

Машина жасау, технологиялық машиналар мен көлік, құрылыс

DOI: <https://www.doi.org/10.53002/158>

STRATEGY FOR ANTICIPATORY TRAINING OF ENGINEERING PROFESSIONALS AMID DIGITALIZATION AND THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

¹Z.A. Muldagaliyev, ^{1*}E.S. Bestembek, ^{1,2}E.Z. Abuov

¹Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan

²Burkit International LLP, Atyrau, Kazakhstan

** Corresponding author, e-mail: ye.bestembek@tttu.edu.kz*

Author information:

Z.A. Muldagaliyev - Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan. E-mail: z.muldagaliyev@tttu.edu.kz

E.S. Bestembek - Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan. E-mail: ye.bestembek@tttu.edu.kz

E.Z. Abuov - Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan; Burkit International LLP, Atyrau, Kazakhstan. E-mail: ernar.abuov@mail.ru

Abstract – The acceleration of technological development, the digitalization of production, and the widespread adoption of artificial intelligence are transforming engineering activities and the requirements for professional training. The article substantiates the need to transition from a reactive educational model to a strategy of anticipatory training for engineering professionals. The relationship between the technology life cycle, the period required to update educational programs, the duration of professional training, and the period during which professional competencies remain relevant is considered. A conceptual model is proposed that links the monitoring of technological development, changes in engineers' professional functions, the identification of prospective competencies, the updating of educational content, and feedback from industry. It is shown that anticipatory training should combine a strong foundation in engineering education with the ability of professionals to independently master new technologies and maintain the relevance of their professional competencies. The role of the instructor as an organizer of learning activities and a manager of contemporary knowledge is discussed. The possibilities for the controlled use of artificial intelligence in educational and engineering design activities are considered. An engineering verification principle is proposed for the professional evaluation of AI-generated results, requiring their mandatory verification while maintaining human responsibility for the final engineering decision. The levels for implementing the anticipatory training strategy at a technical university are identified: university, educational program, department, instructor, and student. The proposed provisions are aimed at improving the training of engineering professionals in the context of continuous technological development.

Keywords - anticipatory training, engineering education, digitalization, artificial intelligence, professional competencies, educational program, engineering verification.

ЦИФРАНДЫРУ ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ДАМУ ЖАҒДАЙЫНДА ИНЖЕНЕРЛІК КАДРЛАРДЫ ОЗЫҚ ДАЯРЛАУ СТРАТЕГИЯСЫ

¹Мулдағалиев З.А., ^{1*}Бестембек Е.С., ^{1,2}Абуов Е.З.

¹Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан

²«Буркит Интернейшл» ЖШС, Атырау, Қазақстан

** Корреспондент автор, e-mail: ye.bestembek@tttu.edu.kz*

Авторлар туралы ақпарат:

Мулдағалиев З.А. – Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан. E-mail: z.muldagaliyev@tttu.edu.kz

Бестембек Е.С. – Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан. E-mail: ye.bestembek@tttu.edu.kz

Абуов Е.З. – Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан; «Буркит Интернейшл» ЖШС, Атырау, Қазақстан. E-mail: ernar.abuov@mail.ru

Абстракт – Технологиялық дамудың жеделдеуі, өндірісті цифрландыру және жасанды интеллектінің кеңінен таралуы инженерлік қызметтің мазмұны мен мамандар даярлауға қойылатын талаптарды өзгертуде. Мақалада білім берудің қуып жетуші моделінен инженерлік кадрларды озық даярлау стратегиясына көшу қажеттілігі негізделген. Технологиялардың өмірлік циклі, білім беру бағдарламаларын өзектендіру кезеңі, маман даярлау ұзақтығы және кәсіби құзыреттердің өзектілігін сақтау кезеңі арасындағы өзара байланыс қарастырылған. Технологиялық дамуды мониторингтеуді, инженердің кәсіби функцияларының өзгеруін, перспективалық құзыреттерді айқындауды, білім беру мазмұнын жаңартуды және өнеркәсіппен кері байланысты біріктіретін тұжырымдамалық модель ұсынылған. Озық даярлау іргелі инженерлік білім беруді маманның жаңа технологияларды өз бетінше меңгеру және кәсіби құзыреттерінің өзектілігін сақтау қабілетімен ұштастыруы тиіс екені көрсетілген. Оқытушының танымдық қызметті ұйымдастырушы және заманауи білім менеджері ретіндегі рөлі ашып көрсетілген. Оқу және инженерлік-жобалау қызметінде жасанды интеллектіні бақыланатын түрде қолдану мүмкіндіктері қарастырылған. Жасанды интеллектіні пайдалану арқылы алынған нәтижелерді кәсіби бағалау үшін түпкілікті инженерлік шешімге адамның жауапкершілігін сақтай отырып, нәтижелерді міндетті тексеруді көздейтін инженерлік верификация қағидаты ұсынылған. Техникалық жоғары оқу орнында озық даярлау стратегиясын іске асыру деңгейлері айқындалған: университет, білім беру бағдарламасы, кафедра, оқытушы және білім алушы. Ұсынылған қағидалар үздіксіз технологиялық даму жағдайында инженерлік кадрларды даярлауды жетілдіруге бағытталған.

Кілт сөздер – озық даярлау, инженерлік білім беру, цифрландыру, жасанды интеллект, кәсіби құзыреттер, білім беру бағдарламасы, инженерлік верификация.

СТРАТЕГИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

¹Мулдағалиев З.А., ^{1*}Бестембек Е.С., ^{1,2}Абуов Е.З.

¹Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан

² ТОО «Буркит интернейшл», Атырау, Казахстан

* Автор-корреспондент e-mail: ye.bestembek@tttu.edu.kz

Информация об авторах:

Мулдағалиев З.А. - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан. E-mail: z.muldagaliyev@tttu.edu.kz

Бестембек Е.С. - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан. E-mail: ye.bestembek@tttu.edu.kz

Абуов Е.З. - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан. ТОО «Буркит интернейшл», Атырау, Казахстан. E-mail: ernar.abuov@mail.ru

Аннотация – Ускорение технологического развития, цифровизация производства и распространение искусственного интеллекта изменяют содержание инженерной деятельности и требования к подготовке специалистов. В статье обосновывается необходимость перехода от догоняющей модели образования к стратегии опережающей подготовки инженерных кадров. Рассматривается взаимосвязь жизненного цикла технологий, периода актуализации образовательных программ, продолжительности подготовки специалиста и периода актуальности профессиональных компетенций. Предложена концептуальная модель, связывающая мониторинг технологического развития, изменение профессиональных функций инженера, определение перспективных компетенций, обновление содержания образования и обратную связь с промышленностью. Показано, что опережающая подготовка должна сочетать фундаментальность инженерного образования со способностью специалиста самостоятельно осваивать новые технологии и поддерживать актуальность профессиональных компетенций. Раскрывается роль преподавателя как организатора познавательной деятельности и менеджера современных знаний. Рассмотрены возможности контролируемого применения искусственного интеллекта в учебной и инженерно-проектной деятельности. Для профессиональной оценки получаемых с использованием искусственного интеллекта результатов предложен принцип инженерной верификации, предусматривающий их обязательную проверку при сохранении ответственности человека за окончательное техническое решение. Определены уровни реализации стратегии опережающей подготовки в техническом вузе: университет, образовательная программа, кафедра, преподаватель и обучающийся. Предложенные положения ориентированы на совершенствование подготовки инженерных кадров в условиях непрерывного технологического развития.

Ключевые слова – опережающая подготовка кадров, инженерное образование, цифровизация, искусственный интеллект, профессиональные компетенции, образовательная программа, инженерная верификация.

НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕР

1. Технологиялық өзгерістердің жеделдеуі технологиялық ортаның дамуы мен инженерлік білім беру мазмұнының жаңартылуы арасындағы сәйкессіздікті күшейтеді, бұл кадрларды қуып жетуші даярлау моделінен озық даярлауға көшудің қажеттілігін айқындайды.

2. Озық даярлау перспективалық технологиялық өзгерістерді, олардың инженердің кәсіби функцияларына ықпалын ескеруді және соған сәйкес құзыреттер мен білім беру мазмұнын өзектендіруді көздейді.

3. Инженерлік білім берудің негізгі нәтижелерінің бірі маманның іргелі білімге, сыни ойлауға және үздіксіз білім алуға сүйене отырып, кәсіби құзыреттерінің өзектілігін өз бетінше сақтай білу қабілеті болуы тиіс.

4. Жасанды интеллект дербес инженерлік ойлау мен қабылданатын техникалық шешімдер үшін адамның жауапкершілігін алмастырмай, оқу және инженерлік-жобалау қызметінің мүмкіндіктерін кеңейтуі тиіс.

КІРІСПЕ

Өнеркәсіп дамуының қазіргі кезеңі технологиялық өзгерістердің жеделдеуімен, өндірістік процестердің цифрландырылуымен, автоматтандыру мен роботтандыру ауқымының кеңеюімен, жасанды интеллект пен интеллектуалды басқару жүйелерінің дамуымен сипатталады. Бұл процестер инженердің кәсіби қызметінің мазмұнын өзгертіп, кадрлар даярлау жүйесіне жаңа талаптар қояды.

XX ғасырдың екінші жартысында-ақ И.И. Артоболевский ғылыми зерттеу нәтижелерін алу мен оларды практикалық қолдану арасындағы уақыттың қысқару үрдісіне назар аударған [1]. Қазіргі жағдайда бұл мәселе ерекше маңызға ие: жекелеген технологиялардың өмірлік циклі жоғары оқу орнында маман даярлау ұзақтығымен шамалас болуы мүмкін. Технологиялық өзгерістердің қарқыны мен білім беру жүйесінің оларды даярлау мазмұнында уақтылы көрсету мүмкіндіктері арасында сәйкессіздік туындайды. Инженерлік білім беру саласындағы зерттеулерде бұл мәселе, атап айтқанда, білім беру бағдарламаларын жаңартудың кәсіби және технологиялық ортадағы өзгерістерден уақыт жағынан кешеуілдеуі ретінде қарастырылады [2].

Осындай жағдайда негізінен қолданыстағы технологияларды меңгеруге бағытталған білім берудің қуып жетуші моделі инженерлік кадрларды

озық даярлау стратегиясымен толықтырылуы тиіс. Мұндай даярлау болашақта пайда болуы мүмкін барлық технологияларды алдын ала меңгеруге ұмтылуды емес, іргелі кәсіби білімді маманның шығармашылық әлеуетін дамыту және жаңа әдістер мен техникалық шешімдерді өз бетінше меңгеру қабілетімен ұштастыруды көздейді.

Бұл міндеттің өзектілігі жасанды интеллектінің дамуымен одан әрі арта түседі. Интеллектуалды цифрлық құралдар ақпаратты іздеу мен талдау, модельдеу және техникалық шешімдерді әзірлеу мүмкіндіктерін кеңейтеді, алайда іргелі инженерлік даярлық пен алынған нәтижелерді сыни тұрғыдан бағалау қажеттілігін жоймайды. Сонымен қатар жұмыспен қамту құрылымы мен кәсіби функциялардың трансформациясы маманның өз құзыреттерін үздіксіз жаңартып отыру қабілетінің маңызын арттырады [3].

Қазақстан Республикасы үшін қарастырылып отырған мәселе экономиканы цифрлық трансформациялау және жасанды интеллектіні дамыту жөніндегі стратегиялық бағытпен сәйкес келеді. Мемлекет басшысының 2025 жылғы 8 қыркүйектегі Қазақстан халқына Жолдауында экономиканы жаңғырту цифрландырумен, жасанды интеллектіні енгізумен және адами капиталдың сапасымен тікелей байланыстырылады [4].

Зерттеудің мақсаты – технологиялық өзгерістердің жеделдеуі, цифрландыру және жасанды интеллектінің дамуы жағдайында инженерлік кадрларды озық даярлау стратегиясының тұжырымдамалық ережелерін әзірлеу. Осы мақсатқа қол жеткізу үшін технологиялық және білім беру дамуының өзара байланысы талданады, даярлаудың қуып жетуші және озық модельдері салыстырылады, оқытушы мен білім алушы рөлдерінің өзгеруі қарастырылады және инженерлік кадрларды озық даярлаудың тұжырымдамалық моделі қалыптастырылады.

Зерттеудегі олқылық. Инженерлік білім беру саласындағы заманауи зерттеулер білім беру бағдарламаларын бейімдеп жаңартуды, кәсіби құзыреттердің трансформациясын, үздіксіз білім алуды және жасанды интеллектіні қолдануды негізінен жеке бағыттар ретінде қарастырады. Болжамды технологиялық өзгерістерден инженердің кәсіби функцияларын өзгертуге, перспективалық құзыреттерді айқындауға және даярлау мазмұнын жаңартуға көшудің біртұтас механизмі жеткілікті дәрежеде әзірленбеген. Сонымен қатар технологиялық өзгерістер

карқынын маман даярлау ұзақтығымен және оның құзыреттерінің өзектілік кезеңімен үйлестіру мәселесі де одан әрі дамытуды қажет етеді. Даярлаудың іргелілігін, кәсіби ойлаудың дербестігін және техникалық шешім үшін адамның жауапкершілігін сақтай отырып, жасанды интеллектіні инженерлік білім беруге интеграциялау жеке маңызды міндет болып табылады.

Ғылыми жаңалығы. Зерттеудің ғылыми жаңалығы инженерлік кадрларды озық даярлаудың тұжырымдамалық негіздерін дамытуда болып табылады.

Технологияның өмірлік циклі, білім беру бағдарламасын өзектендіру кезеңі, маман даярлау ұзақтығы және кәсіби құзыреттердің өзектілік кезеңі арасындағы өзара байланыс негізінде технологиялық және білім беру дамуының сәйкессіздігін талдау тәсілі ұсынылған.

Технологиялық өзгерістерді мониторингтеуді инженердің кәсіби функцияларының трансформациясымен, перспективалық құзыреттерді қалыптастырумен, білім беру мазмұнын өзектендірумен және өнеркәсіппен кері байланыспен байланыстыратын тұжырымдамалық модель әзірленген.

Жасанды интеллектіні қолдану нәтижелерін инженерлік верификациялау қағидаты тұжырымдалған. Бұл қағидат түпкілікті инженерлік шешім үшін адамның жауапкершілігін сақтай отырып, алынған нәтижелерді кәсіби тұрғыдан міндетті тексеруді көздейді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу теориялық-тұжырымдамалық сипатқа ие және технологиялық өзгерістердің жеделдеуі, цифрландыру және жасанды интеллектінің дамуы жағдайында инженерлік кадрларды озық даярлау стратегиясының ережелерін әзірлеуге бағытталған. Зерттеу материалдары ретінде инженерлік білім беру, ғылыми-техникалық даму, цифрлық трансформация, Industry 4.0 және Industry 5.0, үздіксіз кәсіби білім беру және жасанды интеллектіні қолдану мәселелеріне арналған ғылыми жарияланымдар пайдаланылды. Сонымен қатар білім беруді дамытуға, цифрландыруға және кадрлар даярлауға қатысты халықаралық талдамалық материалдар мен Қазақстан Республикасының стратегиялық құжаттары қарастырылды.

Материалдарды іріктеу және талдау барысында цифрландыру жағдайындағы инженерлік білім берудің трансформациясын көрсететін заманауи зерттеулермен қатар, техникалық прогрестің жеделдеуі, білімнің, адами фактордың және инженердің кәсіби даярлығының рөлі туралы түсініктердің даму эволюциясын зерделеуге мүмкіндік беретін бұрынғы еңбектер де ескерілді.

Зерттеудің әдіснамалық негізін жүйелік, салыстырмалы және ретроспективалық тәсілдер, құрылымдық-функционалдық талдау, ғылыми ақпаратты талдау мен синтездеу және тұжырымдамалық модельдеу құрады. Жүйелік тәсіл инженерлік білім беруді технологиялардың, өнеркәсіптің және кәсіби қызметтің дамуымен өзара байланыста қарастыру үшін қолданылды. Салыстырмалы талдау даярлаудың қуып жетуші және озық модельдері арасындағы айырмашылықтарды анықтау үшін пайдаланылды. Ретроспективалық тәсіл техникалық прогрестің жеделдеуі туралы бұрын қалыптасқан көзқарастарды қазіргі цифрландыру және интеллектуалдандыру процестерімен салыстыруға мүмкіндік берді. Құрылымдық-функционалдық талдау технологиялардағы, кәсіби функциялардағы, құзыреттердегі және даярлау мазмұнындағы өзгерістер арасындағы өзара байланыстарды анықтау үшін қолданылды.

Тұжырымдамалық модельдеу әдісі инженерлік кадрларды озық даярлау құрылымын қалыптастыру және технологиялық даму мен білім беру дамуының өзара байланысын талдау үшін пайдаланылды. Алынған ережелер инженерлік білім беру саласындағы заманауи зерттеулердің нәтижелерімен және өзгермелі технологиялық орта жағдайында мамандар даярлауға қойылатын талаптармен салыстырылды.

Осы зерттеу шеңберінде педагогикалық эксперимент жүргізілген жоқ. Жасанды интеллект құралдарын авторлар эксперименттік білім беру технологиясы ретінде оқу процесіне енгізген жоқ. Оларды қолдану мүмкіндіктері әзірленген тұжырымдамалық модельдің элементі ретінде қарастырылады, ал оны практикалық апробациялау зерттеудің кейінгі кезеңіне жатады.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Технологиялық және білім беру циклдерінің өзара байланысы

Жүргізілген талдау технологиялық ортаның дамуы мен инженерлік білім беру мазмұнының

жаңартылуы арасындағы уақыттық сәйкессіздікті кадрларды озық даярлау қажеттілігін айқындайтын факторлардың бірі ретінде анықтауға мүмкіндік берді. Оны тұжырымдамалық тұрғыдан сипаттау үшін өзара байланысты төрт уақыттық компонентті қарастыру ұсынылады: технологияның өмірлік циклі; білім беру бағдарламасын өзектендіру кезеңі; маман даярлау ұзақтығы; қалыптасқан кәсіби құзыреттердің өзектілік кезеңі.

Бұл кезеңдердің ұзақтығы салаға, технология түріне және кәсіби қызметтің сипатына байланысты болғандықтан, олар әмбебап сандық шамалар ретінде қарастырылмайды. Олардың арақатынасы принципті маңызға ие. Технологиялық циклдің қысқаруы жаңа техникалық және цифрлық шешімдердің маманды даярлау кезеңінің өзінде практикалық қолданысқа ену ықтималдығын арттырады, ал білім беру бағдарламасын өзектендіру және жаңартылған мазмұнды меңгеру қосымша уақытты талап етеді.

Туындайтын сәйкессіздікті оқу ақпаратының көлемін ұлғайту немесе жаңа пәндерді үнемі қосу арқылы ғана жою мүмкін емес. Технологиялық даму жеделдеген жағдайда білім беру нәтижесі оқу аяқталған сәтте қалыптасқан құзыреттерді ғана емес, сонымен қатар маманның олардың өзектілігін өз бетінше сақтап, кәсіби қызметтің жаңа тәсілдерін меңгеру қабілетін де қамтуы тиіс. Демек, озық даярлау инженерлік білім берудің іргелілігін маманның кейінгі технологиялық өзгерістерге дайындығымен ұштастыруы қажет.

Даярлаудың қуып жетуші және озық модельдерін салыстыру

Салыстырмалы талдау негізінде инженерлік кадрларды даярлаудың қуып жетуші және озық модельдері арасындағы принципті айырмашылықтар анықталды (1-кесте).

1-кесте – Инженерлік кадрларды даярлаудың қуып жетуші және озық модельдерінің салыстырмалы сипаттамасы

№	Критерий	Қуып жетуші модель	Озық модель
1	Мазмұнды қалыптастыру негізі	Қолданыстағы технологиялар мен кәсіби функциялар	Қолданыстағы және перспективалық технологиялар мен кәсіби функциялар
2	Технологиялық өзгерістерге әрекет ету	Технология кеңінен таралғаннан кейін	Қалыптасып келе жатқан технологиялық үрдістерді мониторингтеу және ескеру
3	Білім беру бағдарламасын өзектендіру	Мерзімді	Жүйелі және бейімделгіш
4	Білім беру нәтижесі	Білім, білік және кәсіби құзыреттер	Іргелі білім, кәсіби құзыреттер және оларды өз бетінше жаңарту қабілеті
5	Білім алушының рөлі	Берілген мазмұнды меңгеру	Жаңа білімді өз бетінше іздеу, талдау және қолдану
6	Оқытушының рөлі	Оқу материалын беру және түсіндіру	Танымдық қызметті ұйымдастыру, білімді іріктеу және өзектендіру
7	Өнеркәсіппен байланыс	Қолданыстағы қажеттіліктерге бағдарлану	Тұрақты кері байланыс және перспективалық қажеттіліктерді анықтау
8	Цифрлық технологиялар	Негізінен оқыту құралдары	Оқыту құралдары және кәсіби ортаның элементтері
9	Жасанды интеллект	Қосымша ақпараттық құрал	Нәтижелерді кәсіби тексеру жағдайында талдау және жобалау қызметінің құралы
10	Өзгерістерге дайындық	Қызмет жағдайлары өзгергеннен кейін бейімделу	Өзгермелі технологиялық ортада қызмет етуге даярлау

Озық модель қолданыстағы технологияларды зерделеуден бас тартуды көздемейді. Оларды меңгеру одан әрі кәсіби дамудың негізіне айналады. Сондықтан дәстүрлі «білу – істей білу» арақатынасын «жаңаны өз бетінше меңгере білу» компонентімен толықтырған орынды. Бұл компонент қолданбалы білімнің өзектілік кезеңі қысқарған жағдайда ерекше маңызға ие болады.

Инженерлік кадрларды озық даярлаудың тұжырымдамалық моделі

Жүйелік және құрылымдық-функционалдық талдау негізінде инженерлік кадрларды озық даярлаудың тұжырымдамалық моделі әзірленді (1-сурет). Оның негізін перспективалық технологиялық өзгерістер туралы ақпаратты инженердің кәсіби функцияларына, құзыреттеріне және даярлау мазмұнына қойылатын талаптарға түрлендіру, сондай-ақ өнеркәсіппен кейінгі кері байланысты қамтамасыз ету құрайды.



1-сурет – Инженерлік кадрларды озық даярлаудың тұжырымдамалық моделі

Модельдің принципті элементі технологияның өзін талдаудан оның кәсіби қызметке әкелетін өзгерістерін бағалауға көшу болып табылады. Бұл ретте болжау болашақ технологияларды дәл анықтауды көздемейді, керісінше, тұрақты үрдістерді және маман функцияларының ықтимал өзгерістерін айқындауға бағытталады. Мысалы, инженерлік операцияны автоматтандыру немесе интеллектуалдандыру кәсіби қызметтің жойылуына емес, оның мазмұнының өзгеруіне әкелуі мүмкін: міндетті қою, цифрлық жүйені баптау, алынған нәтижелерді талдау және тексеру, түпкілікті шешім қабылдау.

Білім беру бағдарламасы технологиялық орта мен маман даярлау арасындағы байланыстырушы элемент ретінде әрекет етеді. Бұл ретте инженерлік білім берудің іргелілігі пәндердің вариативтік

мазмұнын, оқыту әдістерін және жобалық тапсырмаларды уақтылы жаңарту мүмкіндігімен ұштастырылуы тиіс. Өнеркәсіппен кері байланыс модельдің циклдік сипатын қамтамасыз етеді және жабдықтардағы, технологиялардағы, кәсіби функциялардағы өзгерістерді, сондай-ақ түлектер қызметінің нәтижелерін ескеруге мүмкіндік береді.

Оқытушы мен білім алушының рөлі

Озық даярлау моделінде оқытушы білімді кәсіби тұрғыдан іріктеуді, бағалауды және өзектендіруді жүзеге асыратын, пәннің іргелі ережелері, қолданыстағы техникалық шешімдер және саланы дамытудың перспективалық бағыттары арасындағы байланысты қалыптастыратын заманауи білім менеджері ретінде қарастырылады.

Білім алушылардың шығармашылық әлеуетін дамыту берілген материалды негізінен меңгеруден жаңа білімді өз бетінше іздеуге, сыни тұрғыдан бағалауға және қолдануға көшумен байланысты. Бұл ретте ақпараттың қолжетімділігі білімді жай ғана ақпараттанумен алмастыруға әкелмеуі тиіс: болашақ инженер техникалық шешімнің негізінде жатқан заңдылықтарды түсінуі, әдісті таңдауды негіздей білуі, есептеулерді тексеруі және алынған нәтиженің практикалық іске асырылу мүмкіндігін бағалай білуі қажет.

Бұған бірнеше техникалық тұрғыдан мүмкін шешімдерді қарастыруға мүмкіндік беретін және жетіспейтін ақпаратты іздеуді, балама нұсқаларды салыстыруды әрі таңдауды дәлелді негіздеуді талап ететін тапсырмалар ықпал етеді. Осылайша кәсіби білімді үздіксіз жаңарту және нақты инженерлік қызметке барынша жақын жағдайларда міндеттерді шешу қабілеті қалыптасады.

Жасанды интеллект озық даярлаудың элементі ретінде

Ұсынылып отырған модельде жасанды интеллект қазіргі кәсіби ортаның құрамдас бөлігі және сонымен қатар оқу, талдамалық және жобалық қызметтің құралы ретінде қарастырылады. Көлік техникасы бойынша арнайы пәндерден тапсырмаларды, курстық жұмыстар мен жобаларды, ал болашақта дипломдық жұмыстарды (жобаларды) орындау барысында оны бақыланатын түрде қолдану перспективалық бағыт болып табылады.

Жасанды интеллект ғылыми-техникалық ақпаратты іздеу және жүйелеу, техникалық шешімдердің балама нұсқаларын қалыптастыру, бағдарламалау, деректерді өңдеу және конструктивтік нұсқаларды алдын ала салыстыру

үшін қолданылуы мүмкін. Алайда білім алушы қолданылатын заңдылықтарды түсінуі, бастапқы деректер мен есептеулерді тексеруі және таңдалған шешімнің техникалық тұрғыдан іске асырылуы мүмкіндігін өз бетінше негіздей білуі тиіс.

Осы негізде жасанды интеллектіні қолдану нәтижелерін инженерлік верификациялау қағидаты ұсынылды, ол мыналарды қамтиды:

- бастапқы деректер мен техникалық ақпараттың дұрыстығын тексеру;
- алынған нәтиженің физикалық заңдылықтарға сәйкестігін бағалау;
- есептік тәуелділіктерді, өлшем бірліктері мен өлшемділіктерді тексеру;
- шешімнің техникалық тұрғыдан іске асырылу мүмкіндігін бағалау;

- қолданылатын жағдайларда нормативтік-техникалық талаптарға сәйкестігін тексеру;
- түпкілікті инженерлік шешімді өз бетінше негіздеу.

Осылайша, жасанды интеллектіні пайдалану іргелі даярлықты, дербес инженерлік ойлауды және қабылданған шешім үшін жауапкершілікті алмастырмай, білім алушының талдамалық және жобалық мүмкіндіктерін кеңейтуі тиіс.

Техникалық жоғары оқу орнында стратегияны іске асыру механизмі

Озық даярлау стратегиясын іске асыру білім беру жүйесінің бес деңгейінің: университеттің, білім беру бағдарламасының, кафедраның, оқытушының және білім алушының келісілген өзара іс-қимылын талап етеді (2-кесте).

2-кесте – Инженерлік кадрларды озық даярлау стратегиясын іске асыру деңгейлері

Деңгей	Қызметтің негізгі мазмұны
Университет	Технологиялық үрдістерді мониторингтеу; өнеркәсіппен және ғылыми ұйымдармен өзара іс-қимыл жасау; даярлауды бейімдеп жаңарту үшін жағдай жасау
Білім беру бағдарламасы	Кәсіби функциялар мен құзыреттердегі өзгерістерді талдау; даярлау мазмұнын өзектендіру; бағдарламаның вариативтік бөлігін дамыту
Кафедра	Бейінді кәсіпорындармен өзара іс-қимыл жасау; жаңа технологияларды талдау; арнайы пәндердің мазмұнын өзектендіру
Оқытушы	Оқу материалдары мен оқыту әдістерін жаңарту; проблемалық және жобалық міндеттерді қою; білім алушылардың өзіндік қызметін ұйымдастыру
Білім алушы	Іргелі және кәсіби білімді меңгеру; шығармашылық әлеуетті дамыту; ақпаратты өз бетінше іздеу және сыни талдау; жаңа цифрлық құралдарды меңгеру

Озық даярлау сипатын білім беру бағдарламасын мерзімді түрде түзету арқылы ғана қамтамасыз ету мүмкін емес. Өзектендіру жұмыстарының едәуір бөлігі кафедра мен нақты пән деңгейінде жүзеге асырылады және өнеркәсіппен өзара іс-қимылға, сондай-ақ оқытушының жаңа ғылыми және техникалық білімді білім беру процесіне уақтылы енгізу қабілетіне байланысты.

Сонымен қатар мазмұнды жедел жаңарту іргелі даярлықтың тез өзгертін бағдарламалық өнімдер, жабдықтар және цифрлық сервистер туралы ақпаратпен ығыстырылуына әкелмеуі тиіс. Стратегия өзекті кәсіби құзыреттерді түлектің олардың өзектілігін кейіннен өз бетінше сақтай білу қабілетімен ұштастыруды қамтамасыз етуі қажет.

Әзірленген стратегияның негізгі қағидаты: инженерлік білім беру жүйесі маманды қолданыстағы технологияларды пайдалануға ғана

емес, сонымен қатар олардың кейінгі өзгеруі жағдайында кәсіби қызмет атқаруға да даярлауы тиіс.

Технологиялық даму жеделдеген жағдайдағы озық даярлау

Инженерлік кадрларды озық даярлау қажеттілігі қазіргі цифрлық технологиялар мен жасанды интеллектінің таралуымен ғана емес, ғылыми-техникалық дамудың жеделдеуінің неғұрлым жалпы үрдісімен де байланысты. Ғылыми нәтиже алу мен оны өнеркәсіптік игеру арасындағы кезеңнің қысқаруына И.И. Артоболевский назар аударған [1]. XX ғасырдың ортасында-ақ техникалық ғылымдардың дамуы машиналар мен технологиялық процестерді автоматтандырумен өзара байланыста қарастырылды [5]. Қазіргі кезең кешенді цифрландыру, техникалық жүйелерді интеллектуалдандыру және жасанды интеллектіні

дамыту жағдайында осы үрдістің жалғасы болып табылады.

Осы зерттеуде анықталған технологиялық және білім беру циклдері арасындағы сәйкессіздік бұрын сипатталған *time lag dilemma* – инженерлік білім беру бағдарламаларын жаңартудың кәсіби және технологиялық ортадағы өзгерістерден кешеуілдеуі мәселесіне сәйкес келеді [2]. *Curriculum Agility* тұжырымдамасы инженерлік білім берудің мазмұны мен ұйымдастырылуының бейімделгіштігін арттыру арқылы осы бағытты дамытады [6]. Ұсынылған модель бұл тәсілдерді технологиялардың өмірлік циклі, білім беру бағдарламасын өзектендіру, маман даярлау ұзақтығы және оның құзыреттерінің өзектілік кезеңі арасындағы өзара байланысты қарастыру арқылы толықтырады.

Технологиялық өзгерістердің жеделдеуі оқу ақпаратының көлемін үздіксіз арттыру қажеттілігін білдірмейді. Керісінше, іргелі білімнің және маманның кәсіби қызметтің жаңа тәсілдерін өз бетінше меңгеру қабілетінің маңызы арта түседі. Сондықтан білім берудің озық сипаты болашақ технологиялар туралы ақпарат көлемімен емес, инженердің олардың өзгеруі жағдайында қызмет атқаруға дайындығымен айқындалады.

Адами фактор және білім, ғылым мен өнеркәсіптің интеграциясы

Алынған нәтижелер *Technology Atlas* жобасы шеңберінде әзірленген технология туралы жүйелік түсінікпен үйлеседі. Онда технология төрт компоненттің өзара әрекеттесуі ретінде қарастырылады: *Technoware* – жабдықтар мен техникалық құралдар; *Humanware* – адамның білімі, дағдылары, тәжірибесі және шығармашылық мүмкіндіктері; *Inforware* – ақпараттық қамтамасыз ету; *Orgaware* – ұйымдық құрылымдар мен байланыстар [7].

Мұндай түсінік цифрландыру жағдайында ерекше өзектілікке ие. Жабдықтардың, бағдарламалық құралдар мен интеллектуалды жүйелердің дамуы өндірістің технологиялық мүмкіндіктерін кеңейтеді, алайда оларды пайдалану тиімділігі адамның білімі мен кәсіби қабілеттеріне байланысты. Бұл Д. Беллдің постиндустриялық қоғамдағы білім мен ақпараттың рөлінің артуы туралы тұжырымдарымен сәйкес келеді [8]. Қазіргі ақпараттық ортада ақпаратты иеленудің өзі емес, оны білімге және негізделген техникалық шешімге айналдыру қабілеті кәсіби құндылыққа ие болады.

К. Ошима технологиялық инновацияларды білім беру, технологиялар трансфері, зерттеулер, әзірлемелер, коммерцияландыру және жаңа техникалық шешімдерді тарату арасындағы өзара байланыста қарастырған [9]. Мұндай интеграциялық тәсіл университеттің, ғылыми ортаның және өнеркәсіптің тұрақты өзара іс-қимылы қажеттілігін растайды. Озық даярлау кәсіпорындардың қолданыстағы қажеттіліктері туралы ғана емес, сонымен қатар қалыптасып келе жатқан технологиялық бағыттар туралы да ақпарат алуды талап етеді.

Жоғары білім беруді дамытудың заманауи тәсілдері білім беру бағдарламаларын өзектендіру кезінде құзыреттерге деген қажеттіліктерді болжау нәтижелерін пайдалануды да көздейді [10]. Ұсынылып отырған модельде ең алдымен технологиялардағы өзгерістер және солардың әсерінен инженердің кәсіби функцияларының трансформациясы болжау объектісі болып табылады.

Industry 4.0-ден Industry 5.0-ге көшу технологиялық дамудағы адами фактордың маңызын одан әрі күшейтеді. Цифрландыру және автоматтандырумен қатар адамға бағдарланудың, тұрақтылықтың және өндірістік жүйелердің өзгерістерге бейімделу қабілетінің маңызы артады [11]. Демек, инженер цифрлық технологияларды меңгеріп қана қоймай, оларды қолдану нәтижелерін сыни тұрғыдан бағалап, кәсіби шешімдерді өз бетінше қабылдай білуі тиіс.

Инженердің құзыреттері және білімді үздіксіз жаңарту

Industry 4.0 жағдайындағы құзыреттерге арналған заманауи зерттеулер техникалық, цифрлық, талдамалық, басқарушылық және тұлғааралық құрамдастарды үйлестіру қажеттілігін көрсетеді [12]. Industry 5.0 жағдайында технологиялық трансформация барысында адами капиталдың дамуына ықпал ететін білім беру ортасын қалыптастыру қажеттілігі де атап көрсетіледі [13].

Бұл ережелер болашақ инженердің кәсіби өзін-өзі жетілдіруге, зерттеу қызметіне және жаңа техникo-технологиялық жүйелерді меңгеруге ұмтылысын қалыптастыру қажеттілігін растайды. Үздіксіз даму қабілеті негізгі даярлық процесінің өзінде қалыптасуы тиіс. *Continuing Engineering Education* саласындағы зерттеулер де инженерлік құзыреттердің өзектілігін сақтауды тұрақты кәсіби білім алумен байланыстырады [14].

Осы тұрғыдан алғанда, болашақ инженердің терең кәсіби білімді студенттік кезеңнен бастап меңгеру қажеттілігі туралы П.С. Осадчийдің тұжырымдары өз маңызын сақтайды [15]. Алайда білім оны практикалық міндеттерді шешуде қолдана білген жағдайда ғана кәсіби құндылыққа ие болады. Іргелі білім мен оны практикалық қолданудың өзара байланысы А. Эйнштейннің ғылыми және өнертапқыштық қызметін қарастыру кезінде де байқалады [16].

Осылайша, инженерлік білім беру фактілерді есте сақтаумен және техникалық жүйелерді сипаттаумен ғана шектелмеуі тиіс. Ақпаратты талдау, себеп-салдарлық байланыстарды анықтау, қолда бар білімнің жеткіліксіздігін өз бетінше айқындау және инженерлік міндеттерді шешудің жаңа әдістерін меңгеру қабілетін қалыптастыру қажет.

Оқытушы заманауи білім менеджері ретінде

Маман даярлау сипатының өзгеруі оқытушының ролін де өзгертеді. И.И. Артоболевский пән мазмұнын баяндаумен ғана шектелмей, білім алушыларға ғылым мен техниканың тиісті саласындағы негізгі мәселелерді және оның даму бағыттарын көрсету қажеттілігін атап өткен [1].

Қазіргі цифрлық ортада оқытушы білім алушыға қолжетімді ақпараттың негізгі көзі болудан қалады, алайда оның маңызы төмендемейді. Оның қызметі білімді кәсіби тұрғыдан іріктеу мен бағалауға, іргелі ережелерді заманауи техникалық шешімдермен байланыстыруға, инженерлік мәселелерді қоюға және білім алушылардың өзіндік танымдық қызметін ұйымдастыруға бағытталады.

Мұндай тәсіл білім алушылардың шығармашылық әлеуетін дамытумен тікелей байланысты. Жетіспейтін ақпаратты іздеуді, бірнеше нұсқаны талдауды және техникалық шешімді дәлелді түрде таңдауды көздейтін тапсырмалар белгілі алгоритмді қайталаудан дербес инженерлік қызметке көшуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда білім беру жай ғана ақпараттанумен шектелмей, білім кәсіби міндеттерді шешудің құралына айналады.

Инженердің кәсіби даярлығының этикалық қыры да бар. П.С. Осадчий инженердің кәсіби этикасын меңгерген білімінің тереңдігімен байланыстырған [15]. Бұл жасанды интеллектіні пайдалану кезінде ерекше маңызға ие, өйткені маман техникалық шешім үшін жауапкершілікті интеллектуалды жүйеге бере алмайды. Осы тұрғыдан И.И. Артоболевскийдің инженер-механик

біліктілігін өзінің кәсіби бірегейлігінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде жоғары бағалауы да назар аударуға тұрарлық [1].

Озық даярлау жүйесіндегі жасанды интеллект

Инженерлік білім беруде жасанды интеллектіні қолдану виртуалды эксперименттік орталарды, білім беру аналитикасын, интеллектуалды оқыту жүйелерін, автоматтандырылған бағалауды және оқу қызметін қолдауды қамтиды [17]. Үлкен тілдік модельдер ақпаратты іздеу және өңдеу, бағдарламалау және жобалық міндеттерді орындауды сүйемелдеу мүмкіндіктерін қосымша кеңейтеді [18].

Алайда педагогикалық әсер жасанды интеллектіні қолдану фактісінің өзімен емес, білім алушының онымен өзара әрекеттесу сипатымен анықталады. Дайын жауапты түсінбей және тексермей пайдалану дербес интеллектуалдық қызметті алмастыруы мүмкін. Керісінше, жасанды интеллектіні балама нұсқаларды іздеу, деректерді талдау және нұсқаларды алдын ала бағалау үшін пайдаланып, кейін нәтижелерді кәсіби тұрғыдан тексеру инженерлік қызметтің мүмкіндіктерін кеңейте алады.

Адамға бағдарланған тәсіл адамның жетекші ролін, алынатын ақпаратты сыни бағалауды және оны пайдалану үшін жауапкершілікті сақтауды көздейді [19]. Бұл ұсынылған инженерлік верификация қағидатымен үйлеседі: жасанды интеллектіні қолдану арқылы алынған нәтиже бастапқы деректердің дұрыстығы, физикалық заңдылықтарға сәйкестігі, есептеулердің дұрыстығы, техникалық іске асырылу мүмкіндігі және нормативтік талаптарға сәйкестігі тұрғысынан кәсіби тексеруден өтуі тиіс.

Сондықтан көлік техникасының арнайы пәндері бойынша тапсырмаларды, курстық, ал болашақта дипломдық жұмыстарды (жобаларды) орындау кезінде жасанды интеллектіні бақыланатын түрде қолдану перспективалы болып табылады. Бұл ретте білім алушы алынған техникалық шешімді түсіндіріп, оны өз бетінше негіздей білуі тиіс.

Адам мен жасанды интеллектінің өзара әрекеттесу мүмкіндіктері құзыреттілікке бағдарланған инженерлік білім беру бағдарламаларын әзірлеу барысында да қарастырылады [20]. Демек, жасанды интеллект оқу құралы ғана емес, даярлау мазмұнын бейімдеп жаңартуды қолдау құралы ретінде де қолданылуы мүмкін. Бұл ретте түпкілікті кәсіби бағалау адамның құзыретінде қалуы тиіс.

Зерттеудің шектеулері және одан әрі жұмыс бағыттары

Әзірленген модель теориялық-тұжырымдамалық сипатқа ие және қазіргі уақытта педагогикалық апробациядан өткен жоқ. Сондықтан зерттеу нәтижелері ұсынылған стратегияның тиімділігі немесе жасанды интеллектіні пайдаланудың білім алушыларды даярлау сапасына әсері туралы сандық қорытындылар жасауға мүмкіндік бермейді.

Сонымен қатар технологиялардың өмірлік циклінің және құзыреттердің өзектілік кезеңінің ұзақтығы сала мен инженерлік мамандыққа байланысты ерекшеленеді. Ұсынылған уақыттық компоненттердің өзара байланысы жалпы тұжырымдамалық негіз болып табылады және жекелеген білім беру бағдарламалары үшін одан әрі нақтылауды талап етеді.

Зерттеудің келесі кезеңі техникалық бағыттағы мамандарды даярлау кезінде стратегияның жекелеген элементтерін апробациялау, оның ішінде курстық және дипломдық жобалауда жасанды интеллектіні бақыланатын түрде қолдану болуы мүмкін. Бұл ретте білім алушылардың дербестігі, инженерлік негіздеменің сапасы, алынған нәтижелерді тексеру және іргелі білімді жаңа техникалық міндеттерді шешуге қолдану қабілеті бағалау нысаны болуы тиіс.

Модельді одан әрі дамыту тиісті технологиялар кеңінен таралғанға дейін кәсіби функциялар мен құзыреттердегі перспективалық өзгерістерді анықтау мақсатында өнеркәсіптік кәсіпорындармен кері байланысты күшейтуді де көздейді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу келесі қорытындыларды тұжырымдауға мүмкіндік береді.

1. Технологиялық дамудың жеделдеуі, цифрландыру және жасанды интеллектінің таралуы технологиялық ортадағы өзгерістер мен инженерлік білім беру мазмұнының жаңартылуы арасындағы сәйкессіздікті күшейтеді. Мұндай жағдайда қуып жетуші модель инженерлік кадрларды озық даярлау стратегиясымен толықтырылуы тиіс.

2. Озық даярлау технологиялардың өмірлік циклі, білім беру бағдарламасын өзектендіру кезеңі, маман даярлау ұзақтығы және оның кәсіби құзыреттерінің өзектілік кезеңі арасындағы өзара байланысты ескеруді талап етеді.

3. Әзірленген тұжырымдамалық модель технологиялық дамуды мониторингтеуді, инженердің кәсіби функцияларының өзгеруін, перспективалық құзыреттерді қалыптастыруды, білім беру мазмұнын өзектендіруді және өнеркәсіппен кері байланысты өзара байланыстырады. Оны іске асыру білім беру, ғылым және өнеркәсіп орталарының интеграциясын көздейді.

4. Озық даярлау жүйесінде оқытушы білімді іріктеу мен өзектендіруді, іргелі даярлықтың заманауи техникалық шешімдермен байланысын және білім алушылардың өзіндік қызметін ұйымдастыруды қамтамасыз ететін заманауи білім менеджері ретінде әрекет етеді.

5. Инженерлік білім берудің маңызды нәтижесі – түлектің кәсіби құзыреттерінің өзектілігін өз бетінше сақтап, жаңа технологияларды меңгере білу қабілеті. Бұл ретте іргелі даярлық шығармашылық әлеуетті дамыту және жаңа инженерлік міндеттерді шешу үшін айқындаушы маңызын сақтайды.

6. Жасанды интеллектіні дербес инженерлік ойлауды алмастырмайтын оқу және инженерлік-жобалау қызметінің құралы ретінде пайдалану орынды. Ұсынылған инженерлік верификация қағидаты түпкілікті техникалық шешім үшін адамның жауапкершілігін сақтай отырып, жасанды интеллектіні қолдану нәтижелерін кәсіби тұрғыдан тексеруді көздейді.

7. Стратегияны іске асыру университеттің, білім беру бағдарламасының, кафедраның, оқытушының және білім алушының келісілген іс-қимылын талап етеді. Мазмұнды жедел жаңарту даярлаудың іргелілігімен, өнеркәсіппен өзара іс-қимылымен және үздіксіз білім алу қабілетін дамытумен ұштастырылуы тиіс.

8. Әзірленген модель теориялық-тұжырымдамалық сипатқа ие және практикалық апробацияны талап етеді. Одан әрі зерттеудің перспективалық бағыты – білім алушылардың дербестігін, инженерлік негіздеменің сапасын және алынған нәтижелерді кәсіби тұрғыдан тексеру қабілетін бағалай отырып, курстық және дипломдық жұмыстарды (жобаларды) орындау кезінде жасанды интеллектіні бақыланатын түрде қолдану.

Авторлардың үлесін көрсету (таксономия CRediT): Мулдағалиев З.А. – тұжырымдамалау, әдіснама, нәтижелерді талдау және интерпретациялау, қолжазбаны дайындау және

редакциялау. Бестембек Е.С. – тұжырымдамалау, редакциялау. Барлық авторлар қолжазбаның соңғы зерттеу жүргізу, ғылыми әдебиеттерді талдау, нұсқасымен танысып, оны жариялауға мақұлдады. қолжазбаның бастапқы мәтінін дайындау және оны пысықтау. Абуов Е.З. – әдіснама, нәтижелерді валидациялау, сыни талдау және қолжазбаны

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Академик И. И. Артоболевский: Воспоминания современников. Статьи И. И. Артоболевского: сборник / сост. А. М. Лепихов. – М.: Знание, 1983. – 176 с. Google Книги
- [2] C. J. Desha, K. C. Hargroves, and M. H. Smith, “Addressing the time lag dilemma in curriculum renewal towards engineering education for sustainable development,” *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 10, no. 2, pp. 184–199, 2009, doi: 10.1108/14676370910949356.
- [3] World Economic Forum, *The Future of Jobs Report 2025*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2025. ISBN 978-2-940631-90-2.
- [4] Токаев К.-Ж. Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию: Послание Главы государства народу Казахстана от 8 сентября 2025 года.
- [5] Благонравов А. А., Артоболевский И. И., Дикущин В. И., Кулебакин В. С. Задачи технических наук в развитии машин и технологических процессов в связи с автоматизацией. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1956. – 33 с. Поиск РГБ
- [6] S. C. Brink, M. de Hei, E. Sjoer, C. J. Carlsson, F. Georgsson, E. Keller, C. McCartan, M. Enelund, R. Lyng, and W. Admiraal, “Curriculum Agility principles for transformative innovation in engineering education,” *European Journal of Engineering Education*, vol. 50, no. 3, pp. 455–471, 2025, doi: 10.1080/03043797.2024.2398165.
- [7] UN ESCAP and Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology, *A Framework for Technology-Based Development. Vol. 1: An Overview of the Framework for Technology-Based Development*. New York, NY, USA: United Nations, 1989.
- [8] D. Bell, “The Post-Industrial Society: Expectations for the 1970s and 1980s,” in *The Future of the Corporation*, H. Kahn, Ed. New York, NY, USA: Mason & Lipscomb, 1974, pp. 12–47.
- [9] K. Oshima, “Technological innovation and industrial research in Japan,” *Research Policy*, vol. 13, no. 5, pp. 285–301, 1984, doi: 10.1016/0048-7333(84)90012-X.
- [10] OECD, *Anticipating Skill Needs and Adapting Higher Education: From Insight to Alignment. Getting Skills Right*. Paris, France: OECD Publishing, 2026, doi: 10.1787/827b3ca4-en.
- [11] M. Breque, L. De Nul, and A. Petridis, *Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021, doi: 10.2777/308407.
- [12] W. Rosas Quintero and J. E. Namuche Maldonado, “Competencies of the engineer in Industry 4.0 context: A systematic literature review,” *Production*, vol. 34, Art. no. e20230051, 2024, doi: 10.1590/0103-6513.20230051.
- [13] E. L. Vieira, “Engineering Education in Industry 5.0: Competency Development and Learning Environment Strategies—A Systematic Review,” *ASEAN Journal of Engineering Education*, vol. 8, no. 1, pp. 10–18, 2024, doi: 10.11113/ajee2024.8n1.142.
- [14] J. D. Azofeifa, V. Rueda-Castro, C. Camacho-Zuñiga, G. M. Chans, J. Membrillo-Hernández, and P. Caratozzolo, “Future skills for Industry 4.0 integration and innovative learning for continuing engineering education,” *Frontiers in Education*, vol. 9, Art. no. 1412018, 2024, doi: 10.3389/feduc.2024.1412018.
- [15] Осадчий П. С. К вопросу о принципах профессиональной этики инженеров. – СПб.: Типография А. Бенке, 1911. – 31 с. Поиск РГБ
- [16] Френкель В. Я., Явелов Б. Е. Эйнштейн-изобретатель. – М.: Наука, 1981. – 160 с.
- [17] C. Liu, G.-C. Wang, and H.-F. Wang, “The Application of Artificial Intelligence in Engineering Education: A Systematic Review,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 17895–17910, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3532595.
- [18] S. Filippi and B. Motyl, “Large Language Models (LLMs) in Engineering Education: A Systematic Review and Suggestions for Practical Adoption,” *Information*, vol. 15, no. 6, Art. no. 345, 2024, doi: 10.3390/info15060345.
- [19] F. Miao and W. Holmes, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris, France: UNESCO, 2023, doi: 10.54675/EWZM9535.
- [20] A. Padovano and M. Cardamone, “Towards human-AI collaboration in the competency-based curriculum development process: The case of industrial engineering and management education,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 7, Art. no. 100256, 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2024.100256.

REFERENCES

- [1] Akademik I. I. Artobolevskii: Vospominaniya sovremennikov. Stat'i I. I. Artobolevskogo [Academician I. I. Artobolevsky: Memoirs of Contemporaries. Articles by I. I. Artobolevsky], A. M. Lepikhov, comp. Moscow, USSR: Znanie, 1983. (in Russian).
- [2] C. J. Desha, K. C. Hargroves, and M. H. Smith, "Addressing the time lag dilemma in curriculum renewal towards engineering education for sustainable development," *International Journal of Sustainability in Higher Education*, vol. 10, no. 2, pp. 184–199, 2009, doi: 10.1108/14676370910949356. The Australian National University
- [3] World Economic Forum, *The Future of Jobs Report 2025*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2025, ISBN 978-2-940631-90-2. World Economic Forum Reports
- [4] K.-J. Tokayev, "Kazakhstan v epokhu iskusstvennogo intellekta: aktual'nye zadachi i ikh resheniya cherez tsifrovuyu transformatsiyu" [Kazakhstan in the Era of Artificial Intelligence: Current Challenges and Their Solutions through Digital Transformation], Address of the Head of State to the People of Kazakhstan, Sep. 8, 2025. (in Russian). Әділет
- [5] A. A. Blagonravov, I. I. Artobolevskii, V. I. Dikushin, and V. S. Kulebakin, *Zadachi tekhnicheskikh nauk v razvitii mashin i tekhnologicheskikh protsessov v svyazi s avtomatizatsiei* [Tasks of Technical Sciences in the Development of Machines and Technological Processes in Connection with Automation]. Moscow, USSR: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1956. Поиск ПГБ
- [6] S. C. Brink, M. de Hei, E. Sjoer, C. J. Carlsson, F. Georgsson, E. Keller, C. McCartan, M. Enelund, R. Lyng, and W. Admiraal, "Curriculum Agility principles for transformative innovation in engineering education," *European Journal of Engineering Education*, vol. 50, no. 3, pp. 455–471, 2025, doi: 10.1080/03043797.2024.2398165. Tandf Online
- [7] UN ESCAP and Asian and Pacific Centre for Transfer of Technology, *A Framework for Technology-Based Development. Vol. 1: An Overview of the Framework for Technology-Based Development*. New York, NY, USA: United Nations, 1989. ESCAP Repository
- [8] D. Bell, "The Post-Industrial Society: Expectations for the 1970s and 1980s," in *The Future of the Corporation*, H. Kahn, Ed. New York, NY, USA: Mason & Lipscomb, 1974, pp. 12–47. Oxford Futures
- [9] K. Oshima, "Technological innovation and industrial research in Japan," *Research Policy*, vol. 13, no. 5, pp. 285–301, 1984, doi: 10.1016/0048-7333(84)90012-X. ScienceDirect
- [10] OECD, *Anticipating Skill Needs and Adapting Higher Education: From Insight to Alignment. Getting Skills Right*. Paris, France: OECD Publishing, 2026, doi: 10.1787/827b3ca4-en. OECD
- [11] M. Breque, L. De Nul, and A. Petridis, *Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021, doi: 10.2777/308407. Research and innovation
- [12] W. Rosas Quintero and J. E. Namuche Maldonado, "Competencies of the engineer in Industry 4.0 context: A systematic literature review," *Production*, vol. 34, Art. no. e20230051, 2024, doi: 10.1590/0103-6513.20230051. DOI
- [13] E. L. Vieira, "Engineering Education in Industry 5.0: Competency Development and Learning Environment Strategies—A Systematic Review," *ASEAN Journal of Engineering Education*, vol. 8, no. 1, pp. 10–18, 2024, doi: 10.11113/ajee2024.8n1.142. Asean Journal of Engineering Education
- [14] J. D. Azofeifa, V. Rueda-Castro, C. Camacho-Zuñiga, G. M. Chans, J. Membrillo-Hernández, and P. Caratozzolo, "Future skills for Industry 4.0 integration and innovative learning for continuing engineering education," *Frontiers in Education*, vol. 9, Art. no. 1412018, 2024, doi: 10.3389/feduc.2024.1412018. Frontiers
- [15] P. S. Osadchii, *K voprosu o printsipakh professional'noi etiki inzhenerov* [On the Principles of Professional Ethics of Engineers]. St. Petersburg, Russian Empire: Tipografiya A. Benke, 1911. (in Russian). Поиск ПГБ
- [16] V. Ya. Frenkel and B. E. Yavelov, *Einshtein-izobretatel'* [Einstein as an Inventor]. Moscow, USSR: Nauka, 1981. (in Russian). ОМГТУ Библиотека
- [17] C. Liu, G.-C. Wang, and H.-F. Wang, "The Application of Artificial Intelligence in Engineering Education: A Systematic Review," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 17895–17910, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3532595. IEEE Xplore
- [18] S. Filippi and B. Motyl, "Large Language Models (LLMs) in Engineering Education: A Systematic Review and Suggestions for Practical Adoption," *Information*, vol. 15, no. 6, Art. no. 345, 2024, doi: 10.3390/info15060345. MDPI
- [19] F. Miao and W. Holmes, *Guidance for Generative AI in Education and Research*. Paris, France: UNESCO, 2023, doi: 10.54675/EWZM9535. UNESCO Document Database
- [20] A. Padovano and M. Cardamone, "Towards human-AI collaboration in the competency-based curriculum development process: The case of industrial engineering and management education," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 7, Art. no. 100256, 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2024.100256.