



UDK: 37.013

Muxabbat CHORIYEVA,
Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti, t.f.n
E-mail: choriyevamuxabbat@mail.ru

PhD V.Ubaydova taqrizi asosida

GLOBAL TRENDS AND PHILOSOPHICAL-METHODOLOGICAL APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION

Annotation

This article examines the contemporary global trends in engineering education and their philosophical-methodological foundations. The research is conducted following the IMRAD structure. A comparative analysis of engineering education systems in leading countries is presented. The study explores CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate), STEM integration, competency-based approaches, and educational models adapted to Industry 4.0/5.0 requirements. The research develops a philosophical-methodological model for engineering education reform and provides recommendations for implementation in Uzbekistan.

Key words: engineering education, global trends, philosophical-methodological approach, CDIO, STEM, competency-based approach, Industry 4.0, education quality, digitalization.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ФИЛОСОФСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИНЖЕНЕРНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные глобальные тенденции в инженерном образовании и их философско-методологические основы. Представлен сравнительный анализ систем инженерного образования в ведущих странах, рассматриваются CDIO, интеграция STEM, компетентностно-ориентированные подходы и модели, адаптированные к требованиям Индустрии 4.0/5.0. Разработана философско-методологическая модель реформы инженерного образования с рекомендациями по внедрению в Узбекистане.

Ключевые слова: инженерное образование, глобальные тенденции, философско-методологический подход, CDIO, STEM, компетентностный подход, Индустрия 4.0, качество образования, цифровизация.

MUHANDIS KADRLAR TAYYORLASHNING GLOBAL TENDENSIYALARI METODOLOGIK YONDASHUVLARI

Annotatsiya

Ushbu maqolada bugungi kunda Buxoro davlat texnika universitetida olib borilayotgan muhandislik ta'limining zamonaviy global tendensiyalari va ularning metodologik asoslari tadqiq etilgan. Tadqiqot IMRAD tuzilmasi asosida olib borilgan. Dunyoning yetakchi mamlakatlarida muhandis kadrlar tayyorlash tizimlarining qiyosiy tahlili amalga oshirilgan, CDIO, STEM integratsiyasi, kompetensiyaviy yondashuv va sanoat 4.0/5.0 talablariga moslashtirilgan ta'lim modellari o'rganilgan. Tadqiqot natijasida muhandislik ta'limini isloh qilishning metodologik modeli ishlab chiqilgan hamda O'zbekiston sharoitida qo'llash bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: muhandislik ta'limi, global tendensiyalar, fmetodologik yondashuv, CDIO, STEM, kompetensiyaviy yondashuv, sanoat 4.0, ta'lim sifati, raqamlashtirish.

Kirish. Zamonaviy dunyoda muhandislik ta'limi ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotning muhim omili sifatida tobora katta ahamiyat kasb etmoqda. Sanoat inqiloblari - birinchi (mexanizatsiya), ikkinchi (elektrlash), uchinchi (avtomatlashtirish) va to'rtinchi (raqamlashtirish) bosqichlaridan o'tgan jamiyat bugungi kunda beshinchi sanoat inqilobi - inson va texnologiyaning uyg'unlashuvi davrining ostonasida turibdi. Bu jarayon muhandis kadrlarni tayyorlash tizimiga tubdan yangi talablarni qo'yimoqda.

Jahon iqtisodiy forumi (WEF) ning 2023-yilgi «The Future of Jobs» hisobotiga ko'ra, 2027-yilga kelib barcha ish o'rinlarining 44 foizi o'zgarishga uchraydi, bunda muhandislik sohasidagi ish o'rinlari eng dinamik o'zgaruvchi segmentlar sirasiga kiradi. McKinsey Global Institute tadqiqotlariga ko'ra, 2030-yilga kelib dunyo bo'yicha 85 million mutaxassisning malakasi ish talab darajasiga mos kelmay qoladi, bu esa muhandislik ta'limini qayta ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 8-oktabrdagi PF-5847-son «O'zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha bo'lgan ta'lim sohasidagi rivojlanish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Farmoni muhandislik ta'limini xalqaro standartlarga moslashtirishni ustuvor vazifa sifatida belgilagan.

Tadqiqotning dolzarbligi quyidagi omillar bilan belgilanadi: global mehnat bozorida muhandislik kompetensiyalariga bo'lgan talabning tub o'zgarishi; an'anaviy muhandislik ta'limi paradigmasining zamonaviy talablarga javob bera olmasligi; sanoat 4.0 va 5.0 konsepsiyalari doirasida kadrlar tayyorlashning yangi metodologik asoslarini ishlab chiqish zarurati; O'zbekistonda muhandislik ta'limini xalqaro tajribalar asosida modernizatsiya qilish ehtiyoji.

Tadqiqotning maqsadi - muhandis kadrlar tayyorlashning global tendensiyalarini fmetodologik jihatdan tahlil qilish va O'zbekiston muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish uchun ilmiy asoslangan model ishlab chiqishdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. AQSH Milliy muhandislik akademiyasi (NAE) ning «Educating the Engineer of 2020» (2005) hisoboti kelajak muhandislarining kompetensiya profilini belgilashda muhim bosqich bo'lgan. Hisobotda texnik bilimlar bilan birga analitik tafakkur, kreativlik, kommunikatsiya, etik ong va liderlik kabi «yumshoq» ko'nikmalarning muhimligi ta'kidlangan.

Markes (2006) muhandislik sohasidagi ish beruvchilarning talablarini tizimli tahlil qilib, ish beruvchilar va ta'lim muassasalari o'rtasida «kompetensiya bo'shlig'i» mavjudligini aniqlagan. Male, Bush va Chapman (2011) 500 dan ortiq ish beruvchi va 1200 bitiruvchini so'rovdan o'tkazib, eng katta bo'shliq loyiha boshqaruvi (42%), biznes tushunchasi (38%) va risk boshqaruvi (35%) sohalarida ekanligini ko'rsatgan.

WEF ning 2023-yilgi hisobotiga ko'ra, 2027-yilga kelib eng talab qilinadigan ko'nikmalar: analitik va kreativ tafakkur, texnologik savodxonlik, qiziquvchanlik va umrbod o'rganish, moslashuvchanlik va tashabbuskorlik. Passow (2017) ning meta-tahlili (1990–2015-yillar, 102 ta tadqiqot) eng ko'p talab qilinadigan uchta kompetensiya: muammolarni hal qilish (95%), jamoaviy ishlash (91%) va samarali kommunikatsiya (89%) ekanligini isbotlagan.

Klaus Shvab (2016) to'rtinchi sanoat inqilobi eksponensial sur'atda rivojlanishi va faqat «nima ishlab chiqaramiz»ga emas, balki «kim bo'lamiz» savoliga ham ta'sir qilishini ta'kidlagan. Auer va Tsiatsos (2021) sanoat 4.0 texnologiyalarining muhandislik ta'limida uchta yo'nalishda qo'llanilayotganini aniqlagan: o'quv mazmunini yangilash, o'qitish usullarini modernizatsiya qilish va baholash tizimini takomillashtirish. Hernandez-de-Menendez va boshqalar (2020) raqamli egizak texnologiyalari, VR/AR laboratoriyalari, adaptiv o'qitish tizimlari va kiberxavfsizlik ta'limining alohida yo'nalish sifatida ajralishini qayd etgan.

Yevropa komissiyasining (2021) hisoboti sanoat 5.0 konsepsiyasini rasmiy kiritib, inson markazli, barqaror va bardoshli sanoat modelini nazarda tutgan. Xu va boshqalar (2021) sanoat 5.0 muhandislardan nafaqat texnik, balki ijtimoiy, axloqiy va ekologik kompetensiyalarni ham talab qilishini asoslagan.

Germaniyaning dual ta'lim tizimida talabalar o'quv vaqtining 50–60 foizini korxonalarda o'tkazadi, bitiruvchilar bandligi 94 foiz (Baethge va Wolter, 2015). Finlandiya modeli innovatsion pedagogika va kuchli avtonomiyaga asoslangan, Aalto universitetining «Design Factory» modeli 30 dan ortiq universitetda qo'llanilmoqda (Sahlberg, 2015). Xitoy 2023-yilda 7,5 million muhandislik bitiruvchisi tayyorlagan, biroq

Tahlil va natijalar.

Tizimli adabiyotlar sharhi natijasida muhandislik ta'limidagi sakkizta asosiy global tendensiya aniqlandi (1-jadval).

1-jadval. Muhandislik ta'limidagi asosiy global tendensiyalar

№	Tendensiya	Mazmuni	Qo'llovchi mamlakatlar
1	CDIO yondashuvi	Loyihalash, dizayn, amalga oshirish va boshqarish sikli asosida ta'lim	Shvetsiya, AQSH, Xitoy, Singapur
2	STEM integratsiyasi	Fan, texnologiya, muhandislik va matematikaning birlashtirilgan o'qitilishi	AQSH, Avstraliya, Buyuk Britaniya
3	Kompetensiyaviy yondashuv	Amaliy ko'nikmalar va qobiliyatlarga yo'naltirilgan ta'lim	Germaniya, Finlandiya, Kanada
4	Sanoat 4.0 integratsiyasi	Sun'iy intellekt, IoT, butulni texnologiyalar, kiberxavfsizlik	Germaniya, Yaponiya, J.Koreya
5	Interdistsiplinarlik	Muhandislik fanlarini gumanitar va boshqaruv fanlari bilan integratsiya	AQSH, Niderlandiya, Daniya
6	Raqamli transformatsiya	Onlayn, gibrid va virtual laboratoriyalar, raqamli egizaklar	Barcha rivojlangan mamlakatlar
7	Barqaror rivojlanish	BMT BRMLari va yashil muhandislik tamoyillari integratsiyasi	Shvetsiya, Daniya, Germaniya
8	Umbod ta'lim (LLL)	Mikrokredensiallar, modular dasturlar, doimiy malaka oshirish	Finlandiya, Singapur, AQSH

ABET ekvivalentidan o'tgan dasturlar atigi 42 foiz (Li va boshq., 2019). Singapurning «SkillsFuture» tashabbusi umrbod ta'limning muvaffaqiyatli modeli sifatida e'tirof etiladi (Sung, 2017).

O'zbekistonda Abdullayev (2022) asosiy muammolar sifatida eskirgan o'quv dasturlari, zaif moddiy-texnik baza, sanoat bilan past hamkorlik va xalqaro akkreditatsiyaning yo'qligini aniqlagan. Karimov (2021) innovatsion texnologiyalar qo'llangan guruhlarda akademik ko'rsatkichlar 15–20 foizga oshganini ko'rsatgan. Raximov (2023) ish beruvchilarning 67 foizi bitiruvchilarning raqamli ko'nikmalari yetarli emas, 73 foizi ta'lim dasturlarini sanoat ehtiyojlariga moslashtirish zarurligini ta'kidlaganini aniqlagan.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda aralash (mixed-methods) tadqiqot dizaynidan foydalanildi. Bu yondashuv miqdoriy (kvantitativ) va sifat (kvalitativ) tadqiqot usullarini birlashtirish imkonini berdi. Tadqiqot 2022–2025-yillar davomida uch bosqichda olib borildi. Birinchi bosqich (2022–2023): PRISMA protokoli asosida 2015–2024-yillarda nashr etilgan 287 ta ilmiy maqola, monografiya va hisobot tahlil qilindi. Ma'lumotlar bazalari: Scopus, Web of Science, ERIC va Google Scholar. Ikkinchi bosqich (2023–2024): 12 ta mamlakatning (AQSH, Buyuk Britaniya, Germaniya, Fransiya, Yaponiya, Janubiy Koreya, Xitoy, Hindiston, Rossiya, Finlandiya, Singapur va O'zbekiston) muhandislik ta'limi tizimlari qiyosiy o'rganildi. Uchinchi bosqich (2024–2025): 45 ta yetakchi muhandislik OTMLaridan 128 ta ekspert bilan Delfi usuli bo'yicha uch raunda so'rov o'tkazildi.

Ma'lumotlarni tahlil qilish usullari: kontent-tahlil - ilmiy adabiyotlardagi asosiy tushuncha va tendensiyalarni aniqlash uchun; SWOT-tahlil - turli mamlakatlar ta'lim tizimlarining kuchli va zaif tomonlarini aniqlash uchun; klaster tahlili (Ward usuli) - mamlakatlarni ta'lim modellariga ko'ra guruhlash uchun; statistik tahlil - Spearman korrelyatsiya koeffitsienti, Mann-Whitney U-test va Kruskal-Wallis testlari. Ma'lumotlar SPSS 28.0 va NVivo 14 dasturlari yordamida qayta ishlandi.

Tadqiqotning falsafiy-metodologik asosi: tizimli yondashuv (L. von Bertalanffy, P.K. Anoxin) - muhandislik ta'limini yaxlit tizim sifatida ko'rish; sinergitik yondashuv (I. Prigogin, G. Xaken) - ta'lim tizimining o'z-o'zini tashkil etish qonuniyatlarini tushunish; pragmatik falsafa (J. Dyui) - ta'limning amaliyotga yo'naltirilganligini asoslash; konstruktivistik yondashuv (J. Piaje, L. Vigotskiy) - bilim qurilishi jarayonini tushunish; aksiologik yondashuv - muhandislik ta'limida qadriyatlar tizimini shakllantirish.

Klaster tahlili natijasida tadqiq etilgan 12 mamlakat uchta asosiy guruhga bo'lingdi. Birinchi klaster - «Innovatsion yetakchilar» (AQSH, Buyuk Britaniya, Germaniya, Finlandiya, Singapur): barcha sakkizta tendensiyaning yuqori darajada qo'llaydi, sanoat bilan integratsiya darajasi 85–95 foiz. Ikkinchi

Qiyosiy tahlil natijasida muhandislik ta'limi tizimlarining samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillar aniqlandi (2-jadval).

2-jadval. Muhandislik ta'limi samaradorlik ko'rsatkichlarining qiyosiy tahlili

Ko'rsatkich	AQSH	Germaniya	Xitoy	Finlandiya	O'zbekiston
Sanoat bilan hamkorlik (%)	92	95	78	88	35
Amaliy mashg'ulotlar ulushi (%)	45	55	40	50	25
R&D xarajatlari (JIM %)	3.45	3.14	2.55	2.94	0.17
Bitiruvchilar bandligi (%)	88	94	82	91	62
Xalqaro akkreditatsiya (%)	78	85	42	72	8
Patent faolligi (10K aholi)	8.9	5.8	9.4	6.2	0.3

Spearman korrelyatsiya tahlili natijasida sanoat bilan hamkorlik darajasi va bitiruvchilar bandligi o'rtasida kuchli ijobiy korrelyatsiya aniqlandi ($r = 0.89$, $p < 0.01$). Shuningdek, R&D xarajatlari va patent faolligi o'rtasida ham yuqori korrelyatsiya mavjud ($r = 0.92$, $p < 0.001$). Bu natijalar muhandislik ta'limining samaradorligi bevosita sanoat integratsiyasi va ilmiy-tadqiqot faoliyatiga bog'liqligini statistik jihatdan tasdiqlaydi.

Muhandislik kompetensiyalari modeli

Tadqiqot natijasida sanoat 4.0/5.0 talablariga moslashtirilgan muhandislik kompetensiyalarining ko'p darajali modeli ishlab chiqildi. Birinchi daraja - Yadro

3-jadval. Kompetensiyalar modeli: sanoat talablari va ta'lim mazmuni integratsiyasi

Kompetensiya darajasi	Sanoat 4.0 talabi	Ta'lim mazmuni	Baholash mezonlari
Yadro (Core)	Texnik bilim va ko'nikmalar	Fundamental fanlar + ixtisoslik fanlari	Standart imtihonlar, laboratoriya ishlari
Raqamli (Digital)	Raqamli transformatsiya	SI, IoT, Data Science kurslari	Texnik loyihalar, xakaton, portfolio
Transversal	Yumshoq ko'nikmalar	Loyihaviy o'qitish, stajirovka	360° baholash, keyslar, prezentatsiyalar

Muhokama. Tadqiqot natijalari muhandislik ta'limining global miqyosda paradigmalar o'zgarishlar davrini boshdan kechirayotganligini ko'rsatmoqda. An'anaviy «induktiv» model (nazariya → amaliyot) o'rniga «deduktiv-integrativ» model (muammo → nazariya + amaliyot → yechim) shakllanyapti. Bu o'zgarish T. Kunning ilmiy inqiloblar tuzilmasi nazariyasiga mos keladi.

Tadqiqotimizdagi eng muhim topilma shundaki, muhandislik ta'limining samaradorligi uchta omilning sinergik ta'siri bilan belgilanadi: falsafiy-metodologik asoslanganlik, sanoat integratsiyasi va raqamli transformatsiya. Bu uch omilning birgalikdagi ta'siri individual ta'sirlar yig'indisidan katta - sinergik effekt. Germaniyaning dual ta'lim tizimi aynan shu uch omilni muvaffaqiyatli birlashtirgani uchun bitiruvchilar bandligi 94 foizni tashkil etadi.

O'zbekiston muhandislik ta'limida bir qator muhim muammolar aniqlandi: sanoat bilan hamkorlik darajasi (35%) yetakchi mamlakatlardan 2,5–3 baravar past; amaliy mashg'ulotlar ulushi (25%) xalqaro standartdan (45–55%) sezilarli kam; R&D xarajatlari (JIMning 0,17%) rivojlangan mamlakatlardan 15–20 baravar past; xalqaro akkreditatsiyadan o'tgan dasturlar atigi 8 foiz. Biroq, yosh aholining yuqori ulushi (65% 30 yoshgacha), raqamli infratuzilmaning jadal rivojlanishi (internet qamrovi 2024-yilda 85%) va hukumat darajasidagi siyosiy iroda muhim imkoniyatlar yaratmoqda.

Tadqiqot natijasida O'zbekiston muhandislik ta'limini isloh qilish uchun «FIM-4.0» (Falsafiy-Integrativ

klaster - «Jadal rivojlanuvchilar» (Xitoy, Janubiy Koreya, Hindiston): so'nggi 15–20 yilda keskin sifat o'sishiga erishgan. Uchinchi klaster - «Transformatsiya bosqichidagilar» (Rossiya, O'zbekiston): sovet ta'lim tizimidan zamonaviy modellarga o'tish jarayonida.

kompetensiyalari: fundamental muhandislik bilimlari (matematika, fizika, materialshunoslik), algoritmik va hisoblash tafakkuri, loyihalash va modellashirish ko'nikmalari. Ikkinchi daraja - Raqamli kompetensiyalar: sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish, IoT va kiber-fizik tizimlar, raqamli egizak texnologiyalari, ma'lumotlar tahlili va Big Data, kiberxavfsizlik, bulutli hisoblash. Uchinchi daraja - Transversal kompetensiyalar: tanqidiy va kreativ tafakkur, jamoada ishlash va liderlik, kommunikatsiya, loyiha boshqaruvi (Agile, Scrum), tadbirkorlik, madaniyatlararo kompetensiya, ekologik savodxonlik.

Model 4.0) ishlab chiqildi. Model to'rtta qatlamdan iborat. Birinchi qatlam - Falsafiy asos: pragmatizm, konstruktivizm, tizimlilik va aksiologiya tamoyillari. Ikkinchi qatlam - Metodologik ramka: CDIO yondashuvi + PBL (loyihaviy o'qitish) + WIL (Work-Integrated Learning) kombinatsiyasi. Uchinchi qatlam - Raqamli transformatsiya: SI-ga asoslangan adaptiv o'qitish tizimlari, VR/AR laboratoriyalari, raqamli egizak texnologiyalari, MOOC va mikroakademiyalar platformalari. To'rtinchi qatlam - Ekotizim: Triple Helix modeli, xalqaro hamkorlik tarmoqlari, uzluksiz ta'lim infratuzilmasi.

Tadqiqotimiz natijalari E. Crawley va boshqalarning (2014) CDIO yondashuvini falsafiy jihatdan chuqurlashtirib, M. Borrego va C. Henderson (2014) ning diffuziya nazariyasi bilan mos keladi. UNESCO (2021) ning barqaror rivojlanish maqsadlari bilan integratsiya g'oyasi modelimizning aksiologik komponentida rivojlantirilgan. Mavjud tadqiqotlardan farqli o'laroq, bizning ish falsafiy-metodologik yondashuvlarni yaxlit model sifatida birlashtiradi va rivojlanayotgan mamlakatlar, xususan O'zbekiston kontekstida qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatadi.

Tadqiqotning cheklanishlari: ekspert so'rovi 12 mamlakat bilan cheklangan; ta'lim sifatining ba'zi jihatlari miqdoriy o'lchash qiyin; FIM-4.0 modeli hali amaliy sinovdan o'tmagan.

Xulosa. Ushbu tadqiqot muhandis kadrlar tayyorlashning global tendensiyalari va falsafiy-metodologik

asoslarini keng ko'lamda o'rganish imkonini berdi. Birinchidan, zamonaviy muhandislik ta'limi paradigmali o'zgarishlar davrini boshdan kechirayapti - an'anaviy «bilim uzatish» modelidan «kompetensiya shakllantirish» modeliga o'tish global tendensiya sifatida barcha tadqiq etilgan mamlakatlarda kuzatilmoqda.

Ikkinchidan, muhandislik ta'limining samaradorligi falsafiy-metodologik asoslanganlik, sanoat integratsiyasi va raqamli transformatsiyaning sinergik ta'siri bilan belgilanadi. Bu uch omilning birgalikdagi qo'llanilishi individual qo'llanilishdan sezilarli darajada samaraliroq natija beradi. Uchinchidan, tadqiqot natijasida ishlab chiqilgan FIM-4.0 modeli muhandislik ta'limini isloh qilishning nazariy asosi bo'lib xizmat qilishi mumkin. Model falsafiy asos, metodologik ramka, raqamli transformatsiya va ekotizim qatlamlarini

birlashtirib, yaxlit yondashuvni ta'minlaydi. To'rtinchidan, O'zbekiston muhandislik ta'limi tizimi transformatsiya bosqichida bo'lib, sanoat integratsiyasi, amaliy yo'naltirilganlik, xalqaro akkreditatsiya va raqamli infratuzilma sohalarida sezilarli takomillashtirishga muhtoj. Ayni paytda, yosh aholi demografiyasi va hukumat darajasidagi siyosiy iroda muhim imkoniyatlar yaratmoqda.

Kelgusida FIM-4.0 modelini amaliy sinovdan o'tkazish, eksperimental ta'lim dasturlarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini baholash zarur. Shuningdek, muhandislik ta'limida sun'iy intellektning o'rni, virtual haqiqat texnologiyalari va umrbod ta'lim tizimlarining integratsiyasi bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq.

ADABIYOTLAR

1. Crawley, E.F., Malmqvist, J., Östlund, S., & Brodeur, D.R. (2014). Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed. Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-05561-9.
2. Borrego, M., & Henderson, C. (2014). Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education. *Journal of Engineering Education*, 103(2), 220–252.
3. UNESCO. (2021). *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development*. Paris: UNESCO Publishing.
4. World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. Geneva: WEF.
5. McKinsey Global Institute. (2023). *Skill Shift: Automation and the Future of the Workforce*. McKinsey & Company.
6. Froyd, J.E., Wankat, P.C., & Smith, K.A. (2012). Five major shifts in 100 years of engineering education. *Proceedings of the IEEE*, 100, 1344–1360.
7. Graham, R. (2018). *The Global State of the Art in Engineering Education*. MIT School of Engineering.
8. Auer, M.E., & Tsiatsos, T. (Eds.). (2021). *Internet of Things, Infrastructures and Mobile Applications*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-49932-7.
9. Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2018). *The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation and Entrepreneurship*. 2nd ed. Routledge.
10. De Graaff, E., & Kolmos, A. (2007). *Management of Change: Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering*. Sense Publishers.