

BO'LAJAK MUHANDISLARDA ENERGIYA TEJAMKORLIGI VA SAMARADORLIGINI TA'MINLASH KOMPETENTLIGINI RIVOJLANTIRISH MUAMMOSI

Savriyev Shamshod Shuxrat o'g'li

Buxoro davlat texnika universiteti,

“Sun'iy inyelekt va raqamlashtirish” kafedrası mustaqil izlanuvchisi

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20679875>

Annotatsiya: Maqolada bo'lajak muhandislarda energiya tejamkorligi va samaradorligini ta'minlash kompetentligini rivojlantirish muammosi ilmiy-nazariy va metodik jihatdan tahlil etilgan. O'zbekiston iqtisodiyotining energiya sig'imi ko'rsatkichlari va «yashil» iqtisodiyotga o'tish strategiyasi misolida muammoning ob'yektiv asoslari ochib berilgan. Muallif mazkur kompetentlikning integrativ mohiyatini asoslab, uning to'rt tarkibiy komponentdan (motivatsion-qadriyat, kognitiv-mazmuniy, faoliyat-texnologik, refleksiv-baholash) iborat tuzilmasini taklif etadi. Muhandislik ta'limidagi mavjud qarama-qarshiliklar aniqlangan hamda Yevropa barqarorlik kompetensiyalari ramkasi (GreenComp), CDIO va muammoni-loyihaviy ta'lim (PBL) konsepsiyalari asosida kompetentlikni rivojlantirishning pedagogik modeli va shart-sharoitlari taqdim etilgan. Tadqiqot natijalari muhandislik yo'nalishidagi o'quv dasturlarini takomillashtirishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: muhandislik ta'limi, energiya tejamkorligi, energiya samaradorligi, kasbiy kompetentlik, barqaror rivojlanish, kompetentlik tuzilmasi, GreenComp, CDIO, muammoni-loyihaviy ta'lim, energiya auditi, “yashil”

iqtisodiyot, fanlararo integratsiya.

The problem is the development of competence and energy efficiency and future engineering.

Abstract: This article analyzes the problem of developing competencies in ensuring energy efficiency and effectiveness in future engineers from scientific, theoretical, and methodological perspectives. The objective foundations of the problem are revealed using the example of the energy intensity of the Uzbekistan economy and the strategy for transition to a “green” economy. The author substantiates the integrative nature of this competency and proposes its structure, consisting of four structural components (motivational-value, cognitive-content, activity-technological, and reflective-evaluative). Existing contradictions in engineering education are identified and a pedagogical model and conditions for competency development are presented based on the concepts of the European Framework of Reference for Sustainable Development (GreenComp), CDIO, and problem-based learning (PBL). The research results have practical implications for improving edu-

cational programs in the field of engineering.

Keywords: *engineering education, energy saving, energy efficiency, professional competence, sustainable development, competency system, GreenComp, CDIO, problem-based learning, energy audit, green economy, interdisciplinary integration.*

Проблема развития компетенций в обеспечении энергосбережения и эффективности у будущих инженеров.

Аннотация: В статье анализируется проблема развития компетенций в обеспечении энергоэффективности и эффективности у будущих инженеров с научной, теоретической и методологической точек зрения. Объективные основы проблемы раскрываются на примере энергоёмкости экономики Узбекистана и стратегии перехода к «зеленой» экономике. Автор обосновывает интегративный характер данной компетенции и предлагает ее структуру, состоящую из четырех структурных ком-

понентов (мотивационно-ценностный, познавательно-содержательный, деятельностно-технологический, рефлексивно-оценочный). Выявляются существующие противоречия в инженерном образовании и представлена педагогическая модель и условия развития компетенции на основе концепций Европейской рамочной программы компетенций в области устойчивого развития (GreenComp), CDIO и проблемно-ориентированного проектного обучения (PBL). Результаты исследования имеют практическое значение для совершенствования образовательных программ в инженерной сфере.

Ключевые слова: инженерное образование, энергосбережение, энергоэффективность, профессиональная компетентность, устойчивое развитие, система компетенций, GreenComp, CDIO, проблемно-ориентированное обучение, энергетический аудит, «зеленая» экономика, междисциплинарная интеграция.

KIRISH

Energiya resurslaridan oqilona foydalanish bugungi kunda jahon iqtisodiyotining barqarorligini ta'minlovchi strategik omilga aylangan. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM 7 – «Arzon va toza energiya») energiya samaradorligini ikki barobar tezlashtirilishini ko'zda tutadi. Bu vazifa nafaqat texnologik, balki avvalo inson omili – energetik bilim, ko'nikma va qadriyatlarga ega mutaxassislarni tayyorlash masalasi bilan bevosita bog'liqdir.

O'zbekiston uchun ushbu muammo alohida dolzarblik kasb etadi. Mamlakat iqtisodiyotining energiya sig'imi (yalpi ichki mahsulot birligiga sarflanadigan energiya) jahon o'rtacha ko'rsatkichidan sezilarli – turli baholarga ko'ra 40–50 foizga yuqori bo'lib, bu energiya samaradorligini oshirish bo'yicha katta salohiyat mavjudligini ko'rsatadi. Shu bilan birga ijobiy tendensiya ham kuzatilmoqda: 2017–2024-yillarda yalpi ichki mahsulot 55 foizga o'sgani holda iqtisodiyotning energiya sig'imi 7,4 foizga kamaydi. Jahon banki

baholariga ko'ra, faqat ijtimoiy ob'yektlar (maktab, shifoxona) binolarini termik modernizatsiya qilish energiya iste'molini 20–50 foizga qisqartirish imkonini beradi.

Davlat siyosati darajasida bu yo'nalish izchil mustahkamlanmoqda. *2019–2030-yillarga mo'ljallangan «yashil» iqtisodiyotga o'tish strategiyasi* (PQ-4477) hamda uni takomillashtirish bo'yicha keyingi qarorlar (PQ-436) iqtisodiyotning bazaviy tarmoqlarida energiya samaradorligini 2030-yilga qadar 2 barobar oshirishni nazarda tutadi. 2025-yil «Atrof-muhitni asrash va „yashil“ iqtisodiyot yili» deb e'lon qilinishi mazkur ustuvorlikning yana bir tasdig'idir. 2020-yilda «Energiyadan oqilona foydalanish to'g'risida»gi qonunning yangi tahriri qabul qilindi.

Ushbu strategik vazifalarni amalda ro'yobga chiqaruvchi asosiy sub'yekt – muhandis kadrlardir. Aynan muhandis ishlab chiqarish jarayonlarini loyihalashda, jihozlarni tanlashda va ekspluatatsiya qilishda energiya tejamkorligini ta'minlovchi qarorlar qabul qiladi. Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, an'anaviy muhandislik ta'limida energiya tejamkorligi va samaradorligini ta'minlash kompetentligi tizimli, maqsadli ravishda shakllantirilmaydi: u ko'pincha alohida fanlarning mavzulariga tarqoq holda singdirilgan bo'lib, yaxlit kasbiy sifat sifatida rivojlantirilmaydi. Mana shu holat tadqiqot muammosini tashkil etadi.

Tadqiqotning maqsadi – bo'lajak muhandislarda energiya tejamkorligi va samaradorligini ta'minlash kompetentligini rivojlantirishning ilmiy-nazariy asoslari, mazmuni va pedagogik mexanizmlarini ochib

berishdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

Kasbiy kompetentlik va kompetensiyaviy yondashuv masalalari pedagogika fanida keng o'rganilgan (J. Raven, A. V. Xutorskoy, I. A. Zimnyaya va boshqalar). Barqarorlik va ekologik ta'lim sohasida Yevropa Ittifoqining «Yashil kelishuv» doirasida ishlab chiqilgan barqarorlik kompetensiyalari ramkasi – GreenComp (Bianchi va boshq., 2022) muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi. Muhandislik ta'limini isloh qilishda CDIO (Conceive–Design–Implement–Operate) konsepsiyasi (Crawley va boshq.) hamda muammoli va loyihaviy ta'lim (PBL) modellari (A. Kolmos va boshq.) global e'tirof topgan. Shu bilan birga, energiya tejamkorligi kompetentligini aynan muhandislik ta'limi kontekstida, milliy energetika vaziyatini hisobga olgan holda yaxlit tadqiq etgan ishlar yetarli emas. Mazkur maqola ushbu ilmiy bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

Tadqiqotda quyidagi metodlar qo'llanildi:

- **nazariy tahlil va umumlashtirish** – kompetentlik tushunchasi va tuzilmasini aniqlash;
- **qiyosiy tahlil** – xalqaro kompetensiya ramkalari (GreenComp) va ta'lim modellari (CDIO, PBL) solishtirish;
- **tizimli-strukturaviy tahlil** – kompetentlik komponentlarini tizimli ifodalash;
- **modellashtirish** – kompetentlikni rivojlantirishning pedagogik modelini loyihalash.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

1. Muammoning ob'yektiv asoslari

Muammoning dolzarbligi bir nechta ob'yektiv omillar bilan belgilanadi. Birinchidan,

energetik resurslarning cheklanganligi va ularning narxidagi o'zgaruvchanlik korxonalarni energiya iste'molini optimallashtirishga undamoqda. Ikkinchidan, iqlim o'zgarishi va issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish bo'yicha xalqaro majburiyatlar past uglerodli rivojlanishni taqozo etadi. Uchinchi, O'zbekistonda energiya infratuzilmasining yuqori darajada eskirganligi va ishlab chiqarish texnologiyalarining energiya talabchanligi yuqoriligi tizimli modernizatsiyani zarur qilib qo'yimoqda.

Bu vazifalarning barchasi malakali muhandis kadrlarsiz hal etilmaydi. Energiya menejmenti, energiya auditi, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish, energiya tejoychi loyihalashtirish kabi yo'nalishlar bo'yicha kompetentli mutaxassislar talab tobora ortib bormoqda. Shu sababli muhandislik ta'limi oldida

bo'lajak mutaxassisni nafaqat o'z texnik sohasi bo'yicha, balki energiya samaradorligini ta'minlash bo'yicha ham tayyorlash vazifasi ko'ndalang turadi.

2. Kompetentlikning mohiyati va tarkibiy tuzilmasi

Energiya tejamkorligi va samaradorligini ta'minlash kompetentligi deganda biz bo'lajak muhandis shaxsining integrativ sifatini tushunamizki, u tegishli bilim, ko'nikma, qadriyat va refleksiv qobiliyatlar asosida kasbiy faoliyatda energiya resurslaridan oqilona foydalanish, energiya samarali yechimlarni loyihalash hamda ekspluatatsiya qilish va energiya tejashga yo'naltirilgan qarorlar qabul qilishga tayyorlik va qobiliyatda ifodalanadi.

Mazkur kompetentlik bir o'lchovli bo'lmay, o'zaro bog'liq to'rt komponentni qamrab oladi (1-jadval).

1-jadval. Energiya tejamkorligi kompetentligining tarkibiy tuzilmasi

Komponent	Asosiy mazmuni va ko'rsatkichlari
Motivatsion-qadriyat	Energiya tejamkorligining ijtimoiy-iqtisodiy va ekologik ahamiyatini anglash; barqaror rivojlanish qadriyatlariga sodiqlik; resurslarni tejashga ichki intilish va kasbiy mas'uliyat hissi.
Kognitiv-mazmuniy	Energetika tizimlari, energiya balansi va yo'qotishlar manbalari; energiya samaradorligi tamoyillari va texnologiyalari; me'yoriy-huquqiy baza va xalqaro standartlar (mas., ISO 50001 energiya menejmenti) haqidagi tizimli bilimlar.
Faoliyat-texnologik	Energiya auditini o'tkazish, energiya iste'molini hisoblash va tahlil qilish; energiya tejoychi yechimlarni loyihalash; jihozlar ish rejimlarini optimallashtirish va qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiya qilish ko'nikmalari.
Refleksiv-baholash	Qabul qilingan yechimlarning energetik-iqtisodiy va ekologik samarasini baholash; o'z faoliyatini tahlil qilish; uzluksiz takomillashtirish va yangi texnologiyalarni mustaqil o'zlashtirishga qobiliyat.

Komponentlarning o'zaro uyg'unligi muhimdir: bilimsiz ko'nikma yuzaki, qadriyatsiz bilim esa amalga oshmaydigan bo'lib qoladi. Shu bois kompetentlikni rivojlantirish barcha komponentlarni baravar qamrab olishi lozim.

Mavjud holatning tahlili kompetentlikni rivojlantirishga to'sqinlik qiluvchi quyidagi qarama-qarshiliklarni aniqlash imkonini beradi:

1. Ijtimoiy talab va ta'lim natijasi o'rtasida: iqtisodiyotning energiya samarali muhandislarga bo'lgan ob'yektiv ehtiyoji bilan ularni maqsadli tayyorlash tizimining yetarli ishlab chiqilmaganligi o'rtasida.

2. Integrativlik va tarqoqlik o'rtasida: kompetentlikning fanlararo, yaxlit tabiati bilan o'quv rejasining alohida fanlarga bo'linib ketgan tuzilmasi o'rtasida.

3. Amaliylik va nazariylik o'rtasida: kompetentlikning amaliyotga yo'naltirilgan mohiyati bilan o'qitishda hamon ustun bo'lgan nazariy, reproduktiv usullar o'rtasida.

4. Texnologik dinamika va mazmun statikligi o'rtasida: energetika texnologiyalarining tez yangilanishi bilan o'quv dasturlari mazmunining nisbatan o'zgarmasligi o'rtasida.

Aynan shu qarama-qarshiliklarni bartaraf etish kompetentlikni rivojlantirishning asosiy yo'nalishlarini belgilaydi.

Kompetentlikni rivojlantirish quyidagi yondashuvlar uyg'unligiga tayanadi: kompetensiyaviy yondashuv (ta'lim natijasini bilim emas, real faoliyatga qodirlik sifatida belgilaydi); tizimli yondashuv (kompetentlikni yaxlit tuzilma sifatida ko'radi); fanlararo yondashuv (texnik, iqtisodiy va ekologik bilimlarni birlashtiradi); amaliyotga yo'naltirilgan yondashuv (o'qitishni real kasbiy vaziyatlarga yaqinlashtiradi).

Xalqaro tajriba ikki muhim manbani taqdim etadi. Birinchisi – **GreenComp** barqarorlik

kompetensiyalari ramkasi bo'lib, u o'n ikki kompetensiyani to'rt sohaga (barqarorlik qadriyatlarini o'zlashtirish, murakkablikni anglash, barqaror kelajakni tasavvur qilish va barqarorlik uchun harakat qilish) birlashtiradi hamda har bir kompetensiyani bilim, ko'nikma va munosabat (KSA) birligida ifodalaydi. Ikkinchisi – muhandislik ta'limiga xos **CDIO** konsepsiyasi va **muammoli-loyihaviy ta'lim (PBL)** bo'lib, ular ta'limni muhandislik loyihasining to'liq sikli (g'oya – loyiha – amalga oshirish – ekspluatatsiya) atrofida tashkil etib, talabani real muammolarni yechishga jalb qiladi. Ushbu modellar energiya samaradorligi kompetentligini rivojlantirish uchun samarali pedagogik asos beradi.

Yuqoridagi asoslarga tayangan holda kompetentlikni rivojlantirishning quyidagi pedagogik modeli taklif etiladi:

Energiya tejamkorligi mavzulari alohida bitta fanga emas, balki umumkasbiy va maxsus fanlar tizimiga – issiqlik texnikasi, elektrotexnika, materialshunoslik, iqtisodiyot va ekologiya kurslariga – izchil singdiriladi; shu bilan birga «Energiya samaradorligi va energiya menejmenti» integrativ moduli joriy etiladi.

Reproduktiv usullar o'rnini muammoli-loyihaviy ta'lim (PBL), CDIO va muammoga asoslangan (challenge-based) ta'lim egallaydi. Talabalar real ob'yektlarda (universitet binosi, korxona sexi) energiya auditini o'tkazish, energiya tejovchi yechim loyihasini ishlab chiqish va uning iqtisodiy samarasini hisoblash kabi amaliy loyihalarni bajaradilar.

Dual ta'lim, ishlab chiqarish amaliyoti va sanoat hamkorligi orqali o'qitish real kasbiy

kontekstga yaqinlashtiriladi; korxonalarning haqiqiy energetik muammolari o'quv topshirig'iga aylantiriladi.

Energiya jarayonlarini modellashtiruvchi dasturiy vositalar, simulyatorlar va raqamli laboratoriyalar talabaga yechimlarni xavfsiz sharoitda sinab ko'rish imkonini beradi.

Baholash faqat nazariy bilimni emas, real vazifani bajarish qobiliyatini o'lchaydi: loyiha portfoliosi, amaliy topshiriq (energiya auditi hisoboti), keys yechimi va refleksiv hisobotlar mezon sifatida qo'llanadi.

Kompetentlik rivojlanganligini baholashda uning to'rt komponentiga mos mezonlar qo'llaniladi: motivatsion-qadriyat (qiziqish va mas'uliyat darajasi), kognitiv (bilimlar hajmi va tizimligi), faoliyat (amaliy topshiriqlarni bajara olish), refleksiv (yechimni baholash va o'zini tahlil qilish). Shu asosda kompetentlikning uch darajasi farqlanadi:

- **quyi (reproduktiv) daraja** – talaba asosiy tushunchalarni biladi, biroq amaliyotda mustaqil qo'llay olmaydi;

- **o'rta (mahsuldor) daraja** – talaba namunaviy vaziyatlarda energiya tejoychi yechimlarni qo'llaydi va hisoblaydi;

- **yuqori (ijodiy) daraja** – talaba nostandart muammolarga mustaqil, optimal va asoslangan yechim ishlab chiqadi hamda uni baholaydi.

Mazkur mezonlar pedagogik eksperiment orqali empirik tekshirilishi mumkin – bu keyingi tadqiqotlarning istiqbolli yo'nalishini tashkil etadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O'tkazilgan tahlil quyidagi xulosalarni asoslaydi: Bo'lajak muhandislarda energiya

tejamkorligi va samaradorligini ta'minlash kompetentligini rivojlantirish – O'zbekistonning yuqori energiya sig'imi va "yashil" iqtisodiyotga o'tish strategiyasi sharoitida ob'yektiv zaruriyatga aylangan dolzarb pedagogik muammodir.

Mazkur kompetentlik integrativ tabiatga ega bo'lib, motivatsion-qadriyat, kognitiv-mazmuniy, faoliyat-texnologik va refleksiv-baholash komponentlarining uyg'unligini taqozo etadi.

Kompetentlikni rivojlantirishga muhandislik ta'limidagi qarama-qarshiliklar (ijtimoiy talab va natija, integrativlik va tarqoqlik, amaliylik va nazariylik o'rtasidagi) to'sqinlik qiladi; ularni bartaraf etish fanlararo integratsiya va amaliy metodlarni talab qiladi.

GreenComp, CDIO va muammoli-loyihaviy ta'lim asosidagi pedagogik model – mazmunni integratsiyalash, faol metodlar, ishlab chiqarish bilan bog'liqlik, raqamli muhit va kompetentlikka yo'naltirilgan baholashni birlashtirib – kompetentlikni samarali rivojlantirishga xizmat qiladi.

Amaliy takliflar: muhandislik yo'nalishlari o'quv rejasiga «Energiya samaradorligi va energiya menejmenti» integrativ modulini kiritish; umumkasbiy va maxsus fanlar mazmuniga energiya tejamkorligi masalalarini izchil singdirish; real ob'yektlarda energiya auditi va loyihaviy topshiriqlarni amaliyot tarkibiga kiritish hamda sanoat bilan hamkorlikni kengaytirish; taklif etilgan modelning samaradorligini pedagogik eksperiment orqali empirik baholash.

Mazkur yo'nalishda muhandis kadrlarni tayyorlash Yangi O'zbekistonning barqaror va energiya samarali rivojlanish strategiyasiga

bevosita xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2019–2030-yillar davrida O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi qarori, PQ-4477-son, 2019-yil 4-oktabr. – Lex.uz.
2. 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 qarori, PQ-436-son, 2022-yil 2-dekabr. – Lex.uz.
3. O'zbekiston Respublikasining "Energiyadan oqilona foydalanish to'g'risida"gi Qonuni (yangi tahrir), 2020-yil. – Lex.uz.
4. Bianchi G., Pisiotis U., Cabrera Giraldez M. GreenComp. The European sustainability competence framework. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. (EUR 30955 EN).
5. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. R. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd ed. – Springer, 2014.
6. Kolmos A., de Graaff E. Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering Education // Cambridge Handbook of Engineering Education Research. – Cambridge University Press, 2014.
7. International Energy Agency (IEA). Uzbekistan Energy Profile. – Paris: IEA, 2022.
8. BMT Barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM 7 – Arzon va toza energiya). – Un