TA’LIM MUHITIDA BO‘LAJAK MUHANDISLARNING ENERGIYA TEJAMKORLIGI VA SAMARADORLIGINI TA’MINLASH KOMPETENTLIGINI RIVOJLANTIRISH METODIKASI

Savriyev Shamshod Shuxrat o‘g‘li
BDTU, “Suniy intelekt va raqamlashtirish” kafderasi
stajyor-o‘qituvchisi
e-mail: savriyev95@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.23275271

Annotatsiya. Maqolada raqamli ta’lim muhitida bo‘lajak muhandislarning energiya tejamkorligi va samaradorligini ta’minlash kompetentligini rivojlantirishning strukturaviy-mazmuniy modeli va takomillashtirilgan metodikasi bayon etilgan. Model maqsadli, metodologik, mazmuniy, texnologik-jarayonli va diagnostik-natijaviy bloklardan iborat bo‘lib, unda raqamli ta’lim muhiti tizim hosil qiluvchi omil sifatida qaraladi. Metodikaning mazmuni to‘rtta o‘quv modulidan, jarayoni to‘rt bosqichdan iborat, yadroviy o‘quv texnologiyasi esa olti bosqichli virtual energetik auditdir. Baholash tizimi kompetentlikning to‘rtta komponentini ham qamrab oladi.

Kalit so‘zlar: energiya tejamkorligi, energiya samaradorligi, kompetentlik, bo‘lajak muhandis, raqamli ta’lim muhiti, strukturaviy-mazmuniy model, virtual energetik audit, metodika.

Kirish

Energiya resurslaridan oqilona foydalanish O‘zbekiston uchun alohida dolzarb masala. Mamlakat iqtisodiyotining energiya sig‘imi rivojlangan davlatlarnikidan yuqoriligicha qolmoqda, sanoat va kommunal infratuzilmaning katta qismi yangilanishga muhtoj [1]. 2024-yilda qabul qilingan “Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi Qonun energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirishni yagona huquqiy predmet sifatida mustahkamladi [2]. “Yashil” iqtisodiyotga o‘tish dasturida 2030-yilgacha sanoatda energiya samaradorligini kamida 20 foizga oshirish vazifasi belgilangan [3]. Yoqilg‘i-energetika sohasida “raqamli energonazorat” tizimi joriy etilayotgani [4] sababli muhandisdan avtomatlashtirilgan hisob tizimlarida ishlash va energetik ma’lumotlar asosida qaror qabul qilish ham talab etiladi. Bu vazifalarni energiya sarfini o‘lchay oladigan va tahlil qila oladigan, tejash choralarini hisob-kitob bilan asoslay oladigan muhandis bajaradi.

Texnik yo‘nalishdagi oliy ta’lim amaliyotini o‘rganish bir qator kamchiliklarni ko‘rsatdi. Energiya tejamkorligiga oid mazmun o‘quv rejalarida bir necha fan orasida tarqoq berilgan. U asosan bilim shaklida taqdim etiladi, talaba energetik audit o‘tkazish yoki energiya balansini tuzish tajribasiga ega bo‘lmaydi. Talabalar energiyani tejash zarurligini so‘zda tan oladi, ammo bu munosabat ularning kasbiy qarorlarida kam seziladi. Raqamli texnologiyalardan foydalanish ko‘pincha ma’ruza matnlarini platformaga joylash va testlarni avtomatlashtirish bilan cheklanadi, baholash esa asosan bilimni tekshiradi. Maqolaning maqsadi shu

kamchiliklarni bartaraf etishga qaratilgan modelni va takomillashtirilgan metodikani bayon etishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili va metodlar

Xorijiy tadqiqotlarda muammoga yaqin masalalar asosan barqaror rivojlanish kompetensiyalari doirasida o‘rganilgan. GreenComp doirasida barqarorlik kompetensiyasi to‘rtta soha va o‘n ikkita kompetensiya orqali tavsiflanadi [5], lekin unda energetik hisob-kitob, energiya balansini tuzish va energetik audit kabi muhandislik faoliyatiga xos jihatlar aks etmagan. E. Soto Acevedo va hammualliflari “Energiya samaradorligi” kursini kompetensiyaviy yondashuv asosida o‘qitishda muammoli va loyihaviy ta’lim hamda amaliy keyslar tahlilini qo‘llagan [6]. E. Forero-García va hammualliflari energetik kompetensiyalarni alohida fan doirasida emas, ta’lim dasturining har bir mavzusiga kiritishni taklif etgan [7]. I.D. Belonovskaya, A.V. Kostryukov va O.S. Manakova resurs tejash kompetensiyalarining kognitiv, motivatsion-qadriyatli va operatsion komponentlarini ajratgan [8], biroq ularning ishida raqamli ta’lim muhiti alohida didaktik omil sifatida qaralmagan.

Raqamli vositalarning samarasi tajribada tasdiqlangan. J. Li va W. Liang o‘tkazgan meta-tahlilga ko‘ra, muhandislik ta’limida virtual laboratoriyalarning umumiy ta’siri ijobiy, eng yuqori ko‘rsatkichlar o‘quv motivatsiyasi va o‘quv jarayoniga jalb etilganlik bo‘yicha qayd etilgan; shu bilan birga, virtual laboratoriyalar real laboratoriya ishlarining o‘rnini hozircha to‘liq bosa olmaydi [9]. Raqamli egizaklarni joriy etishga yuqori xarajatlar, infratuzilma talablari va o‘qituvchilar tayyorgarligi to‘sqinlik qiladi [10]. Ko‘rib chiqilgan ishlarda energiya tejamkorligi va samaradorligini ta’minlash kompetentligi mustaqil pedagogik tushuncha sifatida ishlab chiqilmagan, raqamli ta’lim muhiti esa yaxlit didaktik tizim sifatida loyihalanmagan.

Tadqiqotda ilmiy-pedagogik adabiyotlar va me’yoriy-huquqiy hujjatlar tahlili, o‘quv-dasturiy hujjatlarni qiyosiy tahlil qilish, tizimlashtirish va pedagogik modellashtirish metodlari qo‘llanildi. Modelga yaxlitlik, ichki izchillik, diagnostiklik, boshqariluvchanlik va moslashuvchanlik talablari qo‘yildi. Metodologik asos sifatida tizimli, kompetensiyaviy, faoliyatli, kontekstli, shaxsga yo‘naltirilgan, integrativ, aksiologik va raqamli-texnologik yondashuvlar olindi. O‘quv topshiriqlari D.A. Kolbning tajribaga asoslangan ta’lim sikli bo‘yicha tuzildi [11], ularning mazmuni esa A.A. Verbitskiyning kontekstli o‘qitish nazariyasiga muvofiq kasbiy faoliyat vaziyatlaridan olindi [12].

Tadqiqotda bo‘lajak muhandisning energiya tejamkorligi va samaradorligini ta’minlash kompetentligi motivatsion-qadriyatli, kognitiv, faoliyatli-texnologik va refleksiv-baholovchi komponentlarning kasbiy vazifalarni hal etishda namoyon bo‘ladigan birligi sifatida tushuniladi. Uning rivojlanganligi past (reproduktiv), o‘rta (produktiv) va yuqori (ijodiy) darajalarda baholanadi.

Natijalar

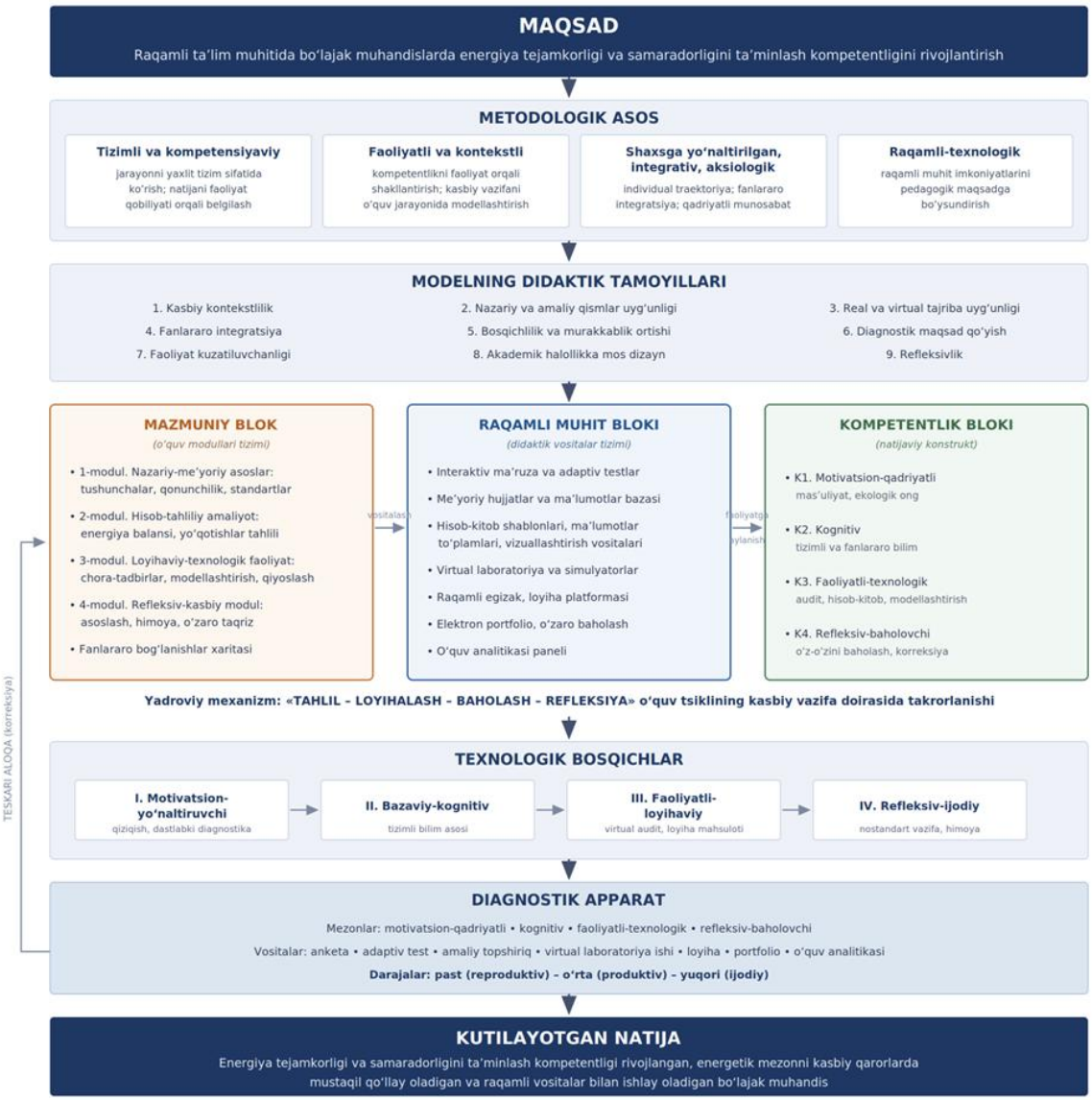
Ishlab chiqilgan model jarayonning tuzilishini ham, har bir tarkibiy qismning mazmunini ham tavsiflaydi va beshta o‘zaro bog‘langan blokdan iborat (1-jadval).

1-jadval

Kompetentlikni rivojlantirish modelining bloklari

Blok	Tarkibi	Vazifasi
Maqsadli	Ijtimoiy buyurtma, davlat siyosati va ish beruvchi talablari, tadqiqot maqsadi va vazifalari	Jarayonning yo‘nalishini belgilash va uni tashqi talablar bilan bog‘lash
Metodologik	Sakkizta metodologik yondashuv, to‘qqizta pedagogik tamoyil	Modelning ilmiy asoslanganligi va ichki izchilligini ta’minlash
Mazmuniy	To‘rtta o‘quv moduli, fanlararo bog‘lanishlar xaritasi, me’yoriy hujjatlar bazasi	Kompetentlik komponentlariga mos o‘quv mazmunini belgilash
Texnologik-jarayonli	To‘rt bosqich, o‘qitish shakllari va metodlari, raqamli vositalar majmui, o‘qituvchi va talaba faoliyati	Mazmunni real o‘quv jarayoniga aylantirish
Diagnostik-natijaviy	To‘rt mezon, ko‘rsatkichlar tizimi, diagnostika vositalari, uch daraja, kutilayotgan natija	Natijani o‘lchash, jarayonni sozlash va samaradorlikni baholash

Bloklar ikki yo‘nalishda bog‘langan. To‘g‘ri bog‘lanishda maqsad metodologiyani, metodologiya mazmunni, mazmun texnologiyani, texnologiya esa kutilayotgan natijani belgilaydi. Teskari bog‘lanish diagnostik blokdan boshlanadi: o‘lchash natijalari mazmun va texnologiyani sozlashga xizmat qiladi. Shu bog‘lanish modelni statik sxemadan boshqariladigan tizimga aylantiradi. Raqamli ta’lim muhiti modelda bir necha vazifani bajaradi: mazmuniy blokda u resurs va ma’lumotlar manbai, texnologik blokda faoliyat vositasi, diagnostik blokda esa ma’lumot to‘plash kanali bo‘lib xizmat qiladi. Shu ko‘p funksiyalilik uni oddiy o‘qitish vositasidan modelning tizim hosil qiluvchi omiliga aylantiradi. Modelning grafik ko‘rinishi 1-rasmda berilgan. Rasmda metodologik blok metodologik asos va tamoyillar qatlamlari orqali, mazmuniy blok o‘quv modullari tizimi orqali, texnologik-jarayonli blok raqamli vositalar va texnologik bosqichlar orqali, diagnostik-natijaviy blok esa kompetentlik komponentlari, diagnostik apparat va kutilayotgan natija orqali ko‘rsatilgan.



1-rasm. Raqamli ta'lim muhitida bo'lajak muhandislarda energiya tejamkorligi va samaradorligini ta'minlash kompetentligini rivojlantirishning strukturaviy-mazmuniy modeli

Mazmun kompetentlikning to'rtta komponentiga mos to'rtta modulga birlashtirildi (2-jadval). Modullar spiral tarzda o'zlashtiriladi: har bir keyingi modul oldingisining mazmunini murakkabroq darajada qayta ishlaydi.

2-jadval

O‘quv modullarining tarkibi

Modul	Asosiy mazmuni	Raqamli vositalar	Yetakchi komponent
1. Nazariy-me’yoriy	Energiya resurslari va global muammolar; energiya tejamkorligi va samaradorligi tushunchalari; milliy qonunchilik va xalqaro standartlar	Interaktiv ma’ruza, me’yoriy hujjatlar bazasi, adaptiv testlar	Motivatsion-qadriyatli, kognitiv
2. Hisob-tahliliy	Energiya balansini tuzish; iste’mol ma’lumotlarini qayta ishlash; yo‘qotishlarni aniqlash; energiya sig‘imi ko‘rsatkichlarini hisoblash	Hisob-kitob shablonlari, ma’lumotlar to‘plamlari, vizuallashtirish vositalari	Kognitiv, faoliyatli-texnologik
3. Loyihaviy-texnologik	Energiya tejash chora-tadbirlarini ishlab chiqish; variantlarni modellashtirish va texnik-iqtisodiy qiyoslash; qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiyalash	Virtual laboratoriya, simulyator, raqamli egizak elementlari, loyiha boshqaruv platformasi	Faoliyatli-texnologik
4. Refleksiv-kasbiy	Yechimni asoslash va himoya qilish; o‘zaro taqriz; hisobot hujjatlarini rasmiylashtirish; kasbiy o‘sish yo‘nalishini belgilash	Elektron portfolio, o‘zaro baholash tizimi, o‘quv analitikasi paneli	Refleksiv-baholovchi

O‘quv vaqtining uchdan bir qismidan ko‘prog‘i uchinchi modulga ajratilgan, chunki kompetentlikning kasbiy o‘zagi shu modulda shakllanadi. Amaliy mashg‘ulotlar va mustaqil ish ulushi nazariy mashg‘ulotlardan yuqori, nazariy material asosan mikromodullar orqali mustaqil o‘zlashtiriladi. Soatlar taqsimoti muayyan ta’lim yo‘nalishining o‘quv rejasiga muvofiq aniqlashtiriladi. Har bir modul ichida o‘quv faoliyati bir xil siklda takrorlanadi: vaziyat bilan tanishish va muammoni qo‘yish, nazariy asosni o‘zlashtirish, amaliy harakat, natijani tahlil qilish va refleksiya, yangi vaziyatda sinash.

Jarayon to‘rt bosqichda kechadi. Motivatsion-yo‘naltiruvchi bosqich talabaning shaxsiy tajribasiga murojaatdan boshlanadi: unga o‘zi o‘qiyotgan bino yoki turar joyining energiya iste’moli haqidagi ma’lumotlar beriladi va “bu ko‘pmi yoki kammi, buni qanday bilish mumkin?” degan savol qo‘yiladi. Bazaviy-kognitiv bosqichda mikromodul tuzilishi qo‘llanadi: qisqa nazariy blok, o‘z-o‘zini tekshirish, kichik amaliy topshiriq va qayta aloqa. Faoliyatli-loyihaviy bosqichda talaba avval oddiy obyekt bo‘yicha mustaqil hisob bajaradi, so‘ng guruhda kompleks vazifani hal etadi. Refleksiv-ijodiy bosqich loyiha himoyasi, o‘zaro taqriz va individual nostandart vazifadan iborat. Bosqichdan bosqichga o‘tgan sari o‘qituvchi tashkilotchidan maslahatchi va ekspertga aylanadi, talabaning mustaqilligi esa ortib boradi.

Metodikaning yadroviy o‘quv texnologiyasi sifatida virtual energetik audit ishlab chiqildi. Energetik audit ma’lumot yig‘ishdan boshlanib, asoslangan tavsiya bilan tugaydigan yaxlit kasbiy faoliyat turidir, uni raqamli muhitda to‘laqonli bajarish mumkin. U kompetentlikning to‘rtta komponentini ham bir vaqtda ishga soladi. Audit tartibi energiya menejmenti tizimining xalqaro standarti [13] va milliy qonunchilik talablarini hisobga olgan holda tuzilgan va olti bosqichdan iborat (3-jadval).

3-jadval

Virtual energetik auditning bosqichlari

Bosqich	Talabaning harakatlari	Raqamli vosita
1. Tayyorgarlik	Obyekt bilan tanishish, audit maqsadini shakllantirish, zarur ma’lumotlar ro‘yxatini tuzish	Obyekt kartasi, me’yoriy baza
2. Ma’lumot yig‘ish va tartibga solish	Iste’mol ma’lumotlarini qayta ishlash, anomaliyalarni belgilash, mavsumiylikni ajratish	Ma’lumotlar to‘plami, vizuallashtirish vositasi
3. Energiya balansini tuzish	Iste’mol moddalarini ajratish, balansni yig‘ish, nomuvofiqliklarni izohlash	Hisob-kitob shabloni
4. Yo‘qotishlarni aniqlash	Yo‘qotish manbalarini belgilash, ularning ulushini baholash va ustuvorlik bo‘yicha tartiblash	Simulyator, tahlil paneli
5. Chora-tadbirlarni ishlab chiqish	Kamida uchta variantni taklif etish, ularni modellashtirish va texnik-iqtisodiy qiyoslash	Virtual laboratoriya, iqtisodiy hisob moduli
6. Hisobot va himoya	Audit hisobotini rasmiylashtirish, yechimni taqdim etish va asoslash, o‘zaro taqriz	Hamkorlik platformasi, portfolio

Har bir bosqich oldingisining natijasiga tayanadi: ikkinchi bosqichda yo‘l qo‘yilgan xato uchinchi bosqichda yaqqol ko‘rinadi va talaba o‘z harakatlarining oqibatini ko‘radi. Audit uch variantda tashkil etiladi: individual (ko‘nikmani mustahkamlash uchun), guruhli (uch-to‘rt kishilik guruh rollarni taqsimlab ishlaydigan asosiy variant) va raqobatli (bir necha guruh bir xil obyekt bo‘yicha mustaqil yechim ishlab chiqadi). Virtual audit real obyektni kuzatish bilan uyg‘unlashtiriladi: imkoniyat bo‘lganda talabalar o‘z ta’lim muassasasi binosidagi energiya hisoblagichlari ko‘rsatkichlarini o‘zlari qayd etadi va ulardan dastlabki ma’lumot sifatida foydalanadi.

O‘quv topshiriqlari tuzilganlik darajasi va talab qilinadigan bilish faoliyati darajasiga ko‘ra besh turga ajratildi: ma’lumotnoma topshirig‘i (me’yoriy hujjatdan zarur talabni topish va izohlash), algoritmik hisob, tahliliy topshiriq (ma’lumotlar to‘plamidan anomaliyani aniqlash), muqobil tanlov topshirig‘i (bir necha yechimni mezonlar bo‘yicha qiyoslash) va kompleks loyihaviy topshiriq. Har bir keyingi tur oldingisida shakllangan ko‘nikmaga tayanadi. Har bir talaba yoki guruhga dastlabki ma’lumotlarning o‘z varianti beriladi, topshiriqlarning aksariyatida esa oraliq hisoblar va izohlar ham talab qilinadi. Bu tayyor yechimni ko‘chirishni ma’nosiz qiladi. Guruhli loyihada loyiha rahbari, ma’lumotlar tahlilchisi, texnik yechim mualliflari, iqtisodchi va hujjatlashtiruvchi rollari ajratilgan.

Baholash tizimi kompetentlikning to‘rtta komponentini ham qamrab oladigan qilib qayta qurildi (4-jadval).

4-jadval

Baholash tizimining komponentlar bo‘yicha taqsimoti

Komponent	Baholash shakli	Baholovchi subyekt	Ulush, %
Motivatsion-qadriyatli	Faollik ko‘rsatkichlari, ixtiyoriy topshiriqlar, tanlov asosnomalari	Muhit (analitika), o‘qituvchi	15
Kognitiv	Adaptiv testlar, tushunchaviy xarita, ma’lumotnoma topshiriqlari	Muhit (avtomatik), o‘qituvchi	25
Faoliyatli-texnologik	Amaliy va loyihaviy topshiriqlar, virtual laboratoriya ishlari	O‘qituvchi, tashqi ekspert	40
Refleksiv-baholovchi	Portfolio, refleksiv hisobot, o‘zaro taqriz sifati	O‘qituvchi, guruhdoshlar, talabaning o‘zi	20

Ballarning sezilarli qismi oraliq topshiriqlar bo‘yicha to‘planadi, shuning uchun talaba yakuniy nazoratgacha o‘z holatini biladi va tuzatish kiritishi mumkin. Qayta aloqa to‘rt turga ajratildi: muhit beradigan avtomatik tezkor, o‘qituvchi beradigan yo‘naltiruvchi, tengdoshlar bahosi va modul yakunidagi tahliliy qayta aloqa. Qayta aloqa xatoni qayd etish bilan cheklanmaydi, uni tuzatish yo‘lini ko‘rsatuvchi savol shaklida beriladi. O‘quv analitikasining qiymati ma’lumotlar asosida pedagogik qaror qabul qilishdadir [14], shu sababli o‘qituvchi uchun aniq qoidalar belgilandi. Talaba topshiriqni uch martadan ko‘p qayta bajargan bo‘lsa, unga yo‘naltiruvchi qayta aloqa beriladi. Guruh a’zolaridan biri hamkorlik platformasida faol bo‘lmasa, rollar taqsimoti qayta ko‘rib chiqiladi. Guruhning yarmidan ko‘pi bir xil bosqichda qiynalsa, oldingi material qaytadan tushuntiriladi.

Muhokama

Taklif etilgan yechim mavjud ishlardan uch jihati bilan farq qiladi. Birinchidan, energiya tejamkorligi va samaradorligini ta’minlash kompetentligi kengroq “barqarorlik kompetensiyasi” tarkibida emas, mustaqil pedagogik tushuncha sifatida qaraladi, bu uni o‘lchash va maqsadli rivojlantirish imkonini beradi. Ikkinchidan, raqamli ta’lim muhiti alohida vosita emas, barcha bloklarni qamrab oluvchi tizim hosil qiluvchi omil sifatida qaraladi, raqamli vositalar esa didaktik vazifa va kompetentlik komponenti bilan bog‘lab tanlanadi. Uchinchidan, kasbiy faoliyatning raqamlashuvi hisobga olingan: talaba raqamli muhitda o‘qish orqali kelgusi kasbiy faoliyatida qo‘llaydigan vositalar bilan ishlashni ham o‘zlashtiradi.

Metodikaning cheklovlari ham bor. U kamida bazaviy raqamli infratuzilmani talab qiladi, o‘qituvchining tayyorgarligiga sezgir, topshiriqlarning didaktik qiymati esa ulardagi ma’lumotlarning haqiqiyligiga bog‘liq. Loyihaviy va refleksiv topshiriqlar an’anaviy shakllarga qaraganda ko‘proq vaqt oladi, guruhda tayyorgarlik darajasi keskin farq qilsa, kuchsiz talabalar chetda qolishi mumkin. Shu sababli rollar loyihadan loyihaga almashtiriladi, o‘qituvchilar uchun esa metodik qo‘llanma, topshiriq kartalari, baholash rubrikalari, tipik qiyinchiliklar ro‘yxati va analitika bilan ishlash yo‘riqnomasidan iborat ta’minot bloki

nazarda tutilgan. To‘liq raqamli egizak komplekslari ko‘pchilik ta’lim muassasalari uchun hozircha qimmat bo‘lgani uchun metodikada ularning ayrim elementlaridan foydalaniladi.

Model va metodikaning samaradorligi haqidagi yakuniy xulosa tajriba-sinov ishlarining shakllantiruvchi bosqichi natijalari asosida chiqariladi. Buning uchun beshta mezon belgilangan: darajalar taqsimotining o‘zgarishi (xi-kvadrat mezoni), komponentlar bo‘yicha o‘rtacha ballning o‘sishi (Styudent mezoni va effekt kattaligi [15]), komponentlar muvozanati, o‘z-o‘zini baholash adekvatligi hamda loyiha va audit hisobotlarining sifati.

Xulosa

Kompetentlikni rivojlantirishning strukturaviy-mazmuniy modeli maqsadli, metodologik, mazmuniy, texnologik-jarayonli va diagnostik-natijaviy bloklardan iborat. Diagnostik blokdan boshlanadigan teskari bog‘lanish uni boshqariladigan pedagogik tizimga aylantiradi. Takomillashtirilgan metodikada tarqoq mazmun to‘rtta modulga birlashtirilgan, jarayon to‘rt bosqichga ajratilgan, o‘quv vaqtining eng katta ulushi loyihaviy-texnologik modulga berilgan. Olti bosqichli virtual energetik audit kompetentlikning to‘rtta komponentini bitta topshiriq doirasida ishga soladi va metodikaning yadroviy o‘quv texnologiyasi bo‘lib xizmat qiladi. Baholash tizimi to‘rtta komponentni ham qamrab oladi, eng katta ulush (40 foiz) faoliyatli-texnologik komponentga ajratilgan. Metodikaning samaradorligi tajriba-sinov yo‘li bilan tekshiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. “O‘zbekistonda energiya samaradorligi: istiqbollar va muammolar” xalqaro konferensiyasi (Toshkent, 2023-yil 27-iyun): Yevropa Ittifoqining O‘zbekistondagi vakolatxonasi axboroti.
2. O‘zbekiston Respublikasining “Energiyani tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi 2024-yil 7-avgustdagi O‘RQ-940-son Qonuni (2024-yil 9-noyabrdan kuchga kirgan).
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2030-yilgacha O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 2022-yil 2-dekabrdagi PQ-436-son qarori.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Yoqilg‘i-energetika sohasida davlat nazorati mexanizmlarini takomillashtirish va “raqamli energonazorat” tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi 2023-yil 24-maydagi PF-77-son Farmoni.
5. Bianchi G., Pisiotis U., Cabrera Giraldez M. GreenComp – The European sustainability competence framework / Bacigalupo M., Punie Y. (eds.). – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. – EUR 30955 EN.
6. Soto Acevedo E., Meza Guzmán J., Meza Villalón N. Training engineering students in energy efficiency and sustainability through the competency-based approach // Brazilian Journal of Development. – 2023. – Vol. 9, No. 2. – P. 7155–7169. – doi:10.34117/bjdv9n2-068.
7. Forero-García E., Castañeda D.P., Corredor-Cely J., Paternina J.L. Energetic Competencies in Electronic Engineering Education: A Sustainable Social Commitment // Journal of Engineering Education Transformations. – 2022. – Vol. 36, No. 2. – doi:10.16920/jeet/2022/v36i2/22154.

8. Белоновская И.Д., Кострюков А.В., Манакова О.С. Компетенции ресурсосбережения и их формирование в инженерной подготовке // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 12 (161). – С. 14–19.
9. Li J., Liang W. Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis // PLOS ONE. – 2024. – Vol. 19, No. 12. – e0316269.
10. Kotecha M.C., Dandridge T.M., Reid Smith T. Digital Twins in Engineering and Design Education: A Systematized Review // 2025 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings. – Montreal, 2025. – doi:10.18260/1-2--56296.
11. Kolb D.A. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. – Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984.
12. Вербицкий А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. – М.: Высшая школа, 1991. – 207 с.
13. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use. – Geneva: International Organization for Standardization, 2018.