ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Ә. Буркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Убайтжан Абзал Жомартұлы

«3D принтерлерге арналған экструдер филаментін жасау және жобалау»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

SATBAYEV UNIVERSITY

Ә. Буркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Роботтытехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылым кандидаты

К.А. Ожикенов
«7» маусым 2021 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «3D принтерлерге арналған экструдер филаментін жасау және жобалау»

5В071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады Убайтжан Абзал Жомартұлы

Ғылыми жетекшісі
инженерия докторы,
PhD, профессор

Ешмухаметов А.Н.

«8» маусым 2021 ж.

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

SATBAYEV UNIVERSITY

Ә. Бүркітбаев атындағы Өндірістік автоматтандыру және цифрлау институты

«Робототехники және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы
5В071600 – Аспап жасау

БЕКІТЕМІН
РТжАТҚ кафедра меңгерушісі
техника ғылым кандидаты

Қ.А. Ожикенов
«23» қаңтар 2021 ж.

ТАПСЫРМА
Дипломдық жобаны орындауға

Білім алушыға Убайтжан Абзал Жомартұлы
Жобаның тақырыбы: 3D принтерлерге арналған экструдер филаментін жасау және жобалау
Университет ректорының №2131-б «24» қараша 2020ж.
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «8» маусым 2021 ж.
Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: : 3D принтерлерге арналған экструдер филаментін жасау және жобалау.
Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:
а) Пластикті қайта өңдеу тәсілдері
б) Extruder-дің шет елдік аналогтары
в) Extruder-дің негізгі компоненттері
г) Extruder-дің жұмыс істеу принципі, 3D моделі
д) Extruder-дің артықшылықтары мен кемшіліктері
Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажетті сызбалар көрсетілген): 15 слайд
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 25 әдебиеттер тізімі

КЕСТЕСІ
Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

Бөлімдер атауы, қарастырылған сұрақтар тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімі	Ескертулер
Негізгі бөлім	22.01 – 15.02.2021 ж.	Орындады
Есептеу бөлімі	22.01 – 15.02.2021 ж.	Орындады
Бағдармалық бөлім	15.03 – 20.04.2021 ж.	Орындады
Зерттеу бөлімі	20.04 – 05.05.2021 ж.	Орындады
Қорытынды бөлім	05.05 – 15.05.2021 ж.	Орындады

Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының
ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қайылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Баянбай Н.А., техника ғылымдары магистрі, лектор	04.06.2021ж.	

Ғылыми жетекшісі Ешмухаметов А.Н.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы Убайтжан А.Ж.

Күні «4» маусым 2021 ж

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста қазіргі таңда ең актуалды мәселелердің бірі пластикті қайта өңдеу қарастырылады. Оның қоршаған ортаға тигізіп жатқан ықпалы, шешу жолдары негізгі бөлімде көрсетілген.

Зерттеу бөлімінде “Plastic extruder” құрылғысы ұсынылды. Ол 3D принтеріне арналған ABS пластиктерін, сонымен қатар ПЭТ, полипропилен секілді пластиктерді қайта өңдейді. SolidWorks 2020 бағдарламасы арқылы “Plastic extruder” құрылғысының 3D моделі сызылды. Шет елдік аналогтармен салыстырулар жүргізіліп, артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Алынған нәтижелер бойынша құрылғының орташа бағасы анықталып, сонымен қатар жұмыс істеу қарқыны, есептеулер жүргізілді.

Ғылыми жобаның негізгі мақсаты, табиғи ресурстарды сақтау, Қазақстанда қайта өңдеу процессін жаңа деңгейге шығару. Сонымен қатар қоршаған ортаны, теңіз өмірін ластанудан сақтау.

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается одна из наиболее актуальных на сегодняшний день проблем-переработка пластика. Его влияние на окружающую среду, пути решения изложены в основной части.

В исследовательской части было представлено устройство “Plastic extruder". Он перерабатывает ABS-пластик для 3D-принтера, а также пластик, такой как ПЭТ, полипропилен. Через программу SolidWorks 2020 нарисована 3D модель устройства “Plastic extruder”. Проведены сравнения с зарубежными аналогами, выявлены достоинства и недостатки. По полученным результатам была определена средняя цена устройства, а также произведен расчет темпов работы.

Основной целью научного проекта является сохранение природных ресурсов, вывод процесса переработки в Казахстане на новый уровень. А также сохранение окружающей среды, морской жизни от загрязнения.

ABSTRACT

This article discusses one of the most pressing problems today-plastic recycling. Its impact on the environment, solutions are outlined in the main part.

In the research part, the device “Plastic extruder" was presented. It recycles ABS plastic for 3D printer, as well as plastic such as PET, polypropylene. A 3D model of the “Plastic extruder " device was drawn using the SolidWorks 2020 program. Comparisons with foreign analogues are made, advantages and disadvantages are revealed. Based on the results obtained, the average price of the device was determined, and the work rate was calculated.

The main goal of the scientific project is to preserve natural resources, to bring the processing process in Kazakhstan to a new level. As well as the preservation of the environment, marine life from pollution.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе 9
1 Пластик. Пластик туралы жалпы ұғым және қоршаған ортаға әсері 10
1.1 Пластиктердің түрлері және олардың қасиеттері 10
1.2 Пластиктің қоршаған ортаға ықпалы 11
2 Пластикті қайта өңдеу маңыздылығы 13
2.1 Пластикті қайта өңдеудің негізгі тәсілдері 13
2.2 Дүние жүзі елдеріндегі қайта өңдеу процесстері 14
2.3 Пластиктің Қазақстандағы екінші өмірі 16
3 Ғылыми жобаға шолу 17
3.1 Extruder-дің шетелдік аналогтары 17
3.2 “ Plastic extruder ” жұмыс істеу принципі 20
4 “ Plastic extruder ” жобасында қолданлған негізгі элементтер 21
4.1 Қадамдық қозғалтқыш 21
4.2 PID контроллері 22
4.3 Arduino Nano микроконтроллері 26
4.4 Қадамдық қозғалтқышына арналған драйвер 28
4.5 Қыздырғыш элементі 29
5 “ Plastic extruder ” 3D моделі, электроникасы 30
6 Қорытынды
7 Пайдаланылған әдебиеттер

КІРІСПЕ

Пластикті жаппай қолдану 1950 жылдары басталды және содан бері тұрақты өсіп келеді. Бүгінде жыл сайын 300 миллион тоннадан астам пластик өндіріледі.

ХХ ғасырдың басында АҚШ-та бір реттік ыдыстар пайда болды. Алдымен олар қағаз шыныаяқтарын, содан кейін басқа ыдыстарды, яғни, табақтар, қасықтар, шанышқылар, пышақтарды шығара бастады. Өткен ғасырдың 50-ші жылдарының аяғынан бастап бір рет қолданылатын ыдыс-аяқтың жаппай өндірісі басталды, ал қағаздың орнына полимерлі материалдар жиі қолданыла бастады.

Пластиктің танымалдылығы оның өндіріс құнының төмендігімен ғана емес, сонымен қатар оның салмағы, қышқылға төзімділігі мен икемділігін қоса алғанда, көптеген практикалық сипаттамаларымен де түсіндіріледі. Сонымен қатар, пластиктің икемді қасиеттері технологиялық инновацияларды ынталандырады, әсіресе медицина, құрылыс технологиялары, авиация және автомобиль салаларында - жаңа шешімдерге, жақсартулар мен жайлылыққа әкеледі.

Пластиктің негізгі түрлері – полиуретан, поликарбонат, полистирол, полиэтилен, поливинилхлорид, полипропилен, биологиялық жолмен ыдырайтын пластмасса, полиэтилентерефталат.

1 Пластик. Пластик туралы жалпы ұғым және қоршаған ортаға әсері

1.1 Пластиктердің түрлері және олардың қасиеттері

Пластмассалар бірдей қайталанатын құрылыс элементін (мономер) байланыстыру арқылы жасалған полимерлер деп аталатын ұзын молекулалық тізбектерден тұрады. Синтетикалық пластмассалар минералды майдан, көмірден немесе табиғи газдан жасалады. Жалпы алғанда, әлемдік мұнай мен газ өндірісінің 4% - ы пластмасса өндіруге арналған.

Синтетикалық пластмассадан басқа, целлюлоза сияқты табиғи полимерлерден жасалған жартылай синтетикалық материалдар да бар. Бүгінгі таңда экологиялық таза шикізаттан жасалған органикалық пластмассалар көп мөлшерде өндіріледі.

1.1-кесте. Пластик түрлері.

Пластик атауы	Жалпы сипаттамасы	Балқу температурасы
Полиэтилен	Полиэтилен этиленнің газ тәрізді затын полимерлеу арқылы алынады. Түрлері : HDPE, LLDPE, LDPE . Қолданылуы: HDPE: сусындарға арналған жәшіктер, бөтелкелер, бөшкілер, құтылар және тостағандар. LLDPE, LDPE: ораушы пленкалар, полиэтилен пакеттер, кабельдерге арналған жабындар.	HDPE: 200-260°C LLDPE: 100-120°C LDPE: 120-150°C
Полипропилен	Полипропилен - бұл газ пропенінен алынған термопласт. Бұл пластик көбінесе талшықтарға өңделеді. Азық-түлік пайдалану үшін қауіпсіз деп танылды. Сондықтан полипропиленнен – балаларды тамақтандыруға арналған бөтелкелер, тамақ пленкасы, азық- түлік контейнерлері шығарылады.	160-170°C
ПЭТ	Полиэтилентерефталат – терефталқышқылы мен этиленгликольден тұратын полимерлер тұқымдасынан шыққан поликонденсат. Ыстыққа төзімді емес, ПЭТ жасалған ыдыстардың жарамдылығы 1 жыл, содан кейін ол зиянды заттарды бөле бастайды. Полиэтилентерефталаттен бір ретті қолданылатын стакандар, су, сүт, өсімдік майы өнімдеріне арналған бөтелкілер жасалады.	>260°C

1.1-кестенің жалғасы. Пластик түрлері.

ABS пластик	ABS-соққыға төзімді инженерлік термопласт және аморфты полимер. ABS үш мономерден тұрады: акрилонитрил, бутадиен және стирол. Акрилонитрил: бұл пропилен мен аммиактан жасалған синтетикалық мономер. Бұл компонент ABS –тың химиялық төзімділігі мен ыстыққа төзімділігін арттырады. Бутадиен : ол бу крекинг қондырғыларында этилен өндірісінің жанама өнімі ретінде шығарылады. Бұл компонент ABS полимеріне беріктік пен соққы тұтқырлығын береді	210-240°C

1.2 Пластиктің қоршаған ортаға ықпалы

Бүгінгі таңда бос бөтелкелердің танымалдығы төмендеп бара жатыр. Негізінен олар қоқысқа тасталуда. Экологтар қоқыс көлемінің үштен бір бөлігі бос пластикалық бөтелкелер деп есептеді. Біздің елімізде қоқысты бөлек жинау әлі де аз кездеседі, ал 99% жағдайда пластик полигонға жіберіледі.

Қазіргі уақытта әлем бойынша пластиктің 70% қайта өңделмейді. Мұндай пластиктердің көп бөлігі мұхит суларына жіберілуде. Қазіргі таңда мұхиттарда шамамен 5 триллион пластик қалқып жүзуде.

Пластиктің көпшілігі оңай байқалады, бірақ экожүйеге енетін пластиктің тағы бір түрі микропластиктер. Микропластиктер көзге байқалмайды, оның өлшемі 5 мм-ден аз ұсақ бөлшектер болып табылады.

Микропластиктер үлкен пластмассалардың физикалық бұзылуынан пайда болады. Алайда, қазіргі уақытта түйіршікті, ұнтақты микропласстиктердің өндірісі қарқынды дамуда. Бұндай өзгерістер қоршаған ортаға және мұхит суларында пластиктердің көбеуіне әсер етуде.

Микропластиктер адам тұтынатын тағамдардын құрамынан табылуда. Мысалы, сыра, бал және ас тұзы. Ғылыми зерттеулер бойынша балық өнімдерінің құрамында микропластиктер аса зиян келтірмейді. Себебі, балықтардың ішегін адамдар тұтынбайтындықтан, оның зияны адамға тимейді. Бірақ-та арнайы тексерістерден өту, адамдарға артық етпейді.

Қазіргі таңда қандай жағдай болмасын пластиктерді қолдану қарқынды өрбуде. Сондықтан пластиктерді жаппай қолдану қоршаған ортаға, теңіз

өміріне зиян келтіруде. Дельфиндер мен киттер суға тасталған пластикалық торларға түсуде, тасбақалар мен ұсақ балықтар полиэтилендік пакеттерді қорек ретінде пайдалануда және ас қорыту жүйесінің бітелуі нәтижесінде өлуде. Табиғатты қорғауды алдын алу үшін, коршаған ортаны ластайтын көп жылдық қоқыстарды қайта өңдей қажет.

Пластикті қайта өңдеу дегеніміз - қалдықтарды немесе пластиктің сынықтарын қалпына келтіру және материалдарды функционалды және пайдалы өнімдерге өңдеу процессі. Пластикті қайта өңдеудің мақсаты - жаңа пластикалық өнімдерді өндіруге арналған бастапқы материалдарға аз қысым жасау арқылы пластиктің жоғары ластану көрсеткіштерін төмендету. Қайта өңдеу процессі ресурстарды үнемдеуге және қоршаған ортаны ластаудан қорғайды.

Шамамен 70 жыл ішінде 8,3 миллиард тонна пластик өндірілді, оның 6,3 миллиард тоннасы қалдықтарға айналды. Бұл қалдықтардың тек 9% - ы қайта өңделді.

Бүгінгі таңда тұтынушылар мен компаниялар көп материалдарды өңдеуге ұмтылған кезең, бір-ақ оларға оны қалай тиімді қайта өңдеу керектігі туралы білім жетіспейді. Бұл қайта өңделуге жарамайтын пластмассаларды, қайта өңделетін пластмассалармен араластыру немесе желімдер, химиялық заттар және тамақ қалдықтары сияқты заттармен ластанған пластикті қайта өңдеу нәтижесінде, ластанған пласстиктер проблемалар туғызады, бұл қайта өңдеу процесін одан әрі қиындатады.

Тағы бір қиындық - бұл өнімдердің өздері. Яғни, су бөтелкелері және басқа сусын бөтелкелері сияқты кейбір өнімдер көбінесе қарапайым пластиктен жасалады (мысалы, ПЭТ), бұл оларды оңай өңдеуге мүмкіндік береді, ал басқа да көптеген заттар пластмасса қоспасынан жасалағандықтан, олар өндірісте үлкен қиындықтар тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, көптеген өнімдер-бұл ағаш немесе металл сияқты пластмассалар мен пластиктердің қоспасы. Өкінішке орай, бұл өнімдер қайта өңдеу орталығына жіберілмейді. Алайда, соңғы жылдары пластикті қайта өңдеу процесі едәуір жақсарды және оны бірнеше кезеңге бөлуге болады.

2 Пластикті қайта өңдеу маңыздылығы

2.1 Пластикті қайта өңдеудің негізгі тәсілдері

1- кезең. Жинау, тарату

Механикалық өңдеу процесінің алғашқы қадамы-үйлерде, кәсіпорындарда және мекемелерде тұрмыстық материалдарды жинау. Мұны жергілікті билік немесе жеке компаниялар жасай алады. Тағы бір нұсқа - арнайы қоқыс жәшіктерді қоғамдық орындарында қою. Бұл қоғамдық жерлерде көп пайдаланатын бөтелкелерді жинауға және оларды қайта өңдеуге ықпал етеді.

2- кезең. Сұрыптау және санаттау

Пластикті қайта өңдеу процесінің келесі қадамы-сұрыптау. Пластмассаның бірнеше түрлері бар, оларды қайта өңдеушілердің көмегімен бір-бірінен ажырату керек. Сонымен қатар, пластмассаны түсі, қалыңдығы және пайдалануы сияқты басқа қасиеттері бойынша сұрыптауға болады. Мұны қайта өңдеу зауытында машиналар жасайды және кәсіпорындардың тиімділігін арттыру және түпкілікті өнімнің ластануын болдырмау үшін маңызды қадам болып табылады.

3- кезең. Тазалау

Тазалау-бұл пластикті қайта өңдеудің маңызды кезеңі, себебі лас пластик жұмысты қиындатады немесе қайта өңделген партияны толығымен бұзады. Осы кезеңде бағытталған қоспалар, әдетте, азық-түлік жапсырмалары мен желім, кір мен тамақ қалдықтары сияқты заттарды қамтиды. Бұл кезеңде пластик жиі жуылатын болса да, бұл қайта өңдеу мен жинау алдында пластиктің қоспалардан мүмкіндігінше таза болуының маңыздылығын төмендетпейтінін есте ұстаған жөн.

4- кезең. Ұсақтау

Пластиктер ұсақтағыштарға беріледі, олар оны кішкене бөліктерге бөледі. Бұл ұсақ бөлшектер пластмассадан айырмашылығы, қайта пайдалану үшін келесі кезеңдерде қайта өңделуі мүмкін. Сонымен қатар, өлшемі өзгертілген пластикалық бөлшектерді одан әрі өңдеусіз басқа мақсаттарда қолдануға болады, мысалы, асфальтқа қоспа ретінде немесе жай шикізат ретінде сатуға болады. Пластикті кішкене бөліктерге бөлу сонымен қатар қалған кірді анықтауға мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, металл сияқты ластаушы заттарға қатысты, олар жуу арқылы жойылмағандықтан, бұл кезеңде оны магнитпен оңай жинауға болады.

5- кезең. Пластмассаны анықтау және бөлу

Мұнда пластикалық бөлшектердің класы мен сапасына тексеріледі. Біріншіден, олар тығыздығы бойынша бөлінеді, ол пластикалық бөлшектерді су контейнерлеріне жүзу арқылы тексеріледі. Содан кейін пластикалық бөліктердің қалыңдығын анықтайтын "ауаны жіктеу" деп аталатын тест жасалады. Бұл ұсақталған пластикті жел туннеліне салу арқылы жасалады, ал жұқа бөліктері жүзіп, қалың бөліктері төменде қалады.

6- кезең. Экструзия, біріктіру

Пластикті қайта өңдеу процесінің осы соңғы кезеңінде ұсақталған пластиктің бөлшектері өндірісте қолдануға болатын өнімге айналады. Ұсақталған пластик түйіршіктерді қалыптастыру үшін ериді және ұсақталады. Айта кету керек, пластиктің барлық түрлерін, жіктелуін және сапасын бір зауытта біріктіру әрдайым мүмкін емес, сондықтан осы соңғы кезеңде пластиктің әртүрлі сорттары кейде басқа өңдеу кәсіпорындарына жіберіледі.

Қайта өңдеудің екі негізгі артықшылығы бар: біріншіден, ол полигондарда қалатын немесе табиғи кеңістікті бұзатын қалдықтардың көп мөлшерін қайта пайдалануға мүмкіндік береді; екіншіден, бұл шикізат өндіруге және материалдар мен табиғи ресурстардың жоғалуын болдырмауға мүмкіндік береді.

2.2 Дүние жүзі елдеріндегі қайта өңдеу процесстері

Германия қайта өңдеуден көш бастап тұр: оның қалдықтарының 66,1% қайта өңделеді. Оның алты түрлі контейнері бар: қарапайым қалдықтар үшін қара, қағаз үшін көк, пластик үшін сары, мөлдір әйнек үшін ақ, түрлі-түсті әйнек үшін жасыл және компост жасау үшін қоңыр. Бұл азаматтар сұрыптауды өздері жүргізуі керек дегенді білдіреді, бұл үкіметтің сұрыптауға жұмсайтын ақшасын азайтады, сонымен қатар ластануды азайтады. Германия заңнамасы компанияға "ластаушы төлейді" қағидаты бойынша жұмыс істей отырып, өз қаптамасын қайта пайдалануға болатын немесе қайта өңделетін етіп жасауды міндеттейді және барлық қайта өңделетін заттар танымал жасыл нүктемен белгіленеді.

Екінші орында Уэльс қалдықтарының 63,8% - ын өңдейді, бұл көрші Англияны 42,8% қайта өңдеу көрсеткішімен артта қалдырады. Елдің рециркуляция көлемін арттырудағы табысы заңда белгіленген мақсаттарды белгілеумен, қалдықтарды бөлек жинау бойынша қызметтерді жақсартумен және қоғамдастықтарды қайта өңдеуге тартумен түсіндіріледі. Қайта өңдеу жүйесі соншалықты сәттілігі, ол 2019/2020 жылға қарай 64% қайта өңдеу мақсатына жетті. 2020 жылдың шілдесінде Уэльс Үкіметі бірқатар бір реттік пластикалық өнімдерге тыйым салу жоспарлары туралы кеңес бере бастады. Іске асырылған жағдайда сабан, мақта тампондары, азық-түлік және полистирол сусындары сияқты бір рет қолданылатын, қиын өңделетін және жиі ластанатын пластикалық заттарға 2021 жылдың күзінен бастап тыйым салынады.

Оңтүстік Корея - қалдықтарды жою саласындағы беделін өзгерткен тағы бір ел, әсіресе тамақ қалдықтарына қатысты. 1995 жылы тамақ қалдықтарының тек 2% - ы өңделді, ал бүгінде бұл көрсеткіш 95% - ға дейін өсті. Органикалық қалдықтарды қайта өңдеу пакеттері қайта өңдеу процесін қаржыландыру үшін пайдаланылатын ерекше бағаға ие, олар биологиялық тұрғыданыдырайды. Пакеттер тамақ қалдықтарын өлшейтін

автоматтандырылған бункерлерге орналастырылады. Қоқыс жәшіктерін пайдалану үшін тұрғындар ID картасымен анықталуы керек. Содан кейін контейнерлер тұрғындарға салмағы бойынша ақы алады. Неғұрлым көп жасасаңыз, соғұрлым көп төлейсіз. Осылайша, ел тамақ қалдықтарын жылына бір адамға 130 кг-нан 11-ге дейін азайтуға қол жеткізді . Жиналған органикалық қалдықтар биогазды электр станциялары үшін отын, ауылшаруашылық дақылдары үшін тыңайтқыш және мал азығы ретінде өндіру үшін қолданылады.

2017 жылы Қытайда металл мен пластикті қайта өңдеу көлемі жылына 11 пайызға артты. Салыстырмалы түрде, АҚШ-та қалдықтарды қайта өңдеу соңғы бес жылдық кезеңде бар болғаны 6,8% - ға өсті. АҚШ төменгі базадан бастады: 2015 жылы АҚШ-тағы пластмассаны қайта өңдеу деңгейі 9,1% құрады, бұл Қытайдағы 2014 жылмен салыстырғанда 22% тең.

Сауда министрлігінің мәліметінше, тыйым салынғаннан кейін Қытай 282 миллион тонна металл мен пластикті қайта өңдеді. Тыйым салынғанға дейін Қытай жылына 12,6 миллиард фунт әлемдік пластикалық қалдықтарды шығарды. Шектеулер күшіне енгенге дейін 12 ай бұрын Америка Құрама Штаттары Қытайға 693 миллион тонна пластикалық қалдықтарды экспорттады. Германия 390 миллион тонна экспорты бар ең ірі еуропалық экспорттаушы болды. Ұлыбритания өзінің пластикалық қалдықтарының үштен екісін Қытайға жіберді, ал Жапония көршісіне 842 миллион тонна пластикалық қалдықтарды экспорттау арқылы әлемде бірінші орынға шықты. Жалпы, импортталған пластикалық қалдықтар Қытайдағы тұрмыстық қалдықтардың 10-13% өсуіне әкелді, бұл Қытай жағалауынан Дүниежүзілік мұхитқа түсетін пластикалық қалдықтардың санына айтарлықтай әсер етті.

Қайта өңделетін пластик импортының 2018 жылы 99% төмендеуі Қытайдағы пластикті қайта өңдеу тапшылығын тудырды және оны толтыру үшін Үкімет Қытай өндіретін пластикалық қалдықтардың үлкен көлемін жауапты өңдеуге назар аударады.

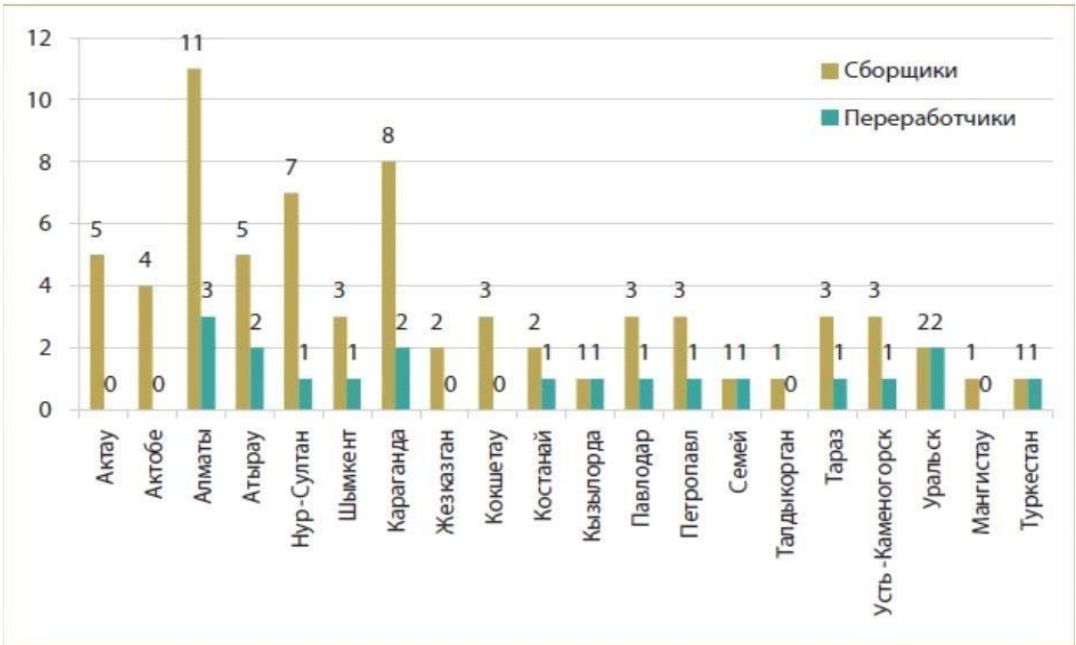
Қаңтарда Қытайдың экология және қоршаған орта министрлігі 10 қалдықсыз қаланы құрудың схемасын жариялады. Қытайда 2020 жылдан бастап жүзеге асырылатын жоспар құру үшін сатып алу әдеттері, соның ішінде бір реттік пластикті сату және 10 қалада қайта өңдеу инфрақұрылымы қайта қаралады және қатаң бақыланады. Шенеуніктер бұл схема сонымен қатар адамдарды экологиялық таза өмір салтын ұстануға және қалдықтарды азайтуға ынталандыруға бағытталған дейді. 2030 жылы Қытайдағы қайта өңдеу саласының құны 1 триллион доллардан асуы мүмкін, нәтижесінде 40 миллион жаңа жұмыс орны пайда болады.

2.3 Пластиктің Қазақстандағы екінші өмірі

Қазақстандағы қалдықтардың жылдық көлемі 5-6 миллион тоннаны құрайды. 2018 жылы 3,2 млн тоннаға жуық ҚТҚ жиналды, оның 330,0 мың тоннасы қайта өңделді, бұл 10,5% - ды құрады. Қалғаны шамамен 90% полигондар мен үйінділерде орналастырылады.

Қазақстанда жыл сайын 5 миллион тоннадан астам қоқыс шығарылады, оның 15% пластик құрайды. Демек , әрбір қазақстандық шамамен 42 килограмм пластик қалдықтарын пайдаланады және тастайды, олардың тек 3 % ғана сұрыпталады.

Бүгінгі таңда Қазақстанда пластикалық қалдықтарды жинау және қайта өңдеу процессі бойынша 80-нен астам компания жұмыс істейді. Әдетте, бұлар шағын және орта кәсіпорындар, жеке кәсіпкерлер, оның ішінде 69-ы жинаушылар, ал 15-і қайта өңдеуші компаниялар (2.1 сурет) көрсетілген.



2.1 сурет – Қазақстан қалаларыңдағы жинау және қайта өңдеу компаниялар саны

Қазақстан Республикасының көптеген ірі қалалары мен облыс орталықтарында ПЭТ, полимерлі түйіршіктер, тұрмыстық мақсаттағы пластмасса бұйымдарын қайта өңдеу кәсіпорындары жұмыс істейді.

Елімізде қазіргі таңда бірнеше пластикті қайта өңдеумен айналысатын бірнеше кәсіпорындар бар.

RocketPlastic бұл жас стартап, пластикті қабылдайды, қайта өңдейді және одан жиһаз жасайды. Қазақстанда пластикті қайта өңдеу бойынша алғашқы мектепті ашты және қазір көптеген эко-жобалармен табысты ынтымақтасуда.

Lemonadoff лимонадтар шығаратын компания шырындарынан пластикалық бөтелкелер қабылдайды. Сіз келіп, бір данасы үшін 10 теңгеге тапсыра аласыз.

ЖШС “Kazakhstan Waste Recycle” – бұл компания қайта өңделетін шикізатты жинаумен айналысады және сұрыптау үшін экобокстар – контейнерлерді ұсынады. Алматыда 30 жинау нүктесі жұмыс істейді және әрбір қоқыстың бір килограмы үшін өзіндік бағасы бар. KWR жеке тұлғалардан да, заңды тұлғалардан да (дүкендер мен кәсіпорындар) сатып алынады.

3 Ғылыми жобаға шолу

3.1 Extruder-дің шетелдік аналогтары

Жоғарыда айтылған жобаларды қолдай отырып, осы дипломдық жұмыста “ Plastic extruder ” жобасы ұсынылады. Бұл жоба 3D принтерінен бөлінген ABS пластиктерін қайта өңдеуге арналады. Сонымен қатар ПЭТ, полипропилен және полиэтлен пластиктерін қайта өңдейді.

3.1-кесте. Extruder-дің аналогтары.

Атауы	Өндіруші ел	Бағасы
Noztek Pro	Ұлыбритания	1165 € 581875 ₸
Filabot Ex2	АҚШ	2750 $ 1152220₸

3.1-кестенің жалғасы. Extruder-дің аналогтары.

Экструдер прутка	Ресей	600000 ₽ 3441580₸
Felfil Evo & Spooler	Италия	1159 € 578880₸
Composer 350	Нидерланды	5350 € 2672136₸

3.1-кестенің жалғасы. Extruder-дің аналогтары.

ProtoCycler+	Канада	2000 $ 837980₸
ABS PLA NylonPeek	Қытай	8100 $ 3393815₸

3.2 “ Plastic extruder” жұмыс істеу принципі

Жоғарды көрсетілген аналогтардың бағаларын салыстыра келе, осы дипломдық жобада бағасы бірнеше есе төмен extruder ұсынылады.

Extruder-дің негізгі элементтері құбыр, бұрғы, қадамдық қозғалтқыш, термопара, бункер, PID контроллері, arduino микроконтроллері, драйвер, куллер, потенциометр, қуат көзі және батырма.

Жұмыс істеу принципі қарапайым. Үгітілген және қайта өңдеуге жарамды пластиктерден арнайы 3D принтеріне арналған филаментті шығаруға бейімделген. Құбырдың ішінде бұрғымыз орналасқан, бұрғы

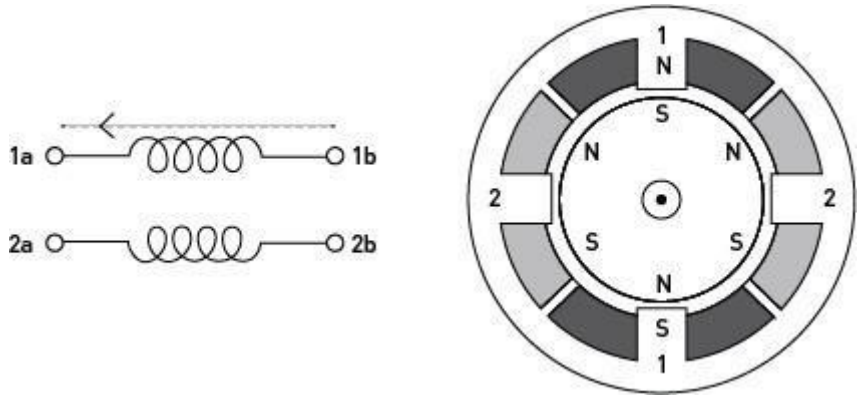
қадамдық қозғалтқышпен өзара муфта элементі арқылы байланысқан. Бункер құбырдың бетінде, ал термопара құбырға сырттай кигізілген. Куллер арнайы корпусқа бекітілген, себебі қажетті контроллерлерді қызып кетуден сақтайды және балқып шыққан филаментті салқындатады. PID контроллерінің қызметі, термопараның температурасын анықтауға көмектеседі. Қайта өңдеуге арналған пластикті бункер арқылы құбырға салып, қадамдық қозғалтқыштың көмегімен қозғалып жатқан бұрғы пластикті құбырдың бас жағына тасмалдауға септігін тигізеді. Сәйкесінше қыздырғыш элементі 250 °C пластикті балқытып шығарады. Жіп тәрізді шыққан пластикті куллер салқындатады және ол арнайы катушкаға оралады. Филаменттің диаметрі 1,75мм, құбырдың алдыңғы бетіне арнай форсункалар кигізіледі. Сол арқылы филаменттің диаметрін өзгереді.

4 “ Plastic extruder ” жобасында қолданлған негізгі элементтер

4.1 Қадамдық қозғалтқыш

Қадамдық қозғалтқыш - бұл электрлік импульсті бұрыштық ығысуға айналдыратын және дәл позицияға жету үшін импульстар санын бақылау арқылы бұрыштық ығысуды басқарады. Сандық және аналогтық байланыс сияқты әртүрлі басқару сигналдарында қадамдық қозғалтқыш позиция мен жылдамдықты басқарудың әртүрлі қосымшаларында кеңінен қолданылады.

Биполярлы тұрақты магниттік қозғалтқыштар мен гибридті қозғалтқыштар униполярлыққа қарағанда қарапайым жасалған, олардың орамаларында орталық бұрылу жоқ (4.1 сурет) көрсетілген.



4.1 сурет – Биполярлы қозғалтқыштың схемасы

Қадамдық қозғалтқыштарда бұрыштық ажыратымдылықтардың кең спектрі бар. Қарапайым қозғалтқыштар әдетте бір қадам үшін 90° айналады, ал дәл қозғалтқыштарда бір қадам үшін 1,8° немесе 0,72° ажыратымдылық болуы мүмкін. Егер контроллердің мүмкіндігі жоғары болса, онда жарты фазалық режимді немесе қадамды ұсақтау режимін, яғни микро-қадам режимді қолдануға болады, ал орамаларға көбінесе ендік-импульстік модуляция арқылы пайда болатын кернеудің бөлшек мәндері беріледі.

Биполярлы қадамдық қозғалтқышты дұрыс басқару үшін бастау, тоқтату, кері және жылдамдықты өзгерту функцияларын орындайтын электр тізбегі қажет. Қадамдық қозғалтқыш қозғалысқа сандық ауысулар тізбегін таратады. Айналмалы магнит өрісі орамалардағы кернеудің тиісті ауысуларымен қамтамасыз етіледі. Осы өрістен кейін қозғалтқыштың шығыс білігіне редуктор арқылы қосылған ротор айналады.

4.2 PID контроллері

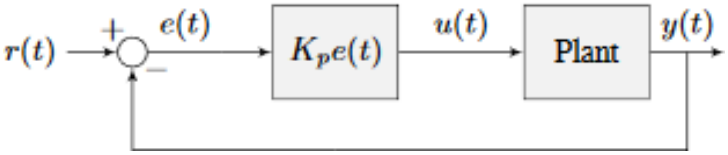
PID термині пропорционалды интегралды туынды дегенді білдіреді және бұл өнеркәсіптік қосымшалардағы қысым, температура және жылдамдық сияқты әртүрлі технологиялық параметрлерді басқару үшін қолданылатын құрылғылардың бірі. Бұл контроллерде барлық процесс айнымалыларын реттеу үшін басқару тізбегінің кері байланыс құрылғысы қолданылады (4.2 сурет) көрсетілген.

PID контроллері кері байланысты басқару жүйесін қамтиды. Бұл жүйе қателік сигналын анықтау үшін бекітілген нүктені пайдаланып, кері байланыс айнымалысын бағалайды. Осыған сүйене отырып, ол жүйенің системасын өзгертеді. Бұл процедура қате нөлге жеткенге дейін жалғасады, әйтпесе кері байланыс айнымалысының мәні белгіленген нүктеге тең болады.

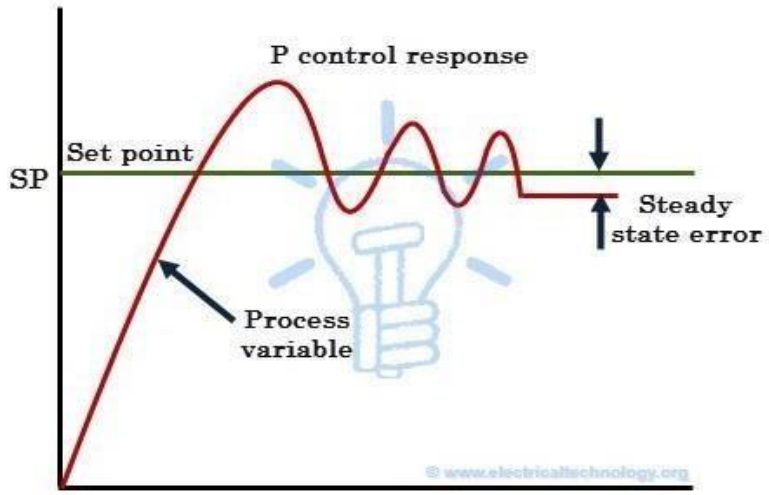
4.2 сурет – PID контроллері

Пропорционалды немесе P реттегіші ағымдағы e (t) қатесіне пропорционалды шығыс сигналын береді. Ол өзінің қалаған немесе берілген мәнді кері байланыс процесінің нақты мәнімен салыстырады. Нәтиже алу үшін алынған қателік пропорционалды тұрақтыға көбейтіледі. Егер қате мәні нөлге тең болса, онда бұл контроллер шығысы нөлге тең (4.3 сурет) көрсетілген.

Контроллер бөлек пайдаланған кезде ығысу немесе қолмен қалыпқа келтіруді қажет етеді. Себебі ол ешқашан стационарлық күйге жетпейді.Ол тұрақты жұмыс істейді, бірақ әрқашан тұрақты қатені қолдайды. Пропорционалды тұрақты Кс жоғарылаған сайын жауап жылдамдығы артады.

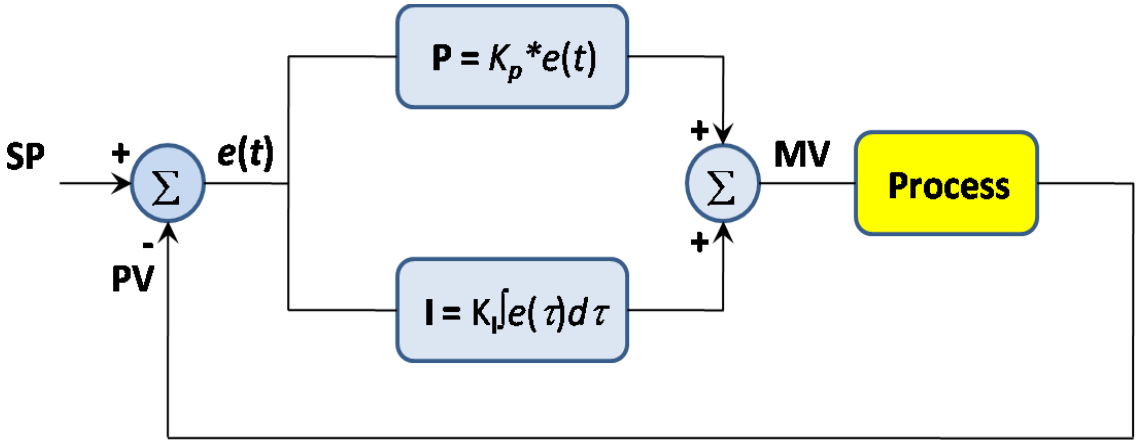


4.3 сурет – P контроллері



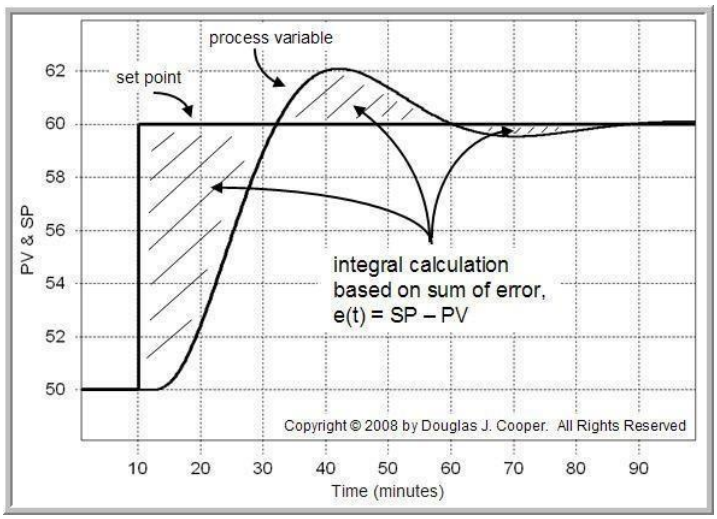
4.4 сурет – Р контроллерінің жауабы

Процесс айнымалысы мен параметр арасында әрдайым орын ауыстыратын р-контроллердің шектеулеріне байланысты, орнатылған қатені жою үшін қажетті әрекеттерді қамтамасыз ететін I-контроллер қажет. Ол қатенің мәні нөлге жеткенше уақыт аралығында қатені біріктіреді. Онда қате нөлге айналатын соңғы басқару құрылғысының мәні бар (4.5 сурет) көрсетілген.



4.5 сурет – PI реттеуші

Интегралды басқару шығыс қуатындағы теріс мәнді қателікті азайтады. Бұл жауап жылдамдығын шектейді және жүйенің тұрақтылығына әсер етеді. Жауап беру жылдамдығы K_i интегралды пайдасын азайту арқылы артады.

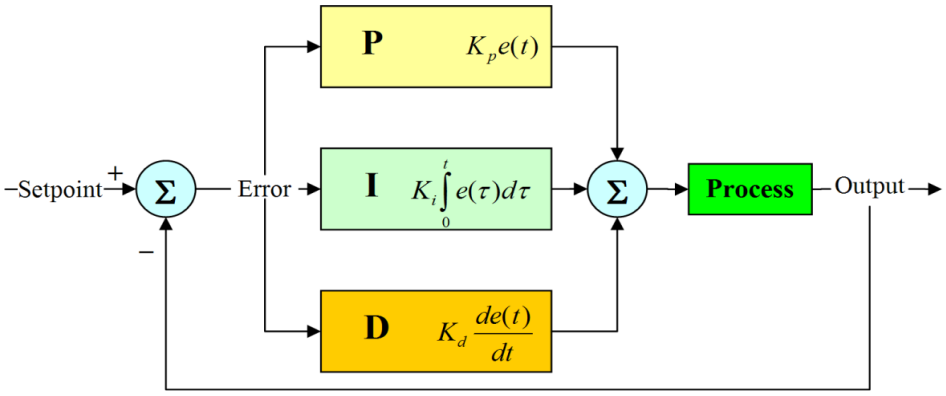


4.6 сурет – PI контроллерінің жауабы

Жоғарыда келтірілген суретте I-контроллердің күшейткіш коэффициенті азайған кезде, орнатылған қате де төмендей береді. Көп жағдайда PI реттегіші жоғары реакция жылдамдығы қажет емес жерде қолданылады.

PI реттегішін қолданған кезде I-реттегіштің шығысы интегралды тоқтату шарттарын еңсеру үшін кейбір диапазонмен шектеледі, бұл кезде интегралды шығыс тіпті нөлдік қате жағдайында да орнатудағы сызықтардың болмауына байланысты көбейе береді (4.6 – сурет) көрсетілген.

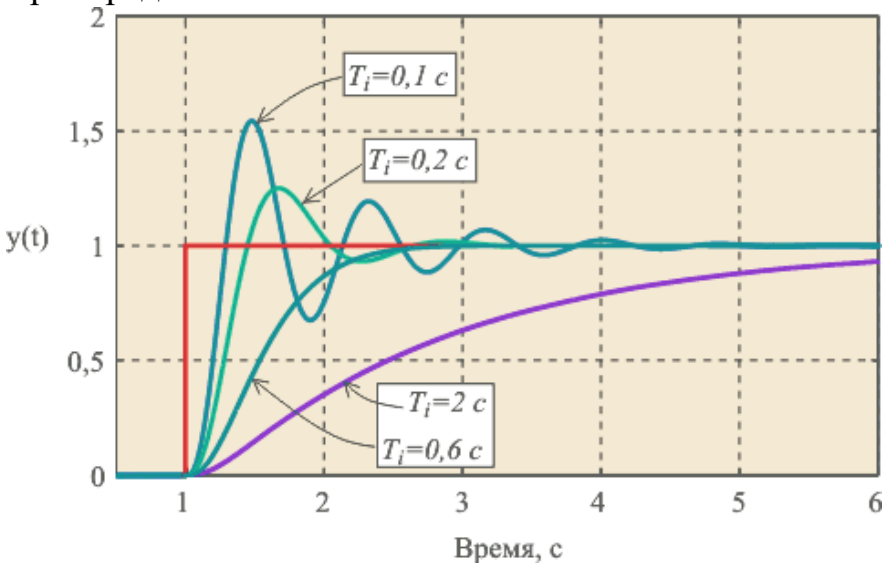
I-контроллер қателіктің болашақ әрекетін болжай алмайды. Осылайша, ол әдетте параметрді өзгертуге жауап береді. D-контроллер бұл мәселені болашақ қате әрекетін алдын-ала болжау арқылы жеңеді. Оның шығуы тұрақты туындыға көбейтілген уақыт бойынша қатенің өзгеру жылдамдығына байланысты. Бұл шығуға серпін береді, осылайша жүйенің реакциясын арттырады.



4.7 сурет – PID реттеуші

Жоғарыдағы суретте көрсетілген D контроллердің PI реттегішімен салыстырғанда үлкен екенін, сондай-ақ шығу уақыты қысқарғанын көрсетеді. Бұл I контроллерден туындаған фазалық кідірісті өтеу арқылы жүйенің

тұрақтылығын жақсартады. Алынған кірістің күшейуі жауап беру жылдамдығын арттырады.

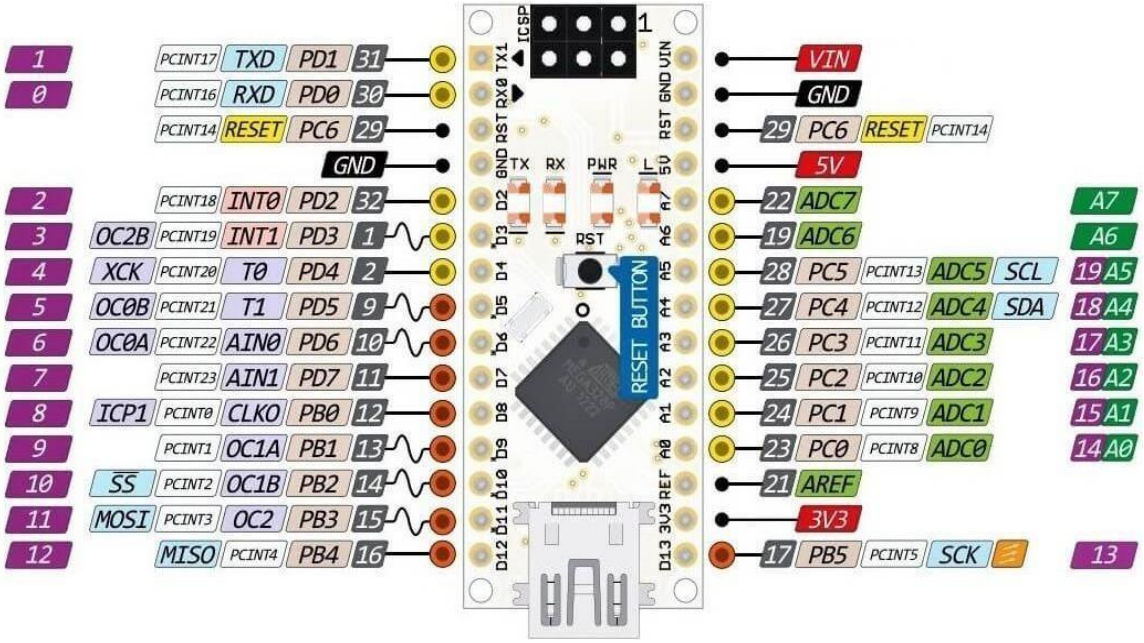


4.8 сурет – PID контроллерінің жауабы

Осы үш контроллерді біріктіре отырып,жүйеге қажетті жауап алуға болад. Әр түрлі өндірушілер PID реттеудің әртүрлі алгоритмдерін жасайды.

4.3 Arduino Nano микроконтроллері

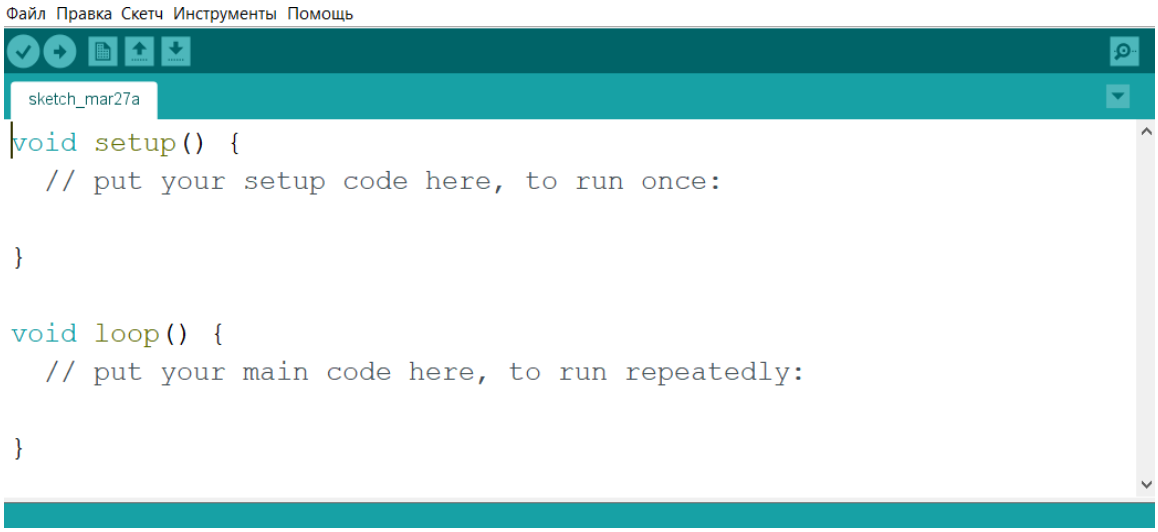
Arduino Nano - бұл шағын, үйлесімді, икемді және макетпен үйлесімді микроконтроллер платасы (4.9 сурет), Arduino.cc Италияда atmega328p базасында құрастырылған. Arduino Nano - бұл Arduino UNO-ның кішірек нұсқасы, сондықтан екеуінің де функциялары бірдей. Оның жұмыс кернеуі 5 В, бірақ кіріс кернеуі 7-ден 12 В-қа дейін өзгеруі мүмкін. Arduino Nano түйреуішінде 14 сандық контактілер, 8 аналогтық контактілер, 2 қалпына келтіру контактілері және 6 қуат контактілері бар. Осы сандық және аналогтық контактілердің әрқайсысына бірнеше функция тағайындалады, бірақ олардың негізгі функциясы кіріс немесе шығыс ретінде конфигурациялануы керек. Олар сенсорлармен жұпталған кезде кіріс контактілері ретінде әрекет етеді, бірақ егер жүктемені басқаратын болса, онда оларды шығыс сигналы ретінде пайдалану қажет. PinMode () және digitalWrite () сияқты функциялар сандық шығыс операцияларын басқару үшін қолданылады, ал analogRead () аналогтық шығуды басқару үшін қолданылады. Аналогтық түйреуіштер 0-5 В-қа дейінгі мәнді өлшейтін жалпы 10 биттік ажыратымдылыққа ие.



4.9 сурет – Arduino Nano платасы

Nano тақтасындағы әрбір шығыс белгілі бір функцияға ие. Аналогтық түйреуіштерді аналогты-сандық түрлендіргіш ретінде, ал A4 және A5 түйреуіштерін I2C байланысы үшін де қолдануға болады. Сол сияқты 14 сандық байланыс бар, олардың 6-ы ШИМ жасау үшін қолданылады.

Arduino Nano Ide деп аталатын Arduino бағдарламалық жасақтамасымен бағдарламаланады (4.10 сурет), бұл қол жетімді тақталардың барлық дерлік түрлерінде қолданылатын қарапайым бағдарламалық жасақтама. Контроллерді бағдарламалаудың екі нұсқасы бар, яғни бағдарламаны құрастыруға және жазуға арналған сыртқы жазу құрылғысын пайдаланудан босататын бағдарламалық жасақтамаға қосылған жүктеушіні қолдану арқылы, ал басқа нұсқасы ICSP арқылы.



4.10 сурет – Микроконтроллерді бағдарламалау ортасы

4.4 Қадамдық қозғалтқышына арналған драйвер

DM542 - бұл жаңа буынның микро-қадамдық қозғалтқышының драйвері (4.11 сурет) көрсетілген. Биполярлы тұрақты ток ажыратқыш драйверінің озық технологиясын қолдана отырып, ол тұрақты жұмыс істейді және керемет жоғары моментті қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, ол жұмыс істеп тұрған қозғалтқыштың шуы мен дірілін айтарлықтай азайтады. DM542-тің шу мен дірілі төмен және жай қызады. Тұрақты ток көзі 18-50В. Бұл 4,2А токпен 2 фазалы гибридті қадамдық қозғалтқыштарға қатысты. DM542 микро қадамдардың 15 түріне ие. Қадамдардың максималды саны-25600 қадам / айналым (микроқадам 1/128). Ең жоғары жұмыс тогы 1.0 А-дан 4.2 А-ға дейін.

4.11 сурет – DM542 драйвері

4.5 Қыздырғыш элементі

Миканит ленталы жылытқыштары екі миканит плиталарының арасында орналасқан қарсылық сымынан немесе таспадан тұрады. Бұл дизайн жоғары коррозиялық қорғаныс және жылу кедергісі бар алюминий парағымен қорғалған. Максималды жұмыс температурасы 350°C үшін жасалған, бұл жолақты жылытқыштар орнатуды жеңілдету үшін немесе үлкен диаметрлер үшін бір немесе бірнеше бөліктен жасалуы мүмкін (4.12 сурет).

4.12 сурет – Қыздырғыш элементі

Бұл дипломдық жұмыста ұсынылып отырған extruder-дің 3D моделі SolidWorks2020 программасында сызылған. Бұл программа туралы қысқаша мәлімет.

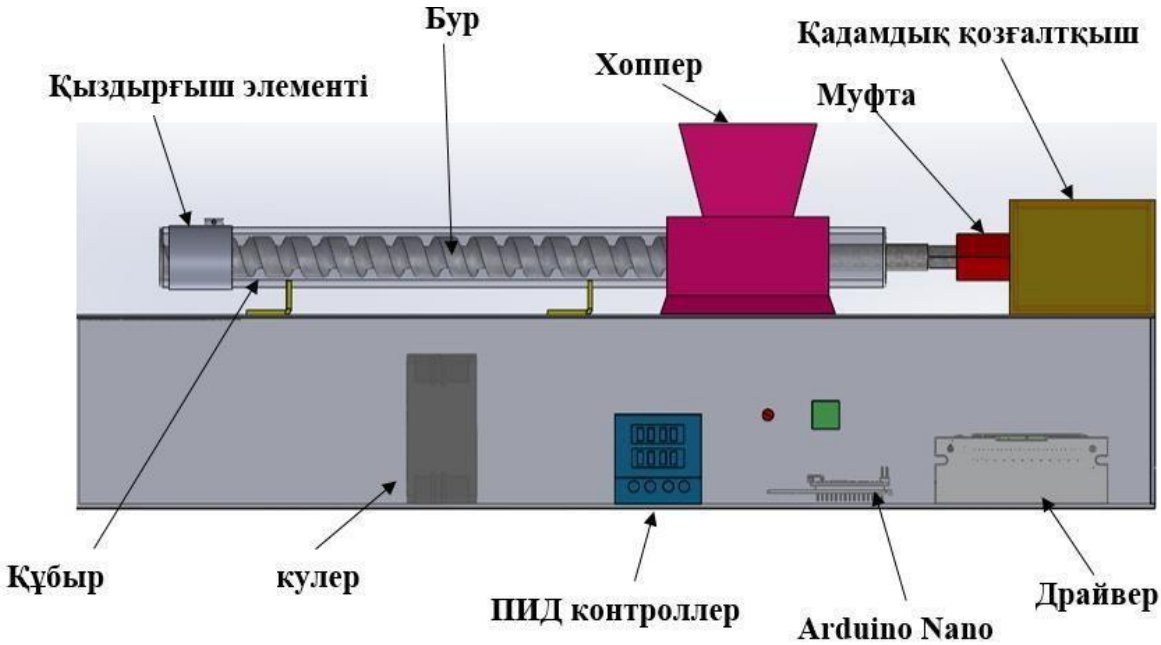
SolidWorks бағдарламалық өнімі автоматтандырылған дизайн (АЖЖ) және 3D модельдеу үшін қолданылатын ең кең таралған құрал болып табылады. 3D принтерінде басып шығаруға арналған детальдарды модельдеуге көмектеседі. Бұл инженердің уақтын үнемдеуге және жіберілетін қателіктерін алдын алуға септігін тигізеді.

Бағдарламаның артықшылықтары:

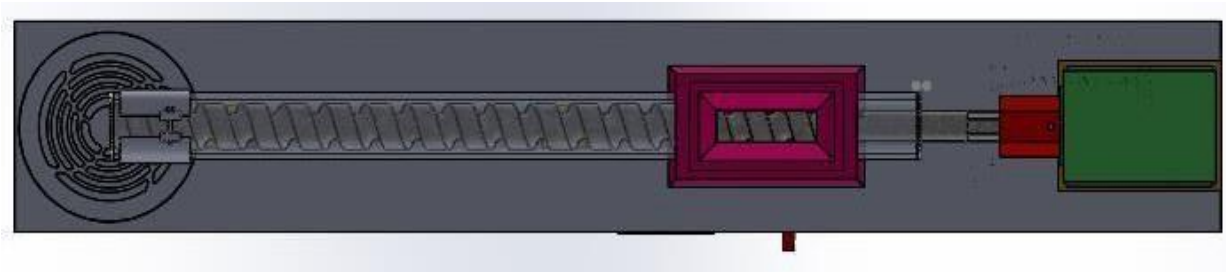
- Күрделілігі мен функционалдық мақсатына қарамастан әртүрлі бұйымдар өндірісін дайындау;
- Күрделі құрастырмалар компоненттерінің саны бойынша шектеулердің болмауы;
- Қажетті жобалық құжаттаманы рәсімдеудің кең мүмкіндіктері;
- Жобаланған модельдерді нақты жағдайларға жақын беріктікке сынау мүмкіндігі;
- Қарапайым пайдалану және бірнеше стандарттарды қолдау.

Бағдарламаның негізгі кемшілігі жаңа нұсқада сызылған модельді, ескі нұсқада ашылмайтындығы, яғни SolidWorks 2020 сызылған модельді, SolidWorks 2019-да ашылмайды.

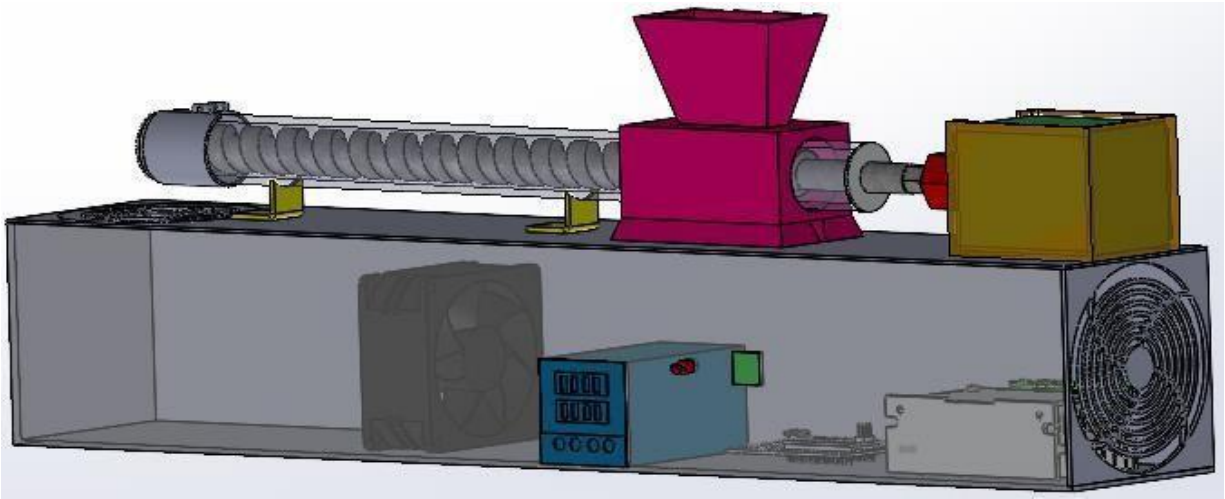
5 “ Plastic extruder ” 3D моделі, электроникасы



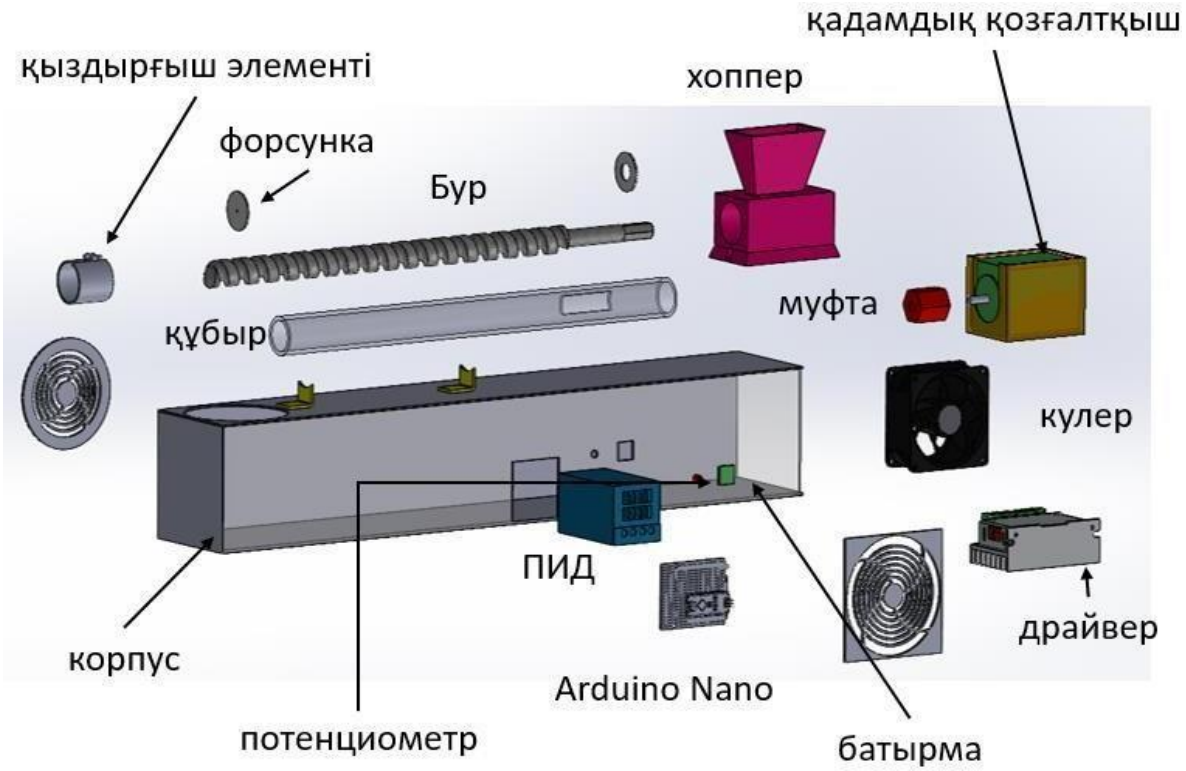
5.1 сурет – Алдыңғы көрінісі



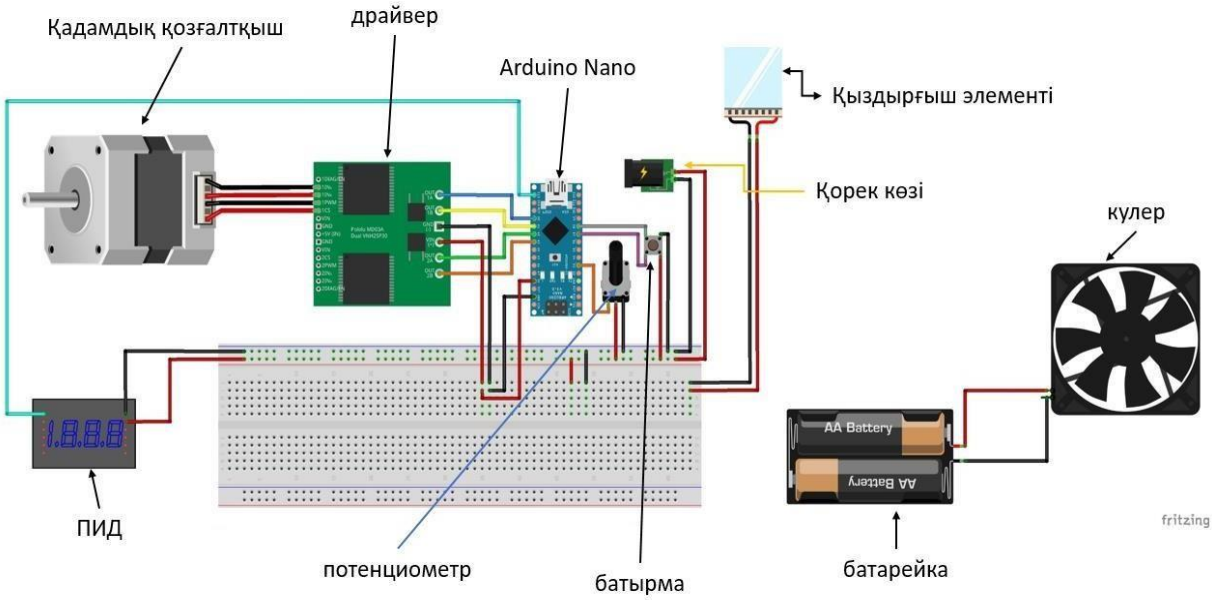
5.2 сурет – Үстіңгі көрініс



5.3 сурет – Бұрыштық көрініс



5.4 сурет – Extruder-дің компонентерінің орналасуы



5.5 сурет – “ Plastic extruder-дің ” электроникасы

```
const int dirPin=2;
const int stepPin=3;

int step_speed =5;
void setup() {
  // Declare pins as output:
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);
  // Set the spinning direction CW/CCW:

}
void loop() {
  // These four lines result in 1 step:
  digitalWrite(dirPin, HIGH);
  digitalWrite(stepPin, HIGH);
  delay(step_speed);
  digitalWrite(stepPin, LOW);
  delay(step_speed);
delay(1000);
  digitalWrite(dirPin, LOW);
  digitalWrite(stepPin, HIGH);
  delay(step_speed);
  digitalWrite(stepPin, LOW);
  delay(step_speed);
}
```

5.6 сурет – Қадамдық қозғалтқыштың коды

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жобаны қорытындылай келе, қазіргі уақытта өте актуалды проблема, яғни қайта өңдеу процессі қарастырылды.

Бұл жобаның негізігі мақсаты көп жылдық пластиктерді қайта өңдеу, сонымен қатар табиғи ресурстарды сақтау және табиғатты қорғау.

Жобада ұсынылған “Plastic extruder” құрылғысы, бұл құрылғы шет елдік аналогтармен жұмыс істеу пинципі бірдей, бір-ақ бағасы салыстырмалы түрде төмен. Бұл аспаптың прототипі SolidWorks 2020 бағдарламасында сызылып, жоғарыда көрсетілген элементтердің көмегімін қарапайым макеті құрастырылды. Жалпы салыстырмалы түрде шет елдік аналогтардан жұмыс қарқыны төменірек, бір-ақ өндіріске шығару үшін жоғары деңгейлі қозғалтқыштар, контроллерлер және корпусқа жаңартулар еңгізу қажет.

Осы дипломдық жобада, аспаптың алғашқы нұсқасы көрсетілді. Болашақта “Plastic extruder” құрылғысының автоматтандырылған, үздіксіз жұмыс атқаратың, күрделі жүйеден тұратын, жоғары сапада қайта өңдеу нұсқасы ұсынылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Управление потоками отходов [Текст] : [монография] / Гонопольский А. М. [и др.] ; под ред. Гонопольского А. М. ; [рец.: Мещеряков С. В., Кручинина Н. Е.]. - Москва ; Киров : ВЕСИ, 2014 (макет 2015) (Киров : Лобань). - 463 с. : ил., цв. ил., граф., диагр., табл. ; 25 см.

2 Бобович, Борис Борисович. Управление отходами [Текст] : учебное пособие для вузов по специальности "Автомобиле- и тракторостроение" / Б. Б. Бобович. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2013. - 87 с.

3 Переработка и утилизация дисперсных материалов и твердых отходов [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров 150100 "Материаловедение и технологии материалов" / [В. И. Назаров и др.] ; под ред. В. И. Назарова. - Москва : Альфа-М [и др.], 2014. - 462 с. : ил. ; 22 см. - (Технологический сервис) (Бакалавриат и магистратура).

4 Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade Background Report. Prepared by the OECD for the G7 Environment, Energy and Oceans Ministers September 2018

5 Бобович, Борис Борисович. Процессы и аппараты переработки отходов [Текст] : учеб. пособ. для вузов по спец. "Автомобиле- и тракторостроение" / Б. Б. Бобович. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2013. - 286 с. : ил., табл. ; 22 см. - (Высшее образование. Бакалавриат).

6 Пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://blog.nationalgeographic.org/2018/04/04/7-things-you-didnt-know-about-plastic-and-recycling/

7 Пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.thebalancesmb.com/an-overview-of-plastic-recycling-4018761

8 Пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.rts.com/blog/the-complete-plastics-recycling-process-rts/

9 Пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://journals.openedition.org/factsreports/5102

10 Шет елдерде пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.nspackaging.com/analysis/best-recycling-countries/

11 Шет елдерде пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.bbva.com/en/5-best-recycling-practices-from-around-the-world/

12 Шет елдерде пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.generalkinematics.com/blog/top-10-recycling-countries-around-world/

13 Қазақстанда пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://strategy2050.kz/en/news/52089/

14 Қазақстанда пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.qazaqrecycling.com/en/
15 Қазақстанда пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://primeminister.kz/en/news/reviews/increasing-share-of-waste-recycling-and-promoting-environmental-initiatives-mirzagaliyev-reports-on-ministrys-work
16 Қазақстанда пластикті қайта өңдеу [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.willshees.co.uk/news/the-top-25-countries-for-recycling-interactive-map/
17 Extruder-дің аналогтары [Электрондық ресурс]. – URL: https://all3dp.com/2/6-best-filament-extruders-to-build-or-buy/
18 Extruder-дің жұмыс істеу принципі [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.aniwaa.com/blog/the-best-filament-extruders-for-3d-printers/
19 Extruder-дің жұмыс істеу принципі : https://medium.com/endless-filament/make-your-filament-at-home-for-cheap-6c908bb09922
20 Пластиктіктің қоршаған ортаға әсері [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.theexplorer.no/stories/ocean/cleaner-seas-with-norwegian-technology/?gclid=Cj0KCQiAhP2BBhDdARIsAJEzXlEi9Bp94GSgAbqnLBkGCFpjuZGSoM9Ly5QcyHtCwTNkvxV35Kl6pEoaAkfFEALw_wcB
21 Пластиктіктің қоршаған ортаға әсері [Электрондық ресурс]. – URL: https://ourworldindata.org/plastic-pollution#plastic-waste-per-person
22 Stepper [Электрондық ресурс]. – URL: https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/controlling-nema-17-stepper-motor-with-arduino-and-a4988-stepper-driver-module
23 DM542 driver [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.zyltech.com/zyltech-stepper-driver-dm542/#:~:text=The%20DM542%20is%20a%20new%20generation%20microstep%20stepper%20motor%20driver.&text=It%20applies%20to%202%2Dphase,output%20current%20has%208%20stalls.
24 PID controller [Электрондық ресурс]. – URL: http://mypractic.ru/urok-40-pid-regulyator-princip-dejstviya-matematicheskoe-opisanie-nastrojka.html
25 Arduino Nano [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-nano.html#:~:text=Arduino%20Nano%20is%20a%20small,x).&text=Arduino%20Nano%20Pinout%20contains%2014,Reset%20Pins%20%26%206%20Power%20Pins.