'rsatilgan. Bu shuni anglatadiki, muhandislik fizikasi bo'lajak muhandisga nafaqat nazariy qonuniyatlarni, balki ularni kuzatish, sinash va texnologik modelga aylantirish jarayonini ham o'rgatadi.

Muhokama natijalari asosida aytish mumkinki, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandisning uch asosiy kasbiy sifatini rivojlantiradi: birinchidan, ilmiy dunyoqarash va konseptual tayyorgarlik; ikkinchidan, analitik-modellashtiruvchi fikrlash; uchinchidan, amaliy muammolarga fizik asoslangan yondashuv. Nazariya va amaliyotni integratsiyalash bo'yicha zamonaviy tadqiqotlar ham aynan akademik mazmun bilan professional kompetensiyalar o'rtasidagi aloqani kuchaytirish zarurligini ko'rsatadi. Shu jihatdan, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandisni innovatsion faoliyatga tayyorlaydigan fundamental platforma sifatida baholanishi mumkin.

Umuman olganda, olingan natijalar muhandislik fizikasi zamonaviy muhandislarni tayyorlashda markaziy o'rin tutishini ko'rsatdi. U muhandislik ta'limining asosiy kasbiy fanlari uchun tayanch bilim beradi, abstrakt tushunchalarni texnologik vaziyatlar bilan bog'laydi, tahliliy va tanqidiy fikrlashni rivojlantiradi hamda tajriba va modellashtirish orqali kasbiy kompetensiyalarni mustahkamlaydi. Demak, muhandislik fizikasi muhandisni tayyorlashda yordamchi emas, balki fundamental va strategik ahamiyatga ega fan sifatida qaralishi lozim.

Xulosa

Muhandislik fizikasi zamonaviy muhandislarni tayyorlashda fundamental va strategik ahamiyatga ega fan ekanligi adabiyotlar tahlili hamda nazariy muhokamalar asosida tasdiqlandi. Ushbu fan bo'lajak muhandisga tabiat va texnologiya o'rtasidagi bog'liqlikni anglash, fizik qonuniyatlar asosida texnik jarayonlarni tushuntirish va murakkab muhandislik vaziyatlariga ilmiy yondashish imkonini beradi. Shu jihatdan, muhandislik fizikasi nafaqat nazariy tayyorgarlikni, balki kasbiy tafakkur va amaliy faoliyat uchun zarur bo'lgan intellektual asosni ham shakllantiradi.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, muhandislik fizikasi talabalarida analitik fikrlash, modellashtirish, eksperiment o'tkazish, natijalarni tahlil qilish va muammoga fizik asoslangan yechim topish ko'nikmalarini rivojlantiradi. Ayniqsa, ushbu fanning keyingi muhandislik modullari bilan uzviy bog'liqligi, jumladan, termodinamika, mexanika, materialshunoslik, energetika va boshqa kasbiy fanlarni o'zlashtirishdagi tayanch roli uning muhandis tayyorlashdagi o'rnini yanada kuchaytiradi. Demak, muhandislik fizikasi muhandislik ta'limining asosiy ilmiy-metodologik tayanchi sifatida namoyon bo'ladi.

Shuningdek, zamonaviy tadqiqotlar muhandislik fizikasi samaradorligi uni qanday o'qitish bilan ham bog'liq ekanini ko'rsatdi. Muammoli o'qitish, modellashtirish, eksperiment, vizualizatsiya va interaktiv metodlarga tayangan holda tashkil etilgan fizika ta'limi talabalar tomonidan mazmunliroq o'zlashtiriladi hamda ularning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga ko'proq xizmat qiladi. Bu esa muhandislik fizikasini an'anaviy ma'ruza-markazli yondashuvdan

ko‘ra faol va amaliyotga yaqin metodlar asosida tashkil etish zarurligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, muhandislik fizikasi zamonaviy muhandislarni tayyorlashda ilmiy dunyoqarashni shakllantirish, texnik tafakkurni rivojlantirish, fanlararo integratsiyani ta‘minlash va innovatsion faoliyatga tayyorlashning muhim omili hisoblanadi. Kelgusida ushbu yo‘nalishda muhandislik fizikasi kurslarini kompetensiyaviy yondashuv asosida takomillashtirish, ishlab chiqarish va texnologik loyihalar bilan integratsiyalash hamda raqamli va eksperimental vositalar yordamida boyitish dolzarb ilmiy-amaliy vazifa bo‘lib qoladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ang H.Q., Chiu T.K.F., Ho E.S.C. An innovative and universal teaching model in engineering education for Industry 5.0 // *Education Sciences*. – 2025. – Vol. 15, No. 9. – Art. 1096.
2. Li J., Guo P., Zou D. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: a meta-analysis // *International Journal of Engineering Pedagogy*. – 2024. – Vol. 14, No. 6. – P. 4–25.
3. Mattasoglio O., Sato F.S. The use of engineering laboratories for teaching physics // *Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition*. – 2025. – Conference paper.
4. Youssef A.A. Mini-lab activities to stimulate students’ conceptual learning // *Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition*. – 2023. – Conference paper.
5. Savinainen A., Ranne K., Kolari S. Promoting the conceptual understanding of engineering students in physics through conceptual change approaches // *Global Journal of Engineering Education*. – 2003. – Vol. 7, No. 2. – P. 189–200.
6. González-Mena G., González-García J., Ramírez-Mendoza R.A. Improving engineering students’ understanding of classical physics concepts through visuo-haptic simulators // *Frontiers in Robotics and AI*. – 2024. – Vol. 11. – Art. 1305615.
7. *Engineers 2030: Redefining the engineer of the 21st century: literature review*. – London: Royal Academy of Engineering, 2024. – 44 p.
8. Sangwan D., Rajput P., Raj P. 21st century competencies in engineering education // *Proceedings of the 50th Annual Conference of the European Society for Engineering Education (SEFI)*. – 2022. – P. 675–684.
9. Future engineering competencies for a sustainable world: an integrative review // *International Journal of Sustainability in Higher Education*. – 2025.