

Н.А. Курманғалиева^{1*}, М.Е. Ерсінін¹, Г.Б. Камалова¹, Қ.Сейдуәлі¹

¹Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

*e-mail: nkurmangali@gmail.com

STEAM-ЖОБА РЕТІНДЕ 3D ПРИНТЕРДІҢ ФИЛАМЕНТІН ЖАСАУҒА АРНАЛҒАН ЭКСТРУДЕРДІ ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа

Мақалада пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеуге арналған экструдер әзірлеу бойынша STEAM жобасын жоғары білім жүйесіне кіріктіру арқылы іске асыру тәжірибесі талқыланады. Зерттеу аясында 3D принтердің филаментін шығаруға арналған пластикті қайта өңдеу экструдері әзірленді. Ғылыми білімді, цифрлық дағдыларды және студенттердің шығармашылық ойлауын біріктіруге мүмкіндік беретін инженерлік, технологиялық және педагогикалық аспектілерді біріктіруге басты назар аударылды. Экструдерді әзірлеу тек техникалық тапсырма ретінде ғана емес, сонымен қатар 3D модельдеу, параметрлерді цифрлық бақылау және тұрақты даму саласындағы құзыреттерді қалыптастыратын оқу құралы ретінде қарастырылады. Зерттеу барысында құрылғының техникалық сипаттамалары талданды, жіп өндіру бойынша тәжірибелер жүргізілді, деректерді өңдеу және визуализация үшін цифрлық құралдарды пайдаланудың тиімді білім беру әсері бағаланды. Нәтижелер мұндай жобаларды жүзеге асыру қазіргі қоғамда сұранысқа ие цифрлық құзырлылық, топтық жұмысты және тәжірибеге бағытталған дағдыларды дамытуға ықпал ететінін негіздейді.

Түйін сөздер: экструдер, аддитивті технология, STEAM, 3D принтер, филамент, цифрлық құзырлылық.

Н.А. Курманғалиева¹, М.Е. Ерсінін¹, Г.Б. Камалова¹, Қ.Сейдуәлі¹

¹Казакский национальный педагогический университет имени Абая, г. Алматы, Казахстан

РАЗРАБОТКА ЭКСТРУДЕРА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФИЛАМЕНТА ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРА КАК STEAM-ПРОЕКТ

Аннотация

В статье рассматривается опыт реализации STEAM-проекта по разработке экструдера для переработки пластиковых бутылок посредством его интеграции в систему высшего образования. В рамках исследования был разработан экструдер для переработки пластика, предназначенный для производства филамента для 3D-принтеров. Основное внимание уделено интеграции инженерных, технологических и педагогических аспектов, позволяющих объединить научные знания, цифровые навыки и творческое мышление студентов. Разработка экструдера рассматривается не только как техническое задание, но и как образовательный инструмент, формирующий компетенции в области 3D-моделирования, цифрового управления параметрами и устойчивого развития. В ходе исследования были проанализированы технические характеристики устройства, проведены эксперименты по производству филамента, а также оценен эффективный образовательный эффект от использования цифровых инструментов обработки и визуализации данных. Результаты обосновывают, что реализация подобных проектов способствует развитию цифровой компетенции, навыков командной работы и практико-ориентированных навыков, востребованных в современном обществе.

Ключевые слова: экструдер, аддитивные технологии, STEAM, 3D принтер, филамент, цифровые компетенции.

N. Kurmangaliyeva¹, M. Yersin¹, G. Kamalova¹, K. Seiduali¹,

¹ Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPING AN EXTRUDER FOR MAKING 3D PRINTER FILAMENT AS A STEAM PROJECT

Abstract

The article discusses the experience of implementing a STEAM project on the development of an extruder for recycling plastic bottles through its integration into the higher education system. As part of the research, a plastic recycling extruder for the production of 3D printer filament was developed. The main focus was on integrating engineering, technological and pedagogical aspects that allow combining scientific knowledge, digital skills and creative thinking of students. The development of an extruder is considered not only as a technical task, but also as an educational tool that forms competencies in the field of 3D modeling, digital control of parameters and sustainable development. During the study, the technical characteristics of the device were analyzed, experiments on filament production were conducted, and the effective educational effect of using digital tools for data processing and visualization was assessed. The results justify that the implementation of such projects contributes to the development of digital literacy, teamwork and practice-oriented skills that are in demand in modern society.

Keywords: extruder, additive technologies, STEAM, 3D printer, filament, digital competence.

Кіріспе

Цифрлық трансформация жағдайында заманауи білім беру ақпараттық-коммуникациялық технологиялармен (АКТ) тиімді жұмыс істей алатын, пәнаралық мәселелерді шеше алатын және инженерлік ойлауды практикалық қызметте қолдана алатын мамандарды даярлауға жаңа талаптар қояды. Жоғары оқу орындарын жақында бітірген мамандар мазмұндық білім мен техникада білікті болуы мүмкін болса да, көптеген жұмыс берушілер олардың қазіргі қоғам талап ететін қабілеттерінің жеткіліксіздігін атап айтады [1]. Сондықтан университет студенттерін болашақта жоғары деңгейге жету үшін білім беруде белсенді дамып келе жатқан тәсілдердің бірі – ғылым, технология, инженерия, өнер және математиканы біріктіретін STEAM-жобалары негізінде оқыту маңыздылығы арта түседі [2,3].

STEAM жобасы аясында білімдерді дәстүрлі меңгеруден тәжірибеге бағытталған оқытуға, жобалық әрекеттерге және цифрлық құралдарды пайдалануға баса назар аударылады. Бір мезгілде кәсіби құзыреттіліктерді дамытуға және қоршаған ортаға жауапкершілікпен қарауға тәрбиелеуге мүмкіндік беретін өзекті әлеуметтік және экологиялық мәселелерді шешуге бағытталған жобаларды оқу үдерісіне енгізу әсіресе өзекті болып табылады.

Сондай жобалардың бірі – пластик қалдықтарын қайта өңдеп, 3D басып шығаруға арналған материалға айналдыратын құрылғы жасау. Қазіргі таңда STEAM технологияларының құралы немесе ресурсы деп аталатын аддитивті технологияларды қолдану кеңінен таралып отыр. Аддитивті технологиялар дегеніміз бұл физикалық объекті (бөлшекті) материалды қабаттап қосу әдісі арқылы жасау. Түрлі өнеркәсіп салаларында аддитивті технологияларды қолданудың артықшылықтары көрсетілген ғылыми еңбектер көптеп кездеседі [4]. Пластикалық қалдықтардың өсуі және аддитивті өндіріс технологияларының дамуы университеттегі білім беру жобалары үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Аталған жоба инженерлік және экологиялық мәселелерді біріктіретін шешімдердің бірі болып табылады. Дегенмен, бұл процесті іс жүзінде жүзеге асыру қазіргі заманғы АКТ қолданбай мүмкін емес.

АКТ экструдер жұмысының параметрлерін бақылауды, тәжірибелік деректерді жинауды автоматтандыруды, сонымен қатар цифрлық құралдарды пайдалана отырып, оларды өңдеу мен визуализациялауды қамтамасыз етеді. Осылайша студенттер инженерлік білімді меңгеріп қана қоймай, мамандарға қойылатын заманауи талаптарға сай цифрлық дағдыларды дамытады. Мақалада ПЭТ бөтелкелерін қайта өңдеуге арналған экструдер жасау бойынша STEAM жобасын іске асыру тәжірибесі және АКТ-ны оқу үдерісіне интеграциялаудың білім беруге әсерін талдау ұсынылады.

Білім беруде STEAM тәсілін қолдану соңғы жылдардағы ғылыми әдебиеттерде белсенді түрде талқылануда. Зерттеушілер студенттерді жобалық-зерттеу іс-әрекетіне тарту оқу мотивациясын арттыруға көмектесетінін, сыни тұрғыдан ойлауға ықпал ететінін және цифрлық технологиялармен жұмыс істеу дағдыларын дамытатынын атап өтеді [5].

STEAM білім беруде 3D басып шығару технологияларын пайдалану ерекше орын алады. Бірқатар авторлар [6] аддитивті технологиялар студенттердің инженерлік дайындығына жаңа мүмкіндіктер ашатынын, теориялық білім мен тәжірибелік тәжірибелер арасындағы байланысты қамтамасыз ететінін атап көрсетеді. 3D басып шығару тек прототиптеу құралы ретінде ғана емес, сонымен қатар пәнаралық құзыреттіліктерді қалыптастырудың білім беру ортасы ретінде қарастырылады.

Жеке зерттеу саласы тұрақты даму және пластикалық қалдықтарды қайта өңдеу мәселелерімен байланысты. Көптеген ғалымдардың зерттеулеріне сәйкес пластикалық қалдықтардың жыл сайынғы көлемі өсуде, бұл оларды кәдеге жарату және қайта пайдаланудың жаңа технологияларын әзірлеуді талап етеді. Осы тұрғыда пластикалық бөтелкелерді 3D принтері үшін жіпке қайта өңдеу экологиялық және білім беру маңыздылығын біріктіретін перспективалы шешім болып саналады [7].

Ақырында, қазіргі педагогикада оқу үдерісіне ақпараттық-коммуникациялық технологияларды енгізуге көп көңіл бөлінеді. Бірқатар шетелдік ғалымдар [8] цифрлық құралдар деректерді жинауды автоматтандырып қана қоймайды, сонымен қатар студенттердің ақпаратты талдау, визуализациялау және интерпретациялау дағдыларын дамытатынын, бұл цифрлық экономика дәуірінде мамандарды дайындау үшін ерекше маңызды екенін атап өтеді.

Кәсіптік білім берудің ең маңызды педагогикалық мәселесі – білім алушылардың зерттеушілік құзіреттілігін қалыптастыру. Білім алушылардың ғылыми-зерттеу құзіреттілігінің маңыздылығы, бір жағынан, оның құзыретті, заманауи, ізденімпаз маманды қалыптастыру болса, екінші жағынан, университеттік білімнің зерттеуге, ғылымның іргелі негіздеріне, білім беруге маңызды негіз болып табылатындығында. Білім алушылардың ізденушілік құзіреттіліктерін қалыптастыруда жобалық тәсілдің, оның ішінде STEAM-жобалардың маңызы өте зор [9].

Прототиптеуді үйрету, 3D модельдеу және басып шығару дағдыларын дамыту жоғары оқу орындарының білім алушыларын дайындауда өзекті міндеттерге айналуға. Көптеген оқу орындарының оқытушылары бұл технологиялардың келешегін білім алушылардың технологиялық және инженерлік мәдениетін қалыптастыру үшін қолдану мүмкіндігі тұрғысынан атап өтеді [10]. Қарамағында 3D принтері бар әрбір оқу орнына шығын материалдары (филамент) қажет. Кейде ұйымдарда 3D принтерлерге арналған филаменттерге тапсырыс беру қомақты қаржыны талап етеді. Сондықтан 3D принтерлердің филаментін жасауға арналған экструдер әзірлеу STEAM-жобасы ұсынылған.

Қалдықтарды қайта өңдеу үшін қолданылатын мұндай құрылғылар демонстрациялық оқыту құралы ретінде қызмет ете алады және білім беруде STEAM тәсілін енгізу кезінде, экология және тұрақты даму, IoT негіздері, бағдарламалау, 3D модельдеу және т.б. пәндер бойынша сабақтарда қолданыла алады [7,10]. Экологиялық сананы қалыптастырумен қатар олардың дизайнын, мүмкіндіктерін және жұмыс істеу принциптерін зерделеу студенттердің цифрлық құзыреттіліктерін дамытуға ықпал етеді және олардың шығармашылық қызығушылығын оятады [7].

Тақырыптың өзектілігіне және заттар интернеті мен жасанды интеллект технологияларының қолжетімділігіне байланысты соңғы жылдары қалдықтарды сұрыптауды автоматтандыру саласында және бөлек пластмассада көптеген зерттеулер жүргізілді, олардың мөлшері барлық қалдықтардың жалпы көлемінің айтарлықтай бөлігін құрайды [11]. Ұзақ бұзылу жылдамдығына ие пластикалық материалдар жиналып, қоршаған ортаны ластайды және денсаулыққа теріс әсер етеді [12]. Сондықтан оларды қайта өңдеуге ерекше көңіл бөлінеді.

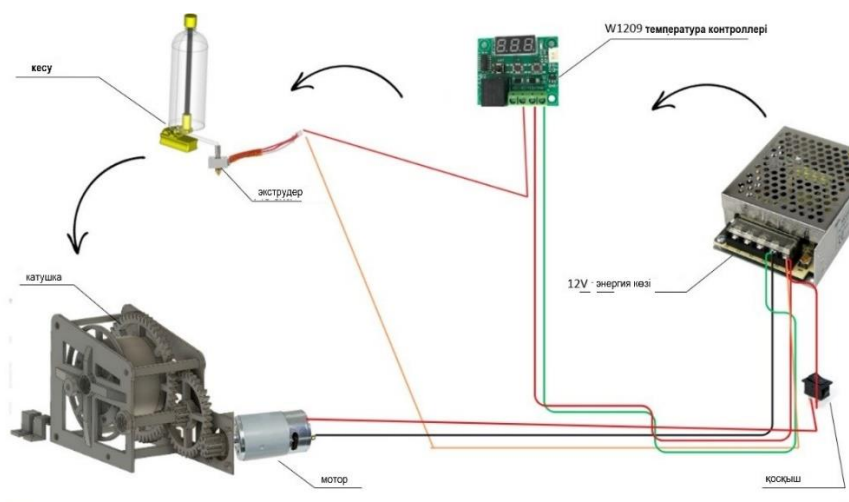
Осылайша, әдебиеттерді талдау STEAM тәсілін, 3D басып шығару технологияларын, пластик қалдықтарын қайта өңдеуді және АКТ-ны біріктіру тәжірибеге бағытталған оқытуға және оқушылардың әмбебап құзыреттіліктерін дамытуға бағытталған жаңа білім беру бағытын қалыптастыратынын көрсетеді. Пластик қалдықтарын тасымалдаусыз және қосымша шығындарсыз қайта өңдеуге арналған құрылғыларды жасау идеясы білім беру мекемесін IoT трансформациясы бойынша ғылыми жобаның бөлігі ретінде пайда болды және студенттерге арналған STEAM жоба тақырыбы болды.

Зерттеу әдіснамасы

Зерттеуде 3D принтерге арналған пластикалық жіптер жасауда қолданылатын аддитивті технологиялар және басқа да заманауи технологиялар бойынша ғылыми әдебиеттерге талдау жасалды, ең қолжетімді, тиімді және перспективалық шешімдерді анықтау үшін әртүрлі мекемелерде 3D принтердің филаментін әзірлеуге арналған экструдер жасаудың және енгізудің практикалық тәжірибесін зерделеу қарастырылды.

Зерттеу пластикті қайта өңдеу құрылғысының функционалдық логикасын модельдеуге және оңай қол жетімді материалдар мен компоненттерге негізделген прототиптерді әзірлеуді қарастырады. Экструдердің сыртқы корпусы 3D принтерден басып шығару арқылы пластиктен жасалған. Әзірленген экструдер келесі элементтерден тұрады:

- пышақ пен қадамдық қозғалтқыш, пластик бөтелкелердің кесілген фрагменттері;
 - бұрандалы механизм, шикізатты тасымалдау мен балқытуды қамтамасыз етеді;
 - қыздыру элементтері, температураны аймақтық реттейтін электр қыздыру элементтері;
 - лебедка, үздіксіз жіптің қалыптасуы;
 - салқындату жүйесі, жіптің геометриялық өлшемдерін тұрақтандыру;
 - орау қондырғысы, дайын жіптің катушкаға біркелкі оралуын қамтамасыз етеді;
 - температура мен диаметр датчигі, процесс параметрлерін бақылауды қамтамасыз етеді.
- 1-суретте экструдердің функционалдық және логикалық диаграммасы көрсетілген.



Сурет 1. Пластикалық қалдықтарды қайта өңдеуге арналған экструдердің функционалдық және логикалық схемасы

Бұл құрылғы ПЭТ (полиэтилентерефталат) бөтелкесін пышақ пен қадамдық қозғалтқыштың көмегімен жұқа жолақтарға кесуге мүмкіндік береді. Әрі қарай таспа ыстық қалыптағыштың кіріс воронкасына түседі, онда ол 75-тен 80 градусқа дейін қызады және түтікке айналдырылады, содан кейін лебедка арқылы диаметрі 1,6-1,75 мм жіпке сығылады. Келесі қадамда жіп 3D принтерлерде кез келген нысандарды басып шығару үшін пайдаланылуы мүмкін қадамдық қозғалтқыштағы беріліс қорабын пайдаланып катушкаға оралады.

Жобаның ақпараттық-коммуникациялық компонентін іске асыру үшін аппараттық-бағдарламалық кешен құрылды. Мұндай кешенді құру үшін дауыс беру сенсорларына арналған микроконтроллер (Arduino/ESP32), жылыту аймақтарындағы температураны бақылауға арналған термиялық сенсорлар (DS18B20), CSV форматында деректерді сақтауға арналған модуль және нәтижелерді талдауға арналған Excel бағдарламаларындағы визуализация интерфейсі пайдаланылды. Бағдарламалық жасақтаманы білім алушылар C++/Arduino IDE тілінде жазды, ал деректерді өңдеу және визуализация Excel көмегімен жүзеге асырылды. Тәжірибелер үш жұмыс режимінде (әртүрлі температура мен бұранданың айналу жылдамдығы) жүргізілді. Әрбір режим үшін келесі параметрлер жазылды: жылыту аймақтарындағы температура, бұранданың айналу жылдамдығы, уақыт бойынша жіптің диаметрі, қолайлы жіп шығымының тұрақтылығы. Жиналған деректер жіп сапасын техникалық талдау үшін де, ақпаратты өңдеу және визуализациялау бойынша оқу тапсырмаларын қалыптастыру үшін де пайдаланылды. Студенттердің пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеуге арналған құрылғыларын орнату идеясына және оларды білім беру мақсатында қайта пайдалануға көзқарасын зерттеу және осы жаңалықтарды тиімді игеруіне білім алушыларды STEAM-жобалар арқылы оқытудың әсерін бағалау мақсатында педагогикалық университеттің 57 студенті арасында сауалнама жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

Зерттеу барысында 3D принтері үшін пластик бөтелкелерді жіпке өңдеуге арналған экструдер әзірленді. Негізгі мақсаттардың бірі өнеркәсіптік стандарттарға сәйкес келетін тұрақты жіп диаметрін ($1,75 \pm 0,05$ мм) қамтамасыз ету болды. Экструдердің тиімділігін тексеру үшін әртүрлі жұмыс жағдайларында бірқатар тәжірибелер жүргізілді.

Нәтижелер 1-кестеде берілген.

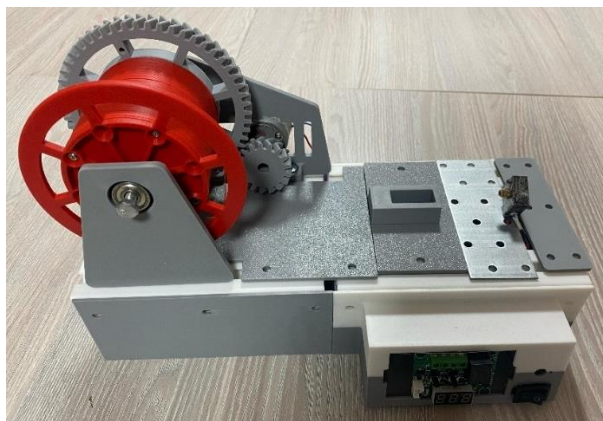
Кесте 1. Әртүрлі режимде филамент сапасының орташа көрсеткіштері

Режим	Температура (°C)	Шнек жылдамдығы (айн/мин)	Орташа диаметр (мм)	Жарамды филамент пайыздық көрсеткіші
1	60	10	1,74	85
2	75	10	1,76	92
3	85	15	1,78	90

Осы 1-кестедегі мәліметтер көрсеткендей, экструдердің оңтайлы жұмыс режимі 75°C температураға және 10 айн/мин бұранданың айналу жылдамдығына сәйкес келеді. Бұл режимде жақсы жіп шығуының максималды пайызы (92%) қамтамасыз етіледі. Осылайша, ұсынылған экструдер дизайны параметрлердің қажетті тұрақтылығын қамтамасыз етеді және пластикалық қалдықтарды 3D жіпке қайта өңдеу процесін оқу зертханасында жүзеге асыруға болады деп қорытынды жасауға болады. Зерттеудің келесі мақсаттарының бірі экструдерді басқару және нәтижелерді талдау үшін ақпараттық-коммуникациялық технологияларды енгізу болды. Осы мақсатта автоматтандырылған басқару жүйесі енгізілді. Бұл жүйе арқылы жылу сенсорының көрсеткіштері әрбір 5 секунд сайын жазылды, жіп диаметрінің сенсоры пайдаланылды және деректер кейінгі өңдеу үшін CSV пішімінде сақталынып отырды.

Бастапқы кезеңде жүйені жылытуға байланысты диаметрдің тұрақсыздығын көрсетеді. Дегенмен, температураны тұрақтандырудан кейін ауытқулар минималды болды, бұл автоматтандырылған басқарудың сенімділігін растайды. Әзірленген экструдер 2-суретте берілген.

Жоғарыда айтылғандай, құрылғының платикті тиімді балқыту температурасы 75-80°C, мұндай төмен температурада пластик иіс шығармайды.



Сурет 2. 3D принтердің филламентін жасауға арналған экструдер

Сонымен қатар, пластикті алуға арналған өнеркәсіптік қондырғылардан айырмашылығы, бұл қайта өңдеу технологиясы қымбат жабдықты қажет етпейді және электр энергиясын әлдеқайда аз тұтынады.

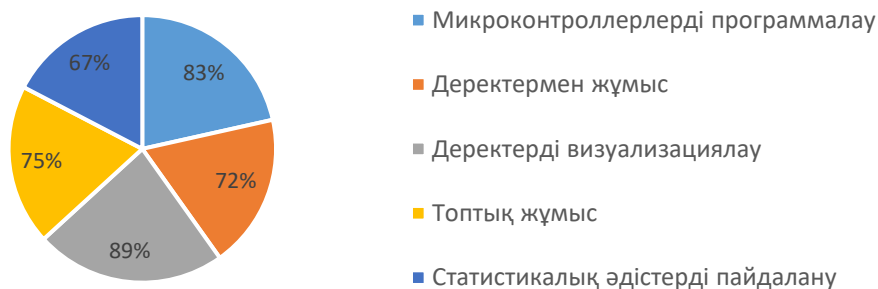
Бұл қоршаған ортаға зиян келтірместен пластик бөтелкелерді қайта өңдеуге арналған жеткілікті қолжетімді, қарапайым, экологиялық таза шешім. Пластикалық бөтелкелерді қайта өңдеудің бұл әдісі экологиялық таза ғана емес, сонымен қатар экономикалық жағынан да тиімді. Ол қолда бар шикізаттан тасымалдау мен өңдеуге қосымша шығындарды қажет етпейтін жаңа өнімдерді жасауға мүмкіндік береді. Пластмассадан 3D басып шығару жібін жасау идеясы жаңа емес және оны қазірдің өзінде бүкіл әлем ғалымдары зерттеп жатыр. Осы мақалада ұсынылған бөтелкелерді кәдеге жарату әдісі білім беру мекемелеріне пластикалық қалдықтар мәселесін өз бетінше шешуге мүмкіндік береді, оған пайдалы өнім түрінде екінші өмір береді. STEAM жобасы тек техникалық нәтижеге ғана емес, сонымен қатар білім алушылардың цифрлық құзыреттіліктерін қалыптастыруға бағытталған болатын. Білім беру ұйымдарында STEAM жобалары арқылы оқыту қажеттілігі және мұндай жобалардың білім алушылардың цифрлық құзыреттіліктерін арттыруға әсерін анықтау мақсатында пайдаланушылар арасында сауалнама жүргізілді (2-кесте). Сауалнамаға Абай университетінің 57 студенті қатысты.

Кесте 2. STEAM жобасы арқылы оқытудың білім беруде тиімділігін бағалау үшін құрастырылған сауалнама сұрақтарынан үзінді

№	Сауалнама сұрақтары
1.	Экструдердің жұмыс істеу принципі сізге қаншалықты түсінікті болды?
2.	Сіз жоба барысында микроконтроллерді бағдарламалаудың жаңа дағдыларын (Arduino, ESP32 және т.б.) игердіңіз бе?
3.	Excel немесе CSV файлдарындағы деректермен жұмыс істегеуге қаншалықты сенімдісіз?
4.	Сізге жаңа визуализация құралдарын (Power BI, Python диаграммалары және т.б.) меңгеру керек болды ма?
5.	Қандай цифрлық дағдылар болашақ мамандығыңызға ең пайдалы деп санайсыз?
6.	Жобадағы топтық жұмыс деңгейін қалай бағалайсыз?
7.	Жоба барысында қандай қиындықтар жиі кездесті?
8.	Жоба сіздің инженерлік ойлауыңыз бен тәжірибелік дағдыларыңызды дамытуға қаншалықты ықпал етті?
9.	Осыған ұқсас пәнаралық жобаларға қатысқыңыз келе ме?
10.	Бұл жобаны жетілдіру немесе оқу үдерісіне енгізу бойынша қандай ұсыныстарыңыз бар?

Сауалнама нәтижесі бойынша білім алушылардың көпшілігі деректерді талдаудың статистикалық әдістерін алғаш рет қолданғанын (67%), сонымен қатар микроконтроллерлерді бағдарламалау тәжірибесін алғанын (83%) атап өтті. Сонымен қатар, Power BI жүйесінде деректерді визуализациялау шеберлігі ерекше бағаланды (89%). Нәтижелер 3-суретте көрсетілген.

Білім алушылардың цифрлық дағдыларының қалыптасуы



Сурет 3. Білім алушылардың цифрлық дағдыларының қалыптасуы

Осылайша, осы STEAM жобасында АКТ-ны қолдану инженерлік мәселені шешуге ғана емес, сонымен қатар студенттердің заманауи жоғары білім беру мақсаттарына сәйкес келетін негізгі цифрлық құзыреттіліктерді дамытуға ықпал етті.

Дискуссия

STEAM жобасында студенттер жұмыстың бұл форматы, яғни АКТ-ны қолданатын топтық жоба, оқу процесін инженерлік практиканың нақты жағдайларына жақындататынын атап өтті. Әрбір жобаға қатысушы бағдарламалаудан бастап, пәнаралық құзыреттердің дамуына ықпал еткен деректерді талдауға дейін бірегей рөл атқарды. Ең бастысы, АКТ пайдаланып, STEAM жобаларын ұйымдастыру білім алушылардың оқу процесіне деген қызығушылығын арттырды, себебі олар өз жұмыстарының практикалық нәтижелерін көрді. Бұл университеттік білім беруде мұндай жобаларды қолданудың тиімділігін растайды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу пластикалық бөтелкелерден 3D принтердің фидаментін жасауға арналған экструдерді әзірлеу бойынша STEAM жобасын іске асыру мысалында ақпараттық-коммуникациялық технологияларды оқу үдерісінде қолданудың тиімділігін растады. Әзірленген экструдер алынған жіптің тұрақты параметрлерін қамтамасыз етеді (орташа диаметрі $\pm 0,04$ мм ауытқулармен 1,75 мм), бұл 3D басып шығару материалдарына қойылатын талаптарға сәйкес келеді. Автоматтандырылған басқару жүйесін енгізу, эксперименттік деректерді өңдеу және визуализациялау үшін АКТ-ны пайдалану (Excel, Python) студенттерде сәйкес цифрлық құзыреттердің қалыптасуына ықпал етті. Студенттер бағдарламалауды, мәліметтерді өңдеуді, визуализацияны және инженерлік дизайн негіздерін меңгерді. Осылайша, цифрлық технологияларды тиімді пайдаланып, оқытуды STEAM жобасы арқылы ұйымдастыру болашақ мамандарды даярлауда және олардың кәсіби және цифрлық құзыреттерін дамытуда өзінің тиімділігін көрсетті. Болашақта пластикті алдын ала кептіру жүйесін қосу арқылы экструдер дизайнын жақсартуға және процесс параметрлерін қашықтан басқаруды енгізу арқылы АКТ жүйесінің функционалдығын кеңейтуге болады.

АЛҒЫС

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен гранттық зерттеу аясында дайындалған (Грант №АР23490844).

Пайдаланылған дереккөздердің тізімі

[1] Fursova V. A., Syzdykova R. B., Bimakhanov A. S., & Makhambetova, K. T. The competence of modern higher professional education institution graduates as an object of sociological reflection. *Gestão e Desenvolvimento em Contexto Educativo*, 3(1), 62–75. <https://periodicos.ufpb.br/index.php/ged/article/view/49303>

[2] Xiaojing Gu, Dandan Tong, Peiqi Shi, Yuchen Zou, Han Yuan, Chen Chen, Guoqing Zhao, Incorporating STEAM activities into creativity training in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, Volume 50, 2023, 101395, ISSN 1871-1871, <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101395>.

[3] Manisha Singh, Iqbal Azad, Mohammad Amir Qayyoom, Tahmeena Khan, A study on perceptions and practices of STEAM-based education with university students, *Social Sciences & Humanities Open*, Volume 10, 2024, 101162, ISSN 2590-2911, <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101162>.

[4] Крутов Е.С. Разработка экструдера для изготовления пластиковой нити для 3D принтеров (FDM) // «Молодой учёный». № 26.1 (316.1). Июнь 2020 г. С.21-24.

[5] Зубков, А. Д., & Катаева, А. Д. (2024). Роль проектно-ориентированного обучения в развитии критического мышления у студентов-экономистов на занятиях по иностранному языку. *Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал*, (03 (92)). Режим доступа: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/rol-proektno-orientirovannogo-obucheniya-v-razviti-i-kriticheskogo-myshleniya-u-studentov-ekonomistov-na-zanyatiyakh-po-inostrannomu-yazyku.html>

[6] Ahmad Zamri, A. F., Ahmad Sayuti, N. 'Ayn, Ab Hamid, A. H., & Mohd Noor, M. A. A. (2022). Additive Manufacturing-3D Printing in Product Design Education: Learning experiences using Fused Deposition Modeling (FDM). *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 7(SI9), 511–516. <https://doi.org/10.21834/ebpj.v7iSI9.4300>

[7] Kamalova G., Kurmangaliyeva N., Salgozha I., Turashova S., & Ospanova, N. Innovative technologies in plastic waste management in educational institutions. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 2025, 8(1), 1979–1986. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i1.4841>

[8] Xu, L., Zhang, J., Ding, Y., Sun, G., Zhang, W., Philbin, S. P., & Guo, B. H. W. Assessing the impact of digital education and the role of the big data analytics course to enhance the skills and employability of engineering students. *Frontiers in Psychology*, 13, 2022, Article 974574. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.974574>

[9] Кузнецова Л. А., Лысак О. Г., Слободская И. Н. STEAM-проектирование в формировании исследовательской компетенции обучающихся в вузе // Гуманитарные исследования. Психология и педагогика. 2024. № 19. С. 7–14. <https://doi.org/10.24412/2712-827X-2024-19-7-14>

[10] Wisdom, S., & Novak, E. Using 3D printing to enhance STEM teaching and learning: Recommendations for designing 3D printing projects. In M. S. Khine & N. Ali (Eds.), *Integrating 3D printing into Teaching and Learning: Practitioners' Perspective*, 2020, pp. 187–205. Brill. https://doi.org/10.1163/9789004415133_010

[11] K.O. Babaremu, S.A. Okoya, E. Hughes, B. Tijani, D. Teidi, A. Akpan, J. Igwe, S. Karera, M. Oyinlola and E.T. Akinlabi, “Sustainable plastic waste management in a circular economy”, *Heliyon*, vol. 8, Issue 7, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09984>

[12] O. Plohl , N. Sep, LF Zemljic , A. Vuyanovich , M. Čolnik , YV Fan, M. Škerget , JJ Klemeš , L. Čuček and JV Valh , "Fragmentation of Plastic Threadments of Disposed Plasticron Waste Materials in Engineering, Aquafficial Transactition" том.94, p.1249-1254, 2022. <https://doi.org/10.3303/CET2294208>

References

[1] Fursova V. A., Syzdykova R. B., Bimakhanov A. S., & Makhambetova, K. T. The competence of modern higher professional education institution graduates as an object of sociological reflection. *Gestão e Desenvolvimento em Contexto Educativo*, 3(1), 62–75. <https://periodicos.ufpb.br/index.php/ged/article/view/49303>

[2] Xiaojing Gu, Dandan Tong, Peiqi Shi, Yuchen Zou, Han Yuan, Chen Chen, Guoqing Zhao, *Incorporating STEAM activities into creativity training in higher education. Thinking Skills and Creativity*, Volume 50, 2023, 101395, ISSN 1871-1871, <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101395>.

[3] Manisha Singh, Iqbal Azad, Mohammad Amir Qayyoom, Tahmeena Khan, *A study on perceptions and practices of STEAM-based education with university students, Social Sciences & Humanities Open*, Volume 10, 2024, 101162, ISSN 2590-2911, <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101162>.

[4] Krutov E.C. (2020) *Razrabotka ekstrudera dlya izgotovleniya plastikovoi niti dlya 3D printerov [Development of an extruder for producing plastic filament for 3D printers] (FDM) // «Molodoi uchenyi». № 26.1 (316.1). 21-24. (In Russian)*

[5] Zubkov A.D., Katayeva A.D. (2024) *Rol proektno-orientirovannogo obucheniya v razvitii kriticheskogo mishleniya u studentov-ekonomistov na zanyatiyah po inostrannomu yaziku [The role of project-based learning in developing critical thinking in economics students in foreign language classes]. Mir pedagogiki i psihologii: mezhdunarodnyi nauchno-prakticheski zhurnal*, 2024, (03 (92)). Rezhim dostupa: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/rol-proektno-orientirovannogo-obucheniya-v-razvitii-kriticheskogo-myshleniya-u-studentov-ekonomistov-na-zanyatiyakh-po-inostrannomu-yazyku.html> (In Russian)

[6] Ahmad Zamri, A. F., Ahmad Sayuti, N. 'Ayn, Ab Hamid, A. H., & Mohd Noor, M. A. A. (2022). *Additive Manufacturing-3D Printing in Product Design Education: Learning experiences using Fused Deposition Modeling (FDM). Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 7(SI9), 511–516. <https://doi.org/10.21834/ebpj.v7iSI9.4300>

[7] Kamalova G., Kurmangaliyeva N., Salgozha I., Turashova S., & Ospanova, N. *Innovative technologies in plastic waste management in educational institutions. International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 2025, 8(1), 1979–1986. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i1.4841>

[8] Xu, L., Zhang, J., Ding, Y., Sun, G., Zhang, W., Philbin, S. P., & Guo, B. H. W. *Assessing the impact of digital education and the role of the big data analytics course to enhance the skills and employability of engineering students. Frontiers in Psychology*, 13, 2022, Article 974574. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.974574>

[9] Kuznetsova L.A., Lisak O.G., Slobodskaya I.N. (2024) *STEAM-proektirovaniye v formirovani i issledovatel'skoi kompetensii obuchaushih'sya v vuze [STEAM design in developing research competence in university students]. Gumanitarniye issledovaniya. Psihologiya i pedagogika*. № 19.7–14. <https://doi.org/10.24412/2712-827X-2024-19-7-14> (In Russian)

[10] Wisdom, S., & Novak, E. *Using 3D printing to enhance STEM teaching and learning: Recommendations for designing 3D printing projects. In M. S. Khine & N. Ali (Eds.), Integrating 3D printing into Teaching and Learning: Practitioners' Perspective*, 2020, pp. 187–205. Brill. https://doi.org/10.1163/9789004415133_010

[11] K.O. Babaremu, S.A. Okoya, E. Hughes, B. Tijani, D. Teidi, A. Akpan, J. Igwe, S. Karera, M. Oyinlola and E.T. Akinlabi, "Sustainable plastic waste management in a circular economy", *Heliyon*, vol. 8, Issue 7, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09984>

[12] O. Plohl, N. Sep, LF Zemljič, A. Vuyanovich, M. Čolnik, YV Fan, M. Škerget, JJ Klemeš, L. Čuček and JV Valh, "Fragmentation of Plastic Threadments of Disposed Plasticron Waste Materials in Engineering, Aquafficial Transactition" *мом.94*, p.1249-1254, 2022. <https://doi.org/10.3303/CET2294208>