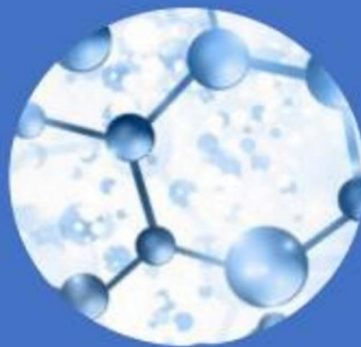


ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАХБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ  
ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ ЭТИШ  
БОШ ИЛМИЙ-МЕТОДИК МАРКАЗИ

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВАМАЛАКАСИНИ ОШИРИШ  
ТАРМОҚ МАРКАЗИ



**КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ**  
(органик моддалар ишлаб  
чиқариш бўйича)  
йўналиши

TOSHKENT  
KIMYO-TEKNOLOGIYA  
INSTITUTI

“ORGANIK MAHSULOTLAR ISHLAB CHIQRISHDA  
RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR”

moduli bo'yicha

**O'QUV-USLUBIY MAJMUUA**

TOSHKENT – 2022 y.

*Mazkur o‘quv-uslubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2020 yil 7 dekabrda 648-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv reja va dastur asosida tayyorlandi.*

**Tuzuvchi: R.A.Xabibullaev** – Toshkent kimyo-texnologiya instituti “Sellyuloza va yog‘ochsozlik texnologiyasi” kafedrasida dotsenti, t.f.n.

**Taqrizchi: A.M.Bochek**–Rossiya Fanlar Akademiyasi Yuqori molekulyar birikmalar instituti Federal fan muassasalari tabiiy polimerlar laboratoriyasi (Rossiya, Sankt-Peterburg), etakchi ilmiy xodim, k.f.d., professor.

## MUNDARIJA

1. Ishchi dastur .....	4
2. Modulni o‘qitishda foydalaniladigan interfaol ta’lim metodlari .....	8
3. Ma’ruza matnlari .....	166
4. Amaliy mashg‘ulotlar uchun materiallar, topshiriqlar va ularni bajarish bo‘yicha tavsiyalar .....	50
5. Bitiruv ishlari uchun mavzular .....	109
6. Keyslar banki .....	110
7. Glossariy .....	114
8. Adabiyotlar ro‘yxati .....	122
9. Mutaxassis tomonidan berilgan taqriz .....	126

# **1. Ishchi dastur**

## **Kirish**

Dastur rivojlangan mamlakatlardagi xorijiy tajribalar asosida “Kimyoviy texnologiya (organik mahsulotlar ishlab chiqarish bo‘yicha)” qayta tayyorlash va malaka oshirish yo‘nalishi bo‘icha ishlab chiqilgan o‘quv reja va dastur mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u zamonaviy talablar asosida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining bilimini va kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Qayta tayyorlash va malaka oshirish yo‘nalishining o‘ziga xos xususiyatlari hamda dolzarb masalalaridan kelib chiqqan holda dasturda tinglovchilarning maxsus fanlar doirasida organik ishlab chiqarish sohasida sanoatida qo‘llaniladigan polimer additiv texnologiyalar, 3D-pechat texnologiyalari, raqamli-dasturli boshqariladigan (CHPU) jihozlar va ularni dasturlash asoslarining o‘ziga xos xususiyatlariga oid bilim, ko‘nikma va malakalarini yangilab borishga qaratilgan muammolari bayon etilgan.

### **Modulning maqsadi va vazifalari**

“Kimyoviy texnologiya (organik mahsulotlar ishlab chiqarish bo‘yicha)” yo‘nalishi bo‘yicha oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish kursining o‘quv dasturining maxsus fanlar blokiga kiritilgan «Organik mahsulotlar ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar» fani ishchi dasturining maqsadi – mutaxassislik fanlaridan dars beruvchi professor o‘qituvchilarni organik ishlab chiqarish sohasida qo‘llaniladigan kompozitsion va nanomateriallarning turlari, O‘zbekiston Respublikasida organik moddalar ishlab chiqarish zamonaviy korxonalari, zamonaviy istiqbolli import o‘rnini bosuvchi va eksportga yo‘naltirilgan texnologiyalari to‘g‘risida nazariy va kasbiy tayyorgarlikni ta’minlash va yangilash, kasbiy kompetentlikni rivojlantirish asosida ta’lim-tarbiya jarayonlarini samarali tashkil etish va boshqarish bo‘yicha bilim, ko‘nikma va malakalarni takomillashtirishga qaratilgan.

“Organik mahsulotlar ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar” fanining vazifasi - tinglovchilarni sohaga ildam kirib kelayotgan polimer additiv

texnologiyalar, 3D-pechat texnologiyalari, raqamli-dasturli boshqariladigan (CHPU) jihozlar va ularni dasturlash asoslari bilan tanishtirish; “Kimyoviy texnologiya (organik mahsulotlar ishlab chiqarish bo‘yicha)” yo‘nalishida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining fan va ishlab chiqarish bilan integratsiyasini ta’minlashdir.

**Modul bo‘yicha tinglovchilarning bilim, ko‘nikma, malakasi va kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar**

«Organik mahsulotlar ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar» fani bo‘yicha tinglovchilar quyidagi yangi bilim, ko‘nikma, malaka hamda kompetensiyalarga ega bo‘lishlari talab etiladi:

**Tinglovchi:**

- polimer additiv texnologiyalarni;
- 3D-pechat texnologiyalarini;
- 3D-printerlarning tuzilishi va ishlab prinsipini;
- raqamli-dasturli boshqariladigan (CHPU) stanoklarni;
- VicStudioTM dasturini;
- koordinatalar tizimi, dasturlash asoslari, dastur yozish tartiblarini ***bilishi kerak.***

**Tinglovchi:**

- polimer additiv texnologiyalardan foydalanish;
- 3D-pechat texnologiyalarini qo‘llash;
- raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklardan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish ***ko‘nikmalariga*** ega bo‘lishi lozim.

**Tinglovchi:**

- 3D-pechat texnologiyalari: suyultirilgan ipni yotqizish usulida modellashtirish (FDM), lazerli stereolitografiya (SLA), lazerda tanlab pishirish (SLS), buyumlarni qatlamli laminatsiyalab yasash (LOM), ko‘p oqimli modellashtirish (MJM), Polylet texnologiyasi, oqimli 3D-pechat texnologiyasi (3DP), suyuq yuzalarni uzluksiz shakllantirish (CLIP)dan ***foydalanish;***
- 3D-printerlar va raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklarni dasturiy ta’minlash ***malakalariga ega bo‘lishi*** lozim.

### **Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar**

“Organik mahsulotlar ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar” kursi ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma’ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan;
- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o‘tkazish, va boshqa interaktiv ta’lim usullarini qo‘llash nazarda tutiladi.

### **Modulning o‘quv rejadagi boshqa modullar bilan bog‘liqligi va uzviyligi**

«Organik mahsulotlar ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar» moduli qayta tayyorlash va malaka oshirish yo‘nalishini bo‘yicha o‘quv rejadagi boshqa mutaxassislik fanlari bilan uzluksiz bog‘liq bo‘lib, ushbu fanlarni o‘zlashtirishda amaliy yordam beradi. «Organik mahsulotlar ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar» fanini to‘liq o‘zlashtirish va amaliy vazifalarni bajarishda yuqori bloklardagi fanlarga qisman bog‘liqdir.

### **Modulning oliy ta’limdagi o‘rni**

Modulni o‘zlashtirish orqali tinglovchilar Kimyoviy texnologiya (organik moddalar ishlab chiqarish bo‘yicha) – organik moddalar ishlab chiqarishlarining zamonaviy usullarini o‘rganish, amalda qo‘llash va baholashga doir kasbiy kompetentlikka ega bo‘ladilar.

### **Modul bo‘yicha soatlar taqsimoti**

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o‘quv yuklamasi, soat	
		Hamma si	Auditoriya o‘quv yuklamasi
		Jami	jumladan

				nazariy	amaliy
1.	Polimer additiv texnologiyalar	6	6	2	4
2.	Raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklar	4	4	2	2
	<b>Jami:</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

## **NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI**

### **1-mavzu: Polimer additiv texnologiyalar.**

1. Polimer additiv texnologiyalarning o‘ziga xosligi.
2. Additiv texnologiyalarda qo‘llaniladigan polimer materiallar.
3. Polimer additiv texnologiyalar.

### **2-mavzu: Raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklar.**

1. Raqamli-dasturli boshqariladigan (CHPU) stanoklarning konstruksiyasi, funksional mexanizmlari va stanokni boshqarish.
2. VicStudioTM dasturi.
3. Koordinatalar tizimi.

## **AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI**

### **1-amaliy mashg‘ulot. 3D-pechat bo‘yicha FDM, SLA, SLS, CLIP texnologiyalarini o‘rganish.**

1. FDM — suyultirilgan ipni yotqizish usulida modellashtirish.
2. Lazerli stereolitografiya (SLA).
3. Lazerda tanlab pishirish (SLS).
4. Suyuq yuzalarni uzluksiz shakllantirish (CLIP).

### **2-amaliy mashg‘ulot. 3D-pechat bo‘yicha LOM, MJM, PolyJet, 3DP texnologiyalarini o‘rganish.**

1. Buyumlarni qatlamli laminatsiyalab yasash (LOM).
2. Ko‘p oqimli modellashtirish (MJM).
3. PolyJet texnologiyasi.

#### 4. Oqimli 3D-pechat texnologiyasi (3DP).

### **3-amaliy mashg‘ulot: Raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklar uchun dastur yozish.**

1. Dasturlash asoslari.
2. Dastur yozish.

#### **O‘qitish shakllari**

Mazkur modul bo‘yicha quyidagi o‘qitish shakllaridan foydalaniladi:

- ma’ruzalar, amaliy mashg‘ulotlar (ma’lumotlar va texnologiyalarni anglab olish, aqliy qiziqishni rivojlantirish, nazariy bilimlarni mustahkamlash);
- davra suhbatlari (ko‘rilayotgan loyiha echimlari bo‘yicha taklif berish qobiliyatini oshirish, eshitish, idrok qilish va mantiqiy xulosalar chiqarish);
- bahs va munozaralar (loyihalar echimi bo‘yicha dalillar va asosli argumentlarni taqdim qilish, eshitish va muammolar echimini topish qobiliyatini rivojlantirish).

## **2.Modulni o‘qitishda foydalaniladigan interfaolta’lim metodlari**

### **“SWOT-tahlil” metodi.**

**Metodning maqsadi:** mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo‘llarni topishga, bilimlarni mustahkamlash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga qaratilgan.





**Namuna:** Polimer additiv FDM texnologiyasini SWOT tahlil qiling.

<b>S</b>	Kuchli tomonlari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dunyoda eng ko‘p tarqalgan 3D-pechat turi;</li> <li>• turli polimerlar va past temperaturada suyuqlanadigan boshqa materiallar bilan ishlaydi;</li> <li>• keng ommalashgan ABS plastiklari bilan ishlaydi;</li> <li>• mexanizmi nisbatan sodda va tushunarli;</li> <li>• mahsulotlari yuqori darajada mustahkam va qayishqoq.</li> </ul>
<b>W</b>	Kuchsiz tomonlari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ish tezligi yuqori emas;</li> <li>• aniqligi juda yuqori emas;</li> <li>• modelni ish stoliga mahkamlash muammolari mavjud;</li> <li>• osilib turuvchi elementlar uchun tutib turuvchi moslama zarur bo‘ladi;</li> <li>• ba’zan qo‘lda yakuniy ishlov berish zarur bo‘ladi.</li> </ul>
<b>O</b>	Imkoniyatlari (ichki)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ikkinchi pechatlovchi kallakni o‘rnatish mumkin;</li> <li>• plastik ipni bo‘yab rangli detallar olish mumkin.</li> </ul>
<b>T</b>	To‘siqlar (tashqi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• polimerning termik kichrayishi (termousadka) detal o‘lchamlarining sovugandan keyin o‘zgarishiga sabab bo‘ladi;</li> <li>• chiqindisiz ishlab chiqarish emas, ushlab turuvchi modda ko‘p sarf bo‘ladi.</li> </ul>

### **“LINK”metodi**

Bu metod bilim oluvchiga internet havola taqdim qilish orqali uning havoladagi materialni o‘rganishini ta’minlaydi.

Ushbu metod m-learning ta’lim usulini tashkil qilish uchun juda qulay vosita bo‘lib, bilim oluvchi o‘z shaxsiy mobil qurilmasi orqali bilim va ko‘nikmalarni o‘zlashtirishini ta’minlaydi.

Ushbu metodning o‘ziga xos jihatlaridan biri bilim oluvchining javobining cheklanishidir. Bilim oluvchi javobini matn orqali ifodalaydi (masalan, 30-40 so‘z), bu birinchidan, bilimga ega talaba uchun ortiqcha muammo paydo qilmaydi,

ikkinchidan, bilim oluvchi javobni sintez qilib o'z so'zlari bilan ifodalaydi va shu orqali uning plagiatdan foydalanishining oldi olinadi. So'zlarning cheklanishi o'qituvchining vaqtini ancha tejaydi, ta'lim platformasining ortiqcha yuklanishining oldini oladi.

Bu usulda bilim oluvchiga manbadan foydalangan holda, katta hajmdagi axborotni siqib, o'z so'zlari bilan ifodalaydi. SHu sababli bilim oluvchi ma'lumotni Blum taksonomiyasi bo'yicha sintez darajasida o'zlashtiradi.

Bilim oluvchining bilimini baholashda turli mezonlardan foydalaniladi: javobning to'g'riligi va to'liqligi, aniq va qisqaligi, so'zlar hajmining mos kelishi, imlo xatolari yo'qligi, jargon ishlatilmasligi, javobning manbadagi materialga mos kelishi va h.k..

Plagiat va noto'g'ri ta'lim olishning oldini olish uchun bilim oluvchining mobil qurilmasi elektron ta'lim tizimiga qayd qilib qo'yilishi lozim.

#### **Namuna:**

**Savol:** "FDM-printerlarda ishlatiladigan polimer materiallar haqida 20-30 so'z orqali ma'lumot bering".

**Javob** (28 so'z): "FDM-printerlarda asosan ABS (akrilonitril, butadien va stirol sopolimeri) va PLA (polilaktid) polimerlari ishlatiladi. ABS yaxshi bo'yaladi, zararsiz, zarbga chidamli material. PLA bioparchalanuvchan, biomoslashuvchan poliefir, uning monomeri sut kislotasidir".

**Савол:** “FDM-принтерларда ишлатиладиган полимер материаллар ҳақида 20-30 сўз орқали маълумот беринг”.



**Жавоб (28 сўз):** “FDM-принтерларда асосан ABS (акрилонитрил, бутадиен ва стирол сополимери) ва PLA (полилактид) полимерлари ишлатилади. ABS яхши бўялади, зарарсиз, зарбга чидамли материал. PLA биопарчаланувчан, биомослашувчан полиэфир, унинг мономерлари сут кислотасидир”.

### “Review” metodi

Mazkur metod bilim oluvchini ilmiy fikrlab javob yozishga undaydi. Bunda bilim oluvchi maxsus atamalarni qo‘llashi, matnda bog‘lovchi so‘z iboralarini ishlatishi, mantiqli javob berishi, qiyosiy usulda, namuna keltirib javob berishi, belgilangan struktura bo‘yicha va cheklangan hajmda matn yozishi talab etiladi. So‘zlarning cheklanishi o‘qituvchining ko‘p vaqtini tejaydi, ta’lim platformasining ortiqcha yuklanishining oldini oladi.

#### **Namuna:**

**Savol:** “Berilgan namuna asosida CLIP-texnologiyasini 40-50 so‘z bilan ta’riflang” (o‘ziga xosligi, mexanizmi).

**Javob (46 so‘z):** “CLIP-texnologiyasining ishlab chiqarish unumi boshqa 3D-texnologiyalarinikidan deyarli 100 baravar yuqori. Buyum yuzasi 10 mikron aniqlikda shakllanadi. Juda mayda detallarni yasash mumkin.” [o‘ziga xosligi].

YAngi buyum go‘yoki yo‘qdan bor bo‘lgandek, suyuqlikdan ko‘tarilib chiqadi. Fotopolimer UB nur (polimerlanishi uchun) va kislorod (ingibitor) ta’siri natijasida qotib buyum uzluksiz tarzda shakllanib boradi.”[mexanizmi].

**Савол:** “Берилган намуна асосида CLIP-технологиясини 40-50 сўз билан таърифланг” (ўзига хослиги, механизми).



**Жавоб** (46 сўз): “CLIP-технологиясининг ишлаб чиқариш унуми бошқа 3D-технологиялариникидан деярли 100 барабар юқори. Буюм юзаси 10 микрон аниқликда шаклланади. Жуда майда деталларни яшаш мумкин.” [ўзига хослиги].

Янги буюм гўёки йўқдан бор бўлгандек, суюқликдан кўтарилиб чиқади. Фотополимер УБ нур (полимерланиши учун) ва кислород (ингибитор) таъсири натижасида қотиб буюм узлуксиз тарзда шаклланиб боради.” [механизми].

### “Q/A” metodi

Mazkur metod o‘qituvchining unga berilgan savollarga javoblari tarzida tashkil qilinadi. Bunda bilim oluvchilar o‘zlari xohlagan savolni tanlab javob yozishlari mumkin. Javob yozishda plagiatning oldini olish uchun javob hajmi cheklab qo‘yiladi (masalan, 20-30 so‘z), so‘zlarning cheklanishi o‘qituvchining tekshirish uchun ko‘p vaqtini olmaydi va bu holat ta’lim platformasining ortiqcha yuklanishiga olib kelmaydi. Ushbu usul bilim oluvchining o‘quv materialini o‘zlashtirishini ta’minlashda yuqori samara beradi. Savollarning o‘quv materialida keltirilgan ketma-ketlikda berilishi materialning tez o‘zlashtirilishini yaxshilaydi. Ushbu metod o‘zlashtirishni baholashdan ko‘ra, ko‘proq o‘quv materialini o‘zlashtirishga yordam beruvchi instrument hisoblanadi.

#### **Namuna:**

**Savol:** “Nima deb o‘ylaysiz, 3D-printerlar qaysi sohalarda yaxshi samara beradi? Javobingizni 20-30 so‘z hajmida ifodalang”.

**Javob** (22 so‘z): “3D-printerlar boshqa texnologiyalarda olish qiyin bo‘lgan mayda buyumlarni o‘ta aniqlikda ishlab chiqarishda yaxshi samara beradi (tibbiyot, yuvelir buyumlari, elektrotexnika, kosmik texnologiyalar, mashinasozlik).

**Савол:** “Нима деб ўйлайсиз, 3D-принтерлар қайси соҳаларда яхши самара беради? Жавобингизни 20-30 сўз ҳажмида ифодаланг”.



**Жавоб** (22 сўз): “3D-принтерлар бошқа технологияларда олиш қийин бўлган майда буюмларни ўта аниқликда ишлаб чиқаришда яхши самара беради (тиббиёт, ювелир буюмлари, электротехника, космик технологиялар, машинасозлик).

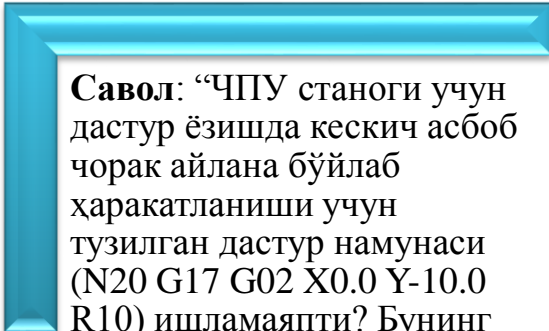
### “FAQ” metodi

Mazkur metod modul bo‘yicha eng ko‘p so‘raladigan savollarni va ularning javoblarini yig‘ib, jamlab, interaktiv elektron qo‘llanma shakliga keltirish uchun samarali vosita hisoblanadi. Bunda bilim oluvchilar o‘qituvchiga o‘zlarini o‘ylantirgan savollar bilan murojaat qilishadi, amaliy ishni bajarishda yuzaga kelgan muammolarni izohlab va ularni bartaraf qilish bo‘yicha maslahatlar olishadi. Ushbu savol-javoblar bazasi keyinchalik keng jamoatchilikka taqdim etilishi sababli, o‘qituvchi savollarni saralab olishi, tahrirlashi va sinflashi, javoblarni esa asosli hujjatlarga tayanib tayyorlashi lozim. FAQ metodi joriy o‘quv jarayonida bilim oluvchining o‘zlashtirishini baholash uchun qo‘llanilayotgan bo‘lsa ham, aslida u kelgusida e-learning, m-learning muhitini shakllantirishda qimmatbaho instrument hisoblanadi. Bu usulning yana bir o‘ziga xosligi shundaki, bunda o‘qituvchi bilim oluvchining qay darajada savol berganligini baholashi kerak bo‘ladi. Bu esa hali pedagogikada ommalashmagan nazorat turi hisoblanadi. SHu sababli, o‘qituvchi baholash mezonlarini joriy qilishda bilim oluvchining fanga qanchalik kirishganini, savollarining qalbaki emasligi, haqiqiy muammoga bog‘liq ekanligini asos qilib olishi maqsadga muvofiq. Bunda albatta, o‘qituvchi o‘ta sergak bo‘lishi va bilim oluvchilarning o‘quv-uslubiy majmuadagi savollarni bermasligini nazorat qilib borishi lozim.

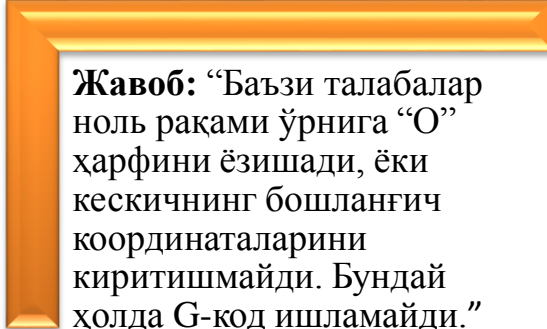
**Namuna:**

**Savol:** “ЧПУ станогининг учун дастур yozishda keskich asbob chorak aylana bo‘ylab harakatlanishi uchun tuzilgan дастур namunasi (N20 G17 G02 X0.0 Y-10.0 R10) ishlaymikan? Buning sababi nimada bo‘lishi mumkin?”

**Javob:** “Ba‘zi talabalar nol raqami o‘rniga “O” harfini yozishadi, yoki keskichning boshlang‘ich koordinatalarini kiritishmaydi. Bunday holda G-kod ishlaymikan.”



**Савол:** “ЧПУ станогининг учун дастур ёзишда кескич асбоб чорак айлана бўйлаб ҳаракатланиши учун тuzилган дастур namunasi (N20 G17 G02 X0.0 Y-10.0 R10) ишламаяпти? Бунинг сабаби нимада бўлиши мумкин?”



**Жавоб:** “Баъзи талабалар ноль рақами ўрнига “O” ҳарфини ёзишди, ёки кескичнинг бошланғич координаталарини киритишмайди. Бундай ҳолда G-код ишламайди.”

### "Venn diagrammasi" metodi

**Metodning maqsadi:** Bu metod grafik tasvir orqali o‘qitishni tashkil etish shakli bo‘lib, u ikkita (uchta, to‘rtta va h.k.) o‘zaro kesishgan aylana tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko‘rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

**Metodni amalga oshirish tartibi:**

- ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko‘rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o‘ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralari ichiga yozib chiqish taklif etiladi;

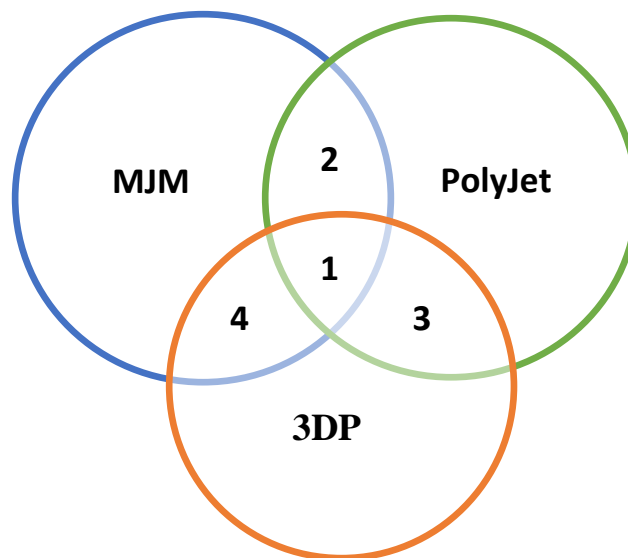
- navbatdagi bosqichda ishtirokchilar to‘rt (3-5) kishidan iborat kichik guruhlariga birlashtiriladi va har bir juftlik o‘z tahlili bilan guruh a‘zolarini

tanishtiradilar;

- juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko‘rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy jihatlarini (yoki farqli) izlab topadilar, umumlashtiradilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

**Namuna:**

**Savol: MJM, PolyJet, 3DP texnologiyalarining umumiy va o‘ziga xos jihatlarini Venn-diagrammasi orqali ifodalang.**



**1** – Barcha texnologiyalar 3D-pechat texnologiyalari hisoblanadi, barchasidasuyuqlik oqimlari ishlatiladi, lazer ishlatilmaydi.

**2** – MJM va PolyJettexnologiyalarining ikkalasida ham fotopolimer ishlatiladi.

**3** – PolyJet va 3DP texnologiyalaridaushlab turuvchi komponent qo‘shiladi.

**4** – MJM va 3DP texnologiyalari 1, 2, 3 dan farq qiluvchi umumiy o‘xshashlikka ega emas.

**MJM** – fotopolimerni purkash orqali undan quyish uchun mo‘ljallangan, kuydiriladigan yoki suyultiriladigan master-modellar yasaladi.

**PolyJet**– suyuq fotopolimer ultrabinafsha nur orqali qotiriladi. Bu texnologiyada prototiplarni olish uchun silliq yuzali master-modellar yasaladi.

**3DP**– oqimli uch o‘lchamli pechat, polimerni qatlamlab uzatadi. modelning konturi elimlovchi material va kukunni uzatuvchi pechat qiluvchi kallak tomonidan shakllantiriladi.

### 3. Ma'ruza matnlari

#### 1-ma'ruza: Polimer additiv texnologiyalar.

##### Reja:

- 1.1. Polimer additiv texnologiyalarning o'ziga xosligi.
- 1.2. Additiv texnologiyalarda qo'llaniladigan polimer materiallar.
- 1.3. Polimer additiv texnologiyalar.

**Tayanch iboralar:***additiv texnologiyalar; kompyuter modeli; polimer additiv texnologiyalar; plastmassa turlari; FDM texnologiya; SLA texnologiya; SLS texnologiya; LOM texnologiya; MJM texnologiya; PolyJet texnologiya; 3DP texnologiya; CLIP texnologiya.*

#### 1.1. Polimer additiv texnologiyalarning o'ziga xosligi

Additiv texnologiyalar yoki qatlamli sintez texnologiyalari bugungi kunda "raqamli" ishlab chiqarishning eng tez rivojlanayotgan yo'nalishlaridan biridir. Additiv texnologiyalarning umumiy xususiyati shundaki, bunda modelni qurish materialni qo'shish orqali amalga oshiriladi (inglizcha Add — «qo'shish»), bu texnologiya "ortiqcha" materialni olib tashlashga asoslangan an'anaviy texnologiyalardan shunisi bilan farq qiladi.

Additiv texnologiyalarning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

- **Tayyor mahsulotning sifati yaxshilanadi.** Qatlamli tuzilishga ega bo'lganligi sababli mahsulotlar noyob xususiyatlarga ega. Masalan, detallar zichlik, qoldiq kuchlanishlar va boshqa xususiyatlar bo'yicha quyma yoki mexanik ishlov berib olingan analoglardan ustundir.

- **Xom ashyo katta miqdorda tejiladi.** Additiv texnologiyalar mahsulot ishlab chiqarish uchun qancha material kerak bo'lsa, o'shancha miqdoridan foydalanadi. Holbuki an'anaviy ishlab chiqarish usullarida 80-85% gacha xom ashyo yo'qotiladi.

- **Murakkab shaklli mahsulotlarni ishlab chiqarish imkoniyati.** Bu usulda boshqa usul bilan olib bo'lmaydigan buyumlar ishlab chiqariladi. Masalan, detal



ichidagi detal. YOki to'rsimon konstruksiya asosidagi juda murakkab sovutish tizimlari.

• **Ishlab chiqarishning moslashuvchanligi va ma'lumot almashinishining tezlashishi.** Bu texnologiyada chizmalar, o'lchovlar va katta hajmdagi namunalarga ehtiyoj bo'lmaydi. Additiv texnologiyalarning asosiniolinadigan mahsulotning kompyuter modeli tashkil etadi.

## **1.2. Additiv texnologiyalarda ishlatiladigan polimer materiallari haqida asosiy ma'lumotlar**

Polimer materiallar (PM) tarkibining murakkabligi bilan ajralib turadi, uning tarkibida albatta bog'lovchi sifatidagi sintetik polimerlar mavjud bo'ladi. PM tarkibiga turli xil to'ldirgichlar va ma'lum texnologik va iste'mol xususiyatlarini ta'minlaydigan moddalar (oquvchanlik, plastiklik, zichlik, chidamlilik, mustahkamlik, uzoq muddat xizmat qilish, yonmaslik, issiqlik yoki elektr o'tkazuvchanlik, ovoz yutish va boshqalar) kirishi mumkin.

Polimer materiallar uchun ularni tasniflaydigan bir qator xususiyatlar juda muhim hisoblanadi.

Polimerlar *qizdirilganda o'zini tutishiga ko'ra* termoplastik (termoplastlar), termoreaktiv (reaktoplastlar), elastomer (elastoplastiklar) va termoelastomerlar (termoplastik elastomerlar) ga bo'linadi.

*Termoplastlar* isitilganda kimyoviy tuzilishini saqlab qoladi, shu bilan birga ular yumshaydi va suyuqlanadi, sovutilganda esa molekulalararo bog'lanishlar tiklanadi va suyuqlanma (yumshatilgan polimer) qotadi va polimer o'zining asl fizik xususiyatlarini tiklab oladi. Bu xususiyat termoplastlarni (PE, PS, PVX va boshqalarni) qayta-qayta suyultirish (yumshatish) va sovutishga imkon beradi, bu esa ularni navbatdagi mahsulotga aylantirish bosqichlari uchun asos bo'ladi.

Reaktoplastlardan tayyorlangan buyumlar kimyoviy choklash reaksiyasi natijasida barqaror o'lchamga ega bo'ladi - makromolekulalarning uch o'lchovli "choklangan" tuzilmasini hosil qiladi. Bunda, reaktoplastlar qaytadanqovushqoq-oquvchan holatga o'tish xususiyatini yo'qotadi va shuning uchun mahsulot ishlab chiqarishda termoplastlar faqat bir marta qayta ishlanadi (qotadi). Reaktoplastlarga

reaksiyaga moyil oligomerlar, ayniqsa fenol-formaldegid oligomerlari - FFO, amino-formaldegid oligomerlari - AFO va epoksid oligomerlari, oddiy va murakkab poliefirlar va boshqalar kiradi.

Elastomerlar, shishasimon yoki kristal holatidan yuqori elastik holatiga o'tish harorati past bo'lgan yuqori molekularibirikmalar hisoblanadi, shuningdek, ularning makromolekulalari ko'ndalang ko'prik bog'lari vositasida to'rsimon struktura hosil qilib choklanish xususiyatiga ega. Ularga izopren, butadien, xloropren kauchuklar, butilkauchuk, ftorkauchuk va boshqalar misol bo'la oladi. Vulkanlanish natijasida plastik material mustahkam, yuqori elastik kauchukka aylanadi.

Termoelastoplastlar (TEP) –molekulalari termoplast va elastomer bloklari ketma-ketligidan hosil bo'lgan yuqori molekulari birikmalardir.

Ushbu materiallar termoplast bloklarining yumshash yoki shishalanish haroratlaridan pastda elastomerlarga o'xshash xususiyatlarga ega va yuqori haroratlarda xuddi termoplastiklar kabi ular qaytmaydigan qovushqoq-oquvchan holatga o'tadilar. Eng ko'p ishlatiladigan TEPlar – izoprenstirol va butadienstirol kauchuklari, valslanadigan poliuretanlar va boshqalar hisoblanadi.

Qo'llanilish sohalariga ko'ra tasniflashda asosiy ekspluatatsion xossalari o'xshash bo'lgan guruhlarni ajratib olish lozim. Bunday guruhlardan bir nechtasini ajratib ko'rsatish mumkin. Ularning ichida asosiylari quyidagilar hisoblanadi:

- *qisqa muddatli yoki uzoq muddatli statik yuklar ta'siri ostida ishlash uchun mo'ljallangan plastmassalar*–qattiq, birkonstruksion materiallar hisoblanadi. Ularning asosiy xususiyati bikrlilik (qayishqoqlik moduli kamida 900 MPa) hisoblanadi. Ushbu guruhga PA, polikarbonat (PK), PET, polifenilenoksid (PFO), formaldegid sopolimerlari, pentoplast (PTP), polimidlar (PI), etrollar, armirlangan PP, to'yinmagan poliefir oligomerlari (NPO), armirlangan fenoplastlar, aminoplastlar, kremniyorganik kompozitsiyalar va boshqalar kiradi.

- *zarbiy kuchlar ta'sirida ishlash uchun mo'ljallangan plastmassalar*–qayishqoq-cho'ziluvchan, zarbga chidamli materiallar hisoblanadi. Ushbu guruh plastmassalarining zarbiy mustahkamligi kamida 20 kJ/m<sup>2</sup> bo'lishi kerak, ba'zi hollarda ular katta deformatsiyalanishni (shu jumladan, qaytar deformatsiyalanishni

ham) ta'minlashi kerak. Ushbu guruhga PE, etilenning propilen yoki vinil atsetat bilan sopolimerlari, PP, PVX, floroplast, PU, PA, zarbga chidamli stirolningsopolimerlari, shuningdek, armirlangan plastmassalar va boshqalar kiradi.

- *yuqori (150 C dan yuqori) haroratda ishlaydigan plastmassalar*—issiqlikka chidamli materiallar hisoblanadi. Ushbu guruhga PA, PET, polifenilenoksid (PFO), PK, polisulfon (PSF), pentaplast (PTP), PI, fenoplastlar, aminoplastlar, kremniyorganik kompozitsiyalar va boshqalar kiradi.

- *past (-40 ° C dan past) haroratda ishlaydigan plastmassalar* - sovuqqa chidamli materiallar hisoblanadi. Ushbu guruhga PE, etilenning propilen yoki vinilatsetat bilan sopolimerlari, sovuqqa chidamli PP kompozitsiyalari, floroplastlar, PA, PK, formaldegid sopolimerlari, PFO, PSF, PET, poliaramid (PAR), PI va boshqalar kiradi.

- *elektr va radiotexnika* maqsadlari uchun qo'llaniladigan plastmassalar. Ushbu materiallar yuqori qiymatli solishtirma hajmiy elektr qarshiligava dielektrik yo'qotishlarning tangens burchagining kichik qiymatlariga ega bo'lishi kerak.

- *yoritish uchun mo'ljallangan shaffof plastik materiallar*. Materiallarning yorug'lik o'tkazuvchanligi koeffitsientining qiymati kamida 80% bo'lishi kerak. Bularga PS, stirolning akril kislotasining nitrili (SAN) va (yoki) metilmetakrilat bilan sopolimerlari, poliakrilatlar, PVX va floroplastlarning shaffof markalari, PK, PSF, etrollar, PET va PA plyonkalari, AFO va epoksid oligomerlari, to'yinmagan poliefir oligomerlari (NNT) va boshqalarkiradi.

- *yonuvchanligi past bo'lgan plastmassalar* - olovbardosh, o'zi o'chib qoladigan materiallar. Bunga, masalan, kislorodning yonish indeksi 22% dan yuqori bo'lgan yoki olovsiz muhitda o'zi o'chib qoladigan materiallar kiradi. Ushbu guruhga floroplastlar, PI, furan kompozitsiyalari, olovbardoshligi kamroq bo'lgan PTP va PVX, shuningdek boshqa polimerlarning olovbardosh kompozitsiyalari kiradi.

- *ionlovchi nurlanish ta'sirida ishlaydigan plastmassalar* - radiatsiyaga chidamli materiallar. Bularga uzoq vaqt davomida ionlovchi nurlanish ta'sir etganda ishlash qobiliyatini yo'qotmaydigan materiallar kiradi: floroplastlar, PAR,

PI, epoksid va kremniyorganik oligomerlar asosidagi kompozitsiyalar va boshqalar kiradi.

- *agressiv muhitda ishlash uchun mo'ljallangan plastmassalar - kimyoviy chidamli materiallar.* Bular PE, PP, PVX, floroplastlar, PTP, PSF, PET, PI, kremniyorganik kompozitsiyalardir. Universal kimyoviy chidamli materiallar bilan bir qatorda suvga, moy va benzina, atrof-muhit ta'siriga, tropik iqlimga, zamburug'larga chidamli guruhlarni va boshqa plastmassalarni ajratib ko'rsatish mumkin.

- *oziq-ovqat va ichimlik suvi bilan kontaktida ishlaydigan plastmassalar* – ular zaharsiz materiallar hisoblanadi. Bularga PE, etilenning vinil atsetat bilan sopolimerlari, PP, PS va stirolning boshqa monomerlar bilan sopolimerlari (tarkibida qoldiq monomer kam miqdorda), PVX, floroplastlar, PU, poliakrilatlar, PA, PC, PET, PSF, PVA, aminoplastlar va boshqalar kiradi. Belgilangan qo'shimcha talablarga rioya qilinganda ushbu materiallar tibbiyotda ham qo'llanilishi mumkin.

Qo'llanilish parametrlariga ko'ra tasniflash tizimida plastmassalar ikkita katta guruhga –*umumtexnik va muhandislik-texnik maqsadlarda qo'llaniladigan* turlarga bo'linadi.

Umumtexnik maqsadlarida ishlatiladigan plastmassalarningcho'zilishdagi oquvchanlik chegaralari, bikrligi (qattiqligi), odatdagi haroratda Brinell bo'yicha qattiqligi (NB) va Vika bo'yicha issiqbardoshligi past bo'ladi, bu esa harorat oshishi bilan ularning mexanik xususiyatlarining keskin pasayishiga sabab bo'ladi. Umumtexnik maqsadlarda foydalanish uchun mo'ljallangan plastmassalar yuqori (50 C dan yuqori) haroratlarda qisqa muddatli yuk ostida ishlashga mo'ljallanmagan bo'ladi. Ular asosan normal yoki o'rtacha (50 S gacha) haroratlarda yuklanmagan yoki engil yuklangan holatda ishlaydi. Umumtexnik maqsadlarda foydalanish uchun mo'ljallangan plastmassalar odatdagi haroratda pastroq siljish modullarga ega bo'ladi va yuqori haroratlarda ishga yaroqsiz bo'ladi. Uzoq muddatli yuklanganda ular odatdagi haroratlarda engil yuklangan holatda ishlatiladi. Umumtexnik maqsadlarda ishlatiladigan plastmassalarningayrim parametrlari yuqori bo'lishi mumkin, ammo ishlash

parametrlarining umumiy jamlanmasi bo'yicha ular muhandislik-texnik maqsadlarida ishlatiladigan plastmassalaridan pastroqda turadi. Bunday materiallardan madaniy-maishiy, sanitariya-gigiena, tibbiy va texnik maqsadlarda, odatdagi haroratlarda ishlaydigan yuklanmagan mahsulotlar tayyorlanadi (plyonkalar, quvurlar, profillar, qoplamalar, zichlovchi qismlar, idishlar, panellar, korpus qismlari, taralar va boshqalar).

Muhandislik-texnik maqsadlarda ishlatiladigan plastmassalar yuqori mexanik xususiyatlarga va issiqbardoshlikka ega, bu esa ushbu parametrlarning harorat oshishi bilan sezilarsiz kamayishini belgilaydi, shuning uchun muhandislik-texnik maqsadlarida ishlatiladigan plastmassalar yuqori haroratlarda qisqa muddatli yuk ostida ishlashi mumkin. Ular odatdagi va yuqori haroratlarda etarli darajada yuqori siljish modullariga ega bo'lishadi va yuk ostida yuqori haroratlarda (75 C dan yuqorida) uzoq muddat ishlashi mumkin. Ular yuqori haroratlarda doimiy yuk ostida ishlaydigan muhim qismlarni ishlab chiqarish uchun ishlatilishi mumkin. Umumtexnik maqsadlarda ishlatiladigan plastmassalarning qo'llanilish sohaslaridan tashqari, ular mashinasozlik va asbobsozlik qismlarini ishlab chiqarish uchun (tishli g'ildiraklar, vtulkalar, kamarlar, yo'naltiruvchi dastaklar, roliklar, podshipnik vkladishlari, sterilizatsiya qilinadigan qismlar, bosma elektron platalar va boshqalar), shuningdek, qurilishda ishlatilishi mumkin.

### **1.3. Polimer additiv texnologiyalar**

Additiv ishlab chiqarish deganda SAPR modelidan foydalangan holda 3D-printerda mahsulotlarni etishtirish jarayonini tushuniladi. Ushbu jarayon innovatsion jarayon bo'lib va an'anaviy sanoat ishlab chiqarish usullariga nisbatan raqobatchi hisoblanadi.

Bugungi kunda quyidagi additiv ishlab chiqarish texnologiyalarini ajratib ko'rsatish mumkin:

- FDM (Fused deposition modeling— suyuqlanmalarni yotqizishni modellashtirish) - suyuqlanmagan plastik ipni yotqizish usulidabuyumni qatlam-qatlam qurish. Bu dunyodagi eng keng tarqalgan 3D-pechat usuli bo'lib, millionlab

eng arzonidan tortib to sanoat miqyosidagi 3D-printerlarigacha qo'llaniladi. FDM printerlari har xil turdagi plastmassalar bilan ishlaydi, ularning orasida eng keng tarqalgan va qo'llash mumkin bo'lgan plastiklardan biri ABS-plastiklardir. Plastmassa buyumlari yuqori mustahkamligi, moslashuvchanligi bilan ajralib turadi, mahsulotni sinovdan o'tkazish, prototip yaratish va foydalanishga tayyor buyumlarishlab chiqarish uchun qulay hisoblanadi.



- SLA (Stereolithography ning qisqartirilgani)- lazer stereolitografiyasi, ya'ni lazer ta'sirida suyuq fotopolimer materialni qotirish jarayonidir. Ushbu additiv raqamli ishlab chiqarish texnologiyasi turli xil xususiyatlarga ega, yuqori aniqlikdagi mahsulotlarni ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan.



- SLS (Selective laser sintering – lazerda tanlab suyultirish) - polimer kukunlarini tanlab lazer bilan suyultirish jarayonidir. Ushbu texnologiya yordamida turli fizik xususiyatlarga ega bo'lgan katta buyumlarni olish mumkin (yuqori mustahkamlik, egiluvchanlik, issiqbardoshlik va boshqalar).



Tez prototiplash texnologiyalarini alohida toifaga kiritilish maqsadga muvofiq. Ushbu 3D-pechatusullari vizual baholash, sinash yoki master-modellarning quyma qoliplari uchun namunalar olish uchun mo'ljallangan.

- LOM (Laminated Object Manufacturing - laminatsiyalangan buyumlar ishlab chiqarish) - ob'ektlarni laminatsiyalash yo'li bilan ishlab

chiqarish jarayonidir. Ushbu usul har bir qatlamning konturini lazerda kesib shakllantirish bilan varaqsimon materialni (qog‘oz, plastmassa, metall folga) ketma-ket elimlashni nazarda tutadi. Ushbu usul bilan ishlab chiqarilgan ob’ektlar yasalganidan so‘ng ularga qo‘shimcha mexanik ishlov berish talab qilinadi. YO‘tqiziladigan qatlamning qalinligi bevosita foydalanilayotgan varaqsimon materialning qalinligiga bog‘liq bo‘ladi.



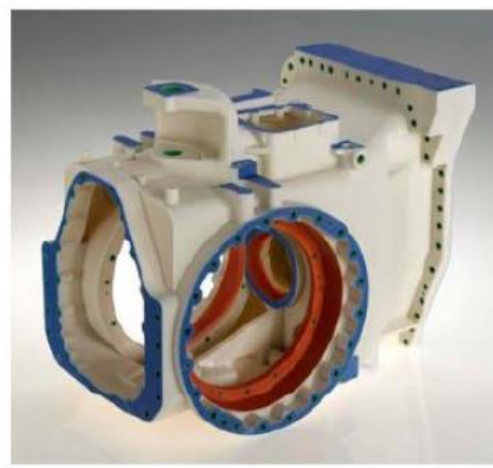
MJM (Multi-jet Modeling—ko‘p oqimli modellashtirish) – fotopolimer materialini sepish orqali modellashtirishdir. Ushbu texnologiya quyish uchun mo‘ljallangan, yoqib yoki eritib yo‘qotiladigan master-modellarni hamda turli mahsulotlarning prototiplarini ishlab chiqarishga imkon beradi.



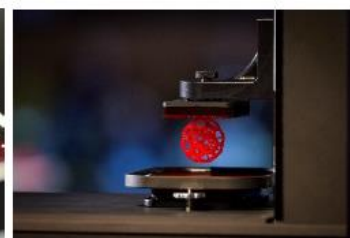
- PolyJet (ko‘p oqim) - ultrabinafsha nurlanish ta‘sirida suyuq fotopolimerni qotirish jarayonidir. Ushbu texnologiya prototiplar va silliq yuzali master-modellarni ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.



- 3DP (oqimli uch o'lchamli pechat) – ushbu usulda modelning konturlariga pechatlovchi kallak orqali turli kukunlarning yupqa qatlami ustiga elimlar yotqiziladi. SHunday qilib, har bir yangi qatlamning zarralari bir-biriga va oldingi qatlamlar bilan o'zaro yopishtiriladi va tugallangan uch o'lchovli model hosil qilinadi.



Va nihoyat, polimerlar bilan 3D-pechat qilishning so'nggi texnologiyasi - CLIP (continuous liquid interface production – uzluksiz suyuq yuzalarni shakllantirish) - uzluksiz suyuq yuza hosil qilish texnologiyasidir. Bosib chiqarish tizimi bevosita raqamli proeksiya tizimining ustida joylashgan polimerli idish bilan jihozlangan. Proektor va polimer orasidagi tirqish xuddi kontakt linzalari singari, yorug'lik va kislorodning ish muhitiga kirishiga imkon beradi. Barcha mavjud 3D-texnologiyalardan farqli ravishda, "pechat qilish" qatlamlarda emas, balki uzluksiz ravishda, ultrabinafsha nurlanish (polimerizatsiyani kuchaytiradi) va kislorod (reaksiyani sekinlashtiradi) ta'sirida sodir bo'ladi.



Bu usul tayyor "nusxa" ni yuqori mustahkamlikda va 10 mikron aniqlikda ko'paytirish imkonini beradi. SHunisi e'tiborga loyiqki, ushbu texnologiyadan foydalangan holda 3D printerda bosib chiqarish ilgari ma'lum bo'lgan shunga o'xshash qurilmalarga qaraganda 100 barobar tezroq amalga oshadi.

## Xulosalar



Additiv texnologiyalarni ishlab chiqishga e'tibor qaratgan mamlakatlar hozirgi vaqtda dunyo bo'yicha mehnat taqsimotida eng qulayo'rinlarni egallab turishibdi. Ushbu texnologiyalar murakkab texnik tizimlarning qismlarini ishlab chiqarishning texnologik jarayonini takomillashtirishda muhim omil hisoblanadi. Darhaqiqat, bu mahsulotni qurish an'anaviy texnologiyalardan farqli o'laroq ("add"- inglizchada "qo'shish") materialni qo'shish orqali amalga oshiriladigan prinsiplial yangi ishlab chiqarish jarayonlaridir, bu usul ortiqcha qism olib tashlanadigan an'anaviy texnologiyalardan shunisi bilan farq qiladi.

Additiv ishlab chiqarishning asosiy prinsipi –“materiallar – texnologiyalar – konstruksiyalar” tizimi , shuningdek AT-texnologiyalaridan foydalangan holda jarayonni to'liq amalga oshirishdir(material yaratilishidan tortib, uni loyihalash, diagnostika, ta'mirlash, resurslarni kengaytirish va yo'q qilishda ishlashgacha).

### **Nazorat savollari:**

1. Polimer additiv texnologiya nima?
2. Additiv texnologiyalarning asosiy afzalliklarini sanab o'ting.
3. Additiv texnologiyalarda polimerlarning qanday turlari qo'llaniladi?
4. Polimerlar qizdirilganda o'zini tutishiga ko'ra qanday guruhlarga bo'linadi?
5. Polimerlar qo'llanilish sohaliri bo'yicha qanday guruhlarga bo'linadi?
6. Umumtexnik maqsadlarda ishlatiladigan polimerlarni izohlang.
7. Muhandislik-texnik maqsadlar uchun ishlatiladigan polimerlarga tavsif bering.
8. FDM texnologiyasini bayon qiling.
9. SLA texnologiyasini bayon qiling.
- 10.SLS texnologiyasini bayon qiling.
- 11.LOM texnologiyasini bayon qiling.
- 12.MJM texnologiyasini bayon qiling.
- 13.PolyJet texnologiyasini bayon qiling.
- 14.3DP texnologiyasini bayon qiling.
- 15.CLIP texnologiyasini bayon qiling.

### Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Lyapkov A.A. Polimernye additivnye tekhnologii: uchebnoe posobie. – Tomsk: Izd-vo Tomskogopolitexnicheskogo universiteta, 2016. 114 s.
2. SHkuro A.E., Krivonogov P.S. Tekhnologii i materialy 3D-pechati. Uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotexn. un-t, 2017. 101 s.
3. Kenessa E. Dostupnaya 3D-pechat dlya nauki, obrazovaniya i ustoychivogo razvitiya. Izd-vo Mejdunarodnogo sentra teoreticheskoy fiziki Abdus-Salam (MTSF). 2013. 192 s.
4. Gorkov D. Kak vybrat 3D-printer? M.: 3D-print-nt. 2017. 92 s.
5. Svetnaya struynaya 3d pechat (CJP) / 3DProfy, Sentyabr 19th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/cvetnaya-strujjnaya-3d-pechat-cjp/>
6. Tekhnologiya 3d prototipirovaniya. CHto eto takoe? / 3DProfy, Aprel 2nd, 2015. Dostup: <http://3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-chto-ehto-takoe/>
7. Obzor besplatnogo PO dlya 3d modelirovaniya / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/obzor-besplatnogo-po-dlya-3d-modelirova/>
8. 3D skanery obzor osnovnykh tekhnologiy / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-skanery-obzor-osnovnykh-tekhnologij/>
9. Fotopolimernyy 3D-printer / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/fotopolimernyy-3d-printer/>
10. 3D-printery FDM / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-printery-fdm/>
11. Struynaya trexmernaya pechat (3DP) / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/strujjnaya-trekhmernaya-pechat-3dp/>
12. Modelirovanie metodom posloynogo naplavleniya (FDM) / 3DProfy, Oktyabr 10st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojjnogo-na/>
13. Izgotovlenie ob'ektov metodom laminirovaniya (LOM) / 3DProfy, Oktyabr 10st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
14. Stereolitografiya (SLA) / 3DProfy, Sentyabr 30th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>

15. Sifrovaya svetodiodnaya proektsiya (DLP) v 3D-pechati / 3DProfy, Sentyabr 19th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiodnaya-proektsiya-dlp-v-3d-pe/>
16. Mnogostruynoe modelirovanie (MJM): texnologiya nastoyashchego i budushchego / 3DProfy, Sentyabr 15th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/mnogostrujjnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/>
17. CHto takoe 3D-pechat? / 3DProfy, Sentyabr 15th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/chto-takoe-3d-pechat/>
18. Промышленный 3d printer / 3DProfy, April 2nd, 2015. Dostup: <http://3dprofy.ru/promyshlennyjj-3d-printer/>
19. Obzor printera RepRap Prusa i3 / 3DProfy, Fevral 7th, 2015. Dostup: <http://3dprofy.ru/obzor-printera-reprap-prusa-i3/>
20. 3d printer PrintBox3D One / 3DProfy, Fevral 7th, 2015. Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one/>
21. Obrabotka raspechatannykh modeley posle 3d pechati / 3DProfy, Yanvar 8th, 2015. Dostup: <http://3dprofy.ru/obrabotka-raspechatannykh-modelejj-pos/>
22. 3D redaktory s podderzhkoy .stl / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-redaktory-s-podderzhkojj-stl/>
23. 3D printer PrintBox3D One — populyarnyy rossiyskiy 3d printer / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one-populyarnyyj-rossijskiy-3d-p/>
24. 14 sposobov borby s zavorachivaniem pri 3d pechati / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/>
25. Rasходные материалы dlya modelirovaniya metodom posloynogo naplavlениya (FDM/FFF) / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>
26. Obzor sovremennykh 3D-printerov / 3DProfy, Sentyabr 15th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/obzor-sovremennykh-3d-printerov/>
27. Texnologii SLA, SLM - Drugie additivnyye texnologii. Video: <https://ru.coursera.org/lecture/additivnye-tekhnologii/tiekhnologhii-sla-slm-crhez>

28.Преимущества аддитивных технологий. Video:

<https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html>

29.Новости аддитивных технологий. Video: <https://fea.ru/news/6147>

30.Аддитивные технологии – что это такое?. Video:

<https://sk.ru/net/p/media.aspx?%25252525253Bpi2287233=67&PostSortBy=MostViewed&pi2287233=121>

31.Технология PolyJet - Аддитивные технологии от DDM.Lab. Video:

[https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet\\_technology/](https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet_technology/)

32.Изготовление объектов методом ламинирования (LOM). Video:

<http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>

## **2-ma'ruza: Raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklar.**

### **Reja:**

- 2.1. Raqamli-dasturli boshqariladigan (CHPU) stanoklarning konstruksiyasi, funksional mexanizmlari va stanokni boshqarish.
- 2.2. VicStudioTM dasturi.
- 2.3. Koordinatalar tizimi.

**Tayanch iboralar:** *CHPU stanogi konstruksiyasi; CHPU stanogining texniktasvifi; funksional mexanizmlar; zagotovkani bazalash mexanizmi; CHPU stanokini boshqarish; VicStudioTM dasturi; CHPU stanogining koordinatalar tizimi; kesuvchi asbobning koordinatalar tizimi; stanokning mahkamlash nuqtasi.*

### **2.1. Raqamli-dasturli boshqariladigan (CHPU) stanoklarning konstruksiyasi, funksional mexanizmlari va stanokni boshqarish.**

#### **CHPU stanogi konstruksiyasi**

Raqamli-dasturli boshqaruv (RDB) stanoklari bitta prinsip asosida yasalgan bo'ladi – kesuvchi asbobning muhitdagi harakati to'rtburchakli dekart koordinatalari bo'ylab amalga oshiriladi.

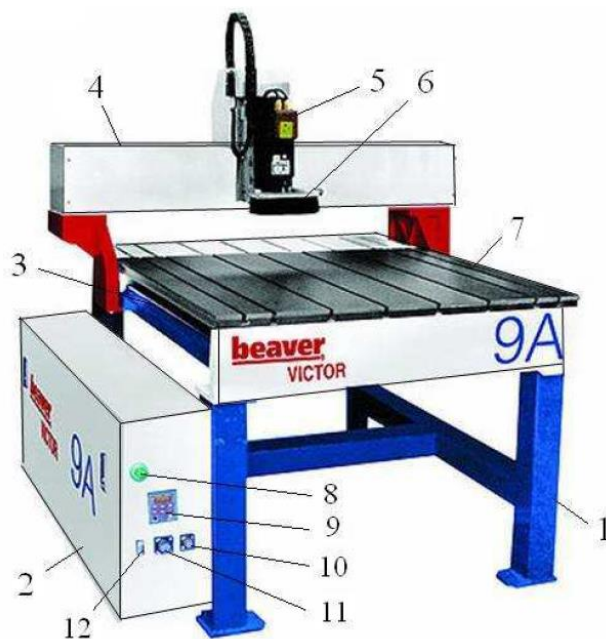
Eng oddiy CHPU frezalash stanogi 2.1-rasmda keltirilgan. Stanok mebel fasadlari, eshik tabaqalari, plita materiallariga ishlov berish va boshqa ishlar uchun mo'ljallangan. Stanokning staninasi payvandlab yasalgan. Stanokka bo'ylama yo'naltirgichlar mahkamlangan bo'lib, ularga Y-o'qi bo'ylab harakatlanadigan portal (P-simon konstruksiya) o'rnatilgan. Portalga supportli ko'ndalang yo'naltirgichlar o'rnatilgan. Bundan tashqari vertial yo'naltirgichlardagi supportga Z o'qi bo'ylab harakatlanadigan support o'rnatilgan, unga sangli patronda frezali shpindel mahkamlangan.

Stanok boshqaruv paneli o'rnatilgan boshqaruv bloki bilan jihozlangan. Stanokning boshqarish blokida chastotani o'zgartirgich moslamasi mavjud bo'lib, u shpindelning yuqori aylanish tezligida ishlaydigan elektro yuritgichsining chastotasini tartibga solib turadi.

Barcha yo'naltirgichlar dumaloq ko'ndalang kesimga ega va ular sirpanuvchi polzunlar bilan ta'sirlashib ishlaydi. Yo'naltirgichlar bo'yicha

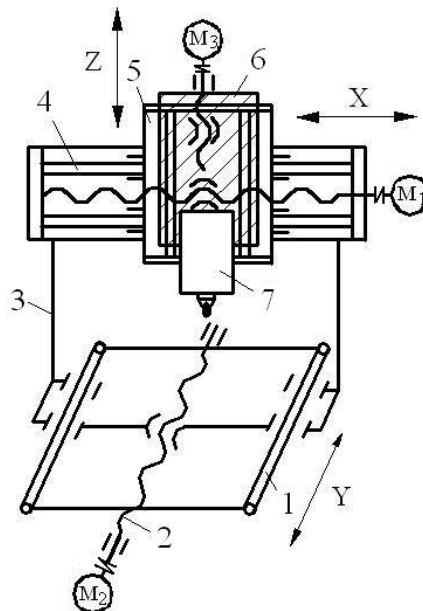
harakatlanish sharcha-gaykali vintlar va 1 kVt lik qadamli elektr yuritgichlar bilan ta'minlanadi (2.2-rasm).

SHunday qilib, portal (3)yo'naltirgichlarga (1) o'rnatilgan va M2 elektr yuritgichiorqalivint (2)yordamidaharakatlanadi; support (5) yo'naltirgichlarga (4) o'rnatilgan va M1 elektr yuritgichsi bilan harakatga keltiriladi; support (6) M3 elektro yuritgichsidan harakat oluvchi vertikal yo'naltirgichlarga o'rnatilgan. Bunday konstruksiya shpindel (7) ning uchta o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda harakatlanishini ta'minlaydi.



2.1-rasm. CHPU li frezalash stanogi:

1 – rama; 2 – boshqaruv bloki; 3 – bo‘ylama yo‘naltirgichlar; 4 – portal; 5 – bosh harakat mexanizmi shpindel; 6 – qirindilarni olib tashlovchi to‘siq-cho‘tka; 7 – stol; 8 – signal beruvchi lampa; 9 – chastota o‘zgartirgichni boshqarish paneli; 10 – «Pusk» knopkasi; 11 – «Аварийный stop» knopkasi; 12 – komyuterni ulash joyi.



2.2-rasm. Frezalash stanogi sxemasi:

1 – bo‘ylama yo‘naltirgichlar; 2 – vint; 3 – portal; 4 – portalning ko‘ndalang yo‘naltirgichlar; 5 – ko‘ndalangiga harakatlanish supporti; 6 – vertikal harakatlanish supporti; 7 – shpindel.

CHPU li frezalash stanogining texnik xarakteristikalari quyida keltirilgan.

Stol o‘lchamlari, mm .....	900x900
Supportlar harakati, mm:	
–X o‘qi bo‘yicha.....	900
–Y o‘qi bo‘yicha .....	700
–Z o‘qi bo‘yicha .....	100
Supportlarning harakatlanish tezligi, m/min .....	4 gacha
SHpindelning aylanish chastotasi, min <sup>-1</sup> .....	24000 gacha
SHpindelning quvvati, kVt.....	1,5
Freza mahkamlanadigan sang diametri, mm .....	3,6
Qadamli yuritgichlar quvvati, kVt .....	1x3
Gabarit o‘lchamlar, mm .....	1000x1200x1230
Massa, kg .....	300

### Stanokning funksional mexanizmlari

#### Stanina:

Zamonaviy CHPU stanoklari turli xil konstruksiyalarga ega. E’tiborlisi shundaki, ularning barchasida konstruksiya asosini mustahkam stanina tashkil qiladi, u deformatsiyaga chidamli, payvandlangan quti konstruksiyasi ko‘rinishida

yasalgan bo'ladi. Staninaning o'ta og'irligi ish paytida yuzaga keladigan tebranishlarning susaytiradi.

Staninada quyidagi funksional mexanizmlar o'rnatilgan:

- ishlov beriladigan qismni bazalash mexanizmi;
- bir yoki bir nechta ishlov berish kallaklarini o'z ichiga olgan support;
- yo'naltiruvchi o'qlar;
- o'zgaruvchan yog'och kesuvchi asboblarni uchun zahira saqlagich;
- boshqarish bloki.

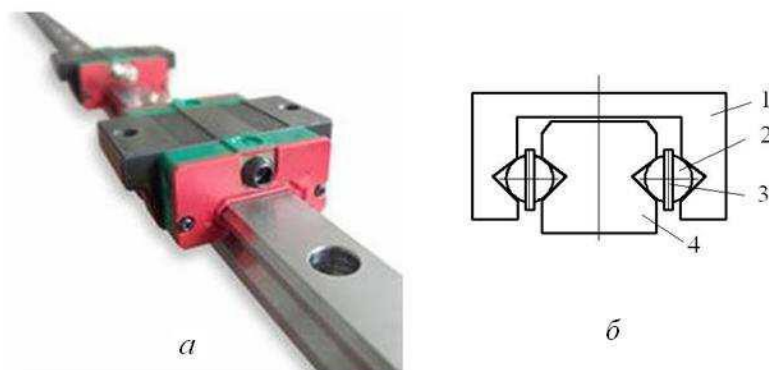
### **Zagotovkani bazalash mexanizmi**

Stanokning bazalash mexanizmi bir yoki bir nechta stollardan, shuningdek, zagotovkalarni stolda vakuumli yoki mexanik usulda mahkamlash va joylashtirish uchun konsollar va tayanchlar to'plamidan iborat. Stanokning mustahkamligi va titrashga chidamliligini oshirish uchun stollar bo'ylama va ko'ndalang qobirg'alardan iborat quti shaklida ishlanadi. Vakuum so'rg'ichlari stol maydonida oson harakatlanadi.

Yuqori sifatli ishlov berilgan sirtlarni olish uchun qulflash va joylashtirish mexanizmlari etarlicha qotirilgan bo'lishi va zagotovkalarining tebranishini kamaytirishi kerak. Odatda, bazalash elementlari quyma yoki payvandlangan tarzda tayyorlanadi. Ularni polimerbeton yoki sintetik granitdan ishlab chiqarish tendensiyasi mavjud, bu esa uning bikrligi va titrashga chidamliligini sezilarli darajada oshiradi.

### **Yo'naltiruvchi o'qlar**

Supportlarni koordinata o'qlari bo'ylab harakatlantirish uchun yo'naltiruvchi sifatida dumaloq yo'naltirgichlar (past aniqlikdagi stanoklar uchun) yoki o'ta aniq relsda dumalovchi yo'naltirgichlar ishlatiladi (2.3-rasm).





### 2.3-rasm. Relsli sharchali yoʻnaltirgich:

a – umumiy koʻrinishi; b – sharchalarning rels va karetk bilan taʼsirlashish sxemasi; 1 – karetk; 2 – sharchalar; 3 – tekis separator; 4 – rels.

Barcha oʻqlarga relsli yoʻnaltirgichlar oʻrnatiladi. Ular yuqori bikrlilik va aniqlikka ega. Karetk bir nechta sharchali tekis separator (sharchalar uchun 10 teshikli plastina) bilan ajratilgan yoʻnaltirgichga tayanadi. Bunday konstruktsiya karetkaning yoʻnaltirgichlar boʻylab harakatlanishiga qarshilikni kamaytirishga va yoʻnaltirgichlarning ishlash muddatini oshirishga imkon beradi. Toʻgʻri ishlatilganda, ushbu yoʻnaltirgichlar stanokning ishlash muddati davomida yuqori ish faoliyatini taʼminlaydi.

#### **Siljuvchi vintlar**

Siljuvchi vintlar supportning koordinatalar oʻqlari boʻylab harakatlanishini taʼminlaydi. Ular harakatning juda silliq va aniq boʻlishini taʼminlagan holda yuqori bikrikkaega boʻlishi kerak. Ularda lyuftlarning va katta ishqalanish kuchlarining paydo boʻlishiga yoʻl qoʻyilmaydi. Buning uchun vintlar sharchali gaykalar bilan taʼminlangan. Bunday uzatishda vint rezbasi buramalari va gayka orasida sharchalar joylashgan boʻlib, ular sirpanish ishqalanishini dumalash ishqalanishiga almashtiradi va uzatish qarshiligini bir necha barobar kamaytiradi va uning ishlash muddatini oshiradi.



2.4-rasm. SHarchali-vintli uzatma

#### **Siljuvchi vintlarning yuritgichi**

CHPU stanoklaridasiljuvchi vintlar yordamida oʻqlar boʻylab harakatlanishni taʼminlash uchun qadamli elektr yuritgichlar yoki servoyuritgichlar qoʻllaniladi. Qadamli yuritgich - bu boshqaruv signalini rotorning burchakli (yoki

chiziqli) harakatiga aylantirib, uni muayyan holatga keltiradigan elektr-mexanik qurilmadir.

Qadamli yuritgichning rotori har bir boshqaruv signalida  $30^\circ$  yoki  $60^\circ$  burchakka buriladi. Belgilangan chiziqli siljish qiymati uchun mos elektr impulslari soni kompyuter tomonidan hisoblab chiqiladi, soʻngra impulslar qadamli yuritgichga uzatiladi.

Konstruksiyasining soddaligi va boshqarishning qulayligi, teskari aloqa qilmasdan ishlash xususiyati CHPU stanoklarini ishlab chiqarishda qadamli yuritgichlarga boʻlgan ehtiyojni oshiradigan asosiy omillar hisoblanadi.

Biroq, ularning kamchiliklari ham bor. Agar quvvat etarli boʻlmasa, qadamlar amalga oshmay qolishi mumkin, rotor burilmasligi mumkin, natijada ishlov beriladigan sirtning aniqligi taʼminlanmaydi.

### **Servoyuritgichlar.**

Zamonaviy yuqori aniqlikdagi CHPU stanoklari siljuvchi vintlarni harakatlantirish uchun qadamli yuritgichlar emas, balki servoyuritgichlar bilan jihozlangan. Bu kichikinersiyali valga ega boʻlgan qadamli yuritgichning bir turidir. Servoyuritgich impuls signali yordamida boshqariladi va tez ishlashi bilan ajralib turadi. Servoyuritgichlartekis ishlaydi, yaxshi koʻrsatkichlarga ega, ammo ularni boshqarish qiyin, chunki ularning ishlashi uchun qayta aloqa moslamalari zarur, bu esa stanok narxining oshishiga olib keladi.

### **Bosh shpindel**

Zamonaviy frezalovchi stanoklarda shpindel S oʻq deb ataladi, u vertikal joylashgan boʻlib, quvvati 15 kVt ga etadi, aylanish chastotasini 24000  $\text{min}^{-1}$  gacha sozlash mumkin. U yuqori aniqlikdagi podshipnikli tayanchlarga oʻrnatilgan.

CHPU stanogi shpindelining boʻyinlari, oʻrnatish va bazalash yuzalari aniq, biki, edirilishga oʻta chidamli qilib ishlanadi. SHpindelning konstruksiyasi uning avtomat oʻrnatish va siqish moslamasi sababli ancha murakkablashadi.

SHpindelning aylanish aniqligi, eng avval, podshipniklarning yuqori aniqlikda ishlanganligi orqali taʼminlanadi.

Shpindel tayachlarida dumalash podshipniklaridan foydalaniladi. Zazorlar ta'sirini kamaytirish va tayanchlarning qattiqligini oshirish uchun podshipniklar odatda tortib turib o'rnatiladi yoki dumalash elementlari soni ko'paytiriladi.

Shpindelga keskichli har xil agregat kallagi o'rnatilishi mumkin, u moslash bo'g'ini va gidravlik siqish tizimi yordamida mahkamlanadi.

Shpindel korpusi boshqariladigan yuritgichli silindrsimon tishli uzatma yordamida gorizontal o'q atrofida 0 ... 360° oralig'idagi burchak ostida aylanishi mumkin. Bu agregat kallagini istalgan burchakka aylantirishimkonini beradi. Uning aylanishi yuqori aniqlikda avtomatik ravishda boshqaruv dasturiga muvofiq amalga oshiriladi.

CHPU stanoklarida asosiy harakat odatda o'zgaruvchan tok elektr yuritgichsi tomonidan boshqariladi. Asinxron yuritgich valining aylanish tezligini boshqarish uchun chastota o'zgartirgichi qo'llaniladi. O'zgartirgich mikroprotessorli texnikaga asoslanganelektron qurilmadan iborat. Keskichning aylanish tezligini boshqarish elektr yuritgich parametrlari boshqarish dasturiga kiritilgandan so'ng avtomatik ravishda amalga oshiriladi.

### **Asboblarnisaqlash joyi**

Almashtiriladigan keskich va agregat kallaklari tarellkasimon saqlash joyida saqlanadi. Ishlov berish markazlarida 8...18 ta o'rinli saqlash joylari mavjud bo'ladi. Saqlash joyi X va Ykoordinada o'qlari bo'ylab support markazi bilan birgalikda harakatlanadi. Buning uchun saqlash joyi support bilan tortqi yordamida birlashtiriladi. Saqlash joyida X o'qidagi gorizontal va vertikal parmash shpindellari, Y o'qidagi o'yiqlik ochish, gorizontal parmashovchi shpindellar uchun agregatlar va bosh shpindel saqlanishi mumkin. Supportni joylashtirish lazer nuri yordamida amalga oshiriladi.

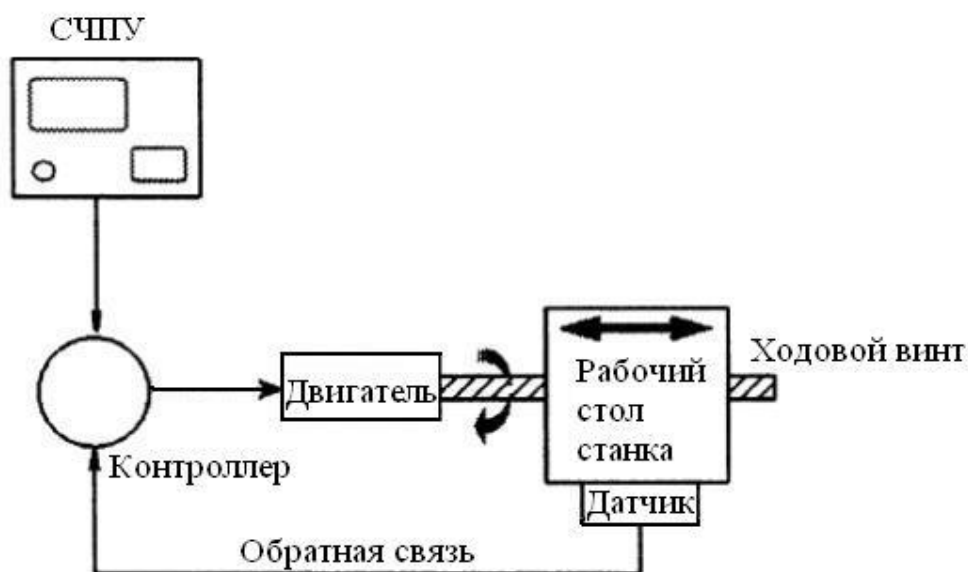
### **Qaytar aloqa tizimi**

Qaytar aloqa tizimi boshqaruv tizimini stanok mexanizmlarining real harakati va ularning harakatlanish tezligi haqidagi ma'lumotlar bilan ta'minlaydi. Siljivchi vintlar yuritgichsida servoyuritgichlardan foydalanish orqali stanokda qaytar aloqa yo'lga qo'yiladi (2.5-rasm). Servoyuritgich, siljish vinti yordamida ish stolini qaytar aloqa datchigiga nisbatan siljitadi. Qaytar aloqa tizimi doimiy

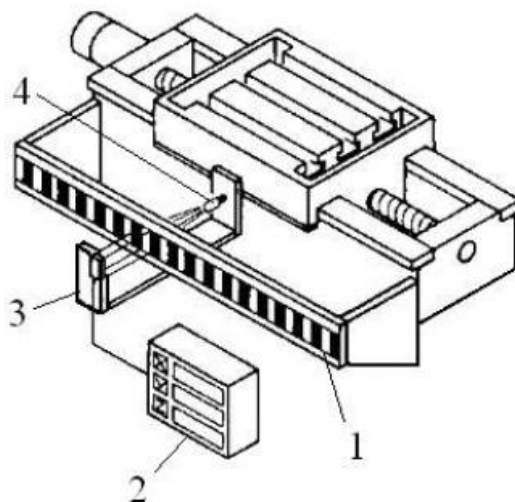
ravishda haqiqiy siljishni belgilangan qiymat bilan taqqoslaydi va zarur tuzatish kiritadi.

Qaytar aloqa qurilmasiga shtrixli shaffof chizg'ich (2.6-rasm) o'rnatilgan. Harakatlanuvchi stolda yorug'lik manbasi va stol harakatlanganida shtrixlarni hisoblovchi va impulslarni hisoblagichga uzatuvchi fotodatchik o'rnatilgan. Bu qurilma chizg'ich konstruksiyasining soddaligi va hisoblagichni nolga keltirishning osonligi bilan ajralib turadi.

Ish paytida, qaytar aloqa tizimi harakatni kuzatib boradi va datchikdan belgilangan shtrixlar o'tmaguncha yuritgichga kuchlanish berib turadi.



2.5-rasm. Qaytar aloqali CHPU tizimi



2.6-rasm. Qaytar aloqa qurilmasining sxemasi:

1 – shtrixli chizg'ich; 2 – impuls hisoblagich; 3 – fotodatchik; 4 – nur manbasi.

## **Stanokni boshqarish**

Stanok ishini avtomatik tarzda boshqarish uchun ishlab chiqaruvchi korxonada stanokni maxsus dastur bilan ta'minlaydi. Masalan, BEAVER-9AT stanogining ishini boshqarish uchun kompyuterga VicStudioTM harakatni nazorat qilish dasturini va harakatni nazorat qilish platasini o'rnatish tavsiya qilinadi. Bundan tashqari, stanok avtomatik tarzda kalibrlashni (frezaning ko'ndalang keskich qirrasini ma'lum balandlikka keltirishni) amalga oshirish uchun kalibrlovchi blok bilan ta'minlanadi. Blok 4 mm lik metall plastinka shaklida yasalgan bo'lib, kabel yordamida shpindelning yuqori qismida joylashgan uyaga ulanadi.

VicStudioTM dasturi G kodlar bilan ishlaydi, stanokni qo'lda boshqarishni, stanokning koordinatalar boshiga qadamli yoki avtomatik tarzda qaytishini ta'minlaydi, ekranda harakatlar dinamikasini qayd qilib boradi, shpindelni Z o'qi bo'ylab avtomat tarzda kalibrovka qiladi. VicStudioTM dasturi ko'plab mayda dasturchalarni o'z ichiga oladi, ular yordamida stanok ishining muayyan rejimi amalga oshiriladi.

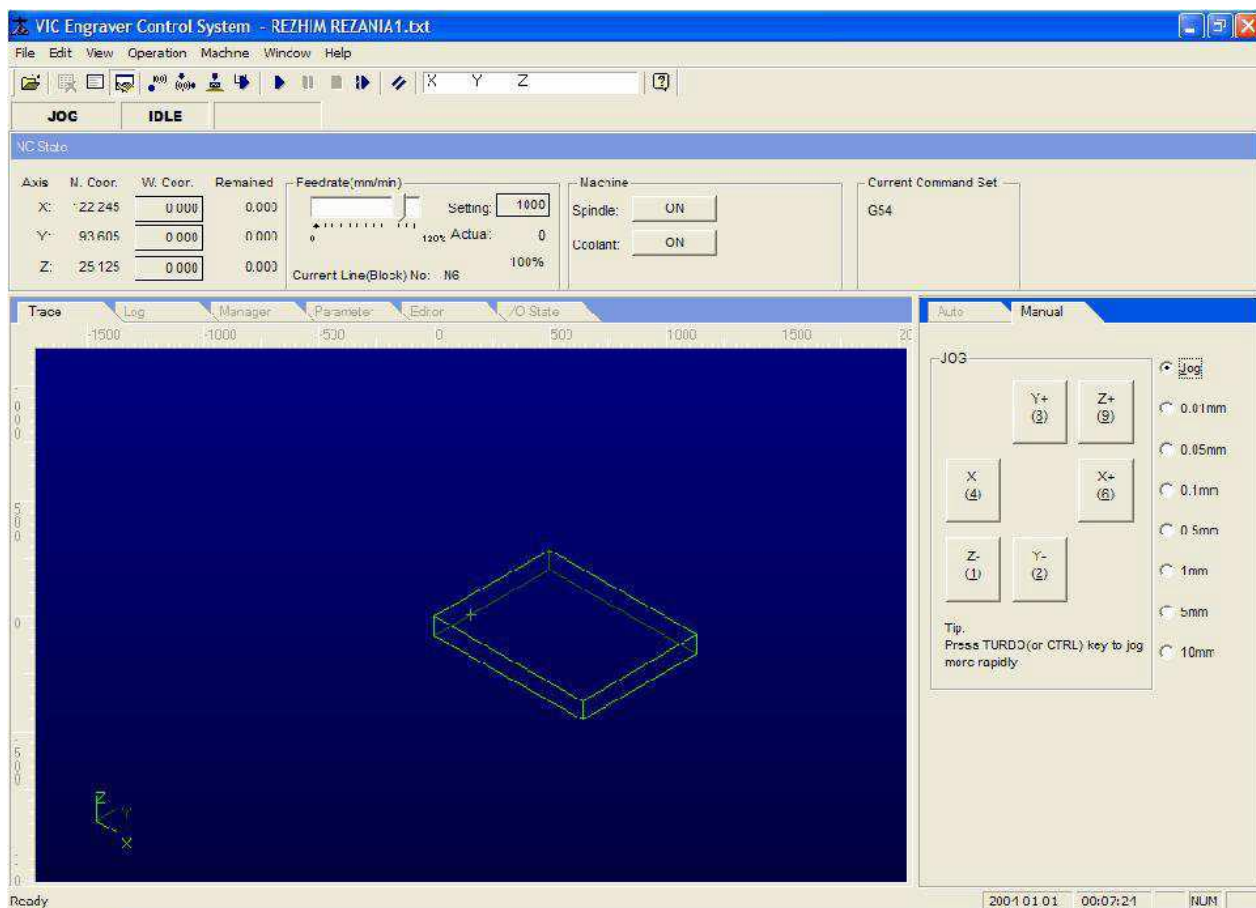
### **2.2. VicStudioTM dasturi.**

#### **VicStudioTM dasturi oynasi**

Stanokni yoqish va o'chirish boshqaruv pulti yordamida amalga oshiriladi, unda quvvat tugmasi, shpindelning aylanish tezligini nazorat qiluvchi dastak, favqulodda to'xtash tugmasi va kompyuterning harakatni boshqarish platasiga ulangan o'n besh ninalishtepselli vilka mavjud.

CHPU stanogi bilan tanishishni boshlash operatsiyalarini bajarish uchun kompyuter boshqaruv panelidagi mashinaga ulangan bo'lishi va harakatni boshqarish platasi kompyuterga oldindan joylangan bo'lishi va VicStudioTM dasturi o'rnatilishi kerak.


Kompyuter yoqiladi va ish stolida VicStudioTM dasturining yorlig'i ikki marta bosib dastur ishga tushiriladi. Quyida VicStudioTM dasturining oynasi tasvirlangan (2.7-rasm).



2.7-rasm. VicStudioTM dasturi oynasi.

Oynaning birinchi qatorida ayni vaqtda operator ishlayotgan dasturning sarlavhasi (REZHIM REZANIA1.txt) keltirilgan.

Undan pastda menyu qatori va asboblar paneli joylashgan. Asboblar panelida quyidagi tugmalar mavjud:


 – to‘rtburchak va uchburchak –simulate (imitatsiya) tugmasi, u stanokni yoqmasdan dasturning to‘g‘ri yozilishin tekshirishga imkon beradi;

▶ – start (F9) (yuritish) – stanokning shpindelini boshqarish dasturi bo‘yicha harakatlantirishni boshlaydi;

II– pause (F10) (pauza);

■ – force to stop (F11) (majburiy to‘xtatish);

:▶– resume (F8) (rezyume, tiklash, davom ettirish);

 –reset (Ctrl+F12) (bekor qilish, qayta o‘rnatish, nolga keltirish).

VicStudioTM dasturi oynasining o‘rta qismida keng holatlar oynasi mavjud. Unda stanokning X, Y, Z koordinatalar o‘qi, stanok koordinatalar tizimida stanok shpindelining (M.Soor) va boshqarish dasturi koordinatalar tizimidagi (W.Soor)

holati aks ettirilgan. Bu erda yana shpindelni (spindel) yoqish tugmasi (ON) va uni suyuqlik bilan sovutish (coolant) tugmalari joylashgan.

Pastda chapda katta maydonli funksional oyna joylashgan. Unda «Trace» tugmasi yoqilgandagi stanok stolining holati va unda “+” belgisi orqali mashina tizimidagi koordinatalar bo‘yicha shpindelning holati aks ettirilgan. Oynada sichqoncha tugmasini bir nechta marta (10 tagacha) bosish orqali stol o‘lchamlarini kattalashtirish yoki kichiklashtirish mumkin. Stolni to‘laligicha ko‘rish ham mumkin. VicStudioTM oynasiga boshqarish dasturini o‘rnatib imitatsiya tugmasi bosilganda stolda ishlov berilayotgan detalning konturining yopiq chiziqlari chizilgan bo‘ladi. Bu chiziqlarni detal chizmasi bilan taqqoslash orqali boshqarish dasturining to‘g‘ri yozilganligi haqida xulosa chiqarish mumkin.

### **Qo‘lda boshqarish**

VicStudioTM oynasining pastida avtomatik yoki qo‘lda boshqarish oynasi joylashgan. “Auto” (avtomatik) yoki “manual” (qo‘lda boshqarish) tugmasini bosish orqali ushbu boshqarish oynalarini faollashtiriladi. 2.7-rasmda qo‘lda boshqarish oynasi faollashtirilgani ko‘rsatilgan. Uning tugmachalari klaviaturaning raqamli tugmalarinikiga o‘xshab ketadi. SHunga ko‘ra 2 va 8 tugmalarining o‘rnida Y o‘qi bo‘ylab, 4 va 6 tugmalarining o‘rnida X o‘qi bo‘ylab, 1 va 9 tugmalarining o‘rnida Z o‘qi bo‘ylab harakatlanish ko‘rsatilgan.

Shpindelning harakatini boshqarishni kichik klaviatura yoki qo‘lda boshqarish oynasidagi tugmalar orqali amalga oshirish mumkin.

Oynaning o‘ng tomonidagi ustunda diskret siljish qadamlari jog joylashgan. Ular inkrement ish rejimida qo‘llaniladi. Masalan, 1 mm lik siljish qadamini tanlash uchun tegishli radiotugmani bosamiz va bu qadam turi faollashadi.

“Pusk” tugmasi orqali stanok yoqiladi. Bunda o‘ziga xos tovush eshitiladi. Keyin X yoki Y tugmalaridan birortasi bosilsa shpindel ko‘rsatilgan o‘q bo‘yicha aniq 1 mm ga siljiydi. Inkrement rejimida shpindelni iloji boricha stolning markaziga yaqinroq joylashtirish kerak.

Shpindel harakatini qo‘lda, kichik klaviaturadan foydalanib ham amalga oshirish mumkin.

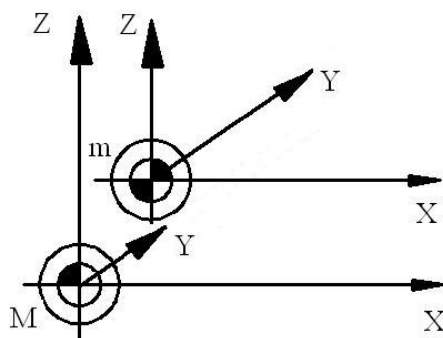
Masalan, kichik klaviaturaning 6 raqamiga bosish orqali shpindelni X o'qi bo'ylab muayyan masofaga siljitish mumkin. Bunday rejimda bitta itarish zarbasi amalga oshiriladi. Tugmani 2...4 sekund davomida bosib turish yo'li bilan shpindelni uzluksiz harakatlantirish mumkin.

### 2.3. Koordinatalar tizimi.

#### Stanokning koordinatalar tizimi

Asbobning har qanday harakatlanish traektoriyasi uchta koordinata orqali belgilanadi. CHPU stanogi uchun bunday koordinatalar tizimi Xalqaro standartlashtirish tashkiloti (ISO) tomonidan tavsiya qilingan. Koordinata o'qlari soni, ularning muhitda joylashuvi va hisob boshi (stanokning nol nuqtasi) ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va foydalanuvchi uni o'zgartira olmaydi. Stanokning koordinatalar tizimi CHPU stanoklari uchun asosiy hisob tizimi sanaladi, unda stanokning ishchi organlarining barcha harakat holatlari belgilangan bo'ladi.

Ishlab chiqaruvchi tomonidan stanok ish stolining yaqin chap burchagida nol nuqtasi belgilangan bo'ladi, unga to'g'ri to'rtburchakli dekart koordinatalar tizimining boshi absissa X, ordinata Y, applikat Z o'qlari bilan birgalikda shartli ravishda joylashtirilgan bo'ladi (2.8-rasm). Koordinata o'qlari jismoniy o'qlarga (yo'naltiruvchilarga) parallel joylashgan bo'ladi. X o'qi asosan hamisha operatorning ish o'rniga nisbatan chapdan o'ngga qarab yo'nalgan bo'ladi.



2.8-rasm. Stanokning koordinata o'qlari.

Koordinatalar tizimi o'ng tomonlama hisoblanadi. Uning boshlanishi M nuqtasida joylashgan, bu tizim *mashina koordinatalari tizimi* deb yuritiladi (ingliz tilidagi belgilanishi MCS – machine coordinate system). Bu nuqta texnik



hujjatlarda maxsus piktogramma va lotin alfavitining M harfi bilan belgilanadi. Shuni e'tirof qilish kerakki, CHPU stanoklari tizimi mashina koordinatalari tiziminitanimaydi.

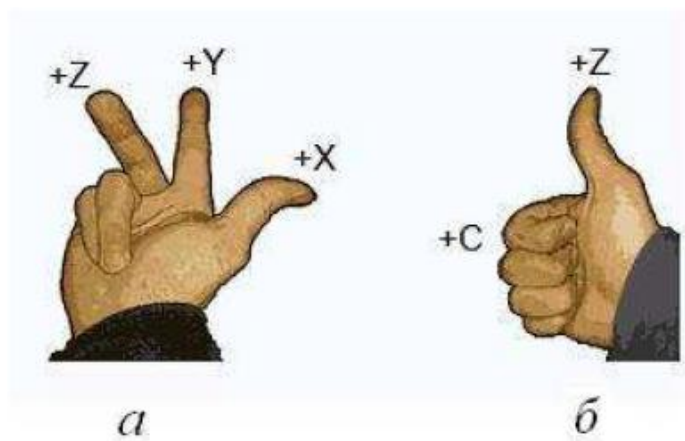
Koordinata o'qlari bo'yicha amaldagi harakati stanokning har bir jismoniy o'qi (yo'naltirgichlari) ning chekka nuqtalarida joylashgan yoqib-o'chirgichlar bilan cheklangan. Stanok yoqilganidan so'ng CHPU tizimi m nuqtasini aniqlashga imkon beradi, bu nuqta o'lchov tizimlarida boshlang'ich nuqta bo'lib xizmat qiladi. Ushbu nazorat nuqtasi mstanokning koordinata boshi bo'lib xizmat qiladi va M nuqtasi bilan ustma-ust tushmasligi mumkin.

Shunday qilib, stanokning nol nuqtasi m- bu jismoniy pozitsiya hisoblanib, stanok ishlab chiqaruvchisi tomonidan chekka yoqib-o'chirgichlar yordamida belgilangan va foydalanuvchi tomonidan uni o'zgartirishga ruxsat etilmaydi. Harakatlar ushbu nuqtadan boshlanadi.

Shpindel stanokning nol nuqtasiga kelganda chekka yoqib-o'chirgichlarning kontaktlari ulanadi, CHPU tizimi elektr signalini qabul qiladi va mashina pozitsiyasi nolga keltiriladi.

### **Koordinata o'qlarining yo'nalishlari**

O'q yo'nalishlari holati o'ng qo'l qoidasi bo'yicha aniqlanadi. Agar o'ng qo'lni stolga panjasini yuqoriga qaratib qo'yib, dastlabki uchta barmoqni bukib o'zaro perpendikulyar holatga keltirilsa bu holatda katta barmoq X o'qi, ko'rsatkich barmoq -Y o'qi, o'rta barmoq -Z o'qi bo'ylab ijobiy yo'nalishni belgilab beradi (2.9a-rasm).



2.9-rasm. Yo'nalishlarni aniqlash uchun o'ng qo'l qoidasi:

a – stanok koordinata o‘qlari; b – o‘q atrofida aylanish.

Bosh shpindelning o‘qi qanday joylashganligidan (vertikal yoki gorizontal) qat’iy nazar doim Z o‘qiga mos tushadi. Ijobiy aylanish yo‘nalishini aniqlash uchun ham o‘ng qo‘l qoidasi qo‘llaniladi. Bunda o‘ng qo‘lning bosh barmog‘ini Z o‘qi bo‘ylab joylashtirilsa, qolgan bukilgan barcha barmoqlar shpindel harakatining ijobiy yo‘nalishini belgilaydi.

#### Detalning koordinatalar tizimi

Detalning koordinatalar tizimi ishlov berishni dasturlash uchun bosh tizim hisoblanadi va detalning chizmasi yoki eskizida ko‘rsatiladi. Detalning koordinatalar tizimi CHPU stanogida detalni tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqishda texnolog yoki dasturchi tomonidan belgilanadi. U o‘zining koordinata o‘qlariga, o‘zining hisob boshiga ega bo‘ladi, ularga nisbatan detalning barcha o‘lchamlari belgilanadi va detal konturlarining barcha tayanch nuqtalarining koordinatalari belgilanadi. Detalning koordinatalar boshi nuqtasi “detalning nol nuqtasi” yoki “detalning noli” deb yuritiladi va W simvoli bilan belgilanadi. Stanokda detalga ishlov berish uchun boshqaruv dasturi aynan detalning koordinatalar tizimida yoziladi.

Detalning nol nuqtasi doimi koordinatalarga ega bo‘lmaydi. Har safar detalning profili o‘zgarganida detalning nol nuqtasi detal konfiguratsiyasidan, ishlov berish texnologiyasi va stanokni sozlash uchun qulayligidan kelib chiqib yangidan belgilanadi.

Detalning nolini piktogramma va W bosh harfi belgilash qabul qilingan, bular stanokning texnik hujjatlarida ko‘rsatiladi.

Chizmada detalning koordinatalar boshini tanlashda quyidagilarga rioya qilish tavsiya qilinadi:

1. Chizmadagi tayanch nuqtalari bo‘ylab traektoriyani qulay qilish, uni hisoblashni soddalashtirish zarur. Masalan, agar detal chizmasi koordinatalar tizimining birinchi kvadrantida joylashtirilsa, u holda barcha tayanch nuqtalarning koordinatalari ijobiy qiymatga ega bo‘ladi. Ularning hisobi ham soddalashadi.

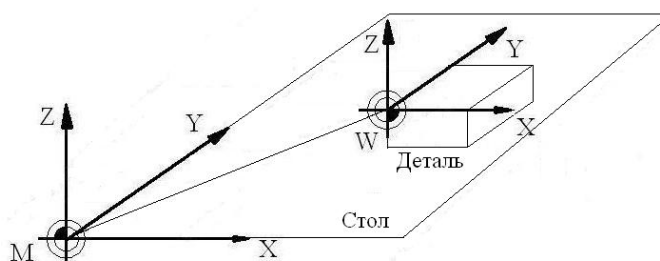
2. Detal koordinatalarining boshi chizmaning bazaviy yuzasida joylashgan bo'lishi shart, hisob ishlari va chizma o'lchamlari ushbu nuqtadan boshlab hisoblanishi kerak. Agar o'lchamlar chizmaning geometrik o'qidan boshlab qo'yilgan bo'lsa, u holda dasturning nol nuqtasini ushbu geometrik o'qlar kesishgan nuqtaga joylashtirish kerak. Agar o'lchamlar detalning yuqorigi chap burchagidan boshlab qo'yilgan bo'lsa, u holda detalning koordinatalar boshini ushbu nuqtaga joylashtirish lozim.

3. Amaliy jihatdan qulaylik uchun detalning nol nuqtasi ko'pincha detalning pastki chap burchagida XY o'qida joylashgan nuqtasi bilan ustma-ust qo'yiladi. Z o'qi bo'yicha detalning nol nuqtasi detalning yuqorigi yuzasida joylashtiriladi.

### **Koordinata tizimlarining bog'liqligi**

Stanokda detalga ishlov berish uchun zagotovka stolning xohlagan joyiga shunday qo'yiladiki, u stoldan chiqib ketmasligi va uni mahkamlash qulay bo'lishi kerak. Bunda detalning X o'qini stanokning X o'qiga parallel joylashtirishga harakat qilish kerak.

Zagotovkani mahkamlagandan so'ng CHPU tizimi uchun detalning nol nuqtasi W noma'lum holatga ega bo'ladi (2.10-rasm).



2.10-rasm. Stanokning M va detalning W nol nuqtalari holati

Stanok normal ishlashi uchun detalning nol nuqtasini stanokning nol nuqtasiga bog'lash kerak bo'ladi. Buning uchun qo'lda boshqarish rejimida kichik klaviaturaning 4, 6, 2, 8 va 1, 9 tugmalari orqali, masalan, shpindelni detalning koordinata tizimi boshiga W joylashtirish zarur. SHpindelni Z o'qi bo'ylab harakatlantirib detalning yuqorigi yuzasini W nuqtaga keltiramiz. Keyin, nolga keltirish tugmasini bosib, Zero X, Zero Y va Zero Z amallarini bajaramiz. Tanlangan nuqtada barcha koordinatlar nolga teng bo'lib qoladi. Detalning nol nuqtasi mashinaning koordinata tizimiga bog'liq bo'lganda koordinatalarning

ishchi tizimi shunday belgilanadi. Ishchi tizimning koordinatalar boshini dasturning nol nuqtasi deyish mumkin. Dasturda barcha harakatlar ushbu nol nuqtaga nisbatan amalga oshiriladi.

Stanokning stolidagi stanokning nol nuqtasi M va detalning nol nuqtasi W orasidagi masofa (2.10-rasm) *nol hisobining siljishi* deb ataladi. U uchala koordinata o'qlarining har biri bo'yicha siljish sifatida aniqlanadi va  $X_w$ ,  $Y_w$  va  $Z_w$  bilan belgilanadi. Nol hisobining siljishining raqamli qiymati CHPU tizimi tomonidan mashina koordinata tizimi koordinatalarini aniqlashda avtomatik tarzda hisobga olinadi. Ishchi tizimdan foydalangan holda, detal traektoriyasining barcha nuqtalarining mashina koordinatalarini hisoblash usulida aniqlash mumkin.

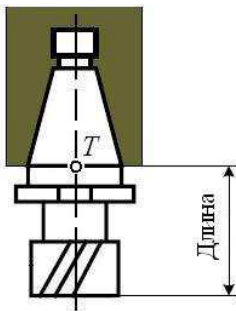
Detailning nol nuqtasi joylashtirilgan ishchi tizimning koordinatalari boshini stanokning xohlagan nuqtasida tanlash mumkin, bunda detal va keskich stolning gabarit o'lchamlaridan chiqib ketmasligi kerak.

Shunday qilib, ishchi tizim koordinatalarining yangi boshi (dasturning nol nuqtasi) ishlov berish traektoriyasi bo'yicha keskichning harakatlari hisobining boshlang'ich nuqtasi bo'lib xizmat qiladi. Bunda dastur yozilgan ikkala – mashina va detalning koordinatalar to'plami o'zaro bog'langan, ishchi tizimdan olingan orttirmalar avtomatik tarzda hisobga olinadi.

Ishlov berishni qulaylashtirish uchun CHPU tizimida bir nechta ishchi koordinatalar tizimi haqida axborotlar saqlangan bo'ladi. Ularni bir-biridan farqlash uchun, masalan, G54, G55, G56 va h.k. deb nom beriladi.

### **Keskichning koordinatalar tizimi**

Keskichning koordinata tizimi yo'nalishni belgilash va mashina koordinatalar tizimida ishlov berish vaqtida kesuvchi qismining patronga nisbatan holatini belgilash uchun mo'ljallangan. Keskich koordinata tizimi hisobining boshlang'ich nuqtasi ish asbobining dasturlangan harakati boshlanadigan nuqta hisoblanadi. Bu nuqta asbobning nol nuqtasi yoki ishlov berishning nol nuqtasi deb yuritiladi va T harfi bilan belgilanadi (2.11-rasm). Asbobning o'lchamlari patronda siqib mahkamlangan nuqtaga nisbatan belgilanadi.



2.11-rasm. Keskichning koordinatalar tizimi

Asbobning nol nuqtasi T stanokning bazaviy nuqtasi hisoblanadi. Stanokda ushbu nuqtaning holati ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va boshqa o‘zgartirilmaydi.

Keskichning uzunligi o‘zgarganda, uni almashtirishda, uning uzunligi detalning yuqorigi yuzasiga nisbatan aniqlanadi. Bunda detalga plastinkasimonkalibrlovchi datchik yoki qog‘oz varag‘i qo‘yiladi. Qo‘lda boshqarish oynasi ochiladi va kichik klaviatura yordamida (“Page Up” / “Page Down”) Z o‘qi uchun frezaning ko‘ndalang kesuvchi qirrasini zagotovkaga tekkuncha olib boriladi.

Agar freza datchikka tegsa, datchik avtomatik tarzda tegish holatini qayd qiladi. Agar freza qog‘ozga olib boriladigan bo‘lsa, u holda frezani tekkuncha qog‘ozni detal yuzasi bo‘ylab surib, u siqilib harakatlanmay qoladigan momentni aniqlash zarur bo‘ladi. Stanokni indikatsiya qilish tizimi bo‘yicha olingan ma’lumotlar avtomatik tarzda boshqarish oynasining Z o‘qi degan joyiga kiritiladi. Shundan so‘ng Z o‘qi bo‘yicha koordinatalar hisobi tizimi nolga keltirish tugmasi bosiladi, ya’ni detalning Z o‘qi bo‘yicha nol nuqtasi aniqlanadi.

### **Stanokning qotirilgan nuqtasi**

Stanokning qotirilgan nuqtasi stanokning nol nuqtasiga nisbatan aniqlanadi va shpindelning ishlov berilgan detalni stoldan olish, yangi zagotovkani o‘rnatish, keskichni almashtirish paytida gixavfsiz holatini aniqlash uchun ishlatiladi. Bu havfsiz nuqta hisoblanadi. Havfsiz nuqta Z o‘qi bo‘yicha eng yuqorigi holatda joylashgan bo‘lishi lozim. Boshqaruv dasturi ishlayotganda freza ushbu nuqtadan zagotovkalariga ishlov berishning bosh nuqtasiga ko‘chiriladi.

### **Nazorat savollari:**

1. CHPU stanoklarining konstruksiyasini tavsiflang.

2. CHPU stanoklaridan birining asosiy texnik xarakteristikalarini ayting.
3. CHPU stanoklarida qanday funksional mexanizmlar mavjud?
4. CHPU stanogining bazalash mexanizmini tushuntirib bering.
5. CHPU stanogi qanday boshqariladi?
6. CHPU stanogi uchun VicStudioTM dasturi oynasini tavsiflang.
7. CHPU stanogining koordinata tizimini tavsiflang.
8. CHPU stanoklaridagi mashina koordinatalari va ishlov beriladigan detal koordinatlarining bogʻliqligini tavsiflang.
9. CHPU stanogi keskichining koordinatalari tizimini tavsiflang.

### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Glebov I.T. Uchimskaya rabotat na frezernom stanke CHPU. Uchebnoe posobie. Ekaterinburg, UGLTU, 2015. – 115 s.
2. Payvin A.S., Chikova O.A. Osnovy programmirovaniya stankov s CHPU: Uchebnoe posobie– Ekaterinburg, Izd-vo Ural. gos. ped. un-ta. 2015. – 102s.
3. Doljnikov V.P. Osnovy programmirovaniya i naladki stankov s CHPU: uchebnoe posobie. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politex. univ., 2011. – 143 s.
4. Programma dlya upravleniya CHPU stankom: sostavlenie i napisanie.  
Istochnik: <https://stanokcnc.ru/articles/programma-dlya-upravleniya-chpu-stankom-sostavlenie-i-napisanie/>
5. Programmy dlya CHPU-stankov: kakimi oni byvayut i dlya chego nujny.  
Istochnik: <https://vektor.us.ru/blog/programmy-dlja-chpu-stankov.html>
6. Osobennosti, vidy, razlichie upravlyayushchix programm dlya CHPU ustroystv. Istochnik: <https://instanko.ru/elektroinstrument/programmy-dlya-chpu-stankov.html>
7. Primery programm dlya stankov s chpu. Istochnik:  
<https://crast.ru/instrumenty/primery-programm-dlja-stankov-s-chpu>
8. Kak sozdat upravlyayushchuyu programmu dlya stanka s CHPU. Istochnik:  
<https://vseochpu.ru/sozdanie-upravlyayushhej-programmy-dlya-stanka-s-chpu/>

9. Napisanie programmy dlya CHPU. Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=3fTDEM5TjV8>

10. Osnovnyye programmy dlya raboty na CHPU. Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=JDOMGm8sMis>

11. CHPU. Kak sdelat pervuyu prostuyu upravlyayushchuyu programmu. Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=tCy5fHDy8IM>

## **4. Amaliy mashg‘ulotlar uchun materiallar, topshiriqlar va ularni bajarish bo‘yicha tavsiyalar**

### **1-amaliy mashg‘ulot. 3D-pechat bo‘yicha FDM, SLA, SLS, CLIP texnologiyalarini o‘rganish.**

**Ishdan maqsad:** 3D-pechat bo‘yicha FDM, SLA, SLS, CLIP texnologiyalarini o‘rganish.

#### **Reja:**

1. FDM — suyultirilgan ipni yotqizish usulida modellashtirish.
2. Lazerli stereolitografiya (SLA).
3. Lazerda tanlab pishirish (SLS).
4. Suyuq yuzalarni uzluksiz shakllantirish (CLIP).

#### **1. FDM — suyultirilgan ipni yotqizish usulida modellashtirish.**

FDM (Fused Deposition Modelling) — uch o‘lchamli pechat texnologiyasi bo‘lib, bunda ob‘ekt ekstruderda plastik ipni suyultirish va ish yuzasiga yotqizish hisobiga quriladi.

FDM-pechatni amalga oshirish uchun mahsulotning 3D-modeli STL formatida bo‘lishi kerak. Bu maxsus format bo‘lib, unda model yupqa qatlamlarga ajratilgan va har bir nuqtasi ma’lum koordinatalarga ega bo‘ladi. Butun modelni chop etish uchun avval printerga birinchi qavat haqidagi ma’lumotlar uzatiladi, shundan so‘ng qurilma eritilgan plastikni aniq belgilangan joylarga siqib chiqara boshlaydi. Bugungi kunda FDM texnologiyasi 0,02-0,05 mm aniqlikda qatlam qalinligini yotqizishi mumkin. Plastik yotqizilgandan so‘ng, ekstruder modeldan berilgan qalinlikka uzoqlashadi va jarayon keyingiqatlam uchun takrorlanadi.

Material manbasi sifatida odatda plastik ip – *filamento*‘ralgan g‘altak xizmat qiladi.

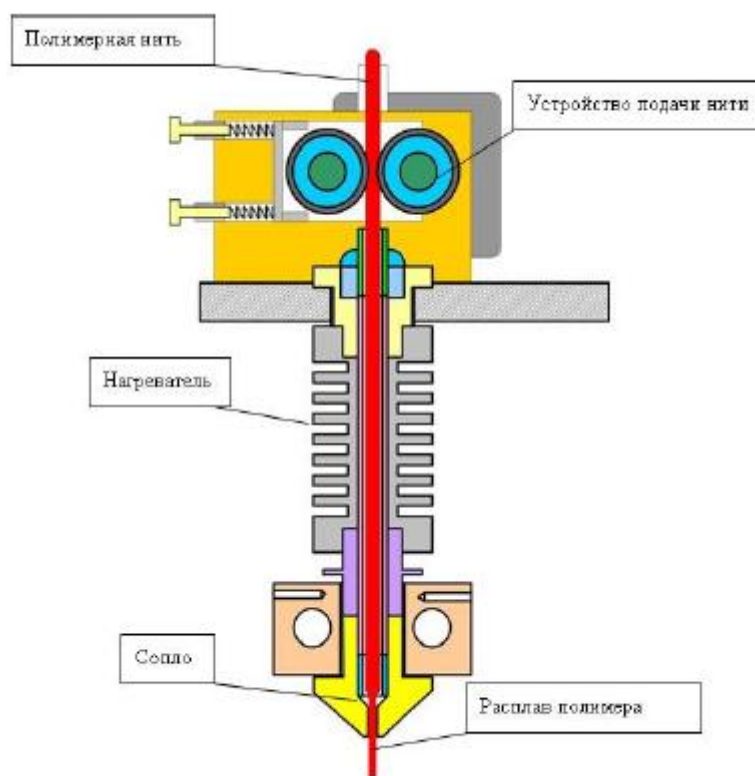
FDM pechat texnologiyasi quyidagi tarzda amalga oshiriladi: harorati nazorat qilinadigan ekstruzion kallak polimer ipni yarim suyuq holatgacha qizdiradi va 3D-printerningishchi yuzasiga yupqa qatlam qilib o‘ta yuqori aniqlikda uzatadi. Qatlamlar oldingi qatlamlar ustiga yotqiziladi, bir-biriga yopishadi va qotadi, shu tarzda asta-sekin tayyor mahsulot hosil bo‘ladi.



## Pechat qiluvchi kallak

FDM 3D-printerning asosiy konstruktiv elementi pechat qiluvchi kallak hisoblanadi (4.1.1-rasm), u filamentni uzatish va qizdirish qurilmalaridan tashkil topgan. Filamentni uzatish qurilmasi – bu polimer ipni qizdirgichga o‘lchab uzatuvchi mexanizmdir. Qizdirgich – bu pechat qiluvchi kallakning polimer ipni suyultiruvchi va diametri 0,15-0,5 mm lik tirqishdan siqib chiqaruvchi qurilmasidir. Qizdirgich soplo bilan birgalikda hot-end (issiq uchi), filamentni uzatish qurilmasi esa cold-end (sovuq uchi) deb ataladi.

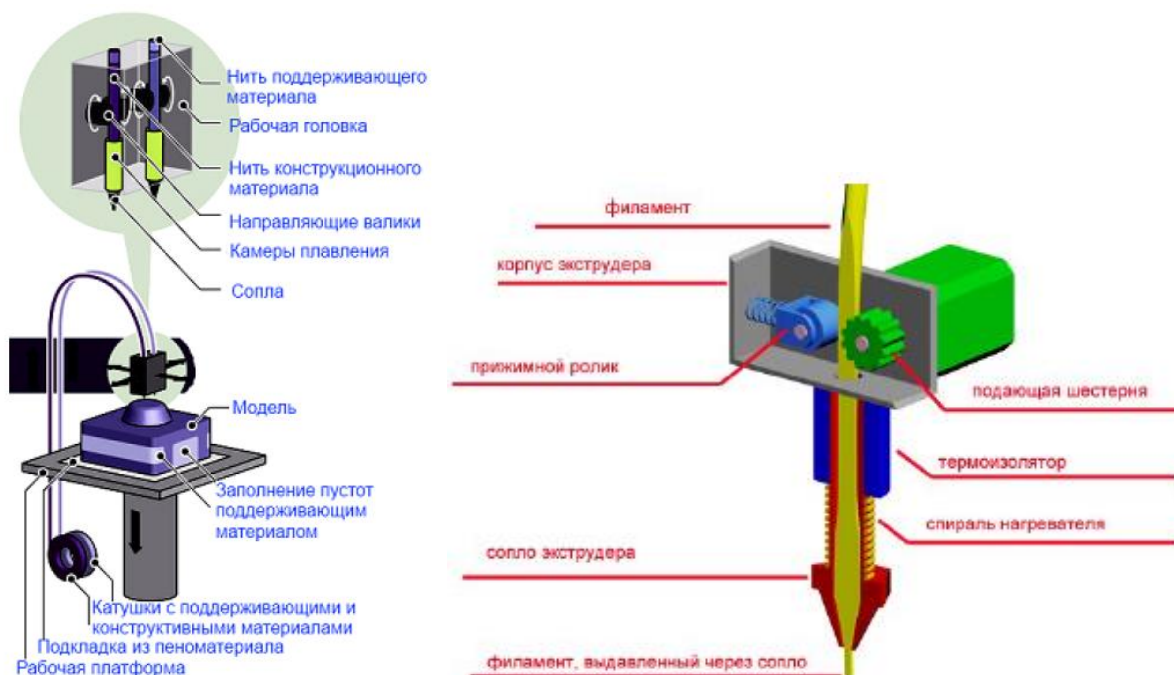
Polimer ipni pechat qiluvchi kallakka uzatish uchun tishli g‘ildirak va vallar tizimidan iborat qadamli yuritgich ishlatiladi. Yuritgichni boshqaruvchi kontroller ipni uzatish tezligini ta’minlaydi, shuningdek, material o‘zgarganda uzatishni to‘xtatadi. Pechat qiluvchi kallakning harorati termistor orqali boshqariladi.



4.1.1-rasm. FDM-printerning ekstruzion kallak qurilmasi

Bu erda eng muhimi - ekstruder soplosining o‘lchami hisoblanadi. Pechat qilish sifati, asosan unga bog‘liq. 3D-printerlarning ekstruderlari odatda diametri 0,4-0,5 mm lik soplolar bilan jihozlanadi, bu o‘lchamlar eng maqbul o‘lchamlar hisoblanadi.

FDM-pechatda mahsulot qatlamma-qatlam yasaladi. Keyingi qavatni yasash uchun termoplastik material pechat qiluvchi kallakda yarim suyuq holatgacha qizdiriladi va kichik tirqishli soplodan ip shaklida siqib chiqariladi. U ish stoli yuzasiga (birinchi qatlam uchun) yoki oldinga qatlamning ustiga yotqiziladi va u yopishib qoladi. Kallak gorizontal tekislikda harakatlanadi va kerakli qatlamni yasaydi (konturlarni va ular orasidagi bo'shliqlarni to'ldiradi), shundan so'ng u vertikal yo'nalishda (ko'pincha stolni tushirish orqali) qatlam qalinligi bo'yicha siljiydi va bunday jarayonlar model to'liq qurilgunga qadar takrorlanadi.



4.1.2-rasm. FDM texnologiyasidan foydalangan holda 3D-pechat qilish

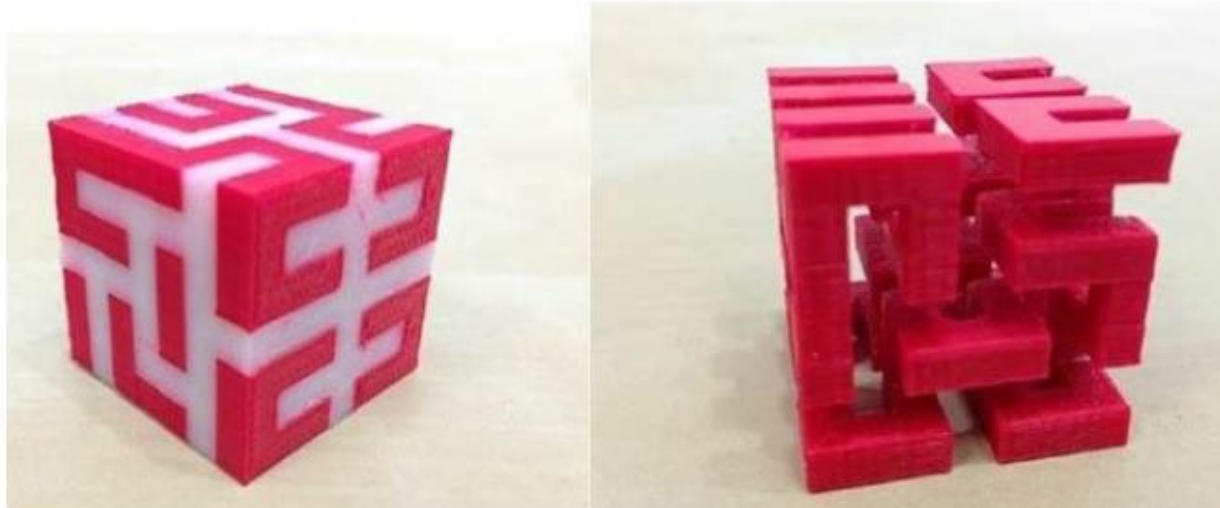
Bir-biriga yotqizilgan qatlamlar o'zaro yopishib qoladi va qotadi, shu tarzda asta-sekin tayyor buyum shakllanadi.

Bunda dastlabki ma'lumotlar sifatida STL formatidagi zamonaviy SAPR vositalari yordamida yaratilgan fazoviy matematik modellar ishlatiladi. Ular IGS, SAT, STEP, SLDPRT va boshqalardan nusxa qilib olinishi ham mumkin. 4.1.2-rasmda FDM-pechatusuli, 4.1.3-rasmda esa yasalgan murakkab konstruksiyali buyum ko'rsatilgan.



4.1.3-rasm. FDM pechat usulida 3D-printerda pechat qilingan model

FDM-texnologiyada ko‘pincha ikkita materialdan foydalanadi: oxirgi mahsulotlarni tayyorlash uchun ishlatiladigan *modellash tirish materiali* va tayanch, ushlab turish, to‘ldirish vazifasini bajaruvchi *to‘ldirgich material* (4.1.4-rasm). 3D-printer modelni tugatganidan so‘ng, to‘ldirgich materialni olib tashlash yoki uni erituvchi, suv bilan eritib yuborish kerak, shundan so‘ng detal foydalanishga tayyor bo‘ladi.



4.1.4-rasm. PVA-plastik (oq rangda) to‘ldiruvchi material bilan qurilgan tayyor model va uning yuvilgandan keyingi ko‘rinishi

Bunday hollarda, juda suvda eruvchan polivinil spirt (PVA-plastik) dan foydalanish qulay. Ikkita ekstruder yordamida suv o‘tkazmaydigan termoplastik modelni PVA tayanchi (to‘ldirgich material) asosida qurish mumkin. Pechat qilib

bo'lingandan so'ng PVA ni oddiy suvda eritish orqali chiqarib yuborish va mukammal sifatli murakkab buyumni olish mumkin.

### **Ishchi platforma**

Modellarni qurish maxsus platforma yuzasida amalga oshiriladi, u ko'pincha isitish elementlari bilan jihozlangan bo'ladi. Isitish ko'plab plastiklar uchun, shu jumladan sovutilganda yuqori darajada kichrayish xususiyatiga ega bo'lgan, keng tarqalgan ABS-plastik uchun ham talab etiladi. Sovuq qatlamlar hajmining yangi yotqizilgan materiallarga nisbatan tez kamayishi modelning deformatsiyasiga yoki qatlamlarga ajralishiga olib kelishi mumkin. Platformani isitish yuqorigi va pastki qatlamlar orasidagi harorat gradientini sezilarli darajada tekislash imkonini beradi (4.1.5-rasm).



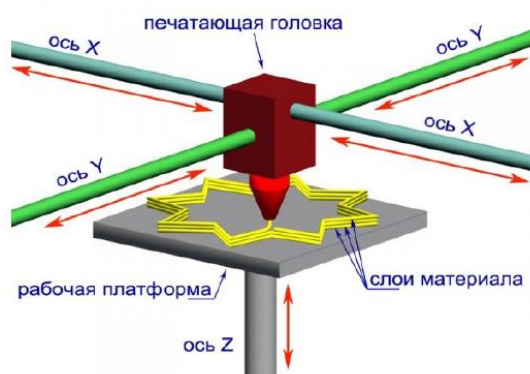
4.1.5-rasm. Isitiladigan platforma

Ba'zi materiallar uchun isitish tavsiya etilmaydi. Bunga PLA-plastikni misol qilib keltirish mumkin. U qotishi uchun uzoq vaqt talab qilinadi. PLA-plastikni isitish pastki qatlamlarning yuqori qatlamlar og'irligi ta'sirida deformatsiyalanishiga olib kelishi mumkin. PLA-plastik bilan ishlashda odatda modelni isitish emas, balki sovutish choralari ko'riladi. Bunday printerlar o'ziga xos ochiq korpus va yangi qatlamlarni sovutish uchun qo'shimcha shamollatgichlar bilan jihozlangan bo'ladi.

Modelning birinchi qatlami stolning yuzasi bilan yaxshi yopishishi uchun ko‘pincha qo‘shimcha vositalar, hatto poliimid plyonkasi, elimlar va h.k. lar ishlatiladi.

### **Pozitsiyalash mexanizmi**

Pechat qiluvchi kallak ishchi platformaga nisbatan harakatlanishi lozim, bunda pozitsiyalash uchta o‘q bo‘ylab amalga oshirilishi zarur (4.1.6-rasm).



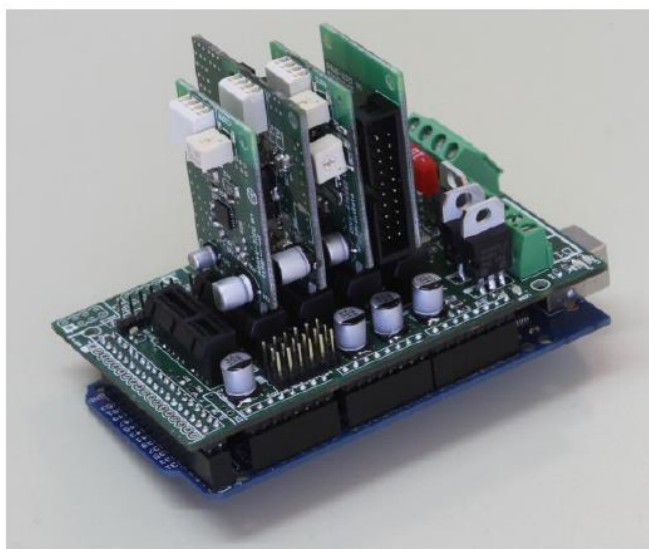
4.1.6. Pozitsiyalovchi mexanizmning ishlash sxemasi

Eng oddiy va keng tarqalgan variant – pechat qiluvchi kallakni X va Y o‘qlari bo‘ylab pozitsiyalashni ta’minlovchi perpendikulyar yo‘naltirgichlarga mahkamlashdir. Vertikal pozitsiyalash ishchi platformani siljitish orqali amalga oshiriladi.

Boshqa tarafdin, ekstruder bitta yuzada, platformalar esa ikkita yuzada harakatlanishi ham mumkin.

### **Boshqarish**

FDM-printerining ishini boshqarish, shu jumladan, soplo va platformaning harorati, ipni uzatish tezligi va ekstruderning pozitsiyalanishini ta’minlaydigan qadamli yuritgichlarning ishlashini sozlash juda oddiy elektron kontrollerlar tomonidan amalga oshiriladi. Aksariyat kontrollerlar Arduino platformasiga asoslangan (4.1.7-rasm).



4.1.7-rasm. Arduino platformasi asosidagi qo‘shimcha modullar bilan ta’minlangan kontroller

Printerlarda qo‘llaniladigan dasturlash tili G-kod deb ataladi, u 3D-printer tizimi tomonidan navbati bilan bajariladigan bir qator buyruqlardan tashkil topgan. G-kod “slayserlar” deb ataluvchi dasturlar bilan kompilyasiya qilinadi, ular 3D-printerlarning standart dasturiy ta’minoti bo‘lib, grafik muharrirlarning ba’zi funksiyalarini o‘zida jamlab, grafik interfeys orqali pechat qilish parametrlarini o‘rnatish imkonini ham beradi.

3D-printerlarni ob’ektlarni raqamlashtiruvchi 3D-skanerlar bilan birgalikda qo‘llash mumkin.

3D-printerning foydalanuvchi interfeysi personal kompyuterga ulash uchun oddiy USB portdan tashkil topishi mumkin. Bunday hollarda qurilmani boshqarish amalda slayserlar vositasida amalga oshiriladi.

### **FDM-printerlarning turlari**

FDM-printerlarda sarflanuvchi material sifatida turli xil plastiklar ishlatiladi, lekin shu bilan birga qalay, past haroratli metall qotishmalari va hatto shokolad kabi boshqa materiallar bilan ishlashga imkon beradigan turlarham mavjud .

Plastiklar bilan ishlaydigan FDM-printerlarning quyidagi kamchiliklari mavjud:

- ish tezligining yuqori emasligi (biroq, yuqori tezlik bo‘yicha boshqa texnologiyalar ham maqtana olishmaydi, bu usulda yirik va murakkab modellarni yasash uchun soatlab vaqt sarflanadi);

- gorizontaal va vertikal yoʻnalishlarda bir xilda noaniqlik, past piksellar soni kuzatiladi, bu esa model yuzasining silliq boʻlmasligiga va qatlamlanishiga olib kelishi mumkin;

- ish stoliga modelni mahkamlash muammolari (birinchi qatlam platforma yuzasiga yopishib turishi zarur, lekin uni ajratib olish mumkin boʻlishi kerak); bunda turli usullar qoʻllaniladi – ish stolini isitish, turli qoplamalar surkash; biroq hamma muammoni bartaraf qilib boʻlmaydi;

- yasalayotganda osilib turuvchi buyumlar uchun ushlab turuvchi konstruksiyalar zarur, ularni keyinchalik olib tashlash kerak boʻladi; biroq, FDM-printerlarda baʼzi detallarni bitta siklda yasab boʻlmaydi, ularni detallarga boʻlib, elimlab yoki boshqa usulda mahkamlab yasashga toʻgʻri keladi.

Shunday qilib, FDM texnologiyasidan foydalanganda koʻplab namunalarni yasashni mexanizatsiyalash qiyin yoki imkonsiz boʻlgan ish hisoblanadi, ishni yakuniga etkazish uchun muayyan darajada qoʻl bilan ishlov berish ham talab etiladi.

Yana bir jihati– bu issiqlik deformatsiyasi. Albatta, bu erda koʻp narsa ishlatilgan materialning xususiyatlariga bogʻliq, ammo baʼzida bir foizgacha boʻlgan deformatsiya ham muammolar keltirib chiqaradi.

Texnologiya faqat birinchi qarashda chiqindisiz koʻrinishi mumkin. Bunda nafaqat tayanch strukturaga, balki muayyan model uchun pechat qilish rejimini tanlashda ham plastik sarf boʻladi.

Umuman olganda, 3D-texnologiyalar faqat plastik ip bilan ishlaydigan FDM-printerlarga asoslanmagan, lekin bu turdagi jihozlar hozirgi vaqtda keng qoʻllaniladi.

FDM-printerlar koʻplab texnologik imkoniyatlar va afzalliklarga ega. Ularni osongina ikkinchi pechat qiluvchi kallak bilan jihozlash, rangli buyum olish uchun turli boʻyoqlardan foydalanish ham mumkin.

### **FDM-pechat uchun materiallar**

Plastik ip ikki xil standart diametrda boʻlishi mumkin: 1,75 va 3 mm. Plastik gʻaltaklarda keltiriladi va ogʻirligi bilan oʻlchanadi (4.1.8-rasm). Baʼzi ishlab

chiqaruvchilar (masalan, 3D Systemsdan CubeX) filamentli maxsus patronlarda taqdim qilishadi.



#### **4.1.8-rasm. FDM-pechat uchun materiallar** **FDM-printerlar uchun asosiy materiallar – ABS va PLA plastiklari.**

ABS (akrilonitril, butadien va stirolningsopolimeri, ABS plastik) – bu akrilonitrilning butadien va stiroil bilan sopolimeri asosidagi zarbga chidamli termoplastik materialdir. U shaffof emas va uni turli xil ranglarga osongina bo‘yash mumkin.

ABS quyidagi afzalliklarga ega:

- uzoq muddat ishlash;
- zarbga chidamlilik va nisbatan elastiklik;
- zaharli emaslik;
- namlik va moylar ta’siriga chidamlilik;
- ishqor va kislotalar ta’siriga chidamlilik;
- keng oraliqdagi haroratlarda foydalanish mumkinligi ( $-40\text{ S}$  dan  $+90\text{ S}$  gacha, modifikatsiyalangan markalarda esa  $100\text{--}110\text{ S}$  gacha).

Afzalliklaridan arzonligi va atsetonda eruvchanligini alohida ta’kidlash zarur (bu nafaqat ABS plastikdan tayyorlangan detallarni yopishtirish imkonini beradi, balki notekis yuzani atseton bilan tekislashga ham imkon beradi). ABS polilaktidga (PLA) nisbatan bikrroq va qattiqroq material bo‘lgani uchun og‘ir yuk ostida ham o‘z shaklini saqlab qoladi.

Kamchiliklari sifatida quyidagilarni ko‘rsatish mumkin:

- oziq-ovqat mahsulotlariga, ayniqsa issiq mahsulotlarga mos kelmaydi, chunki yuqori haroratlarda u o‘zidan sianvodorod chiqarishi mumkin;



- ultrabinafsha nurlanishiga chidamli emas (quyosh nurlari ham salbiy ta'sir ko'rsatadi);

- termik kirishishi PLA nikidan ancha yuqori;
- PLA ga qaraganda mo'rt material.

ABS plastik bilan ishlanganda ish harorati PLA nikiga qaraganda ancha yuqori va 210-270 S oralig'ida bo'ladi, ABS ip bilan ishlaganda o'ziga xos kuchsiz hid seziladi. Bulardan tashqari, modelning birinchi qatlamini ish stoliga yaxshiroq yopishtirish uchun stol taxminan 110 darajagacha qizdirilishi kerak.

PLA (polilaktid, PLA-plastik) – bu monomeri sut kislotasi bo'lgan biologik, parchalanadigan, biologik moslashuvchan poliefir hisoblanadi. Uni ishlab chiqarish uchun qayta tiklanadigan manbalardan xom ashyo sifatida foydalanish mumkin (masalan, makkajo'xori yoki shakarqamish), bu materiallar ekologik toza va zaharsiz, ulardan qadoqlash va bir martalik idish, shuningdek, tibbi va shaxsiy gigiena buyumlarini ishlab chiqarish mumkin.

Afzalliklari:

- past ishqalanish koeffitsienti, shu sababli undan sirpanish podshipniklari ishlab chiqarish mumkin;
- kichik termik kirishish, ABS-plastikka nisbatan yuqoriroq;
- ABS-plastikka nisbatan mo'rtligi pastroq va qovushqoqroq, bir xil yuk ostida u sinmasligi mumkin, lekin qiyshayib qoladi.

PLA-plastik bilan pechat qilishda ish harorati ABS nikidan pastroq: taxminan 180-190 S gacha bo'ladi. Ish stolini isitish shart emas, lekin baribir stolni 50-60 S gacha qizdirish maqsadga muvofiqdir.

PLA-plastikning kamchiliklari: ABS-plastikka qaraganda kamroq vaqt ishlaydi. Bundan tashqari, PLA-plastik nisbatan gigroskopik bo'lib, saqlash paytida ham namlik rejimiga rioya qilishni talab qiladi, aks holda material qatlamlana boshlaydi va unda pufakchalar paydo bo'lishi mumkin, bu esa 3D-modelni ishlab chiqarishda nuqsonlarga olib keladi. Bundan tashqari, PLA-plastik odatda ABS-plastikka qaraganda biroz qimmatroq bo'ladi.

Atseton PLA-plastikkadeyarli ta'sir qilmaydi, uni dixloretan, xloroform yoki boshqa xlorli uglevodorodlar bilan yopishtirish va qayta ishlash zarur, bu esa ish vaqtida xavfsizlik choralarini kuchaytirishni talab qiladi.

ABS va PLA plastiklarning asosiy texnik tavsiflari 4.1.1-jadvalda keltirilgan.

4.1.1-jadval. ABS va PLA plastiklarning asosiy texnik tavsiflari

Tavsiflar	ABS	PLA
Zichligi, g/sm <sup>3</sup>	1,05	1,25
Siqilishdagi mustahkamlik chegarasi, MPa	30	40
Zarbiy qovushqoqligi	8-20 kJ/m <sup>2</sup> (IZOD)	16 J/m (SHarpi)
YUmshash harorati, S	≈100	≈50
Suyuqlanish harorati, S	≈220	≈180
Suyuqlanmaning oquvchanlik ko'rsatkichi (220 S/10 kg)	5-9 g/10 min	-

FDM-pechat uchun boshqa materiallar juda kam tarqalgan.

HIPS (High-impact Polystyrene – yuqori darajada zarbga chidamli polistirol) - zarbga, sovuqqa va harorat o'zgarishiga chidamli, xira, bikr, qattiq material. U limonenda – sitrus mevalaridan olinadigan tabiiy erituvchida eriydi va shuning uchun undantayanch tuzilmalarni yaratish mumkin, ya'ni mexanik ajratib olishtalab qilinmaydi. Ishlash harorati taxminan 230 °S, narxi ABS nikidan 30-50% yuqori.

Neylon - poliamid PA (PA) - engil, egiluvchan, kimyoviy ta'sirlarga chidamli. Undan yasalgan detallarning sirt ishqalanish koeffitsienti juda past bo'ladi.

Ish harorati PLA nikidan yuqori: taxminan 240-250 °S ni tashkil etadi. Biroq, o'zidan bug'lar yoki hidlar chiqarmaydi. Neylon filamentning narxi PLA yoki ABS nikidan ikki baravar yuqori.

PC (Polycarbonate, polikarbonat) – juda qattiq polimer, -40 ... 120 °C oraliqda xususiyatlarini saqlaydi. YUqori yorug'lik o'tkazuvchanligiga ega va ko'pincha shisha o'rni bosuvchi sifatida ishlatiladi va u o'ziga solishtirma og'irlik va yuqori darajada yorug'likni sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgani uchun linzalarni ishlab chiqarishda juda qo'l keladi. Biologik inertligi undan kontakt

linzalarini yasashga imkon beradi. Bundan tashqari, undan kompakt-disklar ham tayyorlanadi.

Pechat qilish harorati 260-300 °S ni tashkil qiladi. Hozircha FDM-pechat uchun filamentlar kamroq ishlab chiqarilmoqda, shuning uchun narxi ABS nikidan dan uch baravar yuqori.

PETT (Polyethylene terephthalate, polietilentereftalat) shunga o'xshash optik xususiyatlarga ega. Undan olingan modellar juda mustahkam bo'ladi, chunki suyultirilgan materialning qatlamlari bir-biriga yaxshi yopishadi. Ishlash harorati 210-225 °S, stolni 50-80 °S ga qadar qizdirish kerak.

PVA (PVA) qisqartmasi ostida ikkita turdagi material ko'zda tutiladi: polivinilatsetat (Polyvinyl Acetate, PVAc) va polivinil spirt (Polyvinyl Alcohol, PVAI). Kimyoviy formulasiga ko'ra, ular juda o'xshash, faqat polivinil spirtida atsetat guruhlari mavjud emas va ularning xususiyatlari ko'p jihatdan bir-biriga mos keladi, lekin hamma xususiyatlar ham emas.

Polivinil spirt PVAI taxminan 180-200 °S haroratni talab qiladi, uning yana oshirish maqsadga muvofiq emas, chunki piroliz boshlanishi mumkin. Bundan tashqari, bu material juda gigroskopik bo'lib, havodan namlikni faol tarzda yutadi, bu esa uni saqlash va pechat qilish jarayonida muammolar tug'diradi, ayniqsa filamen diametri 1,75 mm bo'lsa ehtiyot bo'lish kerak. Boshqa tomondan, xuddi shu xususiyat juda foydali bo'lishi mumkin, ya'ni PVAI dan tayyorlangan tayanchlar sovuq suvda ham eriydi.

PVAc polivinilatsetat PVA elimining suvli emulsiyasining tarkibiy qismisifatida yaxshi ma'lum. U bilan ishlashda biroz pastroq ish harorati ham etarli (160-170 S). U ham suvda yaxshi eriydi.

NinjaFlex elastomeri elastik mahsulotlar yaratishga imkon beradi. Ish harorati 210-225 °S, stol harorati xona harorati bilan bir xil yoki biroz yuqoriroq – 35-40 °S gachabo'lishi mumkin.

Yaqinda paydo bo'lgan Laywoo-D3 materialidan tayyorlangan buyumlar tashqi ko'rinishidan yog'ochga o'xshaydi va undan hatto yog'ochning hidi keladi. Chunki, u yog'och uni va polimer bog'lovchisi asosida ishlab chiqariladi. Ishlash harorati 175-250 °S oralig'ida bo'lishi mumkin, stolni isitish talab qilinmaydi.

Buyumning rangi qotgandan soʻng pechat qilish haroratiga bogʻliq boʻladi: harorat qanchalik baland boʻlsa, rangi shunchalik toʻq boʻladi. Pechat vaqtida haroratni oʻzgartirib, hatto tabiiy yogʻochda boʻlgani kabi, yillik qatlamlarning koʻrinishini, tabiiy yogʻoch teksturasini chiqarish ham mumkin.

Yana bir ekzotik material Laybrick, uning tarkibida mineral toʻldirgichlar mavjud va u qumtosh mahsulotlarini oʻxshatishga imkon beradi. Ish harorati 165-210 °S atrofida; bunda haroratni oʻzgartirib, buyum sirti koʻrinishini oʻzgartirish va imitatsiya effektini kuchaytirib dagʻal sirt hosil qilish mumkin. Bu material stolni isitishni talab qilmaydi, ammo pechat yakunlangandan soʻng model qotgunicha bir necha soat kutishga toʻgʻri keladi.

## **2.Lazerli stereolitografiya (SLA).**

Stereolitografik printerlar FDM-printerlaridan keyin eng ommalashgan tur hisoblanadi.

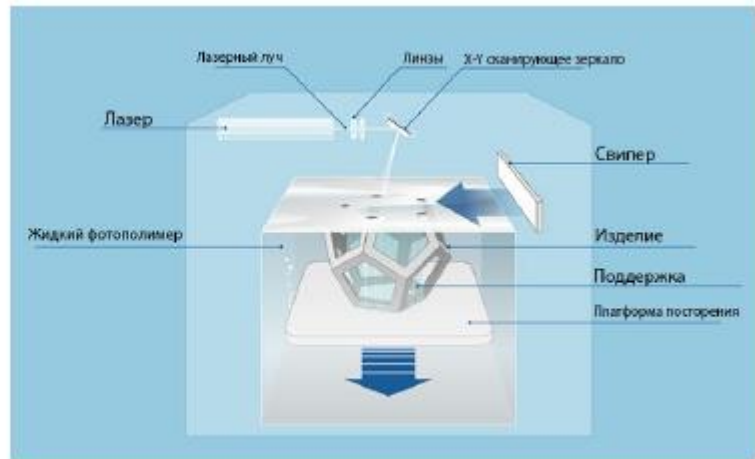
Ushbu qurilmalar yuqori sifatli pechat qilishni taʼminlaydi. SLA texnologiyasida ishlaydigan dunyodagi eng kichik 3D-printer - ProJet 1200 stomatologiya va zargarlik sanoatida qoʻllaniladi.



4.1.9-rasm. Stereolitografik 3D-printerlar va stomatologiya buyumlari

## **Lazerlar va proektorlar**

Konstruksiyasining arzonligi sababli stereolitografik printerlarning narxi tez pasaymoqda.



#### 4.1.10. SLA texnologiyasi asosida ishlaydigan 3D-printerning tuzilishi

3D-pechat qilish uchun SLA-printeriquyidagilarni o'z ichiga oladi:

- ultrabinafsha nurlanish manbai – lazer, u printerning pastki qismida joylashgan. Nurlanish qanchalik kuchli bo'lsa, ob'ekt shunchalik tezroq yaratiladi, biroq polimer saqlovchi idish shunchalik tez eskiradi.

- katta va og'ir korpus – turli tebranishlarning pechat qilishga ta'sirini kamaytiradi.

- galvanometr (galvanometrik skaner) - ushbu qurilma ikkita ko'zgu va ikkita yuqori aniqlikdagi galvanometrik yuritgichlardan iborat. Ushbu qurilma yordamida lazer nurlarini o'ta aniqlikda boshqarish va ikki o'lchovli yuzadako'p mehnat talab qiladigan narsalarni yuqori tezlikda osongina chizish mumkin. Masalan, ATSMake 3D-printerida lazer nurlarining harakatlanish tezligi soniyasiga 2500 mm ga etishi mumkin, bu ko'rsatkich FDM-raqobatchilarning tezligidan bir necha o'n baravar yuqori hisoblanadi.

- 3D-pechat platformasi. Odatda u alyuminiydan yasalgan katta yuza bo'lib, yuzasi silliq bo'ladi.

- 45 daraja burchak ostida o'rnatiladigan va lazer nurlarini idishning tubidan qaytaribyo'naltiradigan ko'zgu.

- platformani ko'tarib-tushirish mexanizmi. ATSMake jihozidayuqori aniqlikdagi relsli yo'naltirgich, suriladigan platforma va kuchli yuritgich mavjud. Harakatni cheklovchi sifatida svetodiodli optik datchiklar ishlatiladi. Bu tizim o'ta yuqori aniqlikda ishlaydi.

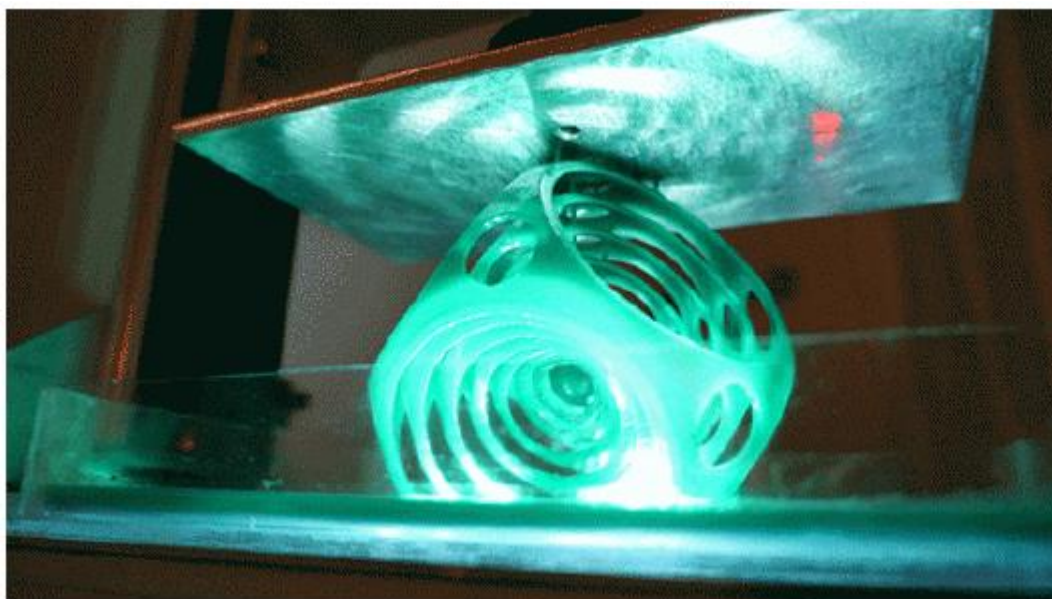
- polimer uchun idish (shaffof tubli vannalar). Idishultrabinafsha nurlanishni o'tkazishi o'ta silliq bo'lishi shart. ATSMake3D-printerlaridabu maqsadda shaffof silikon bilan qoplangan 3 mm lik akrildan foydalanadi.

- boshqaruv platasi. Ko'pincha, Arduino Megaxjihazlarida zarur qo'shimcha platali komplektlar ishlatiladi.

- idishni chayqaydigan mexanizm (navbatma-navbat ko'tarilib, keyin idish yon tomonlaridan birini tushiradi). Har bir qatlam shakllangandan so'ng chayqalish natijasida idishdagi fotopolimer aralashtiriladi, yangi qatlam esa idishdan osonroq olinadi.

Ba'zi SLA va DLP printerlari "teskari" sxema bo'yicha ishlaydi: model sarflanadigan suyuqlikka botirilmaydi, balki undan "tortib olinadi", shu bilan birga lazer yoki proektor kyuvetaning ustiga emas, balki ostiga joylashtiriladi. Bu usul har bir qatlam shakllanganidan so'ng sirtni tekislashga zarurat qoldirmaydi, lekin, kyuvetaning materiali ultrabinafsha nurni o'tkazuvchi materialdan, masalan, kvars shishadan yasalgan bo'lishi zarur.

Ushbu texnologiya "lazer" stereolitografiyasi deb nomlansa ham, eng zamonaviy ishlanmalarda asosan ultrabinafsha svetodiodli proektorlardan foydalaniladi (4.1.11-rasm).



**4.1.11-rasm. Kudo3D Titan DLP-printerida fotopolimer modelini proektor bilan yoritish**

Proektorlar lazerlarga qaraganda arzonroq va ishonchliroq, lazer nurlarini qaytarish uchun talab etiladigan noyobko'zgularni talab qilmaydi va yuqori samaradorlikka ega. Buning sababi, butun qatlamning konturi butunicha yoritiladi (lazerli variantlarda esa nuqtama-nuqta yoritiladi). Ushbu texnologiya proeksion stereolitografiya, DLP-SLA yoki oddiygina DLP deb nomlanadi.

### **Kyuveta va smola**

Stereolitografik printerlar uchun sarflanadigan material sifatida fotopolimer smolalari ishlatiladi. Smolalar turli xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin, ammo ularning barchasi bitta xususiyatga ega, bu 3D-pechat dasturlari uchun asos bo'lib xizmat qiladi: ular ultrabinafsha nurlar ta'sirida qotadi.

Polimerlangan smolalar turli fizikaviy xususiyatlarga ega bo'lishi mumkin. Ba'zi smolalar rezinaga o'xshaydi, boshqalari – xuddi ABS kabi qattiq plastiklardir. Turli xil rangdagi va shaffoflikdagi smolalarni qo'llash mumkin. Smolalar va umuman SLA-pechatning umumiy kamchiligi – bu sarflanuvchi materiallarning narxining yuqoriligidir.

Boshqa tomondan olib qaraganda, stereolitografik printerlardan asosan zargarlik buyumlari va stomatologlar foydalanadilar, ular uchun yirik buyumlar emas, balki aniq o'lchamda va tez ishlab chiqariladigan buyumlar zarur. SHu orqali SLA-printerlari va sarf materiallarining xarajatlari o'zini oqlaydi.

Smola tushiriladigan platformaga o'rnatilgan kyuvetaga quyiladi (4.1.12-rasm). Bunday holda, nurlashdan oldin platformadagi yupqa smola qatlamini tekislovchimaxsus moslamadan foydalaniladi. Model shakllanishi jarayonida, platforma shakllangan qatlamlar bilan birga smolaga cho'ktirilgan holatda bo'ladi. Pechat jarayoni tugaganidan so'ng, model kyuvetadan chiqariladi, qoldiq suyuq smolani olib tashlash uchun maxsus eritma bilan ishlanadi va ultrabinafsha pechga joylashtiriladi, bu erda modelni so'ngginurlantirish amalga oshiriladi.



4.1.12-rasm. Fotopolimer smolasini kyuvetaga solish

Stereolitografik printerlarning aniqligi nihoyatda yuqori bo'ladi. Qiyoslash uchun keltirish mumkin, standart bo'yicha FDM-printerlarining vertikal yo'nalishdagi qatlam qalinligi 100 mikronga teng, ba'zi SLA-printerlarni esa 15 mikronlik qatlamni hosil qilishga imkon beradi.

#### **SLA texnologiyasining imkoniyatlari:**

- har qanday murakkablikdagi modellarni ishlab chiqarish mumkin (ingichka devorli va kichik o'lchamli detallar);
- ishlab chiqarilgan detalga oson ishlov beriladi;
- modelning aniqligi va sirt sifati yuqori bo'ladi;
- keng miqyosda materiallar ishlatiladi, shu jumladan, quyish uchun ishlatiladigan kuydiriladigan modellar uchun ham;
- ishlatiladigan polimerlarning xususiyatlari yasalgan prototipni tayyor mahsulot sifatida ishlatishga imkon beradi;
- ish kamerasining o'lchamlari amalda 3D-printerlarnikidan katta;
- tayanch material sarfining kamligi;
- sterolitograflar shovqinining pastligi.

#### **SLA texnologiyalarining kamchiliklari:**

- sterjensimon tayanchni yaratilgan prototipdan mexanik ravishda ajratib olish zaruriyati;
- So'nggi UB-nurlatishning zarurligi. Tayyorlangan buyum chayilishi va oxirigacha qotishi uchun UB-kamera solinishi kerak.

Lazer stereolitografiyasi tashqi ta'sirlarga etarlicha chidamli bo'lgan ob'ektlarni yaratishga imkon beradi va taxminan 90 MPa yukka bardosh bera oladi. Biroq, barcha materiallar ham emas. Gap shundaki, ba'zi polimerlar



qotganda o'lchamlari 1-3% gacha qisqarishi mumkin. Detallarni qatlam-qatlam ishlab chiqarishda qatlamlar yo'nalishi bo'yicha strukturaning ichki zo'riqishi hosil bo'ladi, buning natijasida egilish va zarbiy kuchlar ta'sirida qatlamlarning ajralib ketishiga sabab bo'lishi mumkin.

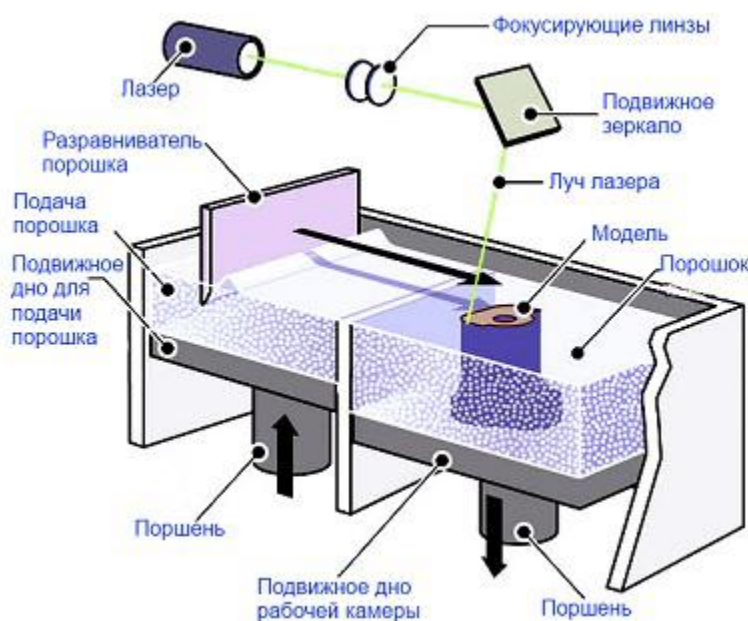
### 3. Lazerda tanlab pishirish (SLS).

Lazerda tanlab pishirish (SLS) – additiv ishlab chiqarish usuli bo'lib, funksional prototiplar va buyumlarni kam miqdorda ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Texnologiya yuqori quvvatli lazerlardan foydalangan holda kukunli materiallar qatlamlarini ketma-ket qizdirib biriktirishga asoslangan. SLS usulida material qisman suyultiriladi.

#### Texnologiyasi

SLS texnologiyasi kukunsimon material zarrachalarini uch o'lchamli ob'ekt hosil bo'lguncha qizdirib biriktirish uchun bir va bir nechta lazerlardan (odatda uglekislotali) foydalanishni nazarda tutadi.

Sarflanadigan materiallar sifatida plastmassa, metall, keramika yoki shisha ishlatiladi. Qizdirib biriktirish raqamli modelga kiritilgan konturlarni bir yoki bir nechta lazer yordamida chizish orqali amalga oshiriladi. Skanerlash tugagandan so'ng, platforma bir qatlam qalinligiga tushiriladi va yangi material qatlami qo'yiladi. Ushbu jarayon model to'liq shakllanguncha takrorlanadi (4.1.13-rasm).



#### **4.1.13-rasm. SLS printerlarning ishlash prinsipi**

Kukun butun maydon bo‘ylab bir tekis qatlam qiliboyiladi, shundan so‘ng lazer faqat ushbu balandlikdagi ushbu modeldagi kesimga mos keladigan joylarni qizdirib birlashtiradi.

Texnologiya ikkita parallel jarayondan iborat: birinchidan, butun maydon bo‘ylab ingichka kukun qatlami tayyorlanadi. Bundakukunsimon material rolik yordamida bir tekisda taqsimlanadi. SHundan keyin, kuchli lazer dasturlangan ob‘ektning kesimga mos keladigan joylarni qizdiradi va biriktiradi. Keyin model qatlam qalinligiga teng masofaga tushiriladi va modelning eng yuqori nuqtasiga etguncha ushbu algoritm takrorlanadi.

Lazerda tanlab pishirishning muhim xususiyati – bu tayanch materialga ehtiyojning yo‘qligidir, chunki butun hajmdagi kukun yakuniy shakl tayyor bo‘lmaguncha modelning buzilishiga yo‘l qo‘ymaydi.

Oxirgi bosqich – yakuniy ishlov berish bosqichi hisoblanadi. Masalan, texnologik polimerlarni kuydirish uchun maxsus pechga kiritish, agar ularda aralash metall kukunlari ishlatilgan bo‘lsa, qizdirib biriktirish bosqichida kerak bo‘ladi. Qatlamlar orasidagi ko‘rinadigan o‘tishlarni olib tashlash uchun jilolash jarayoni ham bo‘lishi mumkin. Texnologiyalar va materiallar doimiy ravishda takomillashtirilmoqda va shu tufayli yakuniy ishlov berish bosqichi borgan sari kamayib bormoqda.

Pechat qilishdan oldin, sarflanadigan materialning qizib birikishini ta‘minlash maqsadida u suyuqlanish haroratidan sal pastroqqacha isitiladi.

#### **Materiallar va ularning qo‘llanilishi**

Boshqa additiv ishlab chiqarish usullari bilan taqqoslaganda, SLS usuli sarflanadigan materiallarni tanlash imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Bunga turli xil polimerlar (masalan, neylon yoki polistirol), metallar va qotishmalar (po‘lat, titan, qimmatbaho metallar, kobalt-xrom qotishmalari va boshqalar), shuningdek kompozitsiyalar va qum aralashmalari kiradi. Ba‘zi SLS qurilmalarida barabanli shar tegirmonlarida olinganbir xilmetall kukuni ishlatiladi, ammo aksariyat

hollarda yadro sifatida olovbardosh yadro va suyulish harorati pastroq bo'lgan qobiq materialdan iborat kompozit granular ishlatiladi.

SLS texnologiyasi murakkab geometrik shakllarga ega funksional qismlarni ishlab chiqarish imkoniyati sababli butun dunyoda keng tan olingan (4.1.14-rasm). Texnologiya dastlab tez prototiplash uchun yaratilgan bo'lsa-da, yaqinda SLS tayyor buyumlarni kichik hajmda ishlab chiqarish uchun qo'llanilmoqda.

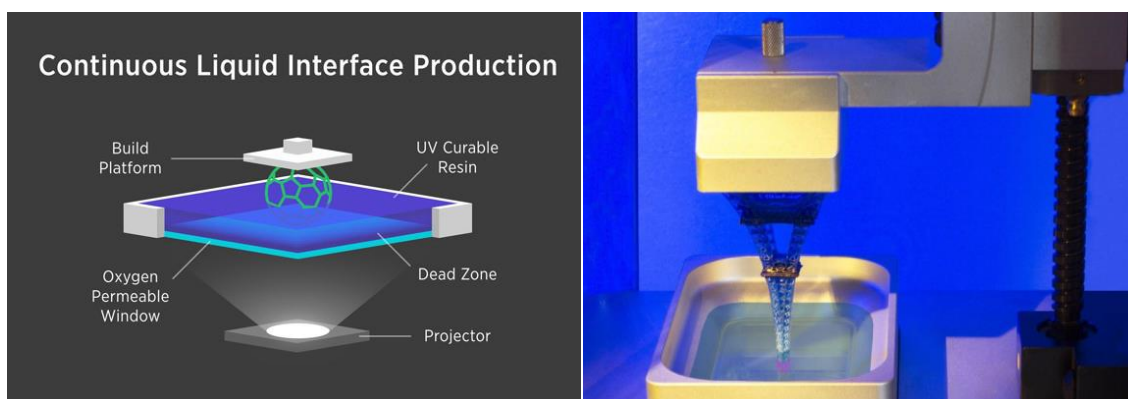


4.1.14-rasm. New Balance kompaniyasi SLS texnologiyasini professional atletlar uchun poyabzal yaratish maqsadida ham qo'llaydi.

SLS usuli bilan 3D-pechat qilish ko'lami juda keng: kuch qurilmalarining detallari, aviasozlik, mashinasozlik, kosmonavtika va h.k..

#### **4.Suyuq yuzalarni uzluksiz shakllantirish (CLIP).**

CLIP (continuous liquid interface production – suyuq yuzalarni uzluksiz shakllantirish) texnologiyasi kanadaning Carbon3D kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan (4.1.15-rasm). Ushbu turdagi printerlarda pechat qilish ilgari ma'lum qurilmaganga qaraganda 100 barobar tez amalga oshiriladi. Ushbu jarayonni pechat qilish deb ham bo'lmaydi, bunda buyum go'yoki ko'z oldimizda ushlagich platforma bilan suyuq fotopolimerdan ko'tarilib chiqadi.



**4.1.15-rasm. CLIP texnologiyasi bo'yicha 3D-pechat qilish jarayoni**

Mavjud 3D-texnologiyalardan farqli ravishda “pechat qilish” jarayoni qatlam-qatlam emas, balki uzluksiz ravishda sodir bo‘ladi. Bunda UB nurlanish (polimerlanishni ta’minlaydi) va kislorod (reaksiyani sekinlashtiradi) polimerga ta’sir qilishi orqali buyum shakllanadi. Bu jarayon yuqori mustahkamlikda va 10 mikron aniqlikda buyum ishlab chiqarishga imkon beradi.

CLIP texnologiyasidan foydalanilganda, olingan elementlarning juda yuqori sifati va qismlarga turli xil xususiyatlarni berish uchun keng polimerlardan foydalanish imkoniyati ham qayd etilgan.

CLIP texnologiyasidakerakli shakldagi ob’ektni yaratish uchun UB nurlari va kislorod dozalari polimer solingan idishga yuboradi. UB nur ta’sirida polimer qotadi, kislorod esa reaksiyani sekinlashtiradi. Kislorod va UB nurni berish jarayonini boshqarish orqali kerakli shakldagi buyumlarni hosil qilish mumkin. Ob’ekt tez va qatlamlari birikkan holda yaratiladi.

CLIP texnologiyasiyuqori aniqlik va sifatga ega juda kichik, silliq buyumlar yaratish imkoniyatini, zamonaviy smartfonlar uchun mayda datchiklar, shuningdek, bemorlarga dori-darmonlarni etkazib berish uchun mikro ignalar va boshqa tizimlarni yaratish bozorini ochadi.

### **Amaliy mashg‘ulot bo‘yicha interaktiv usullar asosidagi topshiriqlar**

1. FDM va SLA texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
2. FDM va SLS texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
3. FDM va CLIP texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
4. SLS va SLA texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
5. CLIP va SLA texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
6. CLIP va SLS texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
7. FDM va CLIP texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
8. FMD texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.

9. SLA texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
10. SLS texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
11. CLIP texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
12. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/cvetnaya-strujjnaya-3d-pechat-cjp/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
13. Quyidagi manbani o'rganing ([3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-cto-hto-takoe/](http://3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-cto-hto-takoe/)) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
14. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/obzor-besplatnogo-po-dlya-3d-modelirova/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
15. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/3d-skanery-obzor-osnovnykh-tekhnologijj/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
16. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/fotopolimernyjj-3d-printer/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
17. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/3d-printery-fdm/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
18. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/strujjnaya-trekhmernaya-pechat-3dp/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
19. Quyidagi manbani o'rganing ([3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojjnogo-na/](http://3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojjnogo-na/)) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
20. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
21. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
22. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiodnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
23. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/mnogostrujjnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
24. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/cto-takoe-3d-pechat/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
25. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/promyshlennyjj-3d-printer/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.

26. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/obzor-printera-reprap-prusa-i3/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.

## 2-amaliy mashg'ulot. 3D-pechat bo'yicha LOM, MJM, PolyJet, 3DP texnologiyalarini o'rganish.

### Nazariy qism

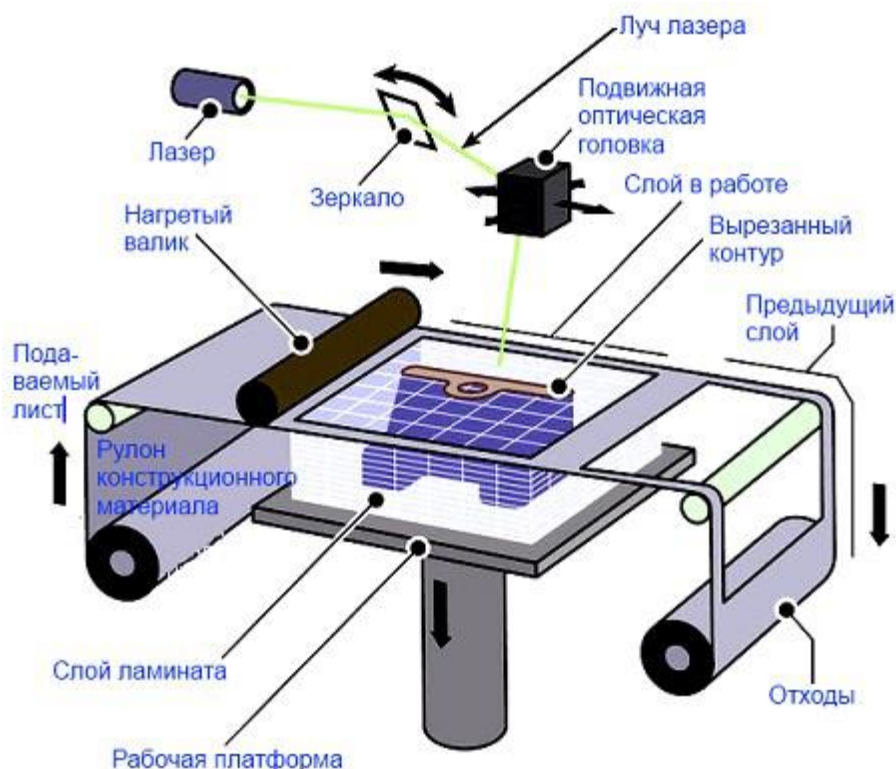
#### Reja:

1. Buyumlarni qatlamli laminatsiyalab yasash (LOM).
2. Ko'p oqimli modellashtirish (MJM).
3. PolyJet texnologiyasi.
4. Oqimli 3D-pechat texnologiyasi (3DP).

**Ishdan maqsad:** 3D-pechat bo'yicha LOM, MJM, PolyJet, 3DP texnologiyalarini o'rganish.

### 1. Buyumlarni qatlamli laminatsiyalab yasash (LOM).

LOM (Laminated Object Manufacturing, laminatsiyalangan ob'ektlarni ishlab chiqarish) - qatlamli modellarni laminatsiya usuli bilan ishlab chiqarish texnologiyasidir (4.2.1-rasm).



#### 4.2.1-rasm. LOM-texnologiyasi bo'yicha prototipni yaratish sxemasi

LOM– bu varaq materialidan kesilgan elementlarni qatlam-qavat yopishtirish orqali uch o'lchovli mahsulotlarni yaratish texnologiyasidir. LOM-ob'ektlarni ishlab chiqarish uchun quruq bog'lovchi qog'oz yoki varaqsimon

plastikdan foydalaniladi. Ishlab chiqarilgan LOM buyumlari tarkibi jihatidan yog'ochga o'xshash bo'ladi va ularni qayta ishlash oson.

Ushbu texnologiyada maxsus dasturiy ta'minot yordamida buyumning ko'ndalang kesimlari hisoblanadi. Bu ma'lumotlarni o'z ichiga olgan CAD-ma'lumotlari LOM-mashinasining boshqarish tizimiga o'tkaziladi. Rulon material ishchi yuzasiga beriladi va zarur konturlar lazer nurlari bilan kesiladi. Ortib qolgan joylar olib tashlash oson bo'lishi uchun kichik bo'laklarga bo'linadi. Yangi qatlam uchun material ishchi yuzaga beriladi va oldingi qatlamga termorolik bilan bosib presslanadi

Keyin yana yangi ko'ndalang kesimlar kesiladi. Barcha qatlamlar qo'yilib, buyum to'liq shakllanganidan so'ng, ortiqcha materiallar qo'lda olib tashlanadi. Zarur bo'lsa, mahsulotga toza ishlov beriladi va pardoqlanadi (jilvirlash, bo'yoq yoki lok bilan qoplash).

3D-pechat jarayoni printerni shaxsiy kompyuterga ulash orqali amalga oshiriladi. Dastlab kompyuterda 3D-tasvir bo'lishi kerak. Printerqa varaq materiallar o'rnatilgan bo'lib, ularning material printerning modeliga qarab oddiy qog'ozdan sopolgacha bo'lishi mumkin. Ammo, ko'pincha polimer plyonka ishlatiladi, chunki u 0,15 mm dan kam qalinlikka ega vanarxi ham yuqori emas.

Elimlash talab qilinmaydigan joylarda maxsus moddalar qo'llaniladi - elimga qarshi, diametri 0,3 dan 6 mm gacha bo'lgan flomaster va qalamlardan foydalaniladi. Shundan so'ng, keyingi plyonka qatlami qo'yilib, ularning ustiga termovalik yordamida bosish va isitish amalga oshiriladi. Buning natijasida ikkala qatlam laminatsiyalanadi. Keyin, lazer yoki maxsus pichoq bilan barcha keraksiz qismlarni kesib tashlaydi va jarayon takrorlanadi.

LOM texnologiyasining mohiyati quyidagicha:

1. Rulondan yoki alohida varaqdan olingan materiallar ishchi maydonchani platformasiga beriladi va uning ustiga kerakli haroratgacha qizdirilgan va zarur bosim ostida qatlamni yopishtiruvchi (laminatlovchi) rollarda "o'raladi".



2. Keyinchalik, slicerda aniqlangan yo‘l bo‘ylab (matematik SAPR / CAM modelini qatlamlarga ajratadigan 3D printer dasturi) material lazer (yoki pichoq) bilan kesilib, mahsulotning birinchi qismini hosil qiladi.

Jarayon so‘ngida olingan buyum printerdan olinishi va qoldiqlardan tozalanishi kerak (4.2.2-rasm). Keyin unga qo‘shimcha ishlov berish mumkin: (silliqlash, loklash, bo‘yash).



#### **4.2.2-rasm. Laminatsiyalangan qismga ishlov berish:**

a - qatlamli blok LOM o‘rnatish platformasidan chiqariladi; b - keraksiz materiallarning kublarini bo‘shatish uchun ular ob’ektdan olib tashlanadi; v - kublar ob’ekt yuzasidan osongina ajralib chiqadi; g - buyum yuzasini silliqlash, sayqallash yoki bo‘yash mumkin.

Pechat qilish tezligi ushbu texnologiyaning asosiy afzalliklaridan biri hisoblanadi. Bu texnologiyada suyuq polimerlarni qattiq holatga o‘tkazish yoki kukunli materiallarni pishirishga hojat yo‘q, tayyor buyumni termik qayta ishlash ham shart emas. LOM modelini shakllantirishda butun hajmni skanerlashiga hojat yo‘q, shuning uchun qalin devorlari bo‘lgan qismlarni tez ishlab chiqarish mumkin. LOM texnologiyasi, ayniqsa, aerokosmik va avtomobilsozlik sanoatida keng tarqalgan katta detallarni ishlab chiqarishda ayniqsa yuqori samara beradi.

LOM ning yagona kamchiligi – sarflanadigan materiallarni namlikdan saqlash zaruriyati va texnologiyaning aniqligi yuqori emasligi va detallashtirish darajasi bo‘yicha SLA yoki SLS pechat usullaridan bir oz pastligidir.

### **Ishlatiladigan materiallar**

Nazariy jihatdan ushbu texnologiyada har qanday materiallar qo'llanilishi mumkin: plastiklar, kompozitlar, metall folga yoki yupqa metallar, sopol, oddiy yoki laminatsiyalangan qog'oz, polimer plyonka.

### **LOM 3D-pechatning afzallik va kamchiliklari**

#### **Afzalliklari:**

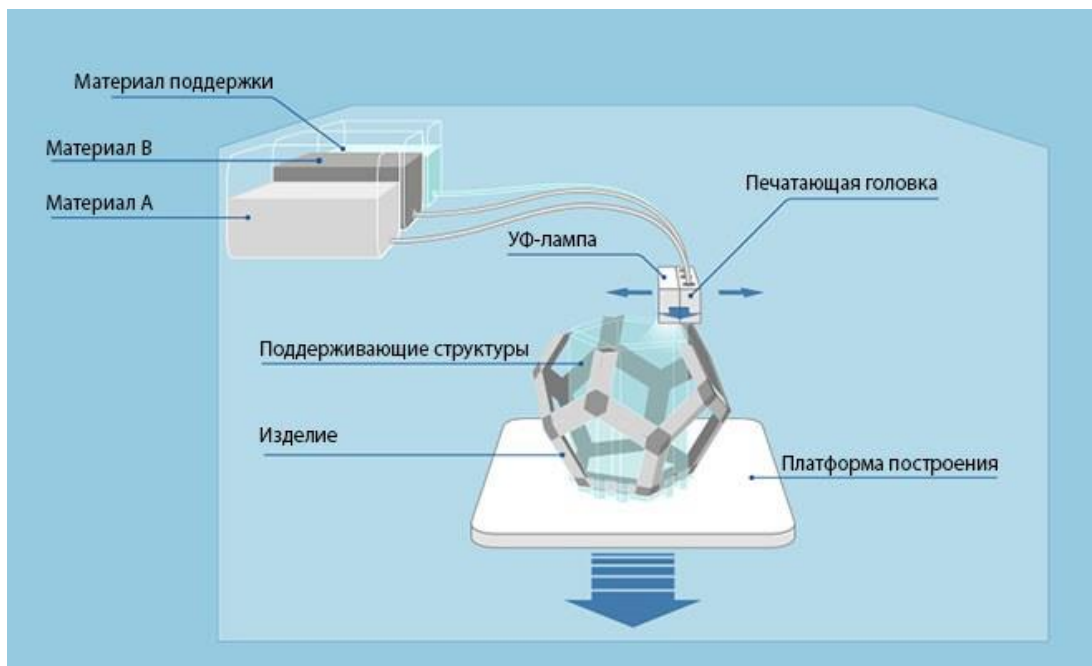
- ishlab chiqarish tannarxining pastligi;
- keng tarqalgan materiallardan foydalanish;
- ishlab chiqarish ob'ektlarining nisbatan yuqori aniqligi (0,3 mm);
- rangli modellarni ishlab chiqarish mumkinligi.

#### **Kamchiliklari:**

- Qatlamlar yo'nalishi bo'yicha mahsulotlarning etarlicha mustahkamligi;
- Delaminatsiya xavfi mavjudligi;
- kam tarqalganligi;
- 3D-printer markalarining kamligi;
- buyum sirt yuzasining dag'alligi, g'adir-budirligi.

### **2.Ko'p oqimli modellashtirish (MJM).**

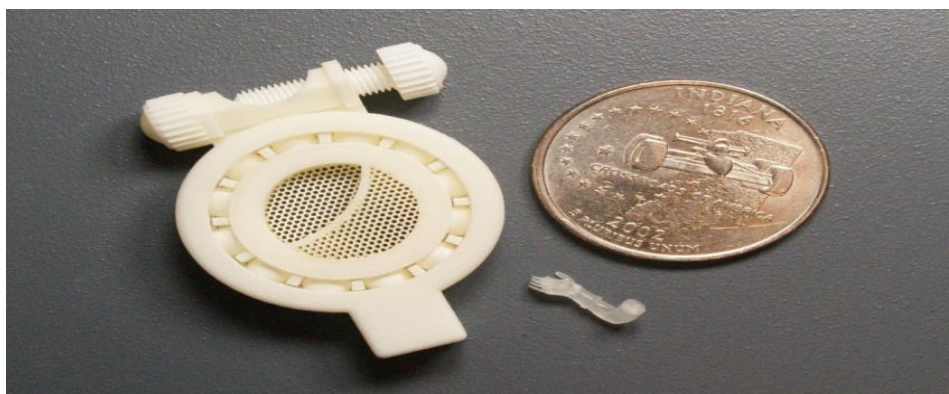
Ko'p oqimli modellashtirish texnologiyasi oqimli pechat, suyuq qatlamni yotqizish va stereolitografiya kabi 3D-pechat texnikasining xususiyatlarini birlashtiradi. Qatlamlar bir qator soplolar bilan jihozlangan maxsus pechatlash kallagi yordamida quriladi (4.2.3-rasm). Printer modellarida soplolar soni 96 ... 448 ta bo'lishi mumkin.



**4.2.3-rasm. MJM texnologiyasi bo'yicha 3D-pechat prinsipi**

Pechat qiluvchi blok ish sirti bo'ylab harakatlanadi va suyuq polimer qatlamini sepadi. Pechat qiluvchi blokdan keyin UB-lampasi joylashgan bo'lib, u materialning yangi sepilgan zarrachalarini yoritadi, natijada ular qotib, kerakli mahsulot hosil bo'ladi.

Asosiy material (mum, fotopolimer smolasi) oldindan belgilangan algoritm bo'yicha qatlamma-qatlam purkaladi va UB-chiroq bilan qotiriladi. Tayanch material bo'shliqlarni to'ldiradi va ob'ektning strukturaviy yaxlitligini saqlashga yordam beradi. Yordamchi tayanch material sifatida mum ishlatilgan konstruksiyalarida, pechat qilingandan so'ng, tayyor model pechka ichiga o'rnatiladi va mumni eritib chiqarib yuborish uchun taxminan 60 °C haroratgacha qizdiriladi.



**4.2.4-rasm. MJM texnologiyasi yuqori darajada detallashtirilgan prototiplashga imkon beradi**

Ushbu texnologiya lazer stereolitografiyasidan ko'ra yuqori aniqlikkaega (4.2.4-rasm) - qo'llaniladigan qatlamning minimal qalinligi 16 mikronni tashkil qilishi mumkin va gorizontal tekislikdagi buyum o'lchamlari 750x750x1600 dpi ga etadi.

Ko'p oqimli modellashtirish texnologiyasining afzalliklari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- qatlamning juda yupqaligi (16 mkm) va sirt konstruksiyasining o'ta aniqligi (8000 dpi);

- turli xil xususiyatlarga ega materiallardan va turli ranglardan foydalanish imkoniyati;

- printerlar juda ixcham bo'lishi mumkin.

Ko'p oqimli modellashtirish texnologiyasining kamchiliklari orasida quyidagilarni ta'kidlash lozim:

- olib tashlanadigan tayanchlarni yaratish zarurligi;

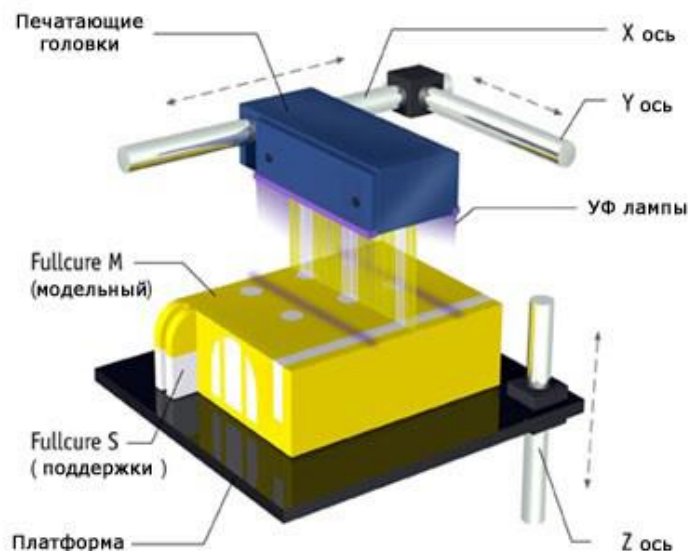
- sarflanadigan materiallar tanlovining cheklanganligi.

### **3.PolyJet texnologiyasi.**

Objet Geometries firmasi tomonidan patentlangan PolyJet texnologiyasifotopolimer materiallarini 16 mkm qalinlikdagi ultra yupqa qatlamli platformaga qatlamma-qatlam purkash prinsipi asosida ishlaydi. Bu jarayon Objet studio™ dasturi tomonidan boshqariladi.

Fotopolimerning har bir qatlami sepilgandan so'ng UB-nur yordamida qotiriladi. Tayyor buyumni qo'shimcha ravishda qotirish talab etilmaydi, ulardan o'sha zahoti foydalanishni boshlash mumkin.

Murakkab shaklli buyumlarda tayanch material sifatida gelsimon material qo'llaniladi, uni suv bilan yuvib ketkazish yoki qo'lda oson olib tashlash mumkin.



#### 4.2.5-rasm. PolyJet texnologiyasi bo'yicha pechat qilish usuli

PolyJet texnologiyasi bo'yicha 3D pechat qilish xuddi oddiy oqimli printer bilan pechat qilishga o'xshaydi. Biroq, siyoh o'rniga bu erda suyuq fotopolimer purkaladi. Keyin bu polimer UB-nur ta'sirida qotadi. Qatlamlar bir-birining ustiga qatlam bo'lib, natijada hajmiy model yoki prototip olinadi. Tayyor bo'lgan modelni darhol ishlatilish mumkin. 3D-printerda polimer materialdan tashqari, uzun chiqib turadigan joylarni va murakkab shakllarni mustahkamlash uchun maxsus gelsimon tayanch materialdan foydalaniladi. Uni osongina qo'l bilan olib tashlash yoki suv bilan yuvish mumkin. PolyJet texnologiyasi bo'yicha 3D-pechat qilish prototiplarni tez yasash barobarida quyidagi ko'rsatkichlarga ega: yuqori sifat, tezlik, yuqori aniqlik va keng miqyosdagi materiallardan foydalanish.

PolyJet texnologiyasi bo'yicha 3D-pechat qilish turli materiallar mavjud, jumladan:

- yuqori o'lchovli barqaror va sirti silliq modellarni ishlab chiqarish uchun shaffof materiallar;
- har xil rangdagi, shu jumladan oq, kulrang, ko'k va qora rangdagi qattiq shaffof bo'lmagan materiallar;
- turli xil uskunalarni jihozlash uchun murakkab buyumlarini yaratish uchun zarur bo'lgan mustahkamlik va uzoq ishlash xususiyatiga ega bo'lgan polipropilenga alternativa sifatida foydalaniladigan materiallar;

- rezinaning xususiyatlarini imitatsiya qiluvchi materiallar, bu materiallardan keng ommalashgan sirpanuvchi va yumshoq yuzali detallar yasaladi;

- yuqori haroratga chidamli materiallar, bu materiallar yuqori harorat sharoitida ishlaydigan mahsulotlarni yaratish uchun mo'ljallangan, masalan, issiq havo yoki suv muhitida;

PolyJet texnologiyasi bo'yicha dan foydalangan holda 3D-pechat qilish uchun uy printerlaridan tortib to sanoat mashinalariga qadar jihozlar ishlatiladi.

PolyJet texnologiyasining afzalliklari quyidagilardan iborat:

- yuqori sifat: qatlamning qalinligi 16 mkm bo'lgan aniqlik yuqori darajada detallashtirilgan silliq, aniq modellarni olish imkonini beradi;

- yuqori aniqlik: aniq purkash va materialning xususiyatlari orqali ingichka devorlarga ega bo'lgan modellarni olish mumkin (600 mkm yoki undan kam);

- uslubning tozaligi uni ofis xonasida qo'llash imkoniyatini beradi, bunda suyuq fotopolimer bilan kontaktda bo'linmaydi, tayanchlarni osongina olib tashlash va kallaklarni oddiy usulda almashtirish mumkin;

- yuqori pechat qilish tezligi, bir nechta qismlarni bir vaqtda olish imkoniyati va ularni qotirish shart emasligi;

- model materialini o'zgartirish tez mumkinligi va qulayligi, turli materiallardan foydalanib turli murakkab shakldagi buyumlar, ularning xususiyatlarini va rangini o'zgartirish mumkinligi, bunda tayanchmateriallar o'zgarmasdan qoladi;

- MJM texnologiyasiga nisbatan yuqori bosib chiqarish tezligi.

PolyJet Matrix texnologiyasining afzalliklari:

- real vaqtda raqamli materiallar yaratishga imkon beradi –berilgan mexanik xususiyatlarga to'liq mos keladigan kompozitsion materiallar olish mumkin;

- turli rangdagi materiallarni qo'shib ishlatish imkoniyati, iste'mol tovarlari, konstruksiyalar va boshqa sanoat tarmoqlari prototiplari uchun juda ko'p rang variantlari va tuslarini olish;

- ko'pkomponentli detallarni tayyorlashda yasash va yakuniy ishlov berish vaqtlarini qisqartiradi, ularni alohida loyihalash va ishlab chiqarish, yig'ishga zarurat qolmaydi;

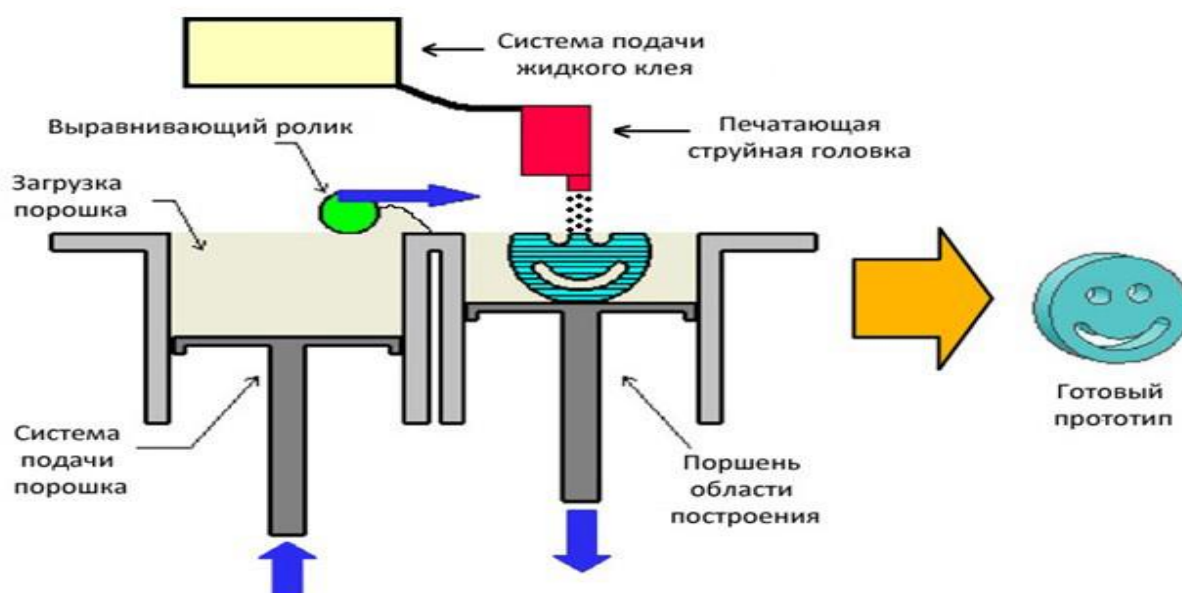
- quyish jarayonidan foydalanmasdan, loyihalashning dastlabki bosqichida prototiplash va sinovdan o'tkazish imkoniyatlari tufayli xatoliklarning paydo bo'lishini keskin qisqartiradi.

PolyJet texnologiyasining kamchiliklari:

- 3D pechatning solishtirma tannarxining yuqoriligi;
- 3D printerlarning qimmatligi.

#### 4.Oqimli 3D-pechat texnologiyasi (3DP).

3DP (Three-Dimensional Printing - uch o'lchovli bosib chiqarish )boshqa additiv texnologiyalardan jarayonning odatdagi printer prinsipi bo'yicha –pechat qiluvchi kallaklarning soplolaridanelimni berish orqali amalga oshiriladi (4.2.6-rasm). Bu usulda rangli buyumlarni olish ham mumkin.



4.2.6-rasm.3DP texnologiyasi bo'yicha 3D-pechat jarayoni

Mazmun-mohiyatiga ko'ra 3D-detalni oqimli texnologiya asosida etishtirish oddiy oqimli printerning ishini eslatadi.

STL-fayl 3D-printerga jo'natilganidan so'ng dastur CAD-modelni ko'plab gorizontal qismlarga (qatlamlarga) ajratadi. Keyin dastur pechat qiluvchi kallakning algoritmini o'rnatadi. Bunday harakatlanuvchi pechat jarayonida gips kukuniga kallakdan elim purkaladi va qotadi. Barcha qatlamlar bosib chiqarilgandan so'ng, foydalanuvchi kameradan kukun tarkibi bilan to'ldirilgan buyumni oladi. Keyin detalni kukundan tozalash (puflash) va mahkamlovchi

suyuqlik bilan qoplash (bu qo‘l bilan cho‘tka bilan amalga oshiriladi) operatsiyalari bajariladi.

### **Amaliy mashg‘ulot bo‘yicha interaktiv usullar asosidagi topshiriqlar**

1. LOM va MJM texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
2. LOM va PolyJet texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
3. LOM va 3DP texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
4. MJM va PolyJet texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
5. MJM va 3DP texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
6. PolyJet va 3DP texnologiyalarini Venn-diagrammasi asosida o‘zaro qiyoslang.
7. LOM texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
8. MJM texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
9. PolyJet texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
10. 3DP texnologiyasini SWOT-tahlil qiling.
11. Quyidagi manbani o‘rganing (<http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one/>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.
12. Quyidagi manbani o‘rganing (<http://3dprofy.ru/obrabotka-raspechatannykh-modelejj-pos/>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.
13. Quyidagi manbani o‘rganing (<http://3dprofy.ru/3d-redactory-s-podderzhkojj-stl/>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.
14. Quyidagi manbani o‘rganing (<http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one-populyarnyjj-rossijjskijj-3d-p/>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.
15. Quyidagi manbani o‘rganing ([3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/](http://3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/)) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.



16. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
17. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/obzor-sovremennykh-3d-printerov/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
18. Quyidagi manbani o'rganing (<https://ru.coursera.org/lecture/additivnye-tehnologii/tiekhnologhii-sla-slm-crhez>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
19. Quyidagi manbani o'rganing (<https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
20. Quyidagi manbani o'rganing (<https://fea.ru/news/6147>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
21. Quyidagi manbani o'rganing (<https://sk.ru/net/p/media.aspx?%25252525253Bpi2287233=67&PostSortBy=MostViewed&pi2287233=121>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
22. Quyidagi manbani o'rganing ([https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet\\_technology/](https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet_technology/)) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
23. Quyidagi manbani o'rganing (<http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.

### **3-amaliy mashg'ulot: Raqamli-dasturli boshqariladigan**

#### **stanoklar uchun dastur yozish.**

#### **Nazariy qism**

#### **Reja:**

1. Dasturlash asoslari.
2. Dastur yozish.

**Ishdan maqsad:** Raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklarni o'rganish.

#### **1. Dasturlash asoslari.**

##### **1.1. Umumiy ma'lumotlar**

CHPU stanogida har bir ishlanadigan detal uchun dastur tuziladi, bunda uning konturining tayanch nuqtalari, keskichning harakat traektoriyalari ko'rsatiladi. Texnologik axborotda esa aylanish tezligi, keskichni uzatish tezligi va boshqa parametrlar ko'rsatiladi.

Boshqaruvchi dastur ketma-ket joylashgan kodlar yordamida yoziladi. Dasturlash tili odatda ISO 7-bit yoki "G va M kodlar tili" deb yuritiladi. Kodlar halqaro standartlash tashkiloti (ISO) tomonidan ishlab chiqilib ISO 6983- 1:1982 va GOST 20999-83 hujjatlarida keltirilgan. Kodlar ikkilik raqamli n ta axborot tashuvchi ikkilik razryadlarda ifodalanadi.

Amaliyotda texnolog-dasturchi boshqaruv dasturini uch xil usulda tuzishi mumkin:

- qo'lda dasturlash, bu ko'nikma barcha dasturchilar uchun zarur, buni bilgan mutaxassis keng imkoniyatlarga ega bo'ladi;
- CHPU stanogi klaviaturasi va displeyida dasturlash;
- CAD/CAM tizimi yordamida dasturlash, bu tizim har qanday dasturlash jarayonini avtomatlashtirishga imkon beradi, qiyin matematik hisoblardan halos qiladi, aniqlikni oshiradi va dastur yozish jarayonini tezlashtiradi.

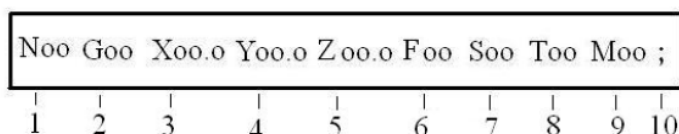
##### **1.2. Boshqaruv dasturining tuzilmasi**

CHPU stanogida zagotovkaga ishlov berish uchun kadrlarga birlashtirilgan bir nechta buyruqlarni bajarish lozim bo'ladi.

Boshqaruv dasturi % belgisi bilan boshlanadi. Har bir kadr o‘zidan oldingi kadrda tayangan holda dasturlanadi. Kadrlar boshqaruv dasturining bir qismi sifatida, kamida bitta buyruq bilan yoziladi (GOST 20523-80).

Kadrlardagi axborotlar ikki xil harakatlarni – tayyorgarlik yoki ishchi harakatlarni bajarish uchun zarur.

Tayyorgarlik harakatlari ish harakatini amalga oshirishga yoki to‘xtatishga tayyorlaydi. Ish harakatlari keskichni berilgan traektoriya bo‘ylab harakatlantiradi. Bitta kadrning tuzilmasi 4.3.1-rasmda keltirilgan.



#### 4.3.1-rasm. Bitta kadr tuzilmasi:

1 – kadrning tartib raqami; 2 – tayyorlov buyrug‘i; 3, 4, 5 –, Y, Z o‘qlari bo‘yicha harakatlanish traektoriyalarining koordinata nuqtalari, mm; 6 –uzatish tezligi, mm/min; 7 – shpindelning aylanish chastotasi, min<sup>-1</sup>; 8 – stanok magazinidagi asbob raqami; 9 – yordamchi funksiya; 10 – kadr oxiri simvoli.

Har bir kadr “Kadr raqami” (N), axborot so‘zlari va “Kadr oxiri” so‘zlarini o‘z ichiga olishi zarur. Kadr kamida raqam va bitta buyruqdan iborat bo‘ladi, masalan, N30 M30.

Ma’lumotlarning axborot so‘zlari quyidagi ketma-ketlikda yoziladi:

- tayyorlov funksiyalari ma’lumotlarining so‘zlari;
- chiziqli ko‘chish ma’lumotlarining so‘zlari (manzillar ketma-ketligi bilan) X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C;
- interpolyasiya ma’lumotlari so‘zlari I, J, K;
- uzatish, bosh harakat, asbob funksiyasi va yordamchi funksiyalar ma’lumotlarining so‘zlari.

Boshqaruv dasturini kompyuterda “Bloknot” muharririda ham yozish mumkin. Bunda har bir kadr yangi qatordan yoziladi. Kadr oxirida bosiladigan ko‘rinmaydigan “Enter” buyrug‘i kadrning oxirigi kodi bo‘lib xizmat qiladi. SHu sababli kadrning oxirini bildiruvchi “;” simvolini “Bloknot” muharririda ko‘rsatish shart emas.

Ma'lumotlar so'zi boshqaruvchi dasturning asosiy elementi hisoblanadi. Har bir so'z manzil va raqamdan tashkil topadi, masalan G91, M30, X10 va h.k.CHPU nazariyasida so'zning harfli qismi manzilgi bildiradi (GOST 20523-80).

Masalan:

– S6000 (birinchi harf S (inglizcha speed – tezlik) manzilni, ma'lumotlar esa shpindelning aylanishlar sonini ( $6000 \text{ min}^{-1}$ ) bildiradi);

– F1000 (uzatish harakati tezligi F harfi bilan belgilangan F (inglizchada feed – uzatish) va ma'lumotlari ( $1000 \text{ mm/min}$ ) keltirilgan);

– T2 (inglizcha tool - «instrument, asbob», va ma'lumoti 2 magazinning qaysi katagida ushbu asbob joylashganini ko'rsatadi).

Ko'chishni ifodalovchi so'zlar (+) yoki (-) ishoralariga ega bo'lishlari mumkin. Ishora yo'q bo'lsa u (+) deb qabul qilinadi.

Kadrlardagi so'zlarr soni o'zgarib turadi, masalan, ular bittadan to 15 tagacha bo'lishi mumkin.

Boshqaruv dasturi kadridagi so'z belgilangan formatda (ko'rinishda va tartibda) yozilishi zarur va CHPU tizimining talablariga javob berishi kerak.

ISO 7-bit kodida 4.3.1-jadvalda keltirilgan manzillar qo'llaniladi.

So'zlarda raqamning butun qismi kasr qismidan nuqta bilan ajratiladi. Ahamiyatsiz nollarni yozmaslik mumkin, masalan, X250.500 emas X250.5 shaklida yozish ham mumkin.

Barcha chiziqli ko'chishlar mm da va uning o'ndan birigacha ulushda ifodalanishi zarur. Uzatish tezligi mm/min birligida ifodalanishi zarur.

### **So'zlarning modalligi.**

Boshqaruv dasturining so'zlari modal hisoblanadi, ya'ni bitta kadrda so'z yozilgan bo'lsa, uning ta'siri keyingi kadrlarga ham o'tadi, bu toki so'zning qiymati o'zgarmaguncha yoki so'z funksiyasi o'chirilmagunga qadar davom etadi. Modallikni qo'llagan holda boshqaruv funksiyasining matn qismini qisqartirish mumkin.

### **1.3. Tayyorlov funksiyalari**

Ko'pchilik CHPU li stanoklar ISO-7bit universal xalqaro dasturlash tiliga mos tarzda ishlaydi. Shu sababli, quyida GOST 20999-83 da bayon qilingan ISO-7bit universal xalqaro dasturlash tilini ko'rib chiqamiz.

4.3.1-jadval

Manzillar va ularning funksiyalari

Funksiya	Manzil	Mazmuni
Kadr raqami	N	Kadr raqami
Tayyorlov funksiyasi	G	Ishchi organ harakatining turini belgilash
O'lchamli so'zlar	X,Y,Z A,B,C,U,V,W I,J,K	Stol koordinatalari, qo'shimcha o'qlar bo'yicha ko'chish uchun buyruqlar. Aylana yoyi markazigacha bo'lgan masofa
Uzatish kattaligi	F	Uzatish kattaligini berish
SHpindelning aylanish chastotasi	S	Shpindel aylanishlari sonini, bosqich kodini yoki kesish tezligini belgilash
Instrument raqami	T	Izlash uchun instrument raqamini berish
Yordamchi funksiya	M	Stanokdagi ikki pozitsiyali (yoqish-o'chirish) boshqaruvchiga ko'rsatma
Asbob haqida ma'lumotlarni saqlovchi korrektor raqami	H D DR	Asbob korrektori raqamini berish Korreksiya uchun: - uzunlikka; - radiusga; - qayrilishga.
Pauza	E	Pauza qiymatini berish
Podprogrammani chaqirish	P	Podprogrammani chaqirish buyrug'i
Aylana yoyi radiusi	R	Dasturlash uchun aylana yoyi radiusini berish

Boshqaruv dasturidagi tayyorlov funksiyalari G manzilga ega va bir-ikki honali son bilan so'zlar yordamida yoziladi.

Ular keskichning ishlov beriladigan zagotovkaga, stanok koordinatalari tizimiga, koordinatalar yuzasiga nisbatan ko'chishga tayyorlaydi, keskichning harakatlariga tuzatish kiritishadi, podprogrammalarini, pauzalarini chaqirishadi va h.k. Eng ko'p ishlatiladigan so'zlar 4.3.2-jadvalda keltirilgan.

4.3.2-jadval

Eng ko'p ishlatiladigan G tayyorlov funksiyalarining kodlari ro'yxati

Tayyorlov	Vazifasi
-----------	----------

funksiyasi	
G00	Tezlashtirilgan ko'chishdagi chiziqli interpolyasiya
G01	Uzatish tezligining chiziqli interpolyasiyasi
G02	Soat strelkasi bo'yicha aylanish interpolyasiyasi
G03	Soat strelkasiga teskari aylanish interpolyasiyasi
G04	P millisekundga pauza
G06	Parabolik interpolyasiya, parabola yoyini olish
G09	Dasturlashtirilgan nuqtaga yaqinlashganda to'xtash
G16	Yuza ko'rsatilmagan dasturlash
G17	XY tekisligini tanlash
G18	XZ tekisligini tanlash
G19	YZ tekisligini tanlash
G21	Ko'chishlarni mm da kiritishni ta'minlaydi
G34	Rezbani kattalashish qadami bilan kesish
G35	Rezbani kichiklashish qadami bilan kesish
G40	Freza radiusiga kiritilgan tuzatishlarni avtomatik ravishda bekor qiladi
G41	Frezaga chapdan tuzatish kiritish, freza uzatish yo'nalishida harakatlanayotganda ishlov beriladigan yuzadan chapda joylashgan
G42	Frezaga o'ngdan tuzatish kiritish, freza uzatish yo'nalishida harakatlanayotganda ishlov beriladigan yuzadan o'ngda joylashgan
G43	Asbobning holatiga musbat tuzatish kiritish; tuzatish qiymatini kadrda berilgan koordinatadan ayirish kerakligini ko'rsatadi
G44	Asbobning holatiga manfiy tuzatish kiritish; tuzatish qiymatini kadrda berilgan koordinata bilan qo'shish kerakligini ko'rsatadi
G49	Asbob uzunligining kompensatsiyasini bekor qiladi
G53	Nol ko'chishini bekor qilish, G54...G59 buyruqlaridan birortasini bekor qiladi
G54	CHPU tizimiga berilgan koordinatalar tizimiga o'tishga imkon beradi
G54... G59	Nolning siljishini boshlash, detalning nol nuqtasini stanokning dastlabki nuqtasiga nisbatan siljitadi
G80	Barcha oldin o'rnatilgan doimiy ishlov berish sikllarini bekor qiladi
G90	Absolyut koordinatalarda dasturlash
G91	Nisbiy koordinatalarda dasturlash
G92	Detalning koordinatasi boshini tanlash
G93	Teskari vaqt yo'nalishida uzatish tezligi; F manzilidagi raqam kadrda ishlov berish uchun zarur bo'lgan teskari vaqt (minut) qiymatiga teng.
G94	Uzatishni dasturlash, mm/min
G95	Uzatishni dasturlash, mm/ayl
G96	Doimiy kesish tezligini ko'rsatuvchi raqam; u S manzilidan keyin turadi, uning qiymati kesish tezligiga (m/min) teng, bunda shpindelning aylanish chastotasi dasturlangan kesish tezligini ushlab turish uchun avtomatik ravishda sozlanadi.

Izoh. G04; G53; G92 tayyorlov funksiyalari modal emas, ular faqat ko'rsatilgan kadrlarda amal qiladi.

#### 1.4. Texnologik axborot

Boshqaruv dasturida nafaqat koordinatalar harakatining geometrik parametrlari, balki stanokning boshqa ijrochi organlarining harakatlari ham yoziladi. Texnologik axborot uzatish (F), keskichning aylanish chastotasi (S), asbob raqami (T) so'zlarini o'z ichiga oladi. Dasturda yana yordamchi funksiya M harakatlari ham ko'zda tutiladi.

Uzatish F ma'lumotlari so'zi manzil F va uch xonali sondan iborat bo'ladi. So'z zagotovkalariga kesish usulida ishlov berishda mm/min o'lchov birligidagi uzatish tezligini belgilaydi. Masalan, F120 deganda, 120 mm/min qiymatdagi uzatish tezligi tushuniladi.

Keskichning aylanish chastotasi S so'zi shpindelning minutiga aylanishlar chastotasini boshqaradi. U manzil S va minutiga aylanishlar sonini o'z ichiga oladi. Ushbu so'z keyingi shunday so'zgacha amal qiladi, u hatto ishlamayotgan stanokda ham amal qiladi. Masalan, S6000 deganda keskichning aylanish chastotasi  $6000 \text{ min}^{-1}$  ekanligi tushuniladi.

Keskich ma'lumotlari T so'zi manzil (T) va xohlagan uzunlikdagi shartli raqamdan iborat bo'ladi. Raqamlarning birinchi guruhi asbobning magazinda saqlanish raqamini bildirsa, ikkinchi guruh asbobning korrektori raqamini bildiradi. Masalan, T0215 deganda asbob stanok magazinining ikkinchi katagida joylashgani va korrektorining raqami 15 ekanligi tushuniladi. Diametr yoki asbob uzunligi korreksiyalarini (kompensatsiyalarni) yozish uchun boshqa D yoki H manzillaridan foydalanishga ruxsat etiladi. Manzildan keyingi raqamlar soni muayyan CHPU qurilmasining formatiga mos kelishi kerak.

Yordamchi funksiya ma'lumotlari M so'zi manzil M va unga qo'shiladigan birdan to'rt xonaligacha bo'lgan raqamlardan tashkil topadi. Bular texnologik kodlar hisoblanadi. Ular quyidagi harakatlarni boshqaradi:

- asbobni almashtirish;
- shpindelni yoqish/o'chirish;

– podprogrammani chaqirish/tugatish.

M funksiyalari turli harakatlarni chaqirishi mumkin, biroq ularning asosiy qismi standart funksiyalardir (4.3.3-jadval).

4.3.3-jadvali

#### YOrdamchi funksiyalar

Kod	Vazifasi
M00	Boshqaruv pultida «start» tugmasibosilgunchastanokningishinito‘xtatib turadi (texnologik to‘xtash).
M01	Boshqaruv pultida «start» tugmasibosilgunchastanokningishinito‘xtatib turadi (agar to‘xtashni tasdiqlovchi rejim yoqilgan bo‘lsa).
M02	Dasturning oxiri
M03	Shpindelning aylanishini soat strelkasi bo‘yicha boshlash.
M04	Shpindelning aylanishini soat strelkasiga teskari yo‘nalishda boshlash.
M05	Shpindelning aylanishini to‘xtatish
M06	Asbobni almashtirish
M08	Shpindelni sovutishni boshlash
M09	Shpindelni sovutishni to‘xtatish
M19	Shpindelni belgilangan pozitsiyada to‘xtatish
M30	Axborotning oxiri
M98	Podprogrammani chaqirish
M99	Podprogramma oxiri, asosiy dasturga qaytish
M30	Dasturning oxiri, uning boshiga qaytish

### 1.5. Harakat traektoriyasining nazorat nuqtalari

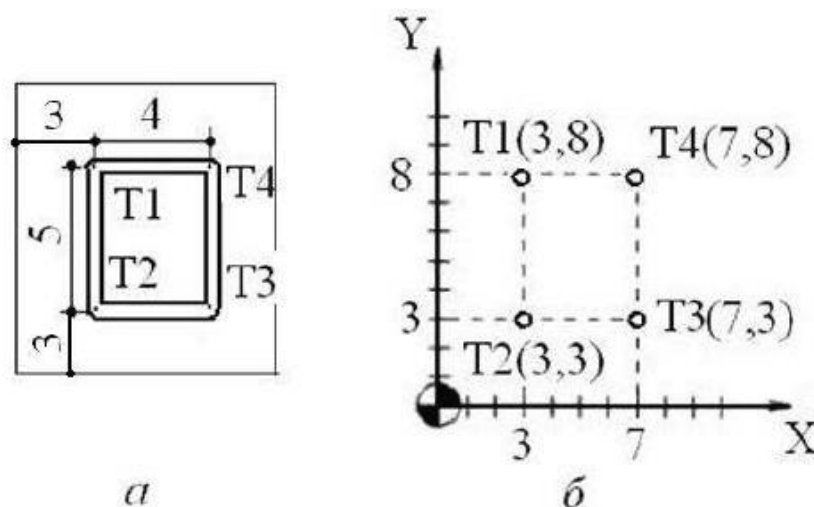
Konstruktorlik hujjatlarida har bir buyum to‘g‘rito‘rtburchakli proeksiyalash metodi bo‘yicha bajarilgan chizma bilan tasvirlanadi.

Bunda o‘lchamlari aniqlanadigan detalning xarakterli nuqtalari koordinatalari  $x, y$  bo‘lgan tekislikda yoki  $x, y, z$  koordinatalari bo‘lgan muhitda to‘rtburchakli dekart koordinatalar tizimidagi koordinatalar bilan belgilanishi mumkin.

4.3.2-rasmda 5 mm chuqurlikka ega bo‘lgan yopiq o‘yiq bajarilgan detal ko‘rsatilgan. Dasturlash uchun o‘yiqningxarakterli nuqtalarining koordinatalarini absolyut yoki nisbiy o‘lchash usullari yordamida aniqlash mumkin.



Absolyut o‘lchov usulida nuqtalarning koordinatalari koordinatalarning umumiy boshidanboshlab o‘lchanadi (2.3.4-jadval).



4.3.2-rasm. Koordinatalar tizimida traektoriyani dasturlash:  
a – buyum chizmasi; b – absolyut koordinatadan hisoblash.

Nisbiy usulda o‘lchashda hisob boshi doim o‘zgarib turadi va har safar stanokning ijrochi organining keyingi nuqtaga ko‘chishdan oldingi holati hisob boshi deb olinadi. T1 koordinatalari umumiy koordinatalar boshidan, T2 – T1 nuqtasidan, T3 – T2 nuqtasidan, T4 – T3 nuqtasidan hisoblanadi.

Nisbiy koordinatalar qiymatini absolyut koordinatalar bo‘yicha quyidagi qoida bo‘yicha aniqlash mumkin: “Keyingi nuqtaning koordinatalari keyingi va avvalgi nuqtalarning absolyut koordinatalarining farqi sifatida aniqlanadi”.

2.3.4-jadval

O‘yiqning tayanch nuqtalari

Nuqtalar	Absolyut koordinatalar		Nisbiy koordinatalar	
	X o‘qi bo‘yicha	Y o‘qi bo‘yicha	X o‘qi bo‘yicha	Y o‘qi bo‘yicha
T1	3	8	3	8
T2	3	3	0	-5
T3	7	3	4	0
T4	7	8	0	5

### 1.6. Interpolyasiya

CHPU stanogida mexanik ishlov berishda keskich ko‘chishining murakkab egri chiziqli traektoriyalari to‘g‘ri chiziq va aylana yoylarining ko‘plab elementar kesmalari bilan almashtiriladi.

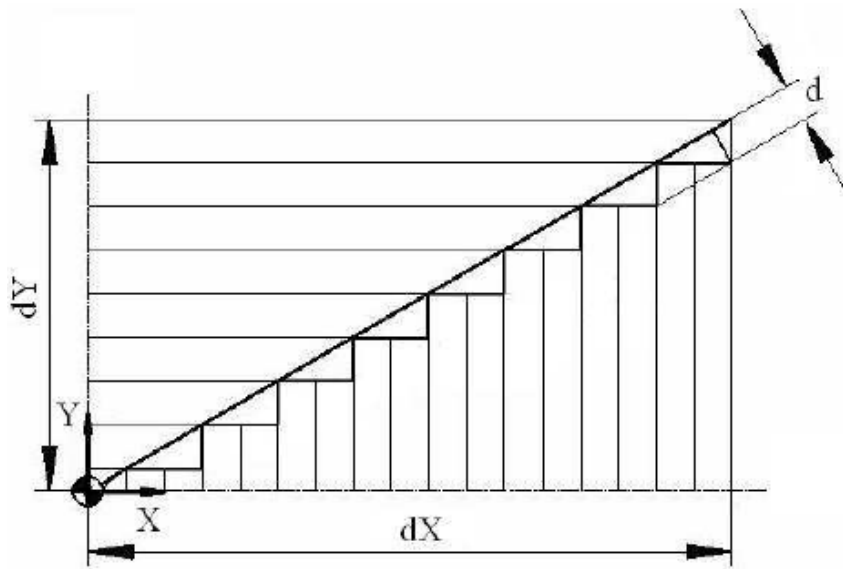
### 1.6.1. Chiziqli interpolyasiya

Keskichning ko'chishining to'g'ri burchakli traektoriyasini ko'plab koordinatalar o'qlariga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqli ko'chishlarga bo'laklash mumkin. Bunday ko'chishlar CHPU nazariyasida interpolyasiya deb yuritiladi. Bunday ko'chishlarni bajarish uchun CHPU tizimi elementar ko'chishlarni bajarish uchun oraliq nuqtalar traektoriyalarini hisoblovchi maxsus elektron blokka – interpolyatorga ega.

Interpolyator dastlab ikkita nuqta koordinatasi bo'yicha to'g'ri chiziq tenglamasini hisoblaydi. Keyin  $x=0,01$  mm qiymat qabul qilinadi va to'g'ri chiziqning tenglamasi bo'yicha  $y$  ning qiymati topiladi. Keyin  $x$  va  $y$  qiymatlari  $X$  va  $Y$  o'qlari bo'yicha ko'chishlarga aylantiriladi. Keyin jarayonlar ko'p martalab takrorlanadi. SHunday qilib, chiziqli interpolyasiya ko'plab mayda ko'chishlar tarzida har bir o'q bo'yicha navbati bilan bajariladi.

Keskichning start nuqtasidan, masalan,  $T1$  nuqtasidan berilgan  $T2$  nuqtasigacha bosilgan mayda qadamlar to'g'ri chiziq bo'ylab harakatga aylanadi. Bu erda stanok asbobni to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlantirayapti, deb hisoblash mumkin. Turli stanoklar uchun interpolyasiya qadami  $0,001$  yoki  $0,01$  mm ga teng bo'ladi (4.3.3-rasm).

Rasmda ko'rsatilganidek, to'g'ri chiziqni  $Y$  o'qida akslantirish uchun bir impuls,  $X$  o'qida akslantirish uchun esa ikkita impuls beriladi.  $d$  ning qiymati belgilangan traektoriyadan og'ishni belgilaydi. Biroq, agar qadam katta bo'lmasa bir impuls ga ko'chishlardan iborat siniq chiziqlarni tekis chiziq sifatida qabul qilish mumkin.

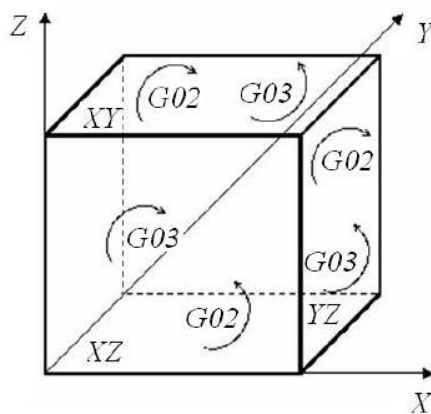


4.3.3-rasm. CHiziqli interpolatsiya

Shunday qilib, chiziqli interpolatsiya deganda ishchi organning to'g'ri chiziqli harakatiga erishish uchun bir vaqtning o'zida ikki o'q yo'nalishlari bo'yicha harakati tushuniladi. Buning uchun boshqaruvchi dasturning kadrda G01 kodi – chiziqli interpolatsiya kodi ko'rsatiladi. G01 kodi uchun kadrda uzatish tezligi qiymati ko'rsatiladi. Bo'sh yurish vaqtida harakat tezlashtirilishi ham mumkin, bu amal G00 kodi orqali ta'minlanadi. G00 kodi uchun kadrda uzatish tezligi ko'rsatilmaydi.

### 1.6.2. Aylanma interpolatsiya

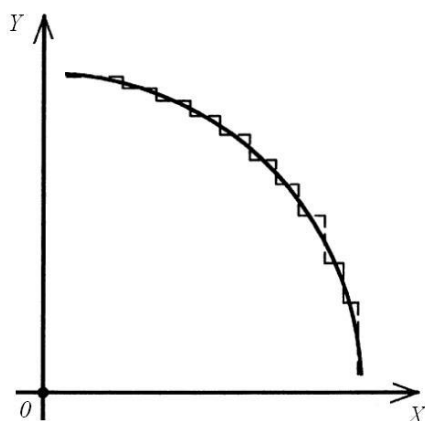
Aylana yoki aylana yoyi bo'yicha harakatni ta'minlash uchun CHPU tizimida G02, G03 kodlari (mos ravishda soat strelkasi yo'nalishida va soat strelkasiga teskari yo'nalishda) qo'llaniladi. Aylanma harakat yo'nalishini aniqlash uchun koordinatalar markazidan ma'lum bir o'q bo'ylab biror musbat masofada turib koordinatalar boshiga qaragan holda soat strelkasi yoki unga teskari yo'nalishda aylanishlardagi yo'nalishlar qabul qilinadi (4.3.4-rasm).



4.3.4-rasm. XY, XZ, YZ tekisliklarida aylanma ko'chishlarni belgilash.

Aylanma interpolyatsiyani dasturlash uchun G17 kodi– XY, G18 kodi –XZ, G19 kodi –YZ tekisligida dasturlash uchun qo'llaniladi.

Aylana yoyi bo'yicha harakatlanish uchun chizitsli approksimatsiya amalga oshiriladi, bunda yoy – qisqa to'g'ri kesmalar bilan, to'g'ri kesmalar esa – tomonlari koordinata o'qlariga parallel bo'lgan zinalar bilan almashtiriladi. Shunday qilib, aylana yoyi zinasimon chiziqlar bilan almashtiriladi, zinalar qadami kichik bo'lganda kesmalar yoy shakliga yaqinlashadi (4.3.5-rasm).



4.3.5-rasm. Aylanma interpolyatsiya.

CHPU tizimi quyidagi talablarga rioya qilgan holda har bir elementar harakat kattaligini mustaqil ravishda belgilaydi:

- elementar harakat traektoriyasining aylana yoy traektoriyasidan chetga chiqishi ishlov berilayotgan yoyning dopusk maydonining 15-25% idan oshmasligi kerak;

- koordinata o'qlari bo'ylab elementar harakatlar bir-biri bilan muvofiqlashtirilishi kerak, shunda ular bir vaqtda boshlang'ich nuqtadan harakatni boshlashadi va bir vaqtda so'nggi nuqtada to'xtashadi.

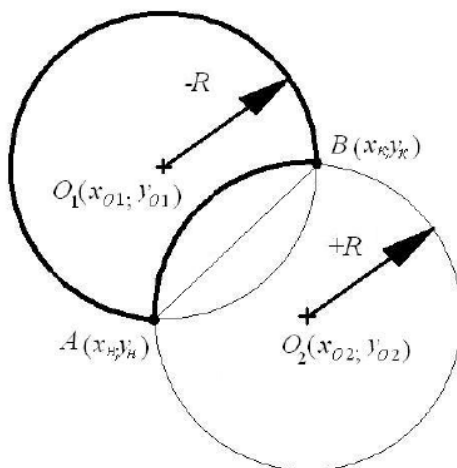
Dasturlashda aylana uning markazining radiusi yoki koordinatalari bilan aniqlanadi.

## 1.7. Aylana va uning elementlarini dasturlash usullari

### 1.7.1. Birinchi usul – aylana radiusi bo'yicha dasturlash

Mahsulot chizmasida boshlang'ich  $A(x_n, y_n)$  va  $B(x_k, y_k)$  nuqta koordinatalari berilgan bo'lsin, ular orqali  $R$  radiusli aylananing yoyi o'tadi (4.3.6-rasm).

Ko'rsatilgan nuqtalar orqali  $AB$  to'g'ri chiziqdan va  $\pm R$  radius qiymatlaridan o'ng va chap tomonda joylashgan  $O_1$  va  $O_2$  nuqtalarida markazlari bo'lgan ikkita doirani chizish mumkin.



4.3.6-rasm. Ikki nuqtadan o'tuvchi aylana yoyining holati

Endi, aylana maydonidan uning segmentini ajratuvchi  $AB$  xordani chizamiz va quyidagi qoidalarni hisobga olamiz.

Agar segment yarim doiradan kichik bo'lsa va aylana markazi segmentdan tashqarida bo'lsa, aylana radiusi musbat (+) ishoraga ega bo'ladi. Agar segment yarim doiradan katta bo'lsa va aylana markazi segmentning ichkarisida bo'lsa, aylana radiusi manfiy (-) ishoraga ega bo'ladi. Agar  $AB$  xordaning qiymati aylananing diametriga teng bo'lsa (aylana yoyi  $180^\circ$  burchakka tayansa), aylana radiusi musbat (+) ishoraga ega bo'ladi.

Shunday qilib, yoyni dasturlashda uning oxirgi nuqtalari va radiusi ko'rsatiladi.

**1.7.2. Ikkinchi usul – aylana markazi koordinatalar bo'yicha dasturlash**  
Aylana yoki uning yoyini dasturlash uchun aylananing markazi ko'pincha X, Y, Z o'qlari bo'ylab joylashgan I, J, K qo'shimcha o'qlarining nisbiy (ortib boruvchi) koordinatalari bilan belgilanadi. I, J, K o'qlarining parametrlari A boshlang'ich nuqtasi va aylana yoyning markazi M orasidagi masofani belgilaydi. Ishora vektorning A dan M ga yo'nalishi bo'yicha aniqlanadi.

Aylana yoyini ifodalash uchun so'nggi nuqtaning koordinatalari belgilanadi va I, J, K o'qlari yordamida aylana markazining nisbiy koordinatalari aniqlanadi. Buning uchun boshlang'ich nuqta aylana markazining radius-vektori bilan birlashtiriladi va vektorning koordinatalari va oxirining ishorasi aniqlanadi.

### **1.7.3. Misollar**

Quyida har xil aylana yoylarini loyihalash uchun dastur yozish bo'yicha misollar keltirilgan.

**Misol 1.** Berilgan. Aylana yoyi AV (4.3.7a-rasm).

1-usul bo'yicha echim. Boshlang'ich nuqta A. Shartli ravishda Abxordani o'tkazamiz. Xorda bilan ajratilgan segment, yarim doiradan kichik va aylana markazi segmentdan tashqarida joylashgan, demak, aylana radiusi plyus (+) ishorasiga ega. Boshqaruv dasturining kadri quyidagicha bo'ladi:

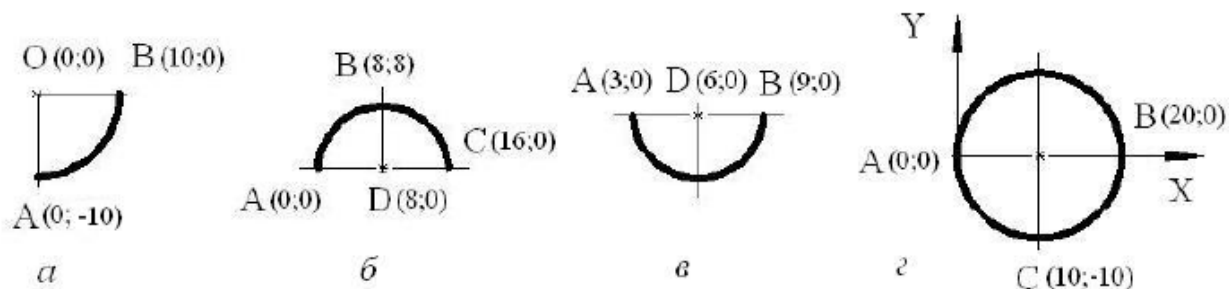
N20 G17 G03 X10.0 Y0.0 R10;

Kadrda quyidagilar yozilgan: N20 - kadr raqami; G17 –XY tekisligini tanlash; G03 - keskichning soat strelkasiga teskari yo'nalishda ko'chishi (soat strelkasiga teskari aylanish interpolyasiyasi); X10.0, Y0.0 - B so'nggi nuqtaning koordinatalari; R10 - dumaloq yoy radiusi qiymati.

2-usul bo'yicha echim. Boshlang'ich nuqta Adan aylana yoyi markaziga radius-vektor o'tkazamiz va radius-vektor koordinatalarini topamiz. Natijada X=0, Y=+10 ni olamiz. Dastur kadri quyidagicha bo'ladi:

N20 G17 G03 X10.0 Y0.0 I0.0 J+10;

Kadrda quyidagilar yozilgan: N20 - kadr raqami; G17 – XY tekisligini tanlash; G03 - keskichning soat strelkasiga teskari yoʻnalishda koʻchishi (soat strelkasiga teskari aylanish interpolyasiyasi); X10.0, Y0.0 - B soʻnggi nuqtaning koordinatalari; I0.0 – X oʻqiga parallel I oʻqi boʻyicha aylana markazining koordinatalari; J+10 – Y oʻqiga parallel J oʻqi boʻyicha aylana markazining koordinatalari;



4.3.7-rasm. Aylanalarni dasturlash namunalari

**Misol 2.** Berilgan. Aylana yoyi AV (4.3.7a-rasm). Boshlangʻich nuqta B.

1-usul boʻyicha echim. Shartli ravishda Baxordani oʻtkazamiz. Xorda bilan ajratilgan segment, yarim doiradan kichik va aylana markazi segmentdan tashqarida joylashgan, demak, R ning ishorasi (+). U holda quyidagi kadrda ega boʻlamiz:

N20 G17 G02 X00.0 Y-10.0 R10;

2-usul boʻyicha echim. Oxirgi nuqta A ning koordinatalarini yozamiz: A – X0.0 Y-10.0; BO radius-vektor oʻtkazamiz va u boʻyicha I,J oʻqlari yordamida B nuqtasiga nisbatan O markazning koordinatalarini yozamiz O(-10;0).Dastur kadri quyidagicha boʻladi:

N20 G17 G02 X0.0 Y-10.0 I-10.0 J0;

bu erda: G02 – keskichning soat strelkasi boʻyicha harakatlanishini belgilovchi kod.

**Misol 3.** Berilgan. Aylana yoyi okrujnosti AVS (4.3.7b-rasm). Boshlangʻich nuqta A.

1-usul boʻyicha echim. ABC yoyini ikkita yoyga ajratish mumkin: radiusi 8 mm boʻlgan AB va BC yoylari. SHartli ravishda ABva BCxordalarnioʻtkazamiz. Xordalar bilan ajratilgan segment, yarim doiradan kichik va aylana markazi

segmentdan tashqarida joylashgan, demak, R ning ishorasi (+). U holda quyidagi kadrğa ega bo‘lamiz:

- AB yoyi uchun:  $N25 G17 G02 X8.0 Y8.0 R+8$ ;

- BC yoyi uchun:  $N26 G17 G02 X16.0 Y0.0 R+8$ ;

2-usul bo‘yicha echim. Maslani I,J ma‘lumot so‘zlari yordamida echamiz.

Boshlang‘ich A nuqtadan aylana markazidagi D nuqtaga shartli ravishda radius-vektor o‘tkazamiz va X va Y o‘qlariga parallel bo‘lgan I,J o‘qlarida uning koordinatalarini aniqlaymiz. U holda kadr quyidagicha yoziladi:

– AV yoy uchun  $N25 G17 G02 X8.0 Y8.0 I8 J0$ ;

–VS yoy uchun  $N26 G17 G02 X16.0 Y0.0 I0 J-8$ ;

–AVS yoy uchun  $N27 G17 G02 X16.0 Y0.0 I8 J0$ ;

**Misol 4.** Berilgan. Aylana yoyi AVS (4.3.7b-rasm). Boshlang‘ich nuqta C.

Echim. Y Arim aylana uchun kadr:

$N25 G17 G03 X0.0 Y0.0 R+8$ ;

yoki  $N27 G17 G03 X0.0 Y0.0 I-8 J0$ ;

**Misol 5.** Berilgan. Aylana yoyi AV (4.3.7v-rasm).

Echim.

Boshlang‘ich nuqta A uchun kadr:

$N30 G17 G03 X9.0 Y0.0 R+3$ ;

yoki  $N31 G17 G03 X9.0 Y0.0 I+3 J0$ ;

Boshlang‘ich nuqta B uchun kadr:

$N40 G17 G02 X3.0 Y0.0 R+3$ ;

yoki  $N41 G17 G02 X3.0 Y0.0 I-3 J0$ ;

**Misol 6.** Berilgan. Yopiq aylana (4.3.7g-rasm).

Echim. Masalani echish uchun aylanani to‘rtta yoki ikkita qismga ajratish va har biriga kadr yozish mumkin. Traektoriyaning boshlang‘ich va oxirgi nuqtalari A nuqtasida joylashgan. Kadrlar:

$N50 G17 G02 X0.0 Y0.0 I+10 J0$ ;



yoki

N51 G17 G02 X10.0 Y-10.0 R-10;

N52 G17 G02 X0.0 Y0.0 R+10

## **2.Dastur yozish.**

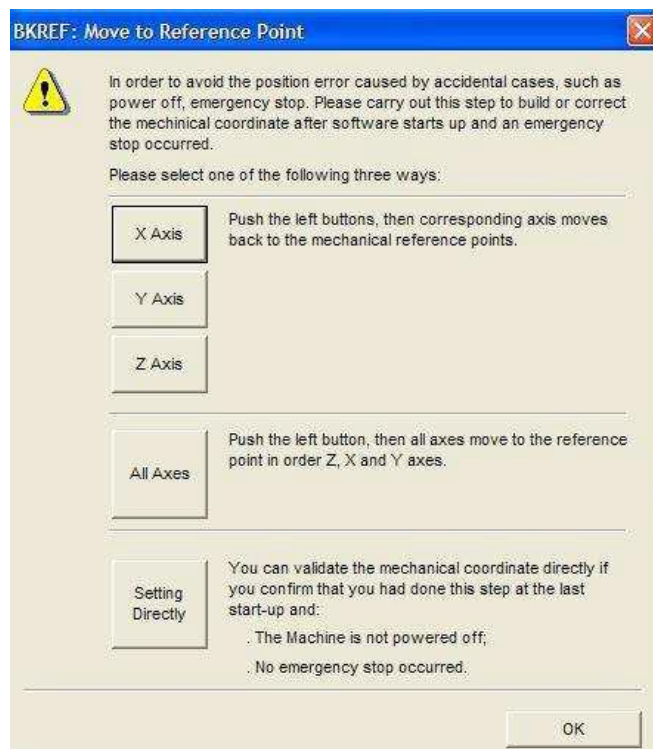
### **Dastur yozish. Stanokda detallarga ishlov berish**

#### **2.1. Stanokning nolini aniqlash**

Frezalash stanogini sozlashda stanokning nol nuqtasini aniqlash zarur. Bu boshqaruv dasturi ishga tushganidan so'ng, mashinani favqulodda to'xtatishning oldini oladi. Agar mashina koordinatalari tizimiga kiritilgan frezaning harakat traektoriyasining hisoblangan koordinatalari stol maydonidan tashqarida bo'lsa, bunday to'xtatish zarur bo'ladi.

Stanokning nolini belgilash uchun kompyuterda VicStudio™ dasturini ochamiz. Bunda quyidagi oyna chiqadi (4.3.8-rasm).

Oynada operatsiyalarni bajarish bo'yicha yo'riqnoma mavjud. Dastlab sichqoncha bilan chapdagi X tugmasini bosamiz. Buning natijasida shpindel teskariga X o'qi bo'yicha mexanik koordinatalar boshiga harakatlanadi. Keyin xuddi shu operatsiyalar Y va Z o'qlari bo'yicha takrorlanadi. Shpindel mexanik koordinatalar boshiga etganida, o'qlarda o'rnatilgan datchiklar ishlab ketadi va CHPU tizimini nolga keltiradi. SHundan so'ng stanok ishga tayyor bo'ladi.



4.3.8-rasm. Stanokning nolini belgilash uchun oyna.

Mexanik koordinatalar boshini aniqlashda freza shpindeldan echilgan bo‘lishi zarur, aks holda u stanokning stoliga tegishi mumkin.

## 2.2. Topshiriq 1

Berilgan. CHPU li frezalash stanogida kesish kuchini o‘lchash uchun dinamometr o‘rnatilgan. Dinamometrda zagotovka mahkamlangan bo‘lib, undan davriy ravishda 3 mm qalinlik frezalab olib tashlanadi (4.3.9-rasm). Buning uchun chekka frezali shpindel zagotovkaga nisbatan ABCD traektoriya bo‘yicha ko‘chadi. Shpindelning aylanish chastotasi  $n = 6000 \text{ min}^{-1}$ , ishchi yurishdagi uzatma  $V_s = 500 \text{ mm/min}$ , bo‘sh yurishda –  $V_s = 1000 \text{ mm/min}$ .

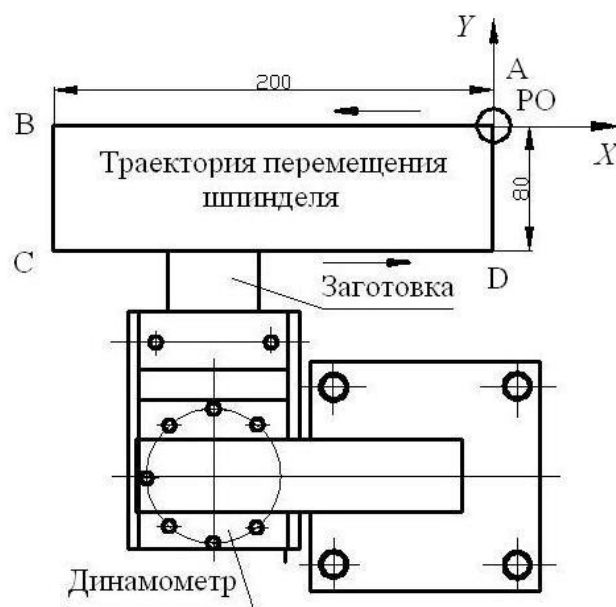
Shpindelning ko‘chishi uchun boshqaruv dasturini yozish va uning ishlashini stanokda amalga oshirish talab etiladi.

### Echim.

1. Boshqaruv dasturi tuzish uchun chizmaning nol nuqtasini belgilab olamiz. U A nuqtada joylashgan bo‘lib koordinatalari  $X=0$ ,  $Y = 0$ . Bu erga dastur koordinatasining boshini RO joylashtiramiz. Ushbu nuqtadan shpindelning harakatlari boshlanadi.

Frezali shpindel A nuqtasidan traektoriya bo‘yicha harakatni boshlaydi va sikl yakunlanganidan so‘ng xuddi shu erda to‘xtaydi.

2. Chizmadan shpindelning harakatlanish traektoriyasida joylashgan nuqtalarning koordinatalarini absolyut hisob tizimida topamiz:  $A(X,Y)=A(0, 0)$ ;  $V(-200, 0)$ ;  $S(-200, -80)$ ,  $D(0, -80)$ .



4.3.9-rasm. Stanok shpindelining harakat traektoriyasi

3. Berilgan traektoriya bo'yicha stanok shpindelining harakatlanish traektoriyasini boshqaruv dasturini yozamiz. Qulaylik uchun uni jadval keltiramiz va har bir kadrni sharhlab o'tamiz.

%	Boshlanish va yakunlash simvoli
O0001 (REZHIM REZANIA ABS)	Belgilanishi, nomi, absolyut koordinatalar tizimi
N1 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Xavfsizlik kadri
N2 G01 X-200 Y0 S6000 F1000 M03	Shpindelningsoatstrelkasibo'yicha aylanishida (M03) V nuqtaga to'g'ri chiziqli ko'chish
N3 X-200Y-80	S nuqtaga to'g'ri chiziqli ko'chish
N4 X3 Y-80 F500	500 mm/min uzatish tezligi bilan D nuqtaga to'g'ri chiziqli ko'chish
N5 X0 Y0 F1000	A nuqtaga to'g'ri chiziqli ko'chish
N6 M2	Dastur nihoyasi
%	

Izoh: G21 – ko'chishlarni mm da kiritishni ta'minlaydi; G40 – freza diametriga tuzatishlarni avtomatik ravishda bekor qiladi; G49 – asbob uzunligiga kompensatsiyani bekor qiladi; G54 – CHPU tizimiga berilgan koordinatalar tizimiga o'tishga imkon beradi; G80 – barcha oldin o'rnatilgan doimiy ishlov

berish sikllarini bekor qiladi; G90 – absolyut koordinatalarda dasturlash. Xavfsizlik yuzasi, stol ustidagi frezaning toretsi ko‘chadigan yuza, qo‘lda sozlanadi, masalan, Z = 30 mm.

4. Boshqaruv dasturini “Bloknot” dasturida yozamiz (4.3.10-rasm). (Pusk – Vse программы – Standartные – Bloknot). Bu erda dastur jadvalsiz yoziladi. buning uchun avval yozilgan dastur jadvaldan nusxa qilib olinadi va uning matni “Bloknot” dasturiga qo‘yiladi.

«REZHIM REZANIA» dasturi kompyuterning papkalaridan birida saqlanadi, keyin diskka yoki flesh-xotiraga olinib CHPU stanogining kompyuteriga ko‘chiriladi.



4.3.10-rasm. “Bloknot” dasturidagi boshqaruv dasturi

5. «REZHIM REZANIA» faylini CHPU stanogi kompyuteriga yuklab olamiz. CHPU stanogining kompyuteri yoqiladi. Kompyuterning ishchi stoliga «REZHIM REZANIA» fayli ko‘chiriladi.

Kompyuterning ish stolida VicStudioTM dasturining yorlig‘ini ikki marta bosib dasturni ishga tushiramiz. Undan oldin VicStudioTM dasturining menyusini o‘rganib chiqamiz.

File	Fayl
Open and Load	Ochish va yuklash
Unload	Yozish, faylning tarkibio‘chiriladi, faqat qobig‘i qoladi
New	Yangi
Open and Edit	Ochish va tahrirlash
Edit loaded File	Yuklangan faylni tahrirlash
Recent loaded File	Oxirgi yuklangan fayl
Recent Edited File	Oxirgi tahrirlangan fayl
Exit	Chiqish

“Auto” tugmasini bosib avtomatik rejimda boshqarish oynasini faollashtiramiz (tugmaning rangi ochlashadi). Ish stolidagi boshqaruv dasturini stanokning boshqaruv dasturi buferiga yuklaymiz (Fayl – otkрыт i zagruzit – rabochiy stol – fayl «REZHIM REZANIA»). YUklangan fayl avtomatik boshqaruv oynasida aks etadi.

Bu amallarda quyidagicha bajarsa ham bo‘ladi: fayl buferi maydonida sichqonchaning o‘ng tugmasini bosib «Open and Load» ni tanlaymiz, undan keyin zarur faylni tanlab uni bosamiz.

6.Dasturning to‘g‘riligini tekshirish. Funktsional oyna menyusida (pastki chap burchakda) Trace tugmasini bosiladi. Oynada sichqoncha tugmachasini bir necha marta bosib stanok stolini to‘liq ko‘rinishda ko‘rish mumkin. Keyin asboblar panelida simulate (imitatsiya) tugmasini bosib boshqaruv dasturida keltirilgan traektoriyani ko‘rish mumkin.

7.Aniqlangan kamchiliklarni tuzatish va texnologik parametrlarni o‘zgartirish uchun faylni tahrirlash. «File» menyusini ochamiz va «Edit loaded File» ni tanlaymiz. Muharrir oynasida yuklangan fayl aks etadi.

Shundan keyin «REZHIM REZANIA» boshqaruvchi dasturining matniga shpindel ADCBA traektoriyasi bo‘yicha ko‘chishini tashkil qilish uchun zarur tuzatishlarni kiritish mumkin.

«Simulate (imitatsiya)» buyrug‘i bilan olingan dasturning to‘g‘riligini tekshirish zarur. «Trace» knopkasi yoqilganda yopiq traektoriya hosil bo‘lishi kerak.

Tahrirlab bo‘lgandan so‘ng bufer oynasida sichqonchaning o‘ng tugmasini bosib «Save and load» ni tanlash kerak. Shunda tahrirlangan fayl yuklanadi.

8. Stanok “Pusk” tugmasi orqali yoqiladi.«Manual» tugmasi orqali qo‘lda boshqarish rejimi yoqiladi. Bunda turtib siljitish qadamini jog = 5 mm qilib olinadi. Shpindelni stol ustidan Z o‘qi bo‘yicha 30 mm ga ko‘tarish mumkin. Tugmalar yoki kichik klaviatura tugmalari orqali shpindelni stanok stoli markaziga ko‘chiriladi.

VicStudioTM dasturi holat oynasida shpindelning X, Y, Z o‘qlari bo‘yicha koordinatalari ko‘rinib turadi. Sichqoncha bilan X, Y, Z o‘qlari bo‘yicha

hoshiyalangan koordinatalariga bosib chiqiladi. Bu nuqtalarda ishchi dastur koordinatalarining nol nuqtasi joylashgan bo‘ladi.

«Spindle ON» tugmasini bosib shpindel ishga tushiriladi.

“Start” (F9) (Pusk) ni bosib dastur ishga tushiriladi. Shpindel avtomatik tarzda belgilangan traektoriya bo‘yicha harakatlana boshlaydi. Yopiq sikl o‘tab bo‘lingandan so‘ng harakat to‘xtatiladi.

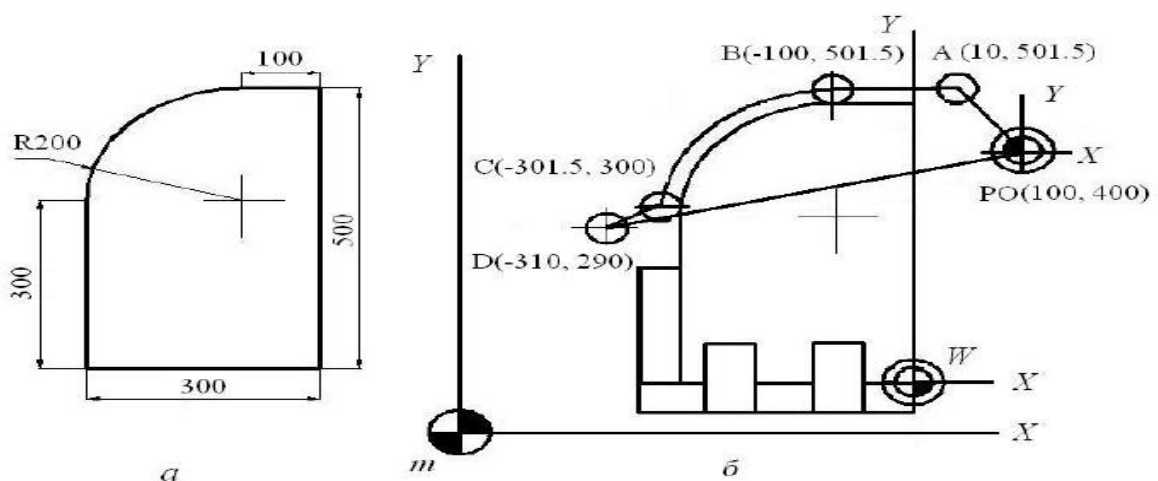
Keyin qo‘lda boshqarish rejimida 1 mm qadam (jog turtish) bilan shpindel zagotovka joylashgan tomonga 3 mm ga suriladi. Keyin yana dasturda “Pusk” bosiladi. Shpindelning harakati yana takrorlanadi. Bu buyruqni bir necha marta takrorlash mumkin.

### 2.3. Topshiriq 2

**Berilgan.** BEAVER – 9AT stanogida qalinligi 5 mm bo‘lgan fanera varaqlari detallarining egri chizikli kromkalariga ishlov berish kerak (4.3.11-rasm). Keskich – chekka freza, diametri  $D = 3$  mm.

Detallarga ishlov berish texnologiyasini ishlab chiqish, boshqarish dasturini yozish, ishchi koordinatalar tizimini tanlash talab etiladi.

1. Detalga ishlov berish texnologiyasi. fanera varag‘idan dumaloq arrali kesish stanogida 502x300x5 mm o‘lchamdagi zagotovkalar kesib olinadi. BEAVER – 9AT stanogi stoliga o‘lchamlari 500x300x10 mm bo‘lgan plita qo‘yiladi va u yo‘naltiruvchi burchak chizg‘ichlari bilan qotiriladi.



4.3.11-rasm. Stanok shpindelining harakat traektoriyasini ishlab chiqish:

a – detal chizmasi; b – zagotovkani stolda qotirish va shpindelning harakat traektoriyasi.

2. Detalning yuqori yuzasida pastki o'ng burchakda detalning koordinatalar boshi W tanlanadi, stanokning qotirilgan nuqtasini (xavfsizlik nuqtasi, ishlangan detal echib olinayotganda va yangi zagotovka o'rnatilayotganda shpindelning to'xtatib qo'yiladigan nuqtasi) detalning nol nuqtasiga nisbatan RO(100, 400) nuqtasiga joylashtiriladi. Keskichning X0Y tekisligidagi harakat traektoriyasi shpindelning vertikal o'qining harakat paytida frezaning torets yuzasi bilan kesishish nuqtasi orqali ifodalanishi, detalning kromkalari esa uning yon kesuvchi qirralari bilan shakllanishi sababli shpindelning harakat traektoriyasi detal kromkasining konturiga nisbatan freza radiusi kattaligiga siljilishi zarur. Traektoriya quyidagicha bo'lishi kerak: RO-A-V-S-D-RO. Frezaning torets yuzasini W nuqtasiga tekkuncha yaqinlashtirib, koordinatalarni nolga keltirib koordinatalar tizimining boshini aniqlaymiz. Z koordinatasi bu nuqtada 0 mm ga teng bo'ladi.

Z= 20 mm balandlikda joylashgan xavfsizlik tekisligini tanlanadi. Quyidagi boshqaruv dasturi yoziladi.

%	Boshlash va tugatish simvoli
O0001 (DETAL ABS)	Belgilanishi, nomlanishi, absolyut koordinatalar tizimi
N1 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Xavfsizlik kadri
N2 G00 X10 Y501,5 S6000 M03	Shpindelning soat strelkasi bo'yicha harakatida Anuqtagako'chish (M03)
N3 Z-7	Pastga 7 mm ga tushish.
N4 G01 X-100 Y501.5 F500	B nuqtasiga ko'chish.
N5 G17 G03 X-301.5 Y300 R200	XY tekisligidagi aylanma interpolatsiya, soat strelkasiga teskari yo'nalishda, Snuqtasiga ko'chish.
N6 G00 X-310 Y290	D nuqtasiga ko'chish
N7 Z20	Shpindelni xavfsizlik tekisligigacha ko'tarish
N8 X100 Y400	PO nuqtasiga to'g'ri chiziqli ko'chish
N9 M2	Dastur oxiri
%	

Izoh. G21 – ko'chishlarning mm da kiritilishini ta'minlaydi; G40 – frezaning diametriga tuzatishlarni avtomatik tarzda bekor qiladi; G49 – asbob uzunligiga kompensatsiyani bekor qiladi; G54 – CHPU tizimiga berilgan koordinatalar

tizimiga o'tishga imkon beradi; G80 – barcha oldin o'rnatilgan doimiy ishlov berish sikllarini bekor qiladi; G90 – absolyut koordinatalarda dasturlash.

3. Stanokning texnik xarakteristikasiga ko'ra, o'qlar bo'yicha maksimal ko'chish quyidagicha bo'ladi: X o'qida – 900 mm; Y o'qida – 700 mm; Z o'qida – 100 mm. Ushbu ma'lumotlarni hisobga olgan holda, detalning nol W nuqtasining joylashishi aniqlanadi (4.3.12-rasm).

Stol maydonidan maksimal darajada foydalanish uchun mashinaning m haqiqiy nol nuqtasining X va Y koordinatalari aniqlanadi. Buning uchun qo'lda boshqarish rejimida stanokning shpindeli X va Y o'qlari bo'yicha mnuqtasiga yaqinroqqa siljiriladi va bu nuqtaning koordinatalari nolga tenglanadi. Bu nuqta X va Y o'qlari bo'yicha haqiqiy mashina koordinatalarining boshlanishi bo'ladi.

Harakatlar sxemasidan ko'rish mumkinki (4.3.11b-rasm), X o'qi bo'yicha maksimal harakat – 410 mm ga teng, Y o'qi bo'yicha 290...501,5 mm oraliqda harakatlanish mumkin. Stolda burchak yo'naltirgichlarini qotirish zarurligini hisobga oladigan bo'lsak, detalning W nolnuqtasini  $X=400...600$ ,  $Y=100...150$  mm mashina koordinatalari bilan stolda qotirish mumkin. Aks holda harakat traektoriyasi stol gabaritlaridan tashqariga chiqib ketishi mumkin.

4. Detalning W koordinatalar boshinimashina koordinatalariga bog'lash. To'g'ri to'rtburchak shaklidagi zagotovkani plita material ustiga qo'yamiz, yo'naltirgichlar bo'yicha burchakka taqab qisqichlar bilan qotiriladi. Kompyuter yoqilib VicStudioTM dasturi ochiladi. Qo'l rejimida shpindel o'ta aniqlik bilan X va Y o'qlari bo'yicha zagotovkaning pastki burchagiga siljiriladi va bu nuqtada X va Y o'qlari nolga tenglanadi. Z o'qi bo'yicha shpindel chekka frezalarning to'retsi zagotovkaning burchagiga tek-kunicha pastga tushiriladi. Bu erda Z o'qi nolga tenglanadi. Ushbu ishchi tizim yordamida stanokning CHPU tizimi detalning barcha nuqtalarining mashina koordinatalarini aniqlaydi.

5. Boshqaruv dasturini "Bloknot" dasturida faylga joylanadi. Fayl stanokning kompyuterining VicStudioTM dasturiga ko'chiriladi. «Trase» oynasida dasturning to'g'ri yozilgani tekshiriladi. Zarur bo'lsa dastur tahrirlanadi, saqlanadi va qaytadan yuklanadi.



Dasturni freza W nuqtasida bo'lganda yuritish mumkin. Buning uchun VicStudioTM dasturi oynasida Spindel ON va Start (Pusk) tugmalari bosiladi. Ishlayotgan stanokda shpindel rejalashtirilgan traektoriya bo'yicha harakatlanadi va RO nuqtada to'xtaydi.

Ishlov berilgan detal echib olinadi, uning o'rniga yangi zagotovka o'rnatiladi va u mahkamlanib, yana boshqaruvchi dastur ishga tushiriladi.

### **Amaliy mashg'ulot bo'yicha interaktiv usullar asosidagi topshiriqlar**

1. Xohlagan 2 ta CHPU stanokni Venn-diagrammasi asosida o'zaro qiyoslang.
2. CHPU stanogini dasturlashni SWOT-tahlil qiling.
3. CHPU stanogini boshqarish dasturi strukturasi 40-50 so'z bilan izohlang.
4. CHPU stanogini dasturlash funksiyalarini 40-50 so'z bilan izohlang.
5. CHPU stanogini dasturlash funksiyalari va ularning adreslari haqida 40-50 so'z bilan fikr bildiring.
6. CHPU stanogining tayyorlov funksiyasi (G) haqida 40-50 so'z bilan fikr bildiring.
7. CHPU stanogi haqida 40-50 so'z bilan texnologik axborot bering.
8. CHPU stanogining yordamchi funksiyalari (M) haqida 40-50 so'z bilan fikr bildiring.
9. CHPU stanogidagi harakat traektoriyalarining nazorat nuqtalari haqida 40-50 so'z bilan fikr bildiring.
10. CHPU stanogini dasturlashdagi chiziqli interpolyasiya usuli haqida 40-50 so'z bilan fikr bildiring.
11. CHPU stanogini dasturlashdagi aylana interpolyasiya usuli haqida 40-50 so'z bilan fikr bildiring.
12. Aylana radiusi bo'yicha dasturlash (1-usul) usulini 40-50 so'z bilan izohlang.
13. Koordinatalar markazi bo'yicha dasturlash (2-usul) usulini 40-50 so'z bilan izohlang.
14. Namuna 1 bo'yicha aylana yoyini tanlang va dastur yozing.
15. Namuna 2 bo'yicha aylana yoyini tanlang va dastur yozing.
16. Namuna 3 bo'yicha aylana yoyini tanlang va dastur yozing.

17. Namuna 4 bo'yicha aylana yoyini tanlang va dastur yozing.
18. Namuna 5 bo'yicha yopiq aylana uchun dastur yozing.
19. Shpindelning harakatini boshqarish bo'yicha Topshiriq 1 asosida dastur tuzing.
20. Shpindelning harakatini boshqarish bo'yicha Topshiriq 1 ni 40-50 so'z bilan izohlang.
21. Egri chiziqli detal kromkasiga ishlov berish bo'yicha Topshiriq 2 asosida dastur tuzing.
22. Egri chiziqli detal kromkasiga ishlov berish bo'yicha Topshiriq 2 ni 40-50 so'z bilan izohlang.
23. Polkaga ishlov berish bo'yicha Topshiriq 3 asosida dastur tuzing.
24. Polkaga ishlov berish bo'yicha Topshiriq 3 ni 40-50 so'z bilan izohlang.
25. Zigzag detalga ishlov berish bo'yicha Topshiriq 4 asosida dastur tuzing.
26. Zigzag detalga ishlov berish bo'yicha Topshiriq 4 ni 40-50 so'z bilan izohlang.
27. Quyidagi manbani o'rganing (<https://stanokcnc.ru/articles/programma-dlya-upravleniya-chpu-stankom-sostavlenie-i-napisanie/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
28. Quyidagi manbani o'rganing (<https://vektor.ru/blog/programmy-dlja-chpu-stankov.html>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
29. Quyidagi manbani o'rganing (<https://instanko.ru/elektroinstrument/programmy-dlya-chpu-stankov.html>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
30. Quyidagi manbani o'rganing (<https://crast.ru/instrumenty/primery-programm-dlja-stankov-s-chpu>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.
31. Quyidagi manbani o'rganing (<https://vseochpu.ru/sozdanie-upravlyayushhej-programmy-dlya-stanka-s-chpu/>) va uning mazmunini 30-40 so'z bilan izohlang.

32. Quyidagi manbani o‘rganing

(<https://www.youtube.com/watch?v=3fTDEM5TjV8>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.

33. Quyidagi manbani o‘rganing

(<https://www.youtube.com/watch?v=JDOMGm8sMis>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.

34. Quyidagi manbani o‘rganing

(<https://www.youtube.com/watch?v=tCy5fHDy8IM>) va uning mazmunini 30-40 so‘z bilan izohlang.

### **Bitiruv ishlari uchun mavzular**

1. “Materialshunoslik” fanidan “Polimer additiv texnologiyalarda qo‘llaniladigan polimer materiallar” mavzusi bo‘yicha video ma’ruza yaratish.
2. “Yuqori molekulyar birikmalar ishlab chiqarish texnologiyasi” fanidan “Polimer additiv texnologiyalar” bobining elektron o‘quv modulini yaratish.
3. “Yuqori molekulyar birikmalar ishlab chiqarish jihozlari” fanidan “3D-echat texnologiyalari” mavzusi bo‘yicha video ma’ruza yaratish.
4. “Yog‘ochga ishlov berish korxonalar jihozlari” fanidan “YOg‘ochga ishlov beruvchi raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklar” mavzusi bo‘yicha video ma’ruza yaratish.
5. “Yog‘ochga ishlov berish korxonalar jihozlari” fanidan “Raqamli-dasturli boshqariladigan stanoklarni dasturlash” mavzusi bo‘yicha video ma’ruza yaratish.

### **6. Keyslar banki**

1-кейс

Biomassadan olingan yoqilg‘i briketida kul miqdori me‘yordan yuqori ekanligi aniqlandi. Kul miqdorini kamaytirish yo‘llarini izlang.

#### **Кейсни бажариш босқчилари ва топшириқлар:**

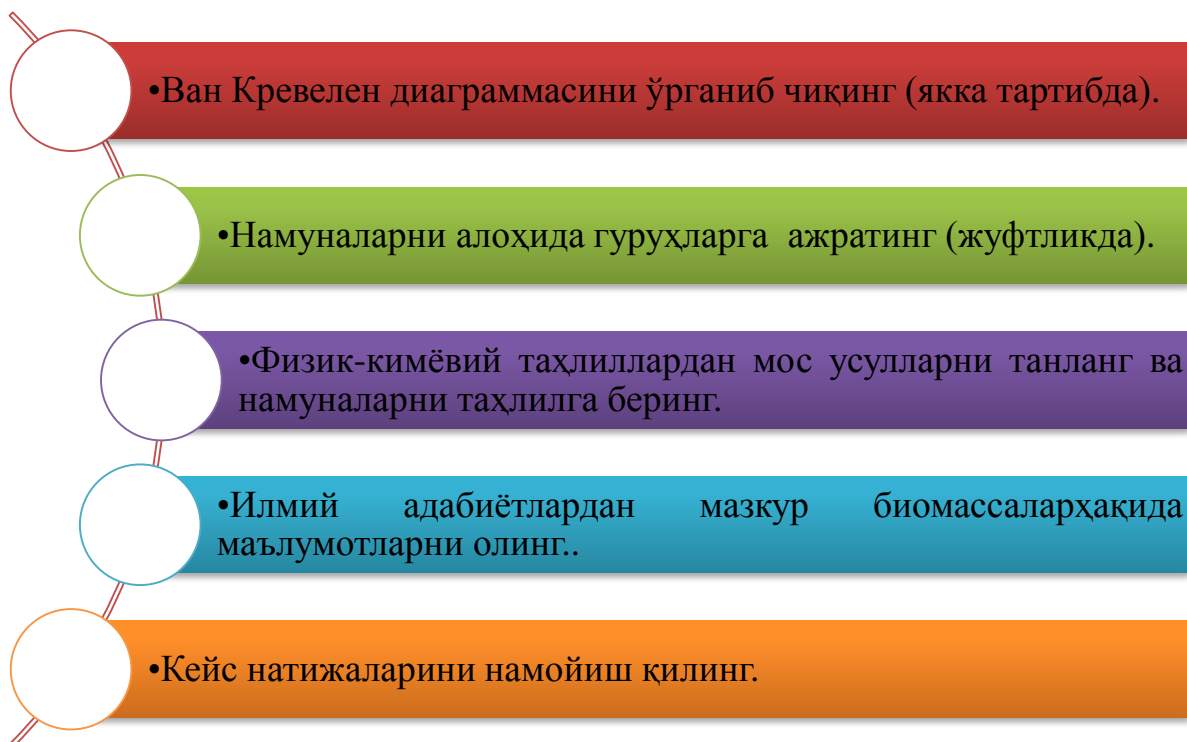
- Кейсдаги муаммони келтириб чиқарган асосий сабабларни белгиланг, зарур билимлар рўйхатини тузинг (индивидуал ва кичик гуруҳда).
- Кул миқдорини камайтириш учун бажариладиган ишлар кетма-кетлигини белгиланг (жуфтликда ишлаш).
- Куйдирилган биомассада кулни йўқотиш йўллари изланг.
- Бажарилган ишларни тақдимот қилинг.

2-кейс

Turli biomassalar namunalari, ko‘mir, kuydirilgan biomassalar, briketlar to‘plamini baholash jarayonida ularning tarkibida qancha uglerod,

qancha vodorod, qancha kislorod borligini aniqlash masalasi ko'ndalang qo'yildi. Muammoni qanday hal qilish mumkin.

### Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар:



### 3-Keys

#### **О‘zbekistonda poliolefin kompozitsiyalarini ishlab chiqarish sharoitlari**

Toshkent shahrida jolashgan “Sepla” QK polipropilen va polietilen kompozitsiyalarini ishlab chiqarai. Korxonada asosiy xom ashyo sifatida polietilen, somonomer, propilen, talk, poliamid, kalsiy karbonat, rovinglaran foydalanadi. Avtomobil detallarini maqadli mexanik xossalarini yaxshilash uchun ushbu ingredientlardan foydalaniladi.

Ma'lumki polietilen kompozitsiyalar o'zida antioksiantlar, pigmentlar, stabilizator va boshqa turdagi ingredientlar qo'shilishi hisobiga olinadi. Ushbu kompozitsiyalar ikki shnekli ekstruder yoki qizdiruvchi smesitellarda amalga oshiriladi. Xosil bo'lgan polietilen kompozitsiyalarning mexanik xususiyatlari 10-20% ga oshishiga olib keladi. Undan tashari polietilen kompozitsiyalarini olish,

poliolefinlarning qo‘llash soxalari kengayishiga olib keladi. Undan tashqari oxirgi vaqtlarda kompolibitazor termini kiritilib ushbu turagi moddalar ikki xil turdagi polimer kompozitsiyalarini yaxshi orishish imkoniyatini beradi.

### **TOPSHIRIQ:**

1) Sizning fikringiz bo‘yicha, polietilenni cho‘zilishga bo‘lgan mustaxkamligini oshirish maqsada qanday ingredientlar maqsada muvofiq? Afzal va kamchiliklari.

2) Avtomobil buyumlarini olishda qanday talablarga javob beradigan kompozitsiyalarni ishlatish avzal. Javoblarni misollar bilan keltiring.

3) Sizni fikringizcha kompozibilyatorlasiz polietilen va polietilentereftalat polimerlari an gomogen kompozitsiya olish mumkin-mi? Afzal va amchiliklarini keltiring.

4) Polipropilen va polietilentereftalat kompozitsiyalarni olish mumkin-mi? Olingan maxsulotning hossalarni keltiring.

### **4-Keys**

#### **O‘zbekistonda poliolefinlar ishlab chiqarish turlarini xoslariga ta’siri**

Xozirgi kunda zamonaviy innovatsion texnologiyalarning yaratilishi polimerlar ishlab chiqarish texnologiyasining bosqichma-bosqich rivojlanishi maxsuli xisoblanadi. Ushbu fikrni xozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan barcha polimerlarni (230-240 million tonna yiliga) sal kam yarmini tashkil etadigan polietilen misolida tushuntirishga xarakat qilamiz.

Sanoatda yuqori molekulari polietilen olish 1937 yilda Angliyada etilenni yuqori bosimda polimerlash usuli bilan amalga oshirilgan. Polimerlanish 180-200°S da 50 MPa bosim ostida olib borilgan.

1952 yilda Sigler va Natta tomonidan kashf qilingan katalizatorlar yuqori molekula massali qattiq polietilenni, oddiy atmosfera bosimi yoki kichik bosim ostida olish imkonini berdi. Bu katalizatorlar ishtirokida olingan etilen to‘laligicha

polimerga o'tishi aniqlandi. Sanoatda uchetilalyuminiyni to'rtxlorli titan bilan kompleksi, bu turdagi katalizatorlarni ko'plab ishlatiladigani xisoblanadi.

1980 yillardan boshlab polietilen keng miqyosda «Skleartech» texnologiyasi deb nomlangan yangi texnologiya asosida ishlab chiqarila boshlandi.

«Skleartech» («Sclairtech») texnologiyasi Kanadada Dyu-Pon kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, ushbu texnologiya birinchi marotaba Sarniya shaxrida ishga tushirilgan. «Skleartech» texnologiyasida polimerlanish jarayoni reaktorlar sistemasida siklogeksan erituvchisi muhitida 17Mpa bosimda, 300° S xaroratda va Sigler-Natta kompleks katalizatorlari ishtirokida amalga oshiriladi. Bu texnologiyaning o'ziga hosligi shundaki, ushbu texnologiya bo'yicha sintez qilingan polietilen har hil zichlikka va strukturaga ega bo'ladi. SHuning natijasida bu texnologiya bo'yicha chiziqsimon past zichlikli (LLDPE), chiziqsimon o'rta zichlikli (MDPE), va chiziqsimon yuqori zichlikli polietilen (HDPE) turlarini ishlab chiqarish mumkin. Yangi texnologiyada polimerlanish reaksiyasi katta tezlikda borganligi sababli, reaktorlarning hajmi uncha katta bo'lishi shart emas, chunki monomerni polimerga aylanishi uchun bir necha daqiqa etarli.

Ma'ruzada yuqorida keltirilgan usullarning ishlab chiqarish texnologiyalari bilan tanishdik.

Shuni takilash lozimki, sklertek texnologiya an'anaviy texnologiyadan butunlay farq qilib, texnologik liniya, jixoz va retsikl jarayoni bilan ajralib turadi.

### **TOPSHIRIQ:**

1)Sizning fikringiz bo'yicha, O'zbekistonda SKLERTEK texnologiyasini yo'lga qo'yish sabablarini keltiring.

2) An'anaviy va zamonaviy texnologiya va jarayonlarini ng o'xshash va farqini taqqoslang. Javoblarni grafik ko'rinishida taqdim eting.

3) Olingan polietilen xossalarini solishtiring. Afzal va kamchiliklarini keltiring.

1-jadval

**Keys bilan ishlash jarayonini baholash mezonlari va ko'rsatkichlari(auditoriyadan tashqarida va auditoriyada bajarilgan ish uchun)**

Auditoriyadan tashqari bajarilgan ish uchun baholash mezonlar va ko‘rsatkichlari

Talabalar ro‘yxati	Asosiy muammo ajratib olinib tadqiqot ob’ekti aniqlangan mak. 1b	Muammoli vaziyatning kelib chiqish sabablari aniq ko‘rsatilgan mak. 2b	Vaziyatdan chiqib ketish xarakatlari aniq ko‘rsatilgan mak. 2b	Jami mak. 5b

2-jadval

**Auditoryada bajarilgan ish uchun baholash mezonlari va ko‘rsatkichlari**

Guruhlar ro‘yxati	Guruh faolligi mak. 2b	Ma’lumotlar ko‘rgazmali taqdim etildi mak.1b	Javoblar to‘liq va aniq berildi mak.2b	Jami mak.5b
-------------------	------------------------	--	--	-------------

**7. Glossariy**

<b>Atama</b>	<b>O‘zbek tilidagi sharhi</b>	<b>Explanation in English</b>
Additiv texnologiyalar	Modelni qurish materialni qo‘shish orqali amalga oshiriladigan texnologiyalar (inglizcha Add — «qo‘shish»), bu texnologiya “ortiqcha” materialni olib tashlashga asoslangan an’anaviy texnologiyalardan shunisi bilan farq qiladi.	Technologies, in which the construction of the model is carried out by adding material (from the English. Add - "add"), in contrast to traditional technologies, where the creation of a part occurs by removing the "excess" material.
Murakkab geometriyal i buyumlar	3D-dan boshqa usulda olib bo‘lmaydigan buyumlar. Masalan, detal ichidagi detal. Yoki to‘rsimon konstruksiya asosidagi juda murakkab sovutish tizimlari.	Items that cannot be obtained by any other method other than 3D technology. For example, a part inside a part, or very complex cooling systems based on mesh structures.
Additiv texnologiyalardagi	Polimer materiallar tarkibining murakkabligi bilan ajralib turadi, uning tarkibida albatta	Polymeric materials that are characterized by a complex composition, a mandatory part of

polimerlar	bog'lovchi sifatidagi sintetik polimerlar mavjud bo'ladi. Ularning tarkibiga turli xil to'ldirgichlar va ma'lum texnologik va iste'mol xususiyatlarini ta'minlaydigan moddalar (oquvchanlik, plastiklik, zichlik, chidamlilik, mustahkamlik, uzoq muddat xizmat qilish, yonmaslik, issiqlik yoki elektr o'tkazuvchanlik, ovoz yutish va boshqalar) kirishi mumkin.	which, a binder, is a synthetic polymer. They may include various fillers and substances that provide certain technological and consumer qualities (fluidity, plasticity, density, strength, durability, incombustibility, heat or electrical conductivity, sound absorption, etc.).
Termoplastlar	Plastmassalar, isitilganda kimyoviy tuzilishini saqlaydi, biroq yumshaydi va suyuladi, sovutilganda esa molekulalararo aloqalar tiklanadi, yumshagan polimer qotadi va polimer dastlabki fizik xossalariga ega bo'ladi (PE, PS, PVX va h.k.)	Plastics, which, when heated, retain their chemical structure, but soften and melt, and when cooled, intermolecular bonds are restored, the softened polymer hardens and the polymer restores its original physical properties (PE, PS, PVC, etc.).
Reaktoplastlar	Polimerlar, kimyoviy choklanish (makromolekulalar strukturasi choklangan uch o'lchamli holati) reaksiyasi natijasida barqaror shaklga ega bo'ladi. Bunda reaktoplastlar qayta qovushqoq-oquvchan holatga o'tish xususiyatini yo'qotadi. Reaktoplastlarga reaksiyaga moyil oligomerlar, ko'pincha fenolformaldegid oligomerlari – FFO, aminoformaldegid oligomerlari – AFO va epoksid oligomerlar, oddiy va murakkab poliefirlar va boshqalar kiradi.	Polymers that receive dimensional stability as a result of a chemical crosslinking reaction - the formation of a three-dimensional "crosslinked" structure of macromolecules. In this case, thermosetting plastics lose their ability to re-enter a viscous-flow state. Reactive oligomers are also referred to thermosets, most often phenol-formaldehyde oligomers - FFO, amino-formaldehyde oligomers - AFO and epoxy oligomers, simple and complex polyesters, and others.
Elastomerlar	Shishasimon yoki kristall holatidan yuqori elastiklik holatiga o'tish harorati past bo'lgan, shuningdek, makromolekulalarining ko'ndalang ko'prik bog'lar vositasida tikilish va to'rsimon struktura hosil qilish	High molecular weight polymers with a low transition temperature from a glassy or crystalline state to a highly elastic one and also possessing the ability to crosslink macromolecules through cross-linking to form a network structure. These include isoprene



	xususiyatiga ega bo'lgan yuqori molekuli polimerlar. Ularga izopren, butadien, xloropren kauchuklari, butilkauchuk, ftorkauchuk va boshqalar kiradi. Vulkanlash natijasida plastik material mustahkamlikdagi yuqori elastik rezinaga aylanadi.	rubbers, butadiene rubbers, chloroprene rubbers, butyl rubber, fluorine rubber, etc. As a result of vulcanization, the plastic material turns into strong, highly elastic rubber.
Termo-elastoplastlar (TEP)	Termoplast va elastoplast molekula bloklari almashinib keladigan yuqori molekuli birikmalar. Bu materiallar termoplast bloklarining yumshash yoki shishalanish temperaturasidan past temperaturada xususiyatlariga ko'ra elastomerlarga o'xshaydi, yanada yuqoriroq temperaturalarda ular xuddi termoplastlar kabi qovushqoq oquvchan holatga qayta o'tadi. Eng ko'p qo'llaniladigan TEP lar – izoprenstirol va butadienstirol kauchuklar, valslanadigan poliuretanlar va boshqalar.	High molecular weight compounds, the molecules of which are formed by alternating blocks of thermoplastic and elastomer. These materials at temperatures below the melting or glass transition region of thermoplastic blocks are similar in properties to elastomers, and at higher temperatures they, like thermoplastics, reversibly transform into a viscous-flow state. The most commonly used TPEs are isoprene styrene and styrene butadiene rubbers, rollable polyurethanes, etc.
FDM (Fused deposition modeling) texnologiyalar	Buyumlar yumshatilgan plastik ipdan qatlam-qatlam quriladigan texnologiyalar.	A technology in which there is a layer-by-layer construction of a product from a molten plastic thread.
ABS plastikdan yasalgan buyumlar	Plastikdan yasalgan yuqori mustahkamlikka, qayishqoqlikka ega buyumlar. 3D-pechat mahsulotlarini sinovdan o'tkazish, prototiplash, shuningdek foydalanish uchun tayyor ob'ektlarni yasash uchun juda qo'l keladi.	Plastic products, which are highly durable, flexible, are perfect for testing 3D printing products, prototyping, as well as for the manufacture of ready-to-use objects.
SLA (Stereolithography) texnologiya	Suyuq fotopolimer lazer ta'sirida qotadigan lazerli stereolitografiya. Turli xossaligi yuqori aniqlikdagi buyumlarni	Laser stereolithography, in which a liquid photopolymer is cured by a laser. Focused on the manufacture of high-precision products with

lar	yasash uchun mo'ljallangan.	various properties.
SLS (Selective laser sintering) texnologiyalar	Polimer kukunlarini tanlab pishirish texnologiyasi. Uning yordamida turli fizikaviy xususiyatlarga ega katta buyumlarni olish mumkin (yuqori mustahkamlik, qayishqoqlik, issiqbardoshlik va h.k.).	Selective laser sintering of polymer powders. It can be used to produce large products with different physical properties (increased strength, flexibility, heat resistance, etc.).
LOM (Laminated Object Manufacturing) texnologiyalar	Buyumlar laminatsiyalash usuli bilan tayyorlanadigan texnologiya. Ushbu usulda varaqsimon material (qog'oz, plastik, metall folga) ketma-ket elimlanib va lazer bilan kesib har bir qatlamning konturi shakllantiriladi. Bundan usulda olingan buyumlarga odatda pechat qilingandan so'ng qo'shimcha ishlov beriladi.	Manufacturing of objects by lamination. The method involves sequential gluing of sheet material (paper, plastic, metal foil) with the formation of the outline of each layer using laser cutting. Objects produced by this method usually require additional mechanical processing after printing.
MJM (Multi-jet Modeling) texnologiyalar	Fotopolimer material yordamida ko'p oqimli modellash. Bu texnologiya quyish turli mahsulotlarning prototiplarini yasash uchun kuydiriladigan yoki eritiladigan modellarni olishga imkon beradi.	Multi-jet modeling using photopolymer material. This technology makes it possible to produce burned-out or lost-wax casting master models, as well as prototypes of various products.
PolyJet texnologiyalar	Ultrabinafsha nurlanish ta'sirida suyuq fotopolimerning qotish texnologiyasi. Ushbu texnologiya silliq yuzali modellar va prototiplarni olish uchun qo'llaniladi.	Curing of liquid photopolymer under the influence of ultraviolet radiation. The technology is used to produce prototypes and master models with smooth surfaces.
3DP texnologiyalar	Uch o'lchamli oqimli pechat texnologiyasi bo'lib, bunda buyum qatlam-qatlam quriladi. Buyumning har bir qatlamining konturlari pechat qiluvchi kallak bilan turli kukunlarni va bog'lovchilarni yupqa qilib yotqizish orqali shakllantiriladi. Har bir yangi qatlamning zarrachalari o'zaro va o'zidan oldingi qatlam zarrachalari bilan birikadi.	Inkjet 3D printing, in which the model is built in layers. The contours of the model are drawn with a print head, which applies a bonding material to a thin layer of various powders. The particles of each new layer are glued together and with the previous layers to form a finished three-dimensional model.

<p>CLIP (continuous liquid interface production) texnologiya</p>	<p>Suyuq polimerdan uzluksiz usulda qurish texnologiyasi. Tizim akslantiruvchi raqamli tizimning ustida joylashgan polimer solingan idish bilan jihozlangan. Proektor va polimer oʻrtasidagi idishning teshigi xuddi kontakt linzalardagi kabi nur va kislorodning ishchi muhitga kirishiga imkon beradi. Pechat qilish jarayoni uzluksiz davom etadi, bunda ultrabinafsha nur va kislorod (ingibitor) oʻzaro taʼsirlashadi.</p>	<p>Liquid polymer continuous build technology. The system is equipped with a resin tank located above the digital projection system. A hole in the container between the projector and the polymer allows light and oxygen to reach the working medium, just like a contact lens. "Printing" occurs continuously, with the interaction of ultraviolet radiation and oxygen (inhibitor).</p>
<p>RDB (CHPU) turidagi stanoklar</p>	<p>RDB – Raqamli dasturli boshqaruv stanoklari, bunda kesuvchi instrument muhitda toʻgʻri chiziqli dekart koordinatalari boʻyicha harakatlanadi.</p>	<p>Machine tools with numerical control, which are built on the principle - the movement of the cutting tool in space is carried out along rectangular Cartesian coordinates.</p>
<p>Qaytar aloqa tizimi</p>	<p>Qaytar aloqa tizimi boshqarish tizimini stanok mexanizmlarining haqiqiy koʻchishi va koʻchish tezligi haqidagi axborot bilan taʼminlaydi. Qaytar aloqa tizimi muntazam ravishda mexanizmlar harakatining berilgan va haqiqiy qiymatlarini oʻzaro qiyoslaydi va zarur tuzatish kiritadi. Ish jarayonida teskari aloqa tizimi harakatlanishni kuzatadi va yuritgichga datchikdan belgilangan shtrixlar oʻtmaguncha kuchlanish yuboradi.</p>	<p>The feedback system provides a control system with information about the real movement of the machine tools and the speed of their movements. The feedback system continuously compares the actual movement with the target and makes the necessary corrections. During operation, the feedback system monitors the movement and supplies voltage to the motor until a specified number of strokes pass by the sensor.</p>
<p>Harakatni nazorat qilish dasturi – VicStudioTM</p>	<p>VicStudioTM dasturi Gkodlarbilanishlaydi, stanokniqoʻldaboshqarishni, mashinaning koordinatalar boshiga qadamli yoki avtomatik qaytishni taʼminlaydi, ekrandagi dinamik harakatni kuzatadi,</p>	<p>VicStudioTM software supports G codes, provides manual control of the machine, step-by-step or automatic return to the machine origin, monitors dynamic movement training on the screen, performs automatic spindle calibration in the Z axis.</p>

	shpindelning Zo‘qi bo‘yicha harakatiga avtomatik ravishda tuzatish kiritadi.	
Stanokning koordinatalar tizimi	Stanokning koordinatalar tizimi RDB stanoklarining asosiy hisob tizimidir. Unda barcha harakatlar, stanokning ijro organlarining boshlang‘ich va joriy holatlari aniqlanadi. Koordinatalar o‘qlari soni, ularning fazoda joylashuvi va hisob boshi (stanokning nol nuqtasi) stanokni ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va foydalanuvchi tomonidan o‘zgartirib bo‘lmaydi.	The machine coordinate system is the main calculation system for CNC, in which all movements, initial and current positions of the machine's executive bodies are determined. The number of coordinate axes, their position in space and the origin (machine zero point) are set by the machine manufacturer and cannot be changed by the user.
Koordinata o‘qlari yo‘nalishi	O‘qlarning to‘g‘ri yo‘nalishi o‘ng qo‘l qoidasi orqali aniqlanadi. Agar o‘ng qo‘lni stolga kaftini yuqoriga qaratib qo‘ysak va uchta birinchi barmoqlarni o‘zaro perpendikulyar qilib joylashtirsak, bosh barmoq X-o‘qining, ko‘rsatkich barmoq Y-o‘qining, o‘rta barmoq Z-o‘qining to‘g‘ri yo‘nalishini bildiradi.	The positive directions of the axes are determined by the right hand rule. If we put the right hand on the table with the palm up and try to place the first three fingers perpendicular to each other, then we get: the thumb will indicate the positive direction of the X axis, the index finger - the positive direction of the Y axis, the middle finger - the Z axis.
Detalning koordinatalar tizimi	Detalning koordinatalar tizimi ishlov berishni dasturlash uchun bosh tizim hisoblanadi va chizma yoki eskizda ko‘rsatilgan bo‘ladi. Detalning koordinatalar tizimi RDB stanoklarida detallarni tayyorlash texnologiyasini ishlab chiqishda texnolog yoki dasturchi tomonidan belgilanadi. U o‘zining koordinatalar o‘qiga, o‘z hisob boshiga ega bo‘ladi. Bu kattaliklar asosida detalning barcha o‘lchamlari belgilanadi va detal konturining barcha tayanch nuqtalarining	Part coordinate system is the main system for machining programming and is assigned by drawing or part sketch. The coordinate system of a part is set by a technologist or programmer when developing a technology for manufacturing a part on a CNC machine. It has its own coordinate axes, its origin, relative to which all dimensions of the part are determined and the coordinates of all reference points of the contours of the part are set. The workpiece origin is called the workpiece zero or workpiece zero and is denoted by the symbol W.

	<p>koordinatalari beriladi.  Detalning koordinata boshi nuqtasi detalning noli deb yuritiladi va W simvoli bilan belgilanadi.</p>	
<p>Keskich asbobining koordinatalar tizimi</p>	<p>Keskichning koordinatalar tizimi mashina koordinatalar tizimida ishlov berish paytida uning kesuvchi qismining patronga nisbatan holatini belgilash uchun mo'ljallangan. Keskich koordinatalar tizimining boshi ishchi asbobning harakatini dasturlash boshlanadigan nuqta hisoblanadi. Bu nuqta keskichning noli yoki ishlov berish noli deb ataladi. Asbobning o'lchamlari uni patronga zichlab qotirish nuqtasiga nisbatan belgilanadi. Nol nuqta T simvoli bilan belgilanadi.</p>	<p>The coordinate system of the cutting tool is designed to set the orientation and position of its cutting part relative to the chuck at the time of processing in the machine coordinate system. The origin of the tool coordinate system is the point from which the programmed movement of the working tool begins. This point is called the tool zero or machining zero. The tool is dimensioned in relation to the fixed point at which it is clamped in the chuck. The zero point is denoted by the symbol T.</p>
<p>Stanokning qotirish nuqtasi</p>	<p>Stanokning qotirish nuqtasi stanokning nol nuqtasiga nisbatan belgilanadi va stanok shpindelining ishlov berilgan detalni stoldan echish, yangi zagotovkani o'rnatish, keskichni almashtirish paytidagi holatini belgilash uchun qo'llaniladi. Bu xavfsizlik nuqtasi hisoblanadi. Xavfsizlik nuqtasi Z o'qi bo'yicha eng yuqorigi holatda bo'lishi kerak. Bu nuqtadan freza boshqaruvchi dasturning ishida zagotovkaga ishlov berish nuqtasida harakatlanadi.</p>	<p>The fixed point of the machine is determined relative to the zero point of the machine and is used to determine the position of the machine spindle at the time of removing the machined part from the table, installing a new workpiece, at the time of replacing the cutting tool. This is a safety point. The safety point must be in the uppermost position along the Z axis. From this point, the cutter, when the control program is running, moves to the starting point of the workpiece machining.</p>

## 8. Adabiyotlar ro‘yxati

### Maxsus adabiyotlar:

1. Lyapkov A.A. Polimernye additivnyye tekhnologii: uchebnoe posobie. – Tomsk: Izd-vo Tomskogopolitexnicheskogo universiteta, 2016. 114 s.
2. SHkuro A.E., Krivonogov P.S. Tekhnologii i materialy 3D-pechati. Uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Ural. gos. lesotexn. un-t, 2017. 101 s.
3. Kenessa E. Dostupnaya 3D-pechat dlya nauki, obrazovaniya i ustoychivogo razvitiya. Izd-vo Mejdunarodnogo sentra teoreticheskoy fiziki Abdus-Salam (MTSF). 2013. 192 s.
4. Gorkov D. Kak vybrat 3D-printer? M.: 3D-print-nt. 2017. 92 s.
5. Glebov I.T. Uchimsya rabotat na frezernom stanke CHPU. Uchebnoe posobie. Ekaterinburg, UGLTU, 2015. – 115 s.
6. Payvin A.S., SHikova O.A. Osnovy programmirovaniya stankov s CHPU: Uchebnoe posobie– Ekaterinburg, Izd-vo Ural. gos. ped. un-ta. 2015. – 102s.
7. Doljnikov V.P. Osnovy programmirovaniya i naladki stankov s CHPU: uchebnoe posobie. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo politex. univ., 2011. – 143 s.

### Internet resurslari:

1. Svetnaya struynaya 3d pechat (CJP) / 3DProfy, Sentyabr 19th, 2014.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/cvetnaya-strujjnaya-3d-pechat-cjp/>
2. Tekhnologiya 3d prototipirovaniya. Chto eto takoe? / 3DProfy, Aprel 2nd, 2015.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/tekhnologiya-3d-prototipirovaniya-chto-eto-takoe/>
3. Obzor besplatnogo PO dlya 3d modelirovaniya / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/obzor-besplatnogo-po-dlya-3d-modelirova/>
4. 3D skanery obzor osnovnykh tekhnologiy / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-skanery-obzor-osnovnykh-tekhnologijj/>
5. Fotopolimernyy 3D-printer / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/fotopolimernyy-3d-printer/>
6. 3D-printery FDM / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-printery-fdm/>

7. Struynaya trexmernaya pechat (3DP) / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014.  
Dostup: <http://3dprofy.ru/strujjnaya-trekhmernaya-pechat-3dp/>
8. Modelirovanie metodom posloynogo naplavljeniya (FDM) / 3DProfy,  
Oktyabr 10st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojnogo-na/>
9. Izgotovlenie ob'ektov metodom laminirovaniya (LOM) / 3DProfy, Oktyabr  
10st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
10. Stereolitografiya (SLA) / 3DProfy, Sentyabr 30th, 2014. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>
11. Sifrovaya svetodiodnaya proeksiya (DLP) v 3D-pechaty / 3DProfy,  
Sentyabr 19th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiodnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>
12. Mnogostruynoe modelirovanie (MJM): texnologiya nastoyashchego i  
budushchego / 3DProfy, Sentyabr 15th, 2014. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/mnogostrujjnoe-modelirovanie-mjm-tekhno/>
13. Chto takoe 3D-pechat? / 3DProfy, Sentyabr 15th, 2014. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/chto-takoe-3d-pechat/>
14. Промышленный 3d printer / 3DProfy, Aprel 2nd, 2015. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/promyshlennyjj-3d-printer/>
15. Obzor printera RepRap Prusa i3 / 3DProfy, Fevral 7th, 2015. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/obzor-printera-reprap-prusa-i3/>
16. 3d printer PrintBox3D One / 3DProfy, Fevral 7th, 2015. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one/>
17. Obrabotka raspechatannykh modeley posle 3d pechaty / 3DProfy, Yanvar  
8th, 2015. Dostup: <http://3dprofy.ru/obrabotka-raspechatannykh-modelej-pos/>
18. 3D redaktory s podderzhkoy .stl / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup:  
<http://3dprofy.ru/3d-redaktory-s-podderzhkojj-stl/>

19. 3D printer PrintBox3D One — популярный российский 3d printer / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/3d-printer-printbox3d-one-populyarnyj-rossijskij-3d-p/>
20. 14 способов борьбы с заворачиванием при 3d печати / 3DProfy, Dekabr 13th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/14-sposobov-borby-s-zavorachivaniem-pri/>
21. Расходные материалы для моделирования методом послойного наплавления (FDM/FFF) / 3DProfy, Oktyabr 21st, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/raskhodnye-materialy-dlya-modelirovan/>
22. Обзор современных 3D-принтеров / 3DProfy, Sentyabr 15th, 2014. Dostup: <http://3dprofy.ru/obzor-sovremennykh-3d-printerov/>
23. Технологии SLA, SLM - Другие аддитивные технологии. Video: <https://ru.coursera.org/lecture/additivnye-tehnologii/tiekhnologhii-sla-slm-crhez>
24. Преимущества аддитивных технологий. Video: <https://top3dshop.ru/wiki/additive-technologies.html>
25. Новости аддитивных технологий. Video: <https://fea.ru/news/6147>
26. Аддитивные технологии – что это такое?. Video: <https://sk.ru/net/p/media.aspx?%25252525253Bpi2287233=67&PostSortBy=MostViewed&pi2287233=121>
27. Технология PolyJet - Аддитивные технологии от DDM.Lab. Video: [https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet\\_technology/](https://www.ddmlab.ru/technology/polyjet_technology/)
28. Изготовление объектов методом ламинирования (LOM). Video: <http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
29. Программа для управления ЧПУ станком: составление и написание. Источник: <https://stanokcnc.ru/articles/programma-dlya-upravleniya-chpu-stankom-sostavlenie-i-napisanie/>
30. Программы для ЧПУ-станков: какими они бывают и для чего нужны. Источник: <https://vektor.us.ru/blog/programmy-dlja-chpu-stankov.html>



31. Особности, виды, различие управляющих программ для ЧПУ устройств. Источник: <https://instanko.ru/elektroinstrument/programmy-dlya-chpu-stankov.html>
32. Примеры программ для станков с чпу. Источник: <https://crast.ru/instrumenty/primery-programm-dlja-stankov-s-chpu>
33. Как создать управляющую программу для станка с ЧПУ. Источник: <https://vseochpu.ru/sozdanie-upravlyayushhej-programmy-dlya-stanka-s-chpu/>
34. Написание программы для ЧПУ. Video: <https://www.youtube.com/watch?v=3fTDEM5TjV8>
35. Основные программы для работы на ЧПУ. Video: <https://www.youtube.com/watch?v=JDOMGm8sMis>
36. ЧПУ. Как сделать первую простую управляющую программу. Video: <https://www.youtube.com/watch?v=tCy5fHDy8IM>

## 9. Mutaxassis tomonidan berilgan taqriz



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

---

### DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Prof Enrico Bernardo  
Advanced Ceramics and  
Glasses group  
Via Marzolo, 9  
35131 Padova

tel. +39 049 8275510  
fax +39 049 8275505  
enrico.bernardo@unipd.it

CF 80006480261  
P.IVA 00742430283

Administrative Office  
via Gradenigo 6/a  
35131 Padova  
www.dii.unipd.it

tel. +39 049 8277500  
fax +39 049 8277599  
segreteria@dii.unipd.it

Padova, May 4<sup>th</sup>, 2016

#### To whom it may concern

*Expert Review on the Education Module “Innovative Technology of Composite Materials”,  
prepared for the “Chemical technology” specialization on teachers retraining and educational courses*

Based on the proposed program, the Module “Innovative Technology of Composite Materials” is effectively devoted to the study of modern technologies in the production of composites. The module studies materials for matrices and fillers, with their properties and applications. Also the production technologies for polymer-matrix, ceramic-matrix and metal-matrix composites are included. Interestingly, I note that a special attention is paid to carbon-carbon composites and non-traditional composite materials such as Self-Reinforced composites, Biocomposites and Composites for Structural Design.

Based on the information from colleagues, the Module consists of a theoretical part and practical tasks, includes the case studies for self-study programs, the glossary and the list of references. I agree on the fact that the preparation of a glossary, containing reviews in both Uzbek and English languages, will enhance the assimilation of the program.

I think that the module “Innovative Technology of Composite Materials” can be used for educational purposes on teachers retraining and educational courses.

Yours sincerely,

Enrico Bernardo, PhD  
Associate Professor  
Università degli Studi di Padova  
Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Edificio Ex Fisica Tecnica  
Via Marzolo, 9  
35131 Padova, Italy  
phone +39 049 8275510  
fax +39 049 8275505  
e-mail [enrico.bernardo@unipd.it](mailto:enrico.bernardo@unipd.it)  
web <http://www.dii.unipd.it/bernardo>

