



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Құлымжанов Ғаділжан Нұрханұлы

FDM 3D принтинг функциясы бар көп функциялы CNC станокты жаңалау

дипломдық жобасына

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

5B071600 - Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

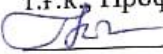
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

Т.ғ.к., Профессор

 К.А. Ожикенов

« 17 » 05 2019 ж.

дипломдық жобаның

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «FDM 3D принтинг функциясы бар көп функциялы CNC станокты жаңалау»

5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Құлымжанов Ғ.Н.

Сын пікір беруші

Т.ғ.д., Профессор

 Жомартов А.А.

« 17 » 05 2019 ж.

Ғылыми жетекшісі

Т.ғ.к., Профессор ассистенті

 Тулешов Е.А.

« 17 » 05 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

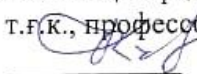
«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 - Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТЖАТҚ кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., профессор

 К.А.Ожикенов

«17» 05 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушыға Құлымжанов Ғаділжан Нұрханұлы

Жобаның тақырыбы: FDM 3D принтинг функциясы бар көп функциялы CNC станокты жаңалау

Университет Ректорының № 2018 жылғы «06 қараша» 1252 – б бұйрығымен бекітілген.

Орындалған жобаны өткізу мерзімі «__» _____ 2019 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: FDM 3D принтинг функциясы бар көп функциялы CNC станокты жаңалау, функционалдық сұлбалары қарастырылды.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша дипломдық жобаның мазмұны:

а) Негізгі бөлім, жалпы талдау жасау

б) Аппараттық бөлім

в) Конструкторлық – бағдарламалық бөлім

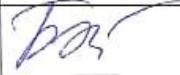
Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 11 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 25 әдебиеттер тізімі

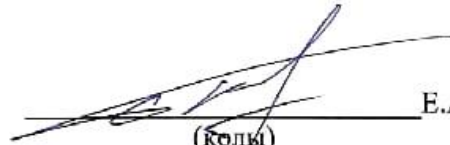
Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Негізгі бөлім		15.01 – 05.03.2019 ж.	Орындалды
Технологиялық бөлім		06.03 – 10.04.2019ж.	Орындалды
Құрылымдық бөлім		15.04 – 10.05.2019 ж.	Орындалды.

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

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалева, техника ғылымдары магистрі, лектор	17.05.2019ж	

Ғылыми жетекшісі


(қолы)

Е.А.Тулешов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы


(қолы)

Ғ.Н.Құлымжанов

Күні « 17 » 05 2019 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада FDM 3D – басып шығару функциясы бар порталды машина жасалды. Құрылымдық сұлбалар, элементтік базаны талдау ұсынылған. 3D принтер интерфейсін басқару алгоритмі ұсынылған. Бастапқы бөлімде 3D – баспа технологиясының жіктелуі, сондай-ақ 3D-принтерге арналған шығыс материалдары туралы ақпарат көрсетілген. Аппараттық қамтамасыз ету толық процесс пен құрылымдық схеманы сипаттайды, Сонымен қатар 3D-принтердің үлгісі жасалды. Соңғы бөлімде элементтік базаны талдау ұсынылады. Сонымен қатар, үйкеліс күштерін және жүйенің инерциясын ескере отырып, айналмалы сәтке арналған негізгі күштік элементтерді есептеу қарастырылған. Басқару бағдарламасының конфигурациясы сипатталған.

АННОТАЦИЯ

В этом дипломном проекте была создана портальная машина с функцией FDM 3D-печати. Представлена структурная схема, анализ элементной базы. Предложен алгоритм управления интерфейсом 3D принтера.

В начальном разделе представлена классификация технологии 3D – печати, а также информация о расходных материалах для 3D-принтера. Аппаратное обеспечение характеризует полный процесс и структурную схему, а также разработана модель 3D-принтера. В последнем разделе предлагается анализ элементной базы. Кроме того, предусматривается расчет основных силовых элементов для крутящего момента с учетом сил трения и инерции системы. Описана конфигурация программы управления.

ANNOTATION

In this graduation project, a portal machine with the function of FDM 3D printing was created. The block diagram and analysis of the element base are presented. An algorithm for controlling the 3D printer interface is proposed. The initial section provides a classification of 3D printing technology, as well as information about supplies for a 3D printer. The hardware characterizes the complete process and block diagram, and a 3D printer model is developed. The last section provides an analysis of the element base. In addition, it provides for the calculation of the main power elements for torque, taking into account the frictional forces and inertia of the system. The configuration of the control program is described.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	16
1 Негізгі бөлім	18
1.1 3D басып шығару технологиясын жіктеу	18
1.2 3D басып шығару үшін шығын материалдары	18
1.3 3D принтер арқылы бөлшектерді басып шығару	19
2 Аппараттық бөлім	22
2.1 Тәжірибелік үлгіні әзірлеу және жасау	22
2.2 Технологиялық процесс	24
2.3 Құрылымдық схема	26
3 Конструкторлық – бағдарламалық бөлім	27
3.1 Элементтік базаны талдау	27
3.1.1 Қадамдық қозғалтқыштар	27
3.1.2 Қадамдық қозғалтқыштардың драйверлері	28
3.1.3 Контроллер	30
3.1.4 Экструдер	32
3.1.5 Жылыту платформасы	33
3.1.6 Ажыратқыштар	35
3.2 Талап етілетін жұмыс сәттерін есептеу	35
3.2.1 X ось торабын жылжыту	35
3.2.2 Y осі торабын жылжыту	38
3.2.3 Z осі торабын жылжыту	39
3.2.4 Қорек көзінің қуатын анықтау	41
3.3 Бағдарламалық қамтамасыз ету	42
3.3.1 Басқару бағдарламасын генерациялау	43
3.3.2 Repetier Host бағдарламасын орнату	44
ҚОРЫТЫНДЫ	50
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	51
Қысқартулар тізімі	53
А Қосымшасы	54

КІРІСПЕ

3D басып шығару-бұл виртуалды бейне бойынша нақты прототип жасау. Күнделікті өмір үшін адамдар пайдалану үшін қол жетімді заттарды пайдалану керек. Алайда, әрқашан қажет нәрсені сатып ала алмайды. Заманауи технологиялар әлемінде күн сайын дамып келеді. Жыл сайын олар қымбат және қымбат. Мысалы, осы дипломдық жобаны әкелуге болады. Яғни 3D принтер. Бұл кезеңде 3D принтері қажетті, бірақ қымбат құрылғы. Сондықтан салыстырмалы түрде арзан және практикалық 3D принтерлер өндірісін жолға қою шешілді.

Бұл жобаның мақсаты 3D принтердің тәжірибелік үлгісін жасау және конструкцияның негізгі кемшіліктерін анықтау және жабдықтың белгілі бір бөліктерін жақсарту. Үш өлшемді басып шығару үшін әртүрлі материалдар, сондай-ақ әдістер қолданылады, бірақ қатты денелі үлгіні қабаттап өсіру әдісі 3D басып шығарудың негізі болып табылады. 3D принтері деректерді қағаз парағына шығаратын әдеттегі принтерге қарағанда белгілі бір физикалық нысандарды жасауға мүмкіндік береді. 3D үлгілерін жасау үшін тек пластик, қағаз, металл немесе керамика ғана пайдалануға болады. 3D-принтерлердің айтарлықтай арзандауының басты себебі қабаттап балқыту технологиясының өнертабысы — Fused Deposition Modeling (FDM) болды. FDM әдісінің принципі экструдердегі пластиктен жіп балқытудан тұрады, ол материалды сопло арқылы сығады және оны бұйымның учаскелеріне қабаттап жағады. Шығыс материалы ретінде ABS және PLA пластик қолданылады. ABS үшін 3D принтер платформасын сенімді жылыту қажет, экструдер температуралық режимі – 210-270°. ABS негізгі кемшілігі-ультракүлгін сәулелер мен атмосфералық жауын-шашынның әсеріне сезімталдық. Өз кезегінде, PLA — бұл экологиялық таза полилактид (PLA), сондай-ақ бір реттік ыдыс пен медициналық бұйымдарды өндіру үшін қолданылады. PLA жүгері және қант қамысы өндіреді. Бұл материал адам үшін қауіпсіз және ашық ортада оңай таралады, сондықтан танымал. FDM-технологиясының кемшіліктері арасында: жоғары емес басып шығару жылдамдығы және салыстырмалы үлкен қабат қалыңдығы — шамамен 0,1 мм. Жұмыс температурасы материалдың әр түрі үшін белгілі болуы тиіс, оған дейін баспа бастиегіндегі материал қыздырылуы тиіс. RepRap технологиясын егжей-тегжейлі зерттей отырып, өз принтерін құру бойынша жұмысты бастау туралы шешім қабылданды, бұл ретте технологияны көшірмеу, негізгі конструктивтік шешімдерді өз бетінше пысықтау шешілді, мұндай принтер робототехника бойынша үйірме үшін, жобалар үшін әртүрлі бөлшектерді жасау үшін қажет болды.

1 Негізгі бөлім

1.1 3D басып шығару технологиясын жіктеу

Үшөлшемді баспа мақсатында әртүрлі әдістер мен пайдаланылған материалдар қолданылады, алайда басты мақсатта қатты модификацияның қабат-қабат өсіру ережесі қолданылады.

Бірақ 3D-принтерлер кең ауқымды саудалық алға жылжуды тек 2010-ші жылдың бастауында ғана сатып алды.

3D-модификацияларды қалыптастыру үшін бір мезгілде бірқатар технологиялар кеңінен қолданылады:

- стереолитография (SLA). Бастапқы нәтиже-бұл сулы фотополимер, қандай ерекше химреагент-қатайтқыш қосылған. Қолданылған материал қарапайым жерде сулы болып қалады, бірақ ультракүлгін жарықтандыру әсерінен қатты және полимерленеді;
- селективті лазерлік агломерация. Бұл әдіс SLA сияқты, бірақ судың орнына пигменттер қолданылады. Элементтердің көлемі 50-100 мкм. Келесі қабат электргазер ағынын жабады, нәтижесінде біреу қатайтады. Бұл тәсілдің артықшылығы-әртүрлі бастапқы пайдаланылған материалдар. Мысалы, пластмасса, арнайы қорытпа, шыны, фарфор;
- қабаттап бекіту (Laminated Object Manufacturing, LOM). Үлгіге сәйкес лазерлік жартылай түзу және ерекше жүзбен қолдаумен пайдаланылған материалдың талғампаз парақтарын кеседі, содан кейін иттің арасында желімдейді. 3D-түрлендіруді қалыптастыру үшін тек пластмасса ғана емес, сонымен қатар керамика, қағаз немесе қорытпа да қолдануға болады.

3D-принтерлерді айтарлықтай арзандатудың басты факторы – Fused Deposition Modeling (FDM) - қабаттап балқытудың технологиялық процестерін ашу басталды. Сонымен қатар, сүйікті жіптерді балқытудың әдісі ретінде таныс – Fused Filament Fabrication. Бұл әдіс бүгінгі күні кеңінен таралған және түпкілікті сатып алушылар үшін қол жетімді.

FDM тәсілінің принципі экструдерде пластмассадан жіптің балқытылуы, саптама арқылы пайдаланылған материал қандай көрінеді және оны өнім аймағына қабаттап әкеледі.

1.2 3D басып шығару үшін шығын материалдары

Шығыс материалының қасиетінде ABS және PLA пластик қолданылады. Біріншісі әртүрлі түстерге оңай боялатын мөлдір емес мұнай өндіріледі. Оның артықшылықтары арасында-қаттылық және төмен құны, өйткені үлкен жүктеме кезінде өнім пішінін сақтайды. ABS үшін 3D принтер платформасын сенімді

жылыту, экструдер температуралық режимі-210-270 қажет. АБС-ның негізгі жетіспеушілігі-ультрақұлгін жарқылдар мен ауа райы жауын-шашындарының әсеріне сезімталдық.

Өз кезегінде, PLA-бұл экологиялық таза полилактид (PLA), ол бұдан басқа бір рет ыдыс-аяқ және бал өнімдерін дайындау мақсатында қолданылады. PLA жүгеріден және тәтті қамырдан жасалады. Бұл материал ашық ортада оңай ыдырайды және адам үшін қауіпсіз, сондықтан танымал болып саналады. Сонымен қатар, жұмыс барысында принтер "паленой пластмассаның" жағымсыз иісін шығармайды. Кемшілігі бар: уақыт өте келе PLA өнімдері бұзылады, олардың орташа өмір сүру уақыты шамамен 3-4 жыл қоршаған температурасы шамамен 25 С.

FDM-технологиясының кемшіліктері арасында: жоғары емес басып шығару жылдамдығы және қабаттың салыстырмалы үлкен қалыңдығы — шамамен 0,1 мм, бұл бұйым бетінің айқын қатпарлығына/қабаттылығына әкеледі.

Материалдың әрбір түріне арналған жұмыс температурасы баспа бастиегіндегі материал қыздырылуы тиіс. Осы шамалар бір материалдан жасалған барлық "шығыншылар" үшін бірдей болуы міндетті емес. Автоматты тиімді температураны нұсқауға сәйкес анықтауға міндетті. Егер мұндай мәліметтер жоқ болса, оларды тәжірибелік жолмен таңдау жеткізіледі.

1.3 3D принтер арқылы бөлшектерді басып шығару

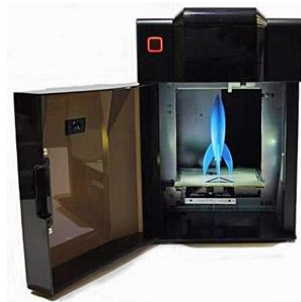
FDM басып шығару модификациясы қабатты қалыптасады. Келесі жамылғыны өндіру мақсатында термопластикалық пайдаланылған материал баспайтын баста жартылай сұйық күйге дейін қыздырылады және еңбек үстелінің жазықтығына немесе өткен жабында отырып, онымен біріктіре отырып, тесігі бар шағын диаметрлі шүмектер арқылы жіп түрінде сығылады. Бас көлденең жазықтықта қозғалады және уақыт өте келе қажетті қабат — сызбалар мен олардың арасында толтыру" салады " және содан кейін жамылғының қалыңдығына тіктеу қозғалады және процедура нысан толығымен құрылғанға дейін қайта басталады.

Бұл Әдістемеге тән кемшіліктер анық:

- төмен қызмет қарқыны (бірақ өте үлкен жылдамдықпен мақтауға барлық мүмкіндік жоқ және басқа да технологиялық үдерістер: үлкен және қиын модификацияларды тұрғызу мақсатында көптеген уақыт, соның ішінде 10-шы уақыт қажет);
- үлкен мүмкіндік беретін икемділік көлденең сәйкес, осылайша және тігінен сәйкес, бұл өндірілген модификация жазықтығының неғұрлым көрінетін қабаттылығына әкеледі;

- еңбек түскі ас орнында модификацияны белгілеумен кендер (1-ші қабат платформасының жазықтығына ілуге міндетті, алайда, бөлінген пішін алып тастауға болады және оларды түрлі әдістермен шешуге тырысады — еңбек үстелін жылытумен, оған әртүрлі тозаңданумен, бірақ жаппай алып тастау болмайды;
- свисающие компоненттер мақсатында кейіннен жойылатын тірек құрылыстарын қалыптастыру қажет, бірақ осы белгілі бір модификацияларды ескере отырып, FDM-принтерде жалғыз айналым болғандықтан ғана жасауға болмайды және оларды элементке бөліп, желіммен немесе басқа әдіспен одан әрі біріктіре отырып бөлу қажет.

Негізгі және сипаттаушы фактор-құны принтерлердің ұрғашылары сияқты, осылайша оларға пайдаланылған материалдарға да тең. Алға жылжу барысында бастапқы маңызды түрткі FDM-принтерлердің "халыққа" мақсаты болып саналады. 5 жыл ішінде мұндай принтерлерге деген құны бірдей патенттердің әсер ету уақытының азаюына байланысты процедураға қарағанда, ал егер жиілігін талдау (2009 жылға дейін ең қымбат және бүгінгі күнге ең қымбат емес) жағдайда, мұндай жағдайда және 2 режимде: неғұрлым қымбат емес принтерлер ел өндірісінің құны тұтастай алғанда 300-400 \$ болып табылады-әрине, дәлірек айтқанда, тұтынушы олардың бірден разочарырает. Бастапқы дәрежедегі ең үлкен принтерлер бұрын \$1200-1500-ге жақын құны бар.

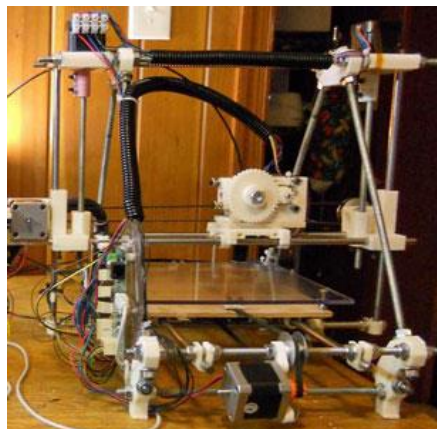


1.1 Сурет – Replicating Rapid Prototyper

RepRap жобасының пайда болуы немесе Replicating Rapid Prototyper жылдам прототиплеудің өзін-өзі қалпына келтіретін механизмі екінші маңызды фактор болды.

RepRap жобасы аясында Өзін-өзі қалпына келтіру принтерде басқа ұқсас принтерге арналған бөлшектер жасауға қатысты. Жауап беруші: Кулик Мария Викторовна Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2007 жылғы 27 желтоқсандағы № 1301 қаулысымен бекітілген Мемлекеттік сатып алуды жүзеге асыру ережесінің 102-1 тармағына сәйкес әлеуетті өнім беруші тауарлары, жұмыстары, көрсетілетін қызметтерінің қазақстандық мазмұны анықталады. Басты міндет-барынша арзан принтерлердің модельдерін жасау және тіпті жеке энтузиастарға қол жетімді,

артық ақша ауыртпалығы жоқ, алайда 3D-баспасөзде өз күшін сынап көргісі келетіндер. Сондай-ақ, RepRap шеңберінде жасалған барлық прототиптер жоқ.



1.2 Сурет – RepRap

RepRap принтерлері пластикалық бөлшектерді басып шығару үшін пайдаланылуы мүмкін.

Осындай құрылғыны өз күшімен құрастыру күрделі техникалық және тіпті инженерлік дағдыларды талап етеді.

Кейбір өндірушілер өз бетінше құрастыруға арналған жинақтарды сату міндетін жеңілдетеді, бірақ мұндай конструкторлар әлі де технологияны жақсы түсінуді талап етеді.

2 Аппараттық бөлім

2.1 Тәжірибелік үлгіні әзірлеу және жасау

RepRap технологиясын егжей-тегжейлі зерттей отырып, өз принтерін құру бойынша жұмысты бастау туралы шешім қабылданды, бұл ретте технологияны көшірмеу, негізгі конструктивтік шешімдерді өз бетінше пысықтау шешілді, мұндай принтер робототехника бойынша үйірме үшін, жобалар үшін әртүрлі бөлшектерді жасау үшін қажет болды.

Корпус сызбасы AutoCad бағдарламасында пысықталды, материал ретінде МДФ таңдап алынды, кесу станокта ЧПУ жүргізілді.

Бастапқыда бағыттаушы ретінде шарикоподшипникті жиһаз бағыттағыштарды пайдалану шешілді. Принтер қозғалысқа әкелетін қадамдық қозғалтқыштар колледждің ақаулы оргтехникасынан алынды, әрі қарай сапаны арттыру мақсатында мамандандырылған қозғалтқыштар сатып алынды.



2.1 Сурет – 3D принтер корпусы

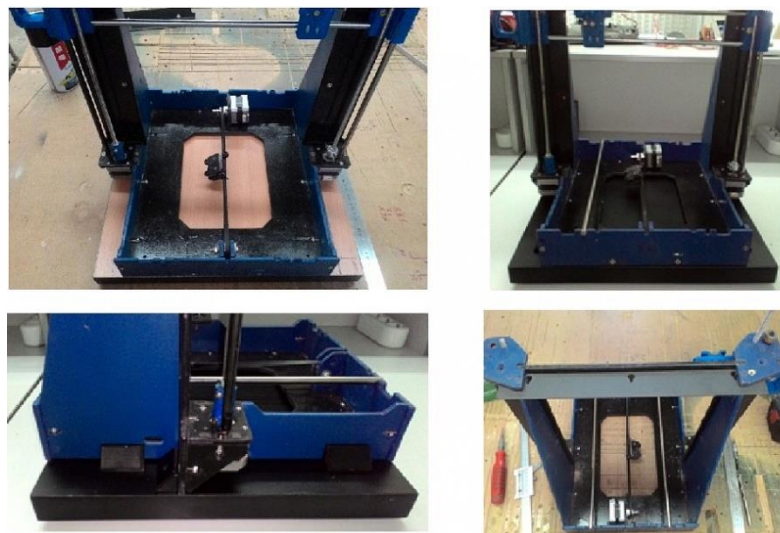
Z осінде принтерлардан 2 сегіз миллиметрді ұмтылу анықталды. Подшипниктер ретінде фторопласттан алынған төлкелер қызмет етті. Сканердің екі сканерлеуші бастиегінен экструдер бекітілуі жасалған, олардың мойынтіректері ретінде мыс төлкелер пайдаланылатын пластиктен жасалған бастиектің корпусына престелген. Басуға арналған бекіткіш BenQ фирмасының сканерлерінен алынды. Мыс төлкелері бар бекіткіштің әрбір сканерлейтін бастиегінен қиып, сондай-ақ оларды тиісті бағыттаушы X-ға орнатқан және бір-бірімен желімделген. Нәтижесінде экструдер осі бойымен жақсы сырғумен өте берік бекітілуі пайда болды.

Экструдер ретінде e3d V5 моделі қолданылады. Орнатқаннан кейін, барлық проблемалар мөрмен шешілді. Компас 3D бағдарламасының көмегімен экструдерді бекіту үлгісі әзірленді, оны сапалы термобарьерді пайдалану есебінен басып шығаруға мүмкіндік алды. Суретте экструдер бекітудің 3d үлгісі және оның сыртқы түрі көрсетілген.



2.2 Сурет – Экструдер бекіту

3d принтер басып шығара бастағаннан кейін, қағаздағы қымбат емес конструкцияның елеулі кемшіліктері анықталды (МДФ)-қабаттар серпімді конструкцияның жеткіліксіз болуына байланысты бір-біріне дәл емес төселді, және басып шығару кезінде раманың тартылуы сезілді және т.б. сондықтан барлық конструкцияны жетілдіруді және күшейтуді жүргізе бастады. Сканерлердің белдіктері GT2 белбеуіне ауыстырылды, айналма подшипниктер орнатылды. Жиһаздық бағыттағыштар бөлшектеліп, желілік подшипниктермен бағыттағышқа ауыстырылды. Қалыңдығы 28мм (пресс-формада) столшницаның кесектерінен принтерге арналған жаппай негіз кесілген. 7 мм екі бағыттаушы мамандандырылған болып ауыстырылды.

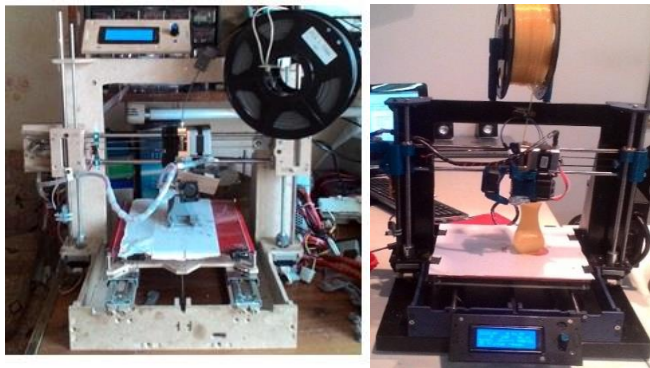


2.3 Сурет – Конструкцияларды жаңғырту

Корпустың П-тәрізді жақтауы алюминий бұрышымен күшейтілген. Стильді сыртқы көрініс үшін барлық қағаз бөлшектер қара және көк бояумен боялған. 30 мм стандартты экструдер желдеткіші 40 мм-ге ауыстырылды, ол үшін жаңа

бекітпені басып шығару қажет болды. Бөлшектерді үрлеу ретінде қарапайым желдеткіштің орнына турбина қолданылды.

Төменде тәжірибелі 3D принтердің бірінші және соңғы нұсқаларының фотосуреттері бар. Принтерді жасау және жетілдіру жұмыстары 5 айға созылды.



2.4 Сурет – 3D принтердің орналасуы

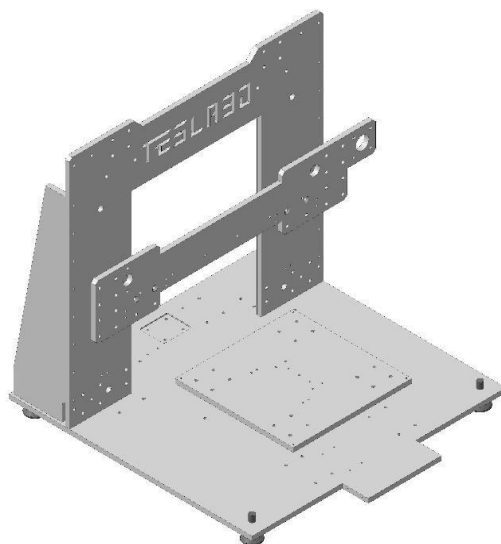
Соңында RepRap технологиясы шынымен жұмыс істейді деген қорытынды жасауға болады. Принтер, ол ойнатуға көп бөлігін өз бөліктері. Бірінші нұсқа толығымен нығыздалған қағаздан жасалған – МДФ плиталар; бағыттаушы, роликтер, белдіктер, датчиктер, подшипниктер, сондай-ақ ескі техникадан табылған немесе қолда бар материалдардан жасалған моторлар. Принтер іске қосылған кезде, онда басып шығару сапасын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берген барлық негізгі бөлшектер басып шығарылды.

2.2 Технологиялық процесс

3D-баспаның технологиялық процесі басқару жүйесінің механикалық, электрондық және бағдарламалық компоненттерінің өзара әрекеттестігіне негізделеді. Жүйе элементін таңдау оның техникалық және экономикалық көрсеткіштеріне байланысты жүргізіледі.

Рама 90 градус бұрышында орналасқан, бүйіріне тірелген 2 плитаны білдіреді, бұл модельдің үлкен қаттылығын қамтамасыз етеді. Осы раманың конструкциясында x осі бойынша бөлшекті платформаның орнын ауыстыру және Z және Y осі бойынша экструдер орнын ауыстыру қарастырылған.

Осы принтердің корпусында сымдарды жүргізу және оларды корпус қабырғаларына бекіту үшін тесіктер дайындалған. Принтердің деңгейін түзету үшін беттің астында реттеу аяқтары орнатылған.



2.5 Сурет – 3D принтер рамасының құрылымы

Z осінің тік жазықтығында жылжу мақсатында диаметрі 12 миллиметр цилиндрлі тік сызықты қысқыш қолданылады, бұл тіктеу жазықтығындағы саңылауды жоюға мүмкіндік береді, бұл жағдайда жұмыс екі білікке бөлінген. 4 сызықты подшипниктерді қолдаудың болуы Y осі жүйесі тіктеу бағыттауыштарда тіркелген

Қозғалу мақсатында X осіне сәйкес құбырлы рельстік бағыттағыштардың пайдасына таңдау жасалды, өйткені прецессиялық біліктер жалпы тіректің 2 орнына ие, ал бейінді ұмтылыс – қымбат. Мұндай күш түсірудің әсері жанында июдің алдын алу үшін қолдану өніммен бірге қозғалатын платформаның үлкен ұзындығының болуы.

Экструдер қозғалысы мақсатында Y осіне сәйкес өз көлемдерінің қуаттарына ұмтылатын бейінді рельс анықталды, осылайша массагабаритикалық сипаттамалар болды. Каретканы және бір тіректі қолдану құбырлы рельсті бағыттаушы а осылайша прецессиялық біліктерді бекітумен салыстыра отырып, Y осі жүйесінің бірыңғай массасын қысқартуға мүмкіндік береді.

Принтердің Автоматты берілістерін таңдау кезінде олардың тиеу білігін, рұқсат етілген қозғалыс қарқынын және талап етілетін шынайылықты ескеру қажет.

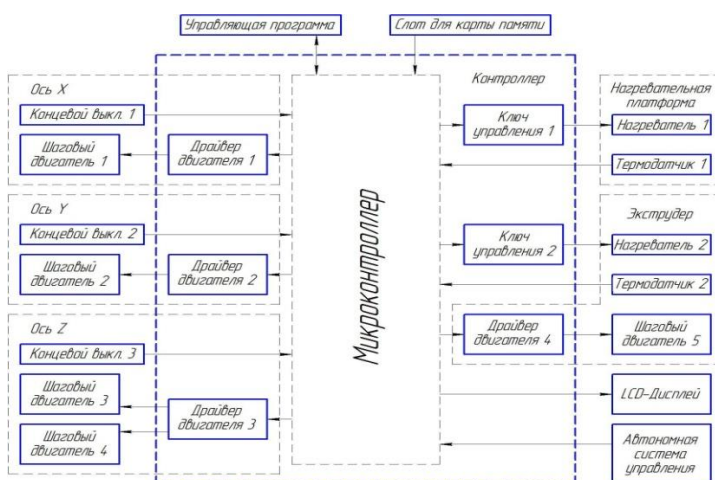
Жұмыс істеп тұрған аппаратқа артық жүктеменің жетіспеушілігін қызықтыра отырып және осылайша көлденең жазықтықта қозғалудың едәуір қарқыны X және Y осьтерінде жыртылған белдік берілістер анықталған. T2 түріндегі тістің конфигурациясы бар белдік қолданылды.5 (клық трапеция, 2.5 миллиметр кезеңі).

Z осіне сәйкес қозғалу нысаналарында трапецеидальды бұрандалы 12x03 (калибр 12 миллиметр, 3 миллиметр кезең) шуруп анықталған, өйткені қозғалудың маңызды қарқыны мұнда еш қажет емес, бірақ позициялаудың үлкен шынайылығы және көлденең ұмтылыс және экструдер массасын сақтай білу қажет.

Бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдау компьютерде анықталған принтерде қадағалау керек. Тәуелсіз басқару нысаналарында прессаның әрекетін, принтерде мәтіндік LCD-экран анықталған, осылайша SD-жад картасындағы Ойын қосу мақсатында түйін.

2.3 Құрылымдық схема

3D принтерді басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы 8-суретте келтірілген. Схемада бұйымның негізгі функционалдық бөліктері және олардың өзара байланысы берілген.



2.6 Сурет – Басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

3 Конструкторлық – бағдарламалық бөлім

3.1 Элементтік базаны талдау

3D принтер моделін жасау үшін принтерді басқару жүйесінің элементтік базасын анықтау қажет. Басқару жүйесінің барлық негізгі компоненттерін 6 бөлікке бөлуге болады:

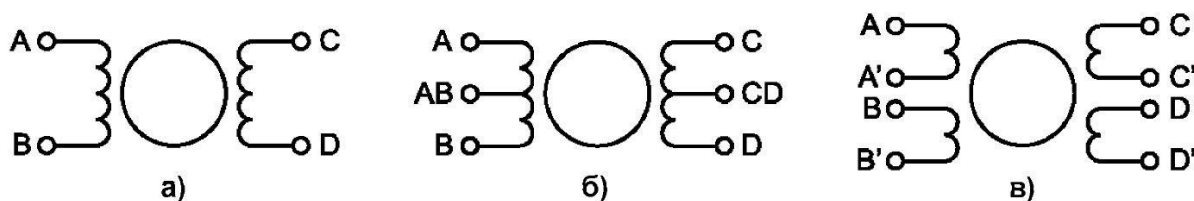
1. Қадамдық қозғалтқыштар
2. Қадамдық қозғалтқыштардың драйверлері
3. Контроллер
4. Экструдер
5. Жылыту платформасы
6. Соңғы ажыратқыштар

3.1.1 Қадамдық қозғалтқыштар

Қадамдық қозғалтқыштар (ШД) үздіксіз токтың жиынтықсыз қозғалтқыштарының класына жатады. Сонымен қатар, барлық мүмкін болатын Шоғырландырылмаған қозғалтқыштар сияқты, олар айтарлықтай қауіпсіздікке ие және осылайша үлкен жұмыс кезеңі.

Орамдардың конфигурациясына байланысты моторлар екі полярлы және униполярлы болып бөлінеді.

Биполярлы мотордың кез келген фазада 1 орамасы бар, бұл магнит даласының тенденцияларын өзгерту нысаналарында драйвермен қайта қалпына келтіруге міндетті. Мотордың осындай түрі үшін электростық бағдарлама қажет немесе екі полярлы тамақтандырумен жартылай бекеттік бағдарлама қажет. Жалпы екі полярлы мотордың 2 орамасы және осыған сәйкес 4 қорытындысы бар (3.1, А-сурет).



3.1 Сурет – Қадамдық қозғалтқыштардың түрлері (а-биполярлы; б-униполярлы 6 шығарғыш; в-униполярлы 8 шығарғыш)

Бір полюсті қозғалтқыш сонымен қатар кез келген фазада 1 орамаға ие, алайда ораманың жартысынан бастап бөлу орындалған (3.1, Б-сурет). Бұл

ораммен, орамның жартысын әдеттегі ауыстырып қосатын магнитті дала тәсілін өзгертуге мүмкіндік береді. Осы елеулі жеңілдетіледі моделі драйвер. Бағдарлама тек 4 қарапайым кілтке ғана ие болуы керек. Осылайша, униполярлық моторда магниттік дала үрдістерін өзгертудің өзге әдісі қолданылады.

Кейбір униполярлы қозғалтқыштар Жеке 4 орамға ие, осы жағдайға сәйкес олар 4 фазалық моторлар деп аталады. Кез келген электр орамасы жеке қорытындыларға ие, оның жалпы 8 қорытындыларының мәліметтерімен өзара байланысты (3.1, в-сурет).

Орамдардың тиісті үйлесімі кезінде бұл қозғалтқышты бір полюсті немесе екі полярлы ретінде қолдануға болады. Однополюсный мотор с 2-мя орамасының ал осылайша өйткені отводами сондай-ақ, мүмкін қолдануға двухполярном тәртібі, егер қарсылық білдірулер сақтау неподключенными.

Егер екі полярлы және бір полюсті қозғалтқышты салыстырсақ, бұл жағдайда екі полярлы ең елеулі үлес күші бар. 1 болуы және бұл көлемдерде екі полярлы моторлар едәуір кезеңге кепілдік береді.

Қандай қадамды қозғалтқышпен қалыптасатын сәт статор орамдарымен қалыптасатын магнит даласының шамасына өлшенеді. Магнитті даланы ұлғайту мақсатындағы бағыттылық-бұл токтың немесе орамдардың орамдарының санын арттыру. Орама тогының ұлғаюының тікелей шектелуі Болат өзекшенің қанығу қаупі болып табылады. Орамдардағы шығындардан қозғалтқышты қыздыруға сәйкес лимиттеу едәуір маңызды болып саналады. Кез келген кезеңде униполярлық қозғалтқышта орамалардың тек елу пайызы ғана қолданылады. Тағы бір елу пайыз өзекшенің терезесінде рөлді қамтиды, бұл ең аз диаметрді сыммен орауды орындауға мәжбүр етеді. Бұл жағдайда екі полярлы қозғалтқышта кезең орамсыз барлық жұмыс істейді, мұндай жағдайда оларды қолдану қолайлы. Бұл моторда бірлі-жарым орамдарды екі есе артық, ал қарсы әрекет, осыған сәйкес екі есе аз. Бұл электр тогын осы жоғалтулардың болуын арттыруға мүмкіндік береді, бұл уақыт бойынша шамамен 40% - ға қадір береді. Егер жоғары кезеңнің қажеті жоқ болса, мұндай жағдайда бір полюсті мотор өлшемдерді қысқартуға мүмкіндік береді немесе ең аз жоғалтумен қарапайым еңбек етуге мүмкіндік береді.

Уақыттың жоғары шарттары 3D-принтердің жетектерін іріктеуге, келісуге, мотор тогының мәніне, массивті жарамды элементтердің қозғалысымен байланысты болады. Бұл жағдайда екі полярлы қадамдық қозғалтқышты қолдану арзан.

3.1.2 Қадамдық қозғалтқыштардың драйверлері

Қадамдық қозғалтқыштардың драйверлері-басқарудың сандық сигналдары базасында қадамдық қозғалтқыштың күшті дәлдікті орамдарын басқаратын осы күш қолданылатын электр аппараттары. Осы қозғалтқыш өзінің тікелей

функциясын жүзеге асырады – операциялар жасайды (мұндай жағдайда бар, бұрылады).

Бірқатар басқару әдістері бар:

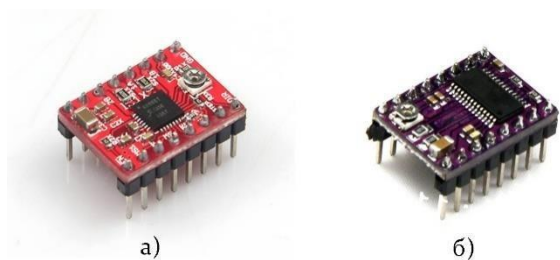
- Толық адымдық – фазалардың кезекпен коммутациялануына кепілдік берілетін, бұл кезеңге кезеңнің жалғыз кезеңінде тек бір ғана кезең енгізілді; бұл әдісті шегеру мұндай жағдайда болып табылады, бұл екі полярлы мотордың жалғыз және бұл кезең кезеңінде 50% орамдар қолданылады, ал униполярлы қозғалтқыш мақсатында-тек 25% ғана қолданылады; осыған сәйкес, бұл тәртіппен тұтас кезең сатып алынады.
- Жабыны бар толық кадамдық – бұл басқару әдісі мехротор бір кезеңде және ұқсас тәсілмен статор полюстерімен енгізілген 2 фазалардың арасында өтпелі позицияларда бекітіледі, енгізілген бір фазаға қарағанда шамамен 40% неғұрлым елеулі кезеңге кепілдік беріледі.
- Жартылай-бұл кез келген 2-ші кезең тек бір кезең енгізілсе, ал басқа нұсқаларда 2-ші рет қоректенеді; ротордың айналмалы қозғалысы кадам бұрышының жартысы болып табылады.
- Микробағыштық-егер фазадағы электр тогы аз адымдармен өзгерсе, жарты кадамды одан да аз шағын адымдарға бөлуді қамтамасыз етеді; адым мөлшері 1/3-тен бастап абсолюттік адымның 1/32-не дейін және одан да аз басқа да микробағыштық жүйелердің үлкен саны бар.

ШД басқару саласында нақты эталондар бар – бұл STEP, DIR және ENABLE сигналдары. STEP-мотор кезеңі үшін қандай белгі сәйкес келеді, DIR белгісі-сенімнің бағытталуына байланысты, ал ENABLE белгісі ең драйвер енгізу сигналы болып саналады.

3D-принтерді басқару Тұжырымдамасында роторды жоғары емес жиіліктерде неғұрлым жұмсақ айналдыру мақсатында драйверлерді қолдану қабылданған, қандай тірек микробағдарлама қызметі. Сонымен қатар, бұл позициялаудың дұрыстығын арттырады және осылайша мүмкіндік береді.

Мұндай аппараттың қасиетінде Allegro A4988 немесе A4983 компаниясының драйверлері қолданылады. Олардың ең үлкен шығатын электр тогы 2-ух бірлікке дейін және 1/16 микробағдарламасы бар. A4988 белгілі бір көмекші қабілеттерді ұстап тұрады, мысалы, интеграцияланған ажырату тұжырымдамасы қызып кетуі.

Драйверлері бар кадамдық моторларды басқару және резисторлармен байланысу үшін бөлінген модульдер бар, осылайша конденсаторлар, драйверлер өнеркәсіптік бейнелеуге сәйкес (datasheet) болады. Мысалы, Pololu A4988 және DRV8825 модульдері (10-сурет). Олар екі полярлы кадамды қозғалтқыштарды басқару мақсатында көзделген, ол токтың регресс тәртібін механикалық белгілеуді, ажыратудың термиялық сызбасын және потенциометрді қолдайтын ең жоғары шығыс токты реттеуді ұстап тұрады.



3.2 Сурет – Pololu (а-A4988; б-DRV8825)

Драйверлерді түпкілікті таңдау қадамдық қозғалтқыштарды таңдағаннан кейін жүзеге асырылуы мүмкін.

3.1.3 Контроллер

Контроллер-принтердің жұмысын тікелей басқаратын құрылғы.

Контроллерді екі бөлікке бөлуге болады: "логикалық" және "күш". Логикалық бөлім ретінде микроконтроллер немесе өнеркәсіптік логикалық контроллер болады. Күштің бөлігі қуатты жүктемені басқару мақсатында элементтерді қамтиды – қадамдық қозғалтқыштардың драйверлері, сондай-ақ жылытқыш үстел және экструдер үшін басқару кілттерін. Далалық транзисторлар кілттер ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Басқару құрылғысы-принтердің жұмысын тікелей басқаратын құрал.

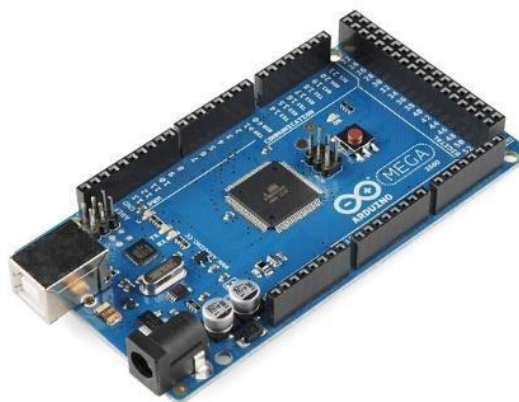
Контроллерді 2 бөлікке бөлуге болады: "заңды" және "зорлық". Заңды үлес ретінде контроллер немесе өндірістік заңды басқару құрылғысы болады. Күш салу үлесі компоненттерді қамтиды, күшті жүктеуді басқару нысаналарында-қадамдық моторлардың драйверлері, осылайша, жылытумен үстел және экструдер үшін басқару көздері. Ауылдық транзисторлар кілттер қасиетінде қолдануға барлық мүмкіндіктерге ие.

Басты ерекшелігі контроллер болып саналады осьтерінің саны (арналар), қандай некто істесе де, өз еркі реттеу мақсатында осы керек үлкен тиімділігі мен тиісті бағдарламалық беру.

Басқару тұжырымдамасының контроллеріне қойылатын талаптар:

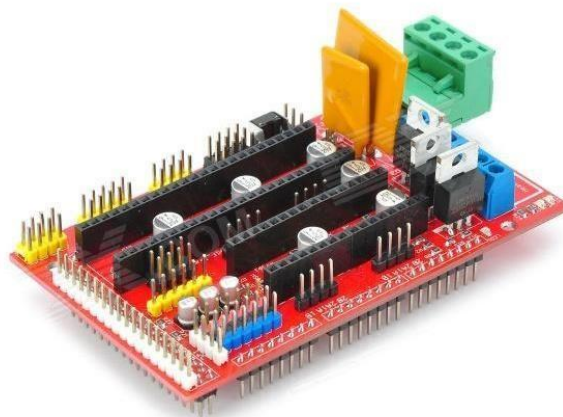
- USB интерфейсінің болуы;
- Pololu драйверлерін басқару мүмкіндігі.
- компьютерге қосылмаған тәуелсіз қызмет;
- LCD мониторын қосу ықтималдығы;1
- Контроллері Arduino Mega 2560 R3 базасында микроконтроллердің Atmega 2560 болып саналады бір оңтайлы шамамен келтірілген.
- Бұл контроллердің деректерінен:

- 54 сандық кіру/шығу (он төрт сияқты барлық мүмкіндігі бар Shim шығу сияқты);
- 16 аналогтық кіріс;
- 256 кабэ Flash жады, 8 КАБЭ ОЗУ және 4 кабэ EEPROM;
- Пьезокварцты электр генераторы 16 МГц;
- 4 кезек UART порты;
- Аралық кернеу 5В;
- Atmega 8u2 базасында USB-TTL конвертері;



3.3 Сурет – Arduino Mega 2560 R3 Микроконтроллері

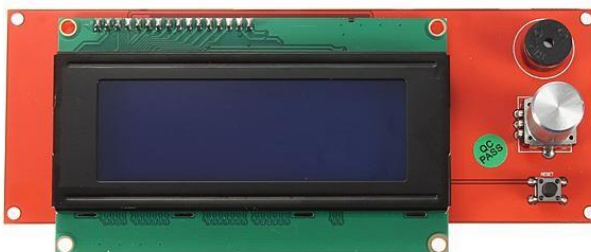
Arduino Mega 2560 R3-тек логикалық бөлік. Күштік бөлік ретінде Рергар Arduino Mega Pololu Shield 1.4 (ramps 1.4) кеңейту платасы қолданылады, ол Pololu драйверлерін қосуға арналған қосқыштары және MOSFET-транзисторлары бар. Ramps 1.4-ке қосымша 3 аналогтық датчиктерді, 6 түйісу датчиктерін, SD жад картасының адаптерін және LCD дисплейін қосуға болады.



3.4 Сурет - Ramps 1.4 кеңейту платасы

Көзбен шолу үшін реттелетін сипаттамаларын ал осылайша өйткені басқару принтермен кезеңінде өзіндік қызметі анықталуы торабы LCD-экран 20x4 және адаптері бар SD-карта ойнау. Экранда кез келген 20 белгіге сәйкес 4 жол бар, I2C интерфейстік жабынға сәйкес дұрыс. Картадағы SD-ойын ұясы аппараттың қарама-қарсы жиегінен бекітілген.

Модульде экрандық рацион орындарына сәйкес қозғалу нысаналарында энкодер және таңдалған сипаттамаларды дәлелдеу мақсатында тактильді пернелер анықталған.



3.5 Сурет – 20x4 LCD дисплейі бар Модуль

Контроллердің барлық элементтерінің жұмыс істеуі алынатын бұйымдардың сапасына да, 3D-принтерді басқарудың ыңғайлылығына да үлкен әсер етеді.

3.1.4 Экструдер

Экструдер-бұл ең маңызды компоненттердің бірі болып саналатын аспап, сондай-ақ баспа қасиетіне үлкен әсер етеді.

Экструдер конструкциясы 2 үлеске ие: жылытқышпен сопло (hot-end) және филаментті беру механизмі бар көз (cold-end). Cold-end негізгі мәселесі-hotend-те пластмасса шыбықты өлшенген жеткізу. Ал hot-end бұл шыбықты балқытады және сұйық пластмасса тар ағыспен саптама арқылы сығылады.

Филаментті беру мотормен (редукциялық беру немесе тікелей) біріктірілген автомобиль (тістегеріш) арқылы орындалады, осылайша қысатын құрылғы. Шығарғыш дәнекерлеу, айналдыра отырып, филамент катушкадан стегит оны hot-end-ге жібереді, пластмассаның алдында қандай жерде үлкен температураның әсерінен ериді және сопладағы ойық арқылы сығылады. Температураны бақылау және одан әрі реттеу нысаналарында экструдер шоқысына аспап бекітіледі.

Негізгі нюанс экструдер шоғырының көлемі болып саналады-одан үлкен деңгейде баспасөз қасиетіне байланысты. Экструдерлердің модификациялары диаметрі 0.4-0.5 миллиметр тесігі бар шүмектермен жабдықтайды. Ең аз диаметрді

(0.2-0.3 миллиметр) өз кезектілігіне қолдану ең жақсы деталізацияға кепілдік бере алады, шекараның дәлдігі және заттың жазықтығының дәлдігі, осылайша пластмассаның ең кіші бөлшектері аман қалады. Алайда, басқа шеттен, кішкентай шүмекті қолдану заттың баспасөз кезеңі өседі.

Бұл кезеңде экструдер модификациясының үлкен саны бар, ол ғимараттың пайдаланылған материалымен және осылайша пластмасса беру әдісімен, басып шығаратын бастиектер санымен және экструдер элементтерінің кең таралған жүйесімен ерекшеленеді (осылайша Bowden-экструдер деп аталады).

Экструдер диаметрі 1,75 миллиметр немесе 3 миллиметр пластмасса жіп қолдануға есептелген. Кез келген модификациялар пластмассаның белгіленген түрлерімен пресстеу мақсатында қажет. Жалпы FDM-аспаптарда ABS және PLA термопластикасы қолданылады.

3D-принтердің өңделетін модификациясы үшін E3D V5 шприцмашинасы 42SHD0217 адым моторымен анықталды.

Бұл экструдер "тікелей беру" қағидатына сәйкес құрылған және пластикалық элементтердің жоқтығында қорытпадан толығымен жасалған – бұл жүйе тапсыру тістегеріштері арасындағы саңылауды жояды, осылайша өтпелі бөліктердің қызып кетуінің қиындықтары (полимер, пластик) . Экструдер жүйесінде термиялық кедергіні қалыптастыру мақсатында 2 остужающих пропеллер қолданылады, ол шүмектен пластмассаны ығыстыруға мүмкіндік береді (филаментпен "тығынмен" пайда болатын) және термистор, СТО комокаға қарсы әрекет етеді.

E3D v5 негізгі сипаттамалары

- Экструдер басының жұмыс температурасы: 180⁰ C- 260⁰ C;
- Ішкі диаметрі: 2 мм (астында 1.75 мм жіп)
- Сыртқы диаметрі: М6
- Материал: Тот баспайтын болат
- Ұзындығы: 26-27 мм (мойыннан кейінгі бөлігі-5 мм) қозғалыс жылдамдығы: 50 мм / с;
- Экструдер компоненттерінің қоректену кернеуі 12В.

3.1.5 Жылыту платформасы

Негізінен баспаға арналған алаң X осіне сәйкес мойынтіректерде қозғалатын қорытпаның немесе шынының квадраттық парағы болып табылады және ремендік берілісті қолдаумен қадамдық қозғалтқышпен қозғалуына жеткізіледі. Алайда, басты үстел "екі қабатты" жасалады. 1-ші "ярус" мойынтіректерде қатты бекітілген, 2-ші "ярус" басу қай жерде өтеді, бұрандамалармен және серіппемен ұсталады бастапқы. Бұл ілгіш үстелдің мұнарасын еркін өзгертуге және экструдер шоғырының салыстырмалы жағдайын тегістеуге мүмкіндік береді.

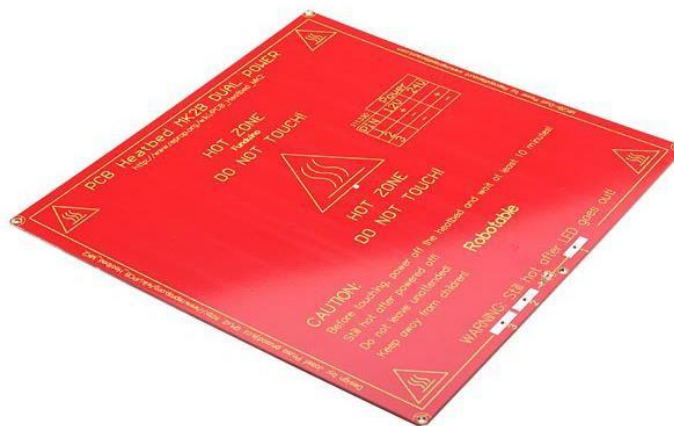
Үстелді жылыту пластмассаның үстелді жазықтыққа адгезиясын арттыру үшін қажет. Модификацияның 1-ші қабаты тікелей дебаркадерге басылады және бұл үшін қыздырылған пластмасса үстелдің жазықтығына жақсы байланып, экструдер шүмегіне байланысты ерімейді.

Баспасөз мақсатында үстел Жылыту баламалары бар:

- силикон пластинка қыздыру компоненттері бар, Бұл үстелдің ұшында анықталған;
- қызыл-сары " жолмен гетинакспен өндірілген жылыту плиткасы»;
- темір платформаның бос жазықтығында бекітілген жеке жылыту компоненттері.

Гетинакс силикон пластинка және плитка бар барлық мүмкіндігі бар біртекті қыздыру платформа кепілдік, бірақ силикон пластинка құны бір рет жоғары жүйе бағасы гетинакс. Осы себепті 3D-принтерде платформа сипатында 214 x 214 миллиметр шеттерінің көлемімен PCB Heatbed MK2B жылыту үстелі іріктелді.

Үстел ие кернеулігі азықтандыру 12 немесе 24 В, о қарағанда куәландырады тізімі қосылымдар " плате үстел, осылайша өйткені 3 контакт шетіндегі платформа. Үстел жүйесінде SMD-жарық диоды, оның қызметі индикация нысаналарында және жазықтықтың қызуының өзгеруін анықтайтын температура аспабы есепке алынды.



3.6 Сурет – PCB Heatbed MK2B қыздыру платформасы

Осыған байланысты, баспаның жұмыс аймағы көп жағдайда платформаның конструкциясына байланысты, ол бүкіл модельдің сапасына әсер етеді – біркелкі қызуы, сондай-ақ жақсы адгезия баспа бұйымдарының жоғары сапасына ықпал етеді.

3.1.6 Ажыратқыштар

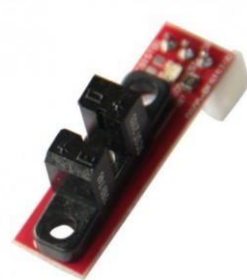
Шеткі ажыратқыштар қажет мақсатында шектеу қызметкерлерінің орнын ауыстыру ұялы элементтерін принтер үшін микропрограммный бұзу емес вынудил қозғалтқыш жылжытуға каретку осіне дейін жоғарлауы мен емес бүлдірді.

Сонымен қатар олар принтер осьтерінің "нөлдік жағдайын" құру мақсатында пайдалануға барлық мүмкіндігі бар.

Негізінен 3D-принтерлерді бақылау тұжырымдамаларында шеткі өлшеуіштердің 2 түрі қолданылады • * көру; * машина.

Оптикалық шеткі ажыратқыштар ең дәл сондай – ақ қозғалатын элементтерді қамтымайды-осыған сәйкес, олар машиналық тозуға төзімді емес. Бірақ көру өлшеуіштері шаңның үлкен санының болуын ластайды, бұл олардың еңбектеріндегі қателіктерге әкеледі.

Оптикалық өлшеуіштер 3D принтер жүйесінде қолданылады, осылайша көп өлшемді пресстің болуы жоңқаның нұсқасында қалдықтардың айтарлықтай санына немесе шаңға екпін келтірмейді.



3.7 Сурет – Оптикалық шеткі ажыратқыш

3.2 Талап етілетін жұмыс сәттерін есептеу

Қадамдық қозғалтқыштарды іріктеу мақсатында экструдер қозғалысын қамтамасыз ететін қажетті жұмыс факторларын есептеуді жасаймыз, автоматты беріліс қолдауының бар болуына сәйкес ось модульдері осылайша дайындалатын элемент.

3.2.1 X ось торабын жылжыту

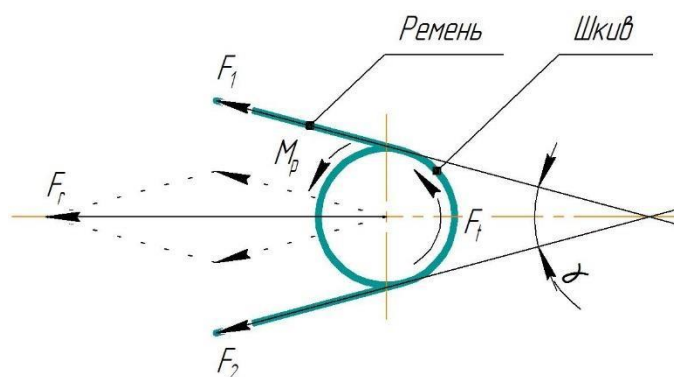
Тісті ремендік берілістің көмегімен қозғалу X осіне сәйкес Рельсті цилиндрлік ұстағышқа сәйкес орындалады. Жүктемеге әкелетін шамадан тыс

жүктеменің маңыздылығы-жылыту үстелінің көптеген жүйелері, осылайша, дайындалатын элемент.

Тісті белдік ұсыну-2-ух шкивтері және осылайша темір шнуры бар белдік. Үстел жүйесі 4 кареткамен 2 рет қозғалады.

Төлеу мақсатында деректер:

- Белдіктің ені-6 миллиметр;
- Тіс қадамы-2.5 миллиметр;
- Тері тістерінің саны-16;
- Шкив тесігінің диаметрі-5 миллиметр;
- Сыртқы шкив калибрі-16 миллиметр;
- Жұмыс жіберу калибрі-12.43 миллиметр;
- Шкив салмағы-0.01 килограмм;
- Қыздыру үстелінің Қайта оралатын жүйесінің салмағы:
– 200x200x200 ММ.
- Белдікті тарту.



3.8 Сурет – Белдікті тарту кезінде пайда болатын күштер

F_0 алдын ала тартылу арқылы, белдік роликке f_t кері әсері ауысады. С талап балансының ремня қатысуы беру сәтте кезеңнің запишем тең құқықтылығы:

$$F_t = F_1 - F_2 \quad (3.1)$$

мұнда F_1 және F_2 -тіісінше жетекші және ведостой тармақтарын тарту, Н.

Осылайша, жүктемеден белдіктің геометриялық ұзындығы тәуелді емес, жүктелген немесе жүктелмеген берілісте салалардың қорытынды тартылымдарының теңдігін жазыңыз:

$$F_1 + F_2 = 2 \cdot F_0 \quad (3.2)$$

Механикалық берілісте екі ұшында да бірдей шкивтер пайдаланылды, демек, F_1 және F_2 параллель және $\gamma = 0$ бұрышы. Шкивтерге 1 белдік орнатылды. Сәйкес, беру біліктеріне әрекет ететін күш тең:

$$Fr = 2 \cdot F_0. \quad (3.3)$$

Берілістің алдын ала тартылуы анықталады:

$$F_0 = F_y \cdot b + q \cdot b \cdot v_2 \quad (3.4)$$

(6) b -белдіктің ені, өлшем бірлігі мм;

q -ені 1 мм белбеудің сызықтық тығыздығы,

өлшем бірлігі кг/(м•мм);

v – сызықтық жылдамдық, орын ауыстыру ремня, өлшем бірлігі м/с.

мұнда F_y -меншікті керілу, өлшем бірлігі Н / мм;

B -белдіктің ені, өлшем бірлігі мм;

Q – ені 1 мм белдіктің сызықтық тығыздығы, өлшем бірлігі кг/(м•мм); v -белдіктің қозғалуының сызықтық жылдамдығы, өлшем бірлігі м/с.

Үйкеліс кедергісі.

Үстелді бөлшектермен ауыстыру мақсатында бағыттаушы беттің үйкеліс кедергісін ескеру қажет:

$$F_{тр} = \mu \cdot W \quad (3.5)$$

мұнда μ - динамикалық үйкеліс коэффициенті (пайдаланылатын рельстік бағыттаушылар үшін – 0.004);

W -номиналды жүктеме, Н.

Номиналды жүктеме X осі тең болуы керек:

$$W_x = \frac{m_x \cdot g}{4} \quad (3.6)$$

мұнда m_x – бағыттаушы бойынша қозғалатын масса, кг.

$$m_x = m_{ст} + m_d \quad (3.7)$$

мұнда $m_{ст}$ – үстел конструкциясының салмағы, кг;

m_d – бөлшектердің салмағы, кг.

Үйкеліс күшін жеңу үшін қажетті момент мынаған тең:

$$M_{трx} = F_{трx} \cdot l_x = 0.0491 \cdot 11.85 \cdot 10^{-3} = 0.06 \text{ Н} \cdot \text{см} \quad (3.8)$$

мұнда l_x – иық күш әсері – $11.85 \cdot 10^{-3}$ М.

3.2.2 Y осі торабын жылжыту

Y осінде тісті белдік берілістің көмегімен экструдермен каретканың қозғалысын жүзеге асыратын желілік рельсті бағыттаушы бекітілген.

Есептеуге арналған деректер:

Экструдер торабының салмағы- 0.98 кг ≈ 1 кг;

Y – 100 мм/с осі бойынша жылжу жылдамдығы.

Анықтаймыз мынадай құрауыштары бағалау үшін талап етілетін жұмыс кезден ось Y – керілуі ремня, үйкеліс кедергісі, инерция жүктеме.

$$M_y = M_{py} + M_{try} + M_{iny}. \quad (3.9)$$

Белдікті кернеу.

$$M_{py} = \frac{F_{ry} \cdot d_p}{2} = \frac{3 \cdot 12.43 \cdot 10^{-3}}{2} = 1.86 \text{ Н} \cdot \text{см} \quad (3.10)$$

Үйкеліс кедергісі.

Үйкеліс күші тең:

$$F_{try} = \mu \cdot m_3 \cdot g = 0.004 \cdot 1 \cdot 9.81 = 0.0392 \text{ Н} \quad (3.11)$$

мұнда μ -үйкелудің динамикалық коэффициенті (сызықтық рельсті бағыттаушылар үшін – 0.004); m_3 -экструдер торабының салмағы, кг.

Инерция моменті мынаған тең:

$$M_{iny} = J_y \cdot \varepsilon_y = 4.33 \cdot 10^{-5} \cdot 157.08 = 0.68 \text{ Н} \cdot \text{см}. \quad (3.12)$$

Тиісінше, талап етілетін жұмыс кезінде қозғалтқыш білігіндегі ось Y:

$$M_y = M_{py} + M_{try} + M_{iny} = 1.86 + 0.10 + 0.68 = 2.64 \text{ Н} \cdot \text{см}. \quad (3.13)$$

3.2.3 Z осі торабын жылжыту

Z осінің конструкциясы 2-ух түтік тәрізді стремящихся, экструдер учаскесі тік бағытта қалай қозғалады, трапецеидальды бұрандалы 2-ух бұрандалы берілістерді қолдауының болуы.

Трапецеидальды бұрандалар өзін-өзі орталандыратын подшипниктерде анықталған және бір мезгілде еңбек ететін 2 моторды қолдаудың болуы орын ауыстыруға жеткізіледі.

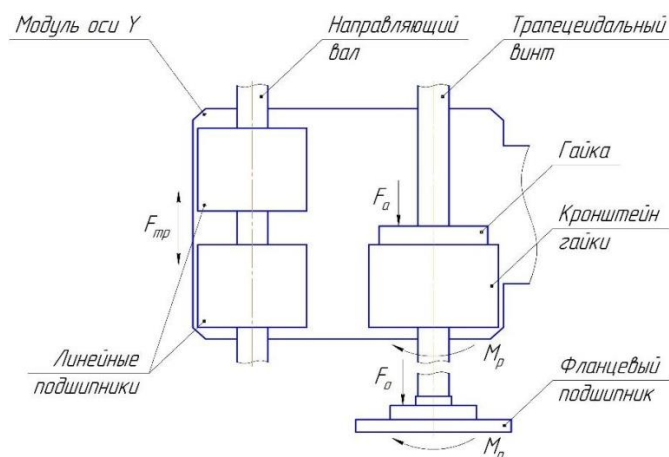
Есептеуге арналған деректер:

- Трапецеидальды бұранданың диаметрі-12 мм;
- Бұранданың орташа Диаметрі-10.5 мм;
- Бұранда бұранда қадамы-3 мм;
- Бұранда профилі бұрышы-30 раин;
- Трапецеидальды бұранданың салмағы-0,33 кг;
- Мойынгіректің орташа диаметрі-18 мм;
- Экструдер торабының конструкциясының салмағы-3.85 кг;
- Z – 20 мм/с осі бойынша жылжу жылдамдығы.

Z осінің қажетті еңбек кезеңін бағалау мақсатында: порталды әрекетті қалыптастыру мақсатында қажетті кезеңді және Тұжырымдаманың Инерция кезеңін белгілейміз. Үйкелісті торабының туралы тік бағыттаушы емес назарға аламыз – жүктемені конструкцияларын осі Y және Z қабылдайды трапецеидальные бұранда және фланецті подшипниктер негізінде.

$$M_z = M_{тр} + M_{инз}. \quad (3.14)$$

Көтеру күші.



3.9 Сурет-Z осінің көтеру түйінінде әрекет ететін күштер

Бұрандадағы тартымдық әрекетті қалыптастыру мақсатында қажетті кезеңді және қажетті жетекті кезеңнің баллын мақсатымен фланецті мойынтіректегі артық жүктемені жеңу мақсатында кезеңді есептеуді жүзеге асырамыз:

$$M_{\text{пр}} = M_p + M_{\text{п}}. \quad (3.15)$$

Айналмалы қозғалысты қайтарылатын қозғалысқа түрлендіру үшін M_p момент анықталады:

$$M_p = \frac{F_a \cdot p_B}{2\pi \cdot \eta_B} \quad (3.16)$$

мұнда F_a – жұмыс жүктемесі, Н; p_B – бұранда бұрандасының қадамы, м; "бұранда – гайка" берілісін тікелей түрлендіру η_B -КПД.

Жұмыс жүктемесі тең:

$$F_a = \frac{\mu_B \cdot W_y}{n} = \frac{\mu_B \cdot m_y \cdot g}{n} \quad (3.17)$$

мұнда μ_B -бұрандадағы үйкеліс коэффициенті;

W_y -номиналды жүктеме,

n -тораптағы бұрандалардың саны,

m_y -экструдер торабының конструкциясының салмағы, кг.

"Винт-гайканың" берілуі Болат трапецеидальды бұрандадан, капролонды (полиамидті) гайкадан және гайканың кронштейнінен тұрады.

Бұрандалы қосылыстағы үйкеліс коэффициенті Болат-Полиамид, майлаусыз- $\mu_B = 0.2-0.3$.

Подшипник жүктемесі радиалды және осьтік құрамдастардан тұрады. Бұл конструкциядағы радиалды жүктемені ескермейді, өйткені подшипник трапецеидальды бұранданың тірегі ретінде пайдаланылады, негізінен осьтік жүктемені қабылдай отырып:

$$F_{\text{п}} = \sqrt{F_r^2 + F_o^2} = \sqrt{F_o^2} = F_o \quad (3.18)$$

мұнда F_r және F_o -тиісінше радиалды және осьтік жүктемелер, Н. Жүйенің инерциясы.

Z осі инерциясының балама моменті:

$$J_Z = J_{\text{жүкт}Z} + J_B,$$

мұндағы $J_{\text{жүкт}Z}$ – Z осі жүктемесінің инерция моменті, кг•м²;

J_B – бұранданың инерция моменті, кг•м².

Жүктеме инерция моментін анықтаймыз:

$$J_{\text{нагр}z} = \frac{m_y}{n} \cdot \left(\frac{p_B}{2\pi}\right)^2 = \frac{3.85}{2} \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^{-3}}{2\pi}\right)^2 = 4.39 \cdot 10^{-7} \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (3.19)$$

Инерция моменті тең:

$$M_{\text{ин}z} = J_z \cdot \varepsilon_z = 6.45 \cdot 10^{-6} \cdot 418.88 = 0.27 \text{ Н} \cdot \text{см}. \quad (3.20)$$

Сәйкесінше, Z осі қозғалтқышының білігінде талап етілетін жұмыс сәті:

$$M_z = M_{\text{пр}} + M_{\text{ин}z} = 2.49 + 0.27 = 2.76 \text{ Н} \cdot \text{см}. \quad (3.21)$$

3.2.4 Қорек көзінің қуатын анықтау

Қуат кілтін таңдау мақсатында 3D-принтердің электр элементтері қолданатын қуатты орнату керек.

Қадамдық қозғалтқыштар.

Қадамдық қозғалтқыштар.

Бір қозғалтқышты тұтынатын қуат тең:

$$P_{\text{дв}} = I_{\text{дв}}^2 \cdot R_{\text{дв}} = (2 \cdot I_{\text{TripMAX}})^2 \cdot R_{\text{дв}} \quad (3.22)$$

мұнда $I_{\text{дв}}$ – қозғалтқыштар орамдарының тогы, А;

$R_{\text{дв}}$ -қозғалтқыш фазасының кедергісі, Ом.

Экструдер қыздырғышы.

Экструдер қыздырғышы 4.4 Ом кедергісімен нихромды сымнан спираль болып табылады. Қуат көзінің кернеуі – 12 В.

$$P_{\text{э}} = \frac{U_{\text{э}}^2}{R_{\text{э}}} = \frac{12^2}{4.4} = 32.73 \text{ Вт} \quad (3.23)$$

Салқындатқыш желдеткіштер.

Экструдер торабында 0.1 А тұтыну тогымен және қоректену кернеуімен-12 В 2 желдеткіш орнатылған. 3D-принтер конструкциясында мұндай 5 желдеткіш, оның ішінде Модельді салқындату үшін орнатылуы мүмкін.

$$P_{\text{вент}} = U_{\text{вент}} \cdot I_{\text{вент}} = 12 \cdot 0.1 = 1.2 \text{ Вт} \quad (3.24)$$

Бақылау және басқару жүйесі.

Бақылау және басқару жүйесіне:

- Контроллердің логикалық және күштік бөліктері;
- Қадамдық қозғалтқыш драйверлері;
- LCD дисплейі бар Модуль;
- Соңғы ажыратқыштар;
- Үстел және экструдер терморезисторлары;

5В – да күш конвертері анықталғандай, заңды үлес компоненттерінің қоректенуі контроллердің күш үлесі-RAMPS 1.4 төлем арқылы орындалады. Ең үлкен электр тогы, шығынның заңды құраушысы-500 мА.

$$P_y = U_y \cdot I_y = 5 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ Вт} \quad (3.25)$$

Қуаты 350 Вт as-350-12 қоректендірудің импульстік ресурсын қолданамыз, ол 3 12 вольтты қуат арнасы бар 10 А әр.



3.10 Сурет – As-350-12 импульсті қуат көзі

3.3 Бағдарламалық қамтамасыз ету

Бағдарламалық қамтамасыз ету затты басып шығару әрекетін дайындау және басқару мақсатында қажет.

Баспаға дайындау процесі 3 құрамнан тұрады:

1. модификацияны дайындау және қалыптастыру;
2. билік ететін жобаны генерациялау;
3. принтердің басқару құрылғысына басқарушы жобаның жүктемесі.

Модификацияны дайындау және қалыптастыру.

Модификацияны қалыптастыру үшін САД-концепция – көп өлшемді жобалау жобасы немесе осылайша 3D-редакторлар қолданылады.

3D-редакторлар салыстырмалы түрде 2 санатқа бөлуге болады терең емес болжау жобасы; қатты болжау жобасы.

Олардың басты айырмашылығы бұл, терең емес болжамдау жобасы 3D-баспасөз мақсатына сай келмейтін "бос" заттарды қалыптастырады.

Егер затта бір ойыққа қарамастан пайда болған жағдайда, мұндай жағдайда барлық нысан модификацияны дайындау қадамында құлап қалады. Осы себепті заттарды қалыптастыру мақсатында қатты денелі болжамдау жобасы көп қолданылады.

Модификацияны қалыптастырғаннан кейін оны стандартталған жалғыз форматқа шығаруды жүзеге асыру қажет. Тез прототиплеу әзірлемелерінде осы мақсатта файл параметрлерін қолданады stl, қандай жерде зат туралы мәліметтер оның жазықтығын бейнелейтін трилинді шекаралар тізбесінің нұсқасында болады.

Өңделетін 3D-принтерде баспасөз мақсатында модификациялар жасау АСТРОКОМПАС-3D V15 және SolidWorks 2015 бағдарламаларында орындалады stl-құжат.

3.3.1 Басқару бағдарламасын генерациялау

Принтердің басқарушы жобасын автоматты түрде қалыптастыру мақсатында САМ-концепциясы қолданылады. Принтер контроллерінің мақсатында басқарушы жоба ИСО-7 кодында ақпараттың екілік бірлігі (G-code), ол ось конструкцияларының қажетті қозғалысын, сондай-ақ үстел және экструдер температурасын басқаруды ұсынады.

G-code генерациясы қозғалысының басында заттың пішіні әсем қабаттарға – slicing кесіледі, нәтижесінде бұл процесс "слайсинг"деп аталады. Жабынның деңгейі слайсингті (слайсер) орындайтын жоба опцияларында көрсетіледі. Содан кейін, кез-келген қабат талданады және ол үшін пластмасса қысып экструдер саптамасы қозғалатын жол жасалады. Барлық бағыттар туралы мәліметтер базасында және G-code-де Басқарушы жоба жүргізіледі.

Басқарушы жобаны принтердің басқару құрылғысына жүктеу.

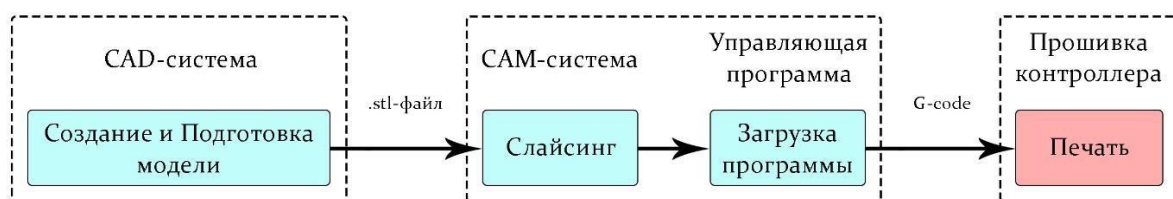
Сатып алынған G-code принтердің басқару құрылғысына жүктеу 2 әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін:

- сымды интерфейске сәйкес баспасөз әрекетін басқару бағдарламасы арқылы;

- SD-жад картасында принтердің контроллерінде орналасқан және сыртқы флешнакөшіргіштермен жұмыс істейтін түйінге.
Басып шығару әрекетін басқару мақсатында қажетті бағдарламалық қамтамасыз ету 2 элементтен тұрады:
- принтер контроллері тұжырымдамасы;
- компьютермен анықталған басқару жобасы;
- Кірістірілген тұжырымдама бұл төмен деңгейлі бағдарламалық қамтамасыз ету, осылайша контроллерді тігу деп аталады. Бұл тігісте базистік опциялар және контроллерге қосылған жарамды аспаптарды басқару әдісі бейнеленген.

Басқару бағдарламасы экструдер мен үстел температурасының реттелетін сипаттамаларын көрсететін баспасөз опцияларын қамтиды, қызмет барысында экструдер қозғалысының желісін көрсете отырып, баспасөздің әрекетінен көруге мүмкіндік береді. Бағдарламалық ұсынымдарды басқа дайындаушылар баспасөз әрекетін басқару жобасында слайсинг көмегін сылады, бұл -ух орнына 1 жоспарды қолдануға мүмкіндік береді.

Баспаның жұмысын дайындау және басқару кезеңдері 3.11 суретте көрсетілген.

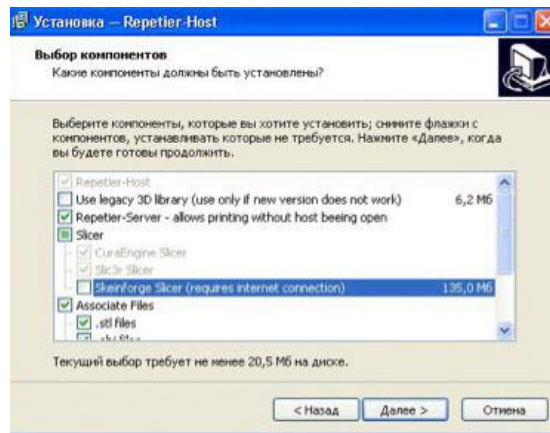


3.11 Сурет – Мөрді дайындау және басқару кезеңдері

Басып шығару процесін басқару мақсатында repetier-Host бағдарламасы қолданылады, ол қосымша бағдарламалық құралдарды пайдаланбай G-code генерациялауға мүмкіндік береді. (Платформаның ашықтығы бағдарламалық қамтамасыз етуге қойылатын талаптардың бірі болып табылады , бұл бағдарламаны өз талаптарымен пысықтауға мүмкіндік береді.

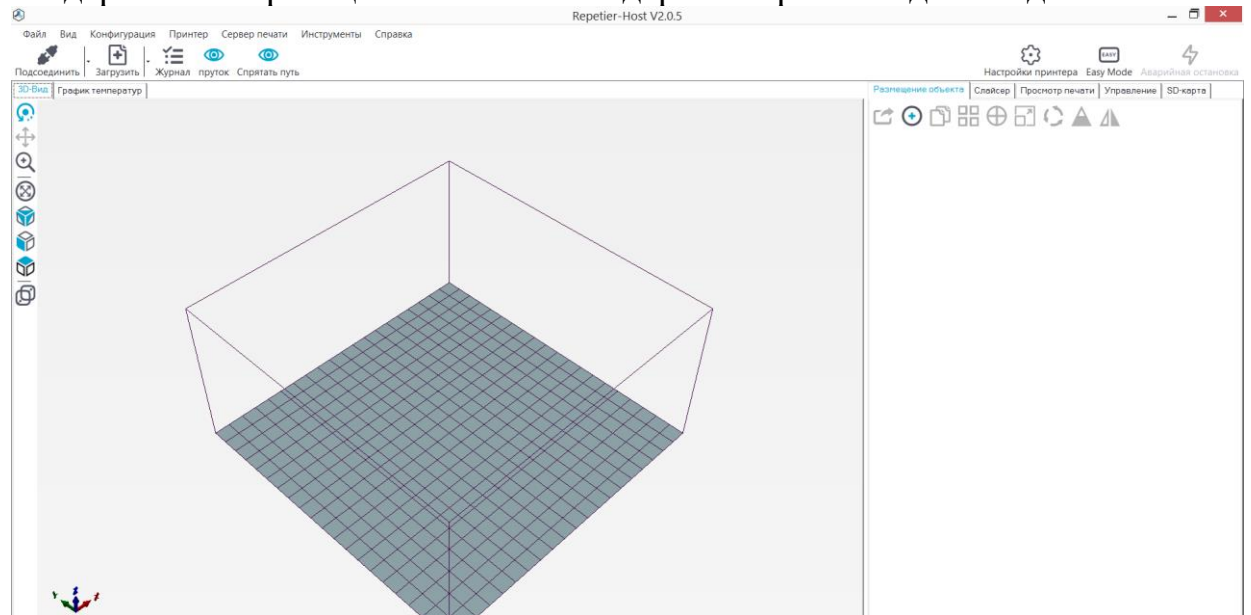
3.3.2 Repetier Host бағдарламасын орнату

Бұл 3D принтері stl пішімінде файлды пайдаланатын Repetier Host бағдарламасы арқылы басқарылады. Орнату кезінде ешқандай қиындықтар жоқ. Әдепкі бойынша параметрлер дұрыс.



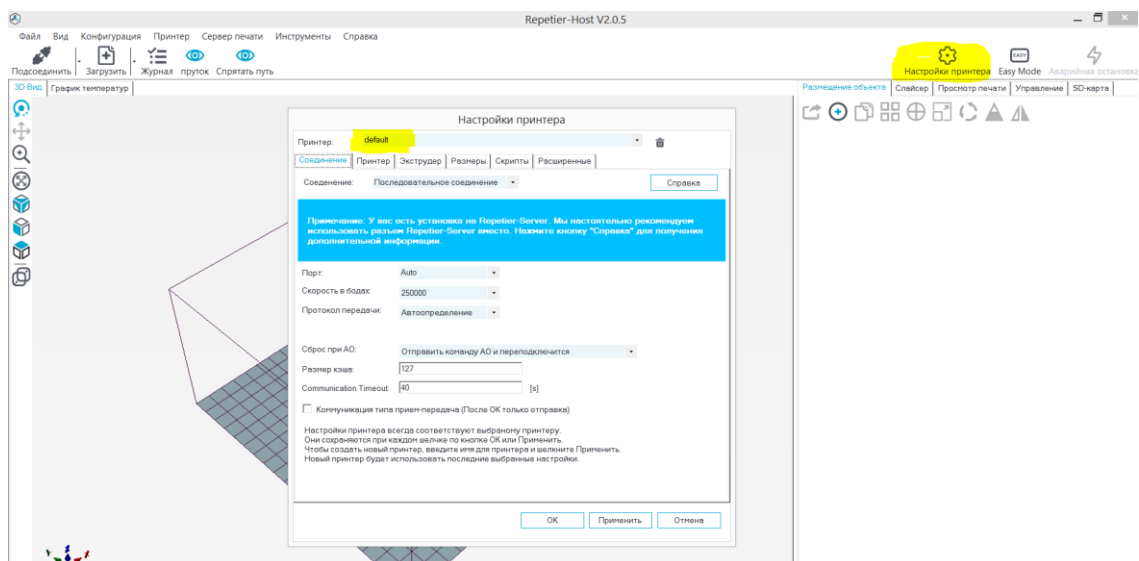
3.12 Сурет – Орнату

Бағдарламаны орнатқаннан кейін стандартты терезе пайда болады:

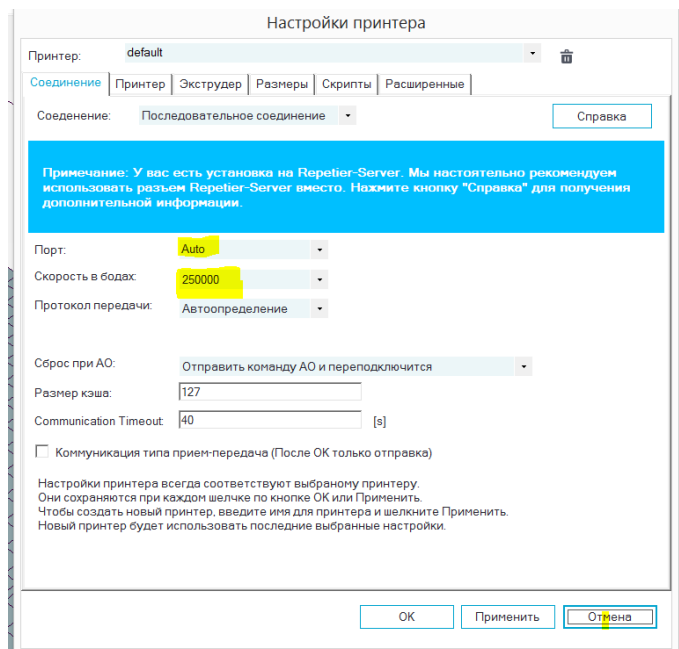


3.13 Сурет – Repetier Host Терезесі

Керек параметрлер принтер. "Принтерді орнату" батырмасы бағдарламаның жоғарғы оң жақ бұрышында орналасқан. Кейін тиісті терезе пайда болады. Мұнда принтер конфигурациясын теңшеуге болады, онда әр түрлі принтерлер үшін әртүрлі параметрлер конфигурацияларын өзгертуге және жасауға болады. Бұл жағдайда default түр.



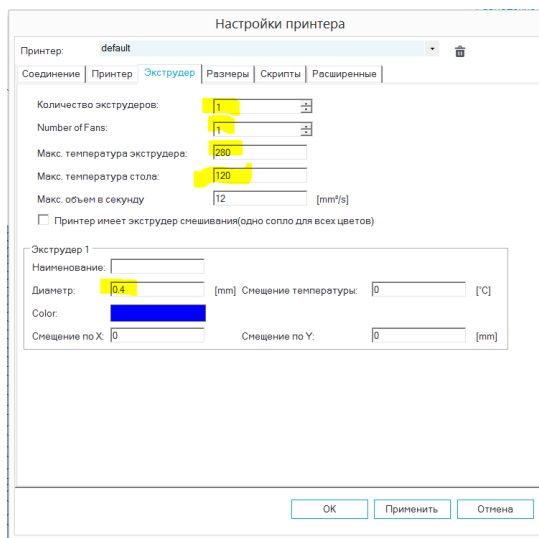
3.14 Сурет – Түрлі Әртүрлі принтерлерге арналған конфигурациялар



3.15 Сурет – Байланыс қойындысы

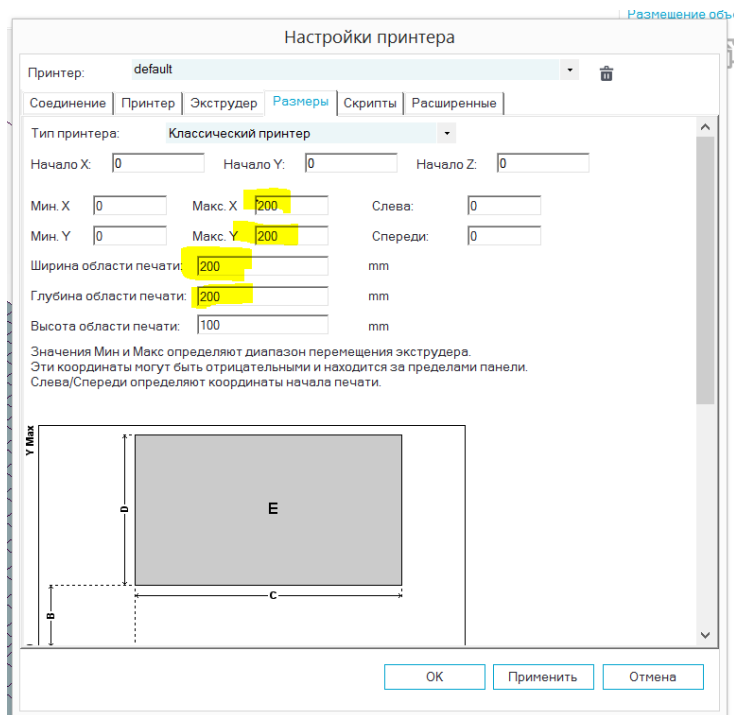
Қосылым қойындысында портқа назар аудару керек. 3D принтердің сымын сүйреу қажет USB слот көрсетіледі. Өйткені орын қосу менятса частенько, режимін таңдау керек "AUTO".

"Экструдер" қойындысында экструдер мен оның элементтерінің параметрлері қойылады. Мұнда олардың санын өзгертуге болады, біздің жағдайда тек 1 экструдер. Сондай-ақ, шүмектің ең жоғарғы және ең төменгі температурасы көрсетілген, бірақ әдетте табалдырық принтердің тігісінде 280 С тұрады.



3.16 Сурет – Экструдер

"Өлшемдер" қойындысында баспа саласының шекаралары сипатталады. Мөрдiң ені мен тереңдiгiнiң өлшемі көрсетiледi.

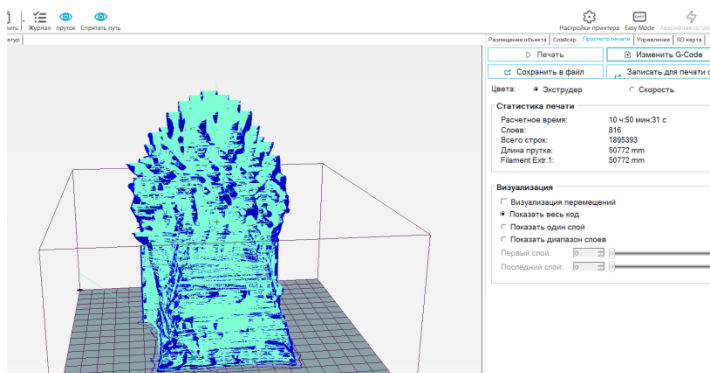


3.17 Сурет – Өлшемдер

Бағдарлама параметрлерін баптағаннан кейін. Жұмыс саласына көшеміз. Бұл бағдарлама өте қарапайым. Интернеттен басып шығарғыңыз келетін stl пішімінде

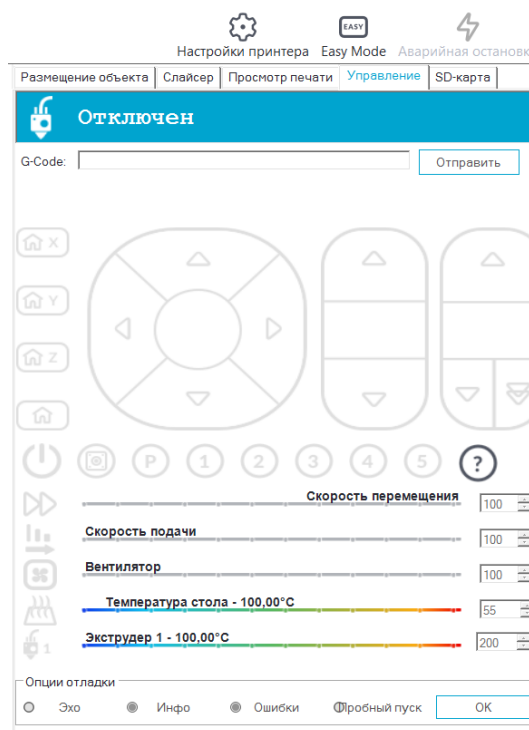
қажетті нысанды жүктеп алу қажет. Алдымен микроконтроллерді ДК-ге қосып, 3D принтерді қуат көзіне қосу керек.

"Мөрді қарау" қойындысында ШЫҒЫС материалының қанша қажет екенін білуге болатын баспа статистикасы сипатталады.



3.18 Сурет – Басып шығаруды қарау қойындысы

Содан кейін бұл нысанды басып шығаруға болады. Басып шығару түймешігін басыңыз. Содан кейін "Басқару" қойындысына барамыз. X, Y, Z осьтерін қайда басқаруға болады, сондай-ақ экструдер мен үстелдің бағытын басқаруға болады.



3.19 Сурет – Басқару батырмасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба барысында 3D баспа технологиясы толық зерттелді. Жұмыста қажетті құрылымдық сұлба элементтері орнатылды, аппаратты нақтылау және орнату, 3D баспа технологиясын жүйелеу, элементтік негізгі қағидаттарды зерттеу, құрылымдық форма, аппаратты бөлшектеу және құрастыру жүргізілді. Сондай-ақ жоғарыда келтірілген зерттеуге тиісті шешімдерді іске асыруға мүмкіндік бар. Арзан немесе тегін қолдануға және басып шығаруға қандай да бір 3D баламалардың саны артады, бұл жерде 3D модификациясын басып шығаруға дайындау және қалыптастыру қабілеті жоғары бағаланады. 3D үлгілеу қабілеті эксклюзивті мүмкіндіктер жасауға мүмкіндік береді және 3D принтерлерде бірінші кезекте жабдық, механизм, роботтар элементі, киім, ғимараттар жасауға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

Баспасөз басылымдары

1. Canessa E., Fonda C., Zennaro M. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development / E. Canessa [et al.]. – 1st ed. – Italy: ICTP «The Abdus Salam», 2013. – 192 p. – ISBN 92-95003-48-9.
2. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino: Справочное пособие. – СПб: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.
3. Баловнев Н.П. Расчет резьбовых соединений и винтовых механизмов: Методические указания для машиностроительных специальностей. – М.: МГТУ «МАМИ», 1999. – 39 с.
4. Плисс В.М. Расчет трения в подшипниках качения: Методические указания. – Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2000. – 15 с.
5. Черногоров Е.П. Подшипники скольжения: Справочное пособие. – Челябинск, 2013. – 10 с.
6. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Методическое пособие. – М.: Высш. шк., 1991. – 432 с.
7. Зубчато-ременные передачи: Справочное пособие / А.Р. Тарасов, В.С. Балбаров, В.П. Балдаев, А.Н. Павлов. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 21 с.
8. Расчет ременных передач: Методические указания / В.Г. Мицкевич, В.С. Семенов, А.А. Платонов. – М.: Изд-во РГОТУПС, 2005. – 63 с.

Электронды ресурстар

9. 3D-принтер [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-принтер>
10. Моделирование методом наплавления [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Моделирование_методом_наплавления
11. Технологии 3D-печати [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml
12. Классификация 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/wiki/3d-pechat/Klassifikacija-3D-printerov-po-osjam-dvizhenija-jekstrudera-i-platformy>
13. Направляющие станков [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Направляющие_станков
14. Числовое программное управление [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Числовое_программное_управления
15. Шаговые двигатели [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: http://electroprivod.ru/st_motor.htm

16. Шаговые двигатели: типы и принцип действия [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://www.ingener.info/pagespage-33.html>
17. Биполярные и униполярные шаговые двигатели [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://electroprivod.ru/bipolar.htm>
18. Способы коммутации фаз шагового двигателя: полношаговый режим [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://electroprivod.ru/fullstep.htm>
19. Способы коммутации фаз шагового двигателя: полушаговый режим [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://electroprivod.ru/halfstep.htm>
20. Способы коммутации фаз шагового двигателя: микрошаговый режим [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://electroprivod.ru/microstep.htm>
21. Устройство и управление шаговым двигателем [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: http://wiki.purelogic.ru/index.php?title=Устройство_и_управление_шаговым_двигателем
22. Драйвер шагового двигателя [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: http://wiki.purelogic.ru/index.php?title=Драйвер_шагового_двигателя
23. Экструдер для 3D-принтера [Электронный ресурс]: электронная база знаний. – Статья. – Режим доступа: <http://3dwiki.ru/ekstruder-dlya-3dprintera-princip-raboty-ekstrudera-vazhnye-xarakteristiki-i-vidy/>
24. Встраиваемая система [Электронный ресурс]: электронная энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Встраиваемая_система
25. Программное обеспечение для 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Статья. – Режим доступа: <http://3dpr.ru/programmnoe-obespecheniedlya-3d-printerov>

Қысқартулар тізімі

ӨПА - өндірістік процестерді автоматтандыру

АБҚ - автоматтандырылған баспа құрылғысы

АЖ - Автоматты желі

ИЖ - икемді жүйе

ЖА - жартылай автомат

ӨҚ - өңдеу құрылғысы

ҚҚ - қадамды қозғаушы

А Қосымшасы

G-код

;Generated with Cura_SteamEngine 15.01

; Default start code

G28 ; Home extruder

G1 Z15 F100

M107 ; Turn off fan

G90 ; Absolute positioning

M82 ; Extruder in absolute mode

M190 S90

; Activate all used extruder

M104 T0 S225

G92 E0 ; Reset extruder position

; Wait for all used extruders to reach temperature

M109 T0 S225

;Layer count: 44

;LAYER:0

M107

G0 F9000 X52.104 Y86.305 Z0.300

;TYPE:SKIRT

G1 F1800 X52.804 Y85.966 E0.03880

G1 X53.807 Y85.681 E0.09082

G1 X54.861 Y85.551 E0.14381

G1 X138.667 Y85.540 E4.32490

G1 X139.153 Y85.556 E4.34916

G1 X139.719 Y85.609 E4.37753

G1 X140.650 Y85.793 E4.42487

G1 X141.282 Y86.006 E4.45815
G1 X141.930 Y86.323 E4.49414
G1 X142.651 Y86.866 E4.53917
G1 X143.405 Y87.835 E4.60042
G1 X143.693 Y88.957 E4.65821
G1 X143.700 Y89.430 E4.68181
G1 X143.700 Y89.530 E4.68680
G1 X145.520 Y90.456 E4.78868
G1 X147.784 Y92.723 E4.94852
G1 X149.237 Y95.575 E5.10821
G1 X149.649 Y98.168 E5.23920
G1 X149.741 Y98.736 E5.26791
G1 X149.238 Y101.899 E5.42769
G1 X147.784 Y104.757 E5.58767
G1 X145.923 Y106.620 E5.71904
G1 X145.519 Y107.025 E5.74758
G1 X143.702 Y107.949 E5.84928
G1 X143.699 Y109.975 E5.95036
G1 X143.703 Y110.524 E5.97775
G1 X143.374 Y111.697 E6.03853
G1 X142.616 Y112.650 E6.09928
G1 X141.895 Y113.175 E6.14378
G1 X141.195 Y113.514 E6.18258

G-код

Generated with Cura_SteamEngine 15.01
; Default start code
G28 ; Home extruder
G1 Z15 F100


```
M107 ; Turn off fan
G90 ; Absolute positioning
M82 ; Extruder in absolute mode
M190 S90
; Activate all used extruder
M104 T0 S225
G92 E0 ; Reset extruder position
; Wait for all used extruders to reach temperature
M109 T0 S225
;Layer count: 135
;LAYER:0
M107
G0 F9000 X80.501 Y65.872 Z0.300
;TYPE:SKIRT
G1 F1800 X81.296 Y65.224 E0.05117
G1 X82.053 Y64.598 E0.10018
G1 X82.964 Y64.111 E0.15171
G1 X83.831 Y63.649 E0.20073
G1 X84.159 Y63.547 E0.21786
G1 X88.501 Y62.940 E0.44180
; Default end code
;G1 X0 Y0 Z130 ; Get extruder out of way. Uncomment to use!
M107 ; Turn off fan
; Disable all extruder
G91 ; Relative positioning
T0
G1 E-1 ; Reduce filament pressure
M104 T0 S0
G90 ; Absolute positioning
G92 E0 ; Reset extruder position
M140 S0 ; Disable heated bed
M84 ; Turn steppers off
```