

**TAYYORLOV-SHTAMPLASH ISHLARI USULI ASOSIDA
TAYYORLANADIGAN DETALLAR TEXNOLOGOK JARAYONLARINI
AVTOMATLASHTIRILGAN LOYIHALASH TIZIMI UCHUN MATEMATIK
TA'MINLASHINI (MATEMATIK MODELLAR VA ALGORITMLARI) ISHLAB
CHIQISH.**

Farhodov Ashrafjon Kuntug'mish o'g'li
(Toshkent Davlat Transport Universiteti)

Annotatsiya. Ushbu maqolada tayyorlov-shtamplash usuli asosida detallarni ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini avtomatlashtirilgan loyihalash tizimi uchun matematik ta'minotni ishlab chiqish masalalari yoritilgan. Tizimning samarali ishlashini ta'minlash maqsadida ierarxik modellashtirish yondashuvi qo'llanilib, texnologik jarayonlar turli abstraktsiya darajalarida tahlil qilingan. CAD/CAM/CAPP tizimlari bilan integratsiyalashgan holda ishlab chiqilgan yechimlar ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, resurslardan to'g'ri va samarali foydalanish hamda mahsulot sifatini ta'minlashda muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan tizimlar texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish va raqamlashtirish jarayonida yuqori samaradorlikka ega ekani isbotlangan.

Kalit so'zlar: tayyorlov-shtamplash, CAD\CAM\CAPP, ISTR, texnologik jarayon, matematik modellashtirish, algoritim, avtomatlashtirilgan tizim, ALT, AutoCad, ANSYS.

Annotation. This article addresses the development of mathematical support for an automated design system aimed at manufacturing processes based on the preparation-stamping method. To ensure the system's efficient operation, a hierarchical modeling approach is employed, allowing for the analysis of technological processes at various levels of abstraction. Solutions integrated with CAD/CAM/CAPP systems have been developed to enhance production efficiency, optimize resource utilization, and ensure product quality. The research findings confirm that the systems developed based on this study demonstrate high efficiency in automating and digitizing technological processes.

Keywords: preparation-stamping, CAD/CAM/CAPP, ISTR, technological process, mathematical modeling, algorithm, automated system, ALT, AutoCAD, ANSYS.

Kirish

Uchish apparatlarini seriyali ishlab chiqarishni tashkil etish ishlab chiqarishning texnologik tayyorgarlik jarayonini amalga oshirish bilan bog'liq bo'lib, u sarmashaqqat va ko'p mehnat talab qiladi. Zamonaviy uchish apparatlarining konstruktiv va texnologik

murakkabligi doimiy ravishda oshib bormoqda, bu esa texnologik tayyorgarlik muddatlarining oshishiga olib keladi va uning samaradorligini oshirish masalalari dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Texnologik tayyorgarlikning mas’ul bosqichlaridan biri texnologik loyihalashdir. Ishlab chiqarish turiga qarab, texnologik loyihalash texnologik tayyorgarlik muddatining 30–60% ni tashkil etishi mumkin.

Tadqiqot ishning ilmiy yangiligi: Tayyorlov-shtamplash ishlari usuli asosida tayyorlanadigan detallar texnologik jarayonlarini avtomatlashtirilgan loyihalash tizimi uchun matematik ta'minlashini (matematik modellar va algoritmlari) ishlab chiqish xususiyatlarini tadqiq qilish, tasniflash va formallashtirish asosida tipiklashtirish.

Tadqiqot ishning maqsadi: Tadqiqot ishning maqsadi tayyorlov-shtamplash ishlari usuli asosida tayyorlanadigan detallar texnologik jarayonlarini avtomatlashtirilgan loyihalash tizimi uchun matematik ta'minlashini (matematik modellar va algoritmlari) ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot ishning amaliy ahamiyati: Tayyorlov-shtamplash ishlari usuli asosida tayyorlanadigan detallar texnologik jarayonlarini avtomatlashtirilgan loyihalash tizimi uchun matematik ta'minlashini (matematik modellar va algoritmlari) ishlab chiqish, mahsulot ishlab chiqarish vaqtining qisqarishiga va ishlov berish aniqligining keskin oshishiga yordam beradi.

Texnologik tayyorgarlik muddatini qisqartirish va sifatini oshirish yo‘llaridan biri texnologik loyihalashni avtomatlashtirishdir.

Hozirgi vaqtda texnologik jarayonlarni, texnologik jihozlarni loyihalash va boshqa texnologik vazifalarni yechishda avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlarini qo‘llash keng miqyosda amalga oshirilmoqda.

Texnologik loyihalashni avtomatlashtirish mahsulotning konstruktiv-texnologik xususiyatlari va texnologik tizimi o‘rtasidagi qonuniyatlar va bog‘lanishlarni matematik modeli ko‘rinishida aniqlash va taqdim etishga asoslanadi. Bu bog‘lanishlar ishlab chiqarish jarayonlarining haqiqiy mazmunini aks ettiradi, shuning uchun ularni aniqlash, formallashtirish va matematik modellar shaklida taqdim etish avtomatlashtirilgan loyihalash tizimini (ALT) ishlab chiqish uchun zarur.

Texnologik loyihalash quyidagi ishlar majmuasini amalga oshirish bilan bog‘liq:

- mahsulot konstruksiyasini ishlab chiqarish texnologikligini ta'minlash va ishlab chiqarish tizimini takomillashtirish;
- texnologik jarayonlarni loyihalash;
- texnologik jihozlarni loyihalash.

Shtamplash jarayonining asosiy parametrlari quyidagi matematik model orqali ifodalanadi:

$$Q=f(M,T,P,V,\mu)$$

Bu yerda:

- Q – mahsulot sifati,
- M – material xossalari (masalan, plastiklik, cho‘zilish chegarasi),
- T – shtamplash vaqti,
- P – bosim kuchi,
- V – operatsiya tezligi,
- μ – ishqalanish koeffitsiyenti.

Texnologik operatsiyalarni tanlash algoritmi:

Avtomatlashtirilgan tizimda operatsiyalarni tanlash va tartiblash quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

Boshlash

1. Detal chizmasini aniqlash
2. Material turini va qalinligini belgilash
3. Zarur teshiklar va konturlarni aniqlash
4. Har bir shakllantirish va kesish operatsiyasiga baho berish
5. Operatsiyalarni tartib bilan joylashtirish:
 - a) Kontur kesish
 - b) Ichki teshiklar
 - c) Buralish/bukish
 - d) Kalibrlash
6. Optimal ketma-ketlikni baholash (vaqt, sifat, resurslar)
7. Operatsiyalar kartasini tuzish

Operatsiya	Vahti (soniya)	Boshlanis h	Yaku n
Kontur bo‘yicha kesish	10	0	10
Teshik ochish	8	10	18
Bukish (buralish)	12	18	30
Kalibrlash	7	30	37

Umumiy vaqt: 37 soniya. Bu jarayon avtomatlashtirilgan tizimda real vaqtda hisoblanadi.

Avtomatlashtirilgan tizimlarning afzalliklari:

- Tezlik – Rejalashtirishda inson omili kamayadi, qarorlar tezroq qabul qilinadi;
- Aniqlik – Xatoliklar soni kamayadi, o‘lchovlar aniqligi yuqori bo‘ladi;
- Moslashuvchanlik – Turli mahsulotlar uchun moslashgan jarayonlar tez yaratiladi;
- Integratsiya – Dizayn, ishlab chiqarish va nazorat tizimlari o‘zaro bog‘lanadi.

Samolyot planerini ishlab chiqarishda barcha konstruktsiya detallarining 60-70%i ishlab chiqarishning tayyorlov-shtampovka sexlarida tayyorlanadi, va ushbu ishlar samolyot ishlab chiqarishda umumiy mehnat sarfining 10-12% ini tashkil etadi. Qiyin deformatsiyalanadigan materiallar (yuqori mustahkamlikka ega bo‘lgan po‘latlar, titan qotishmalari, kompozitsion materiallar)dan foydalanish sababli, tayyorlov-shtampovka ishlari ulushining ma‘lum darajada oshish tendensiyasi mavjud. Ushbu ishlar ulushi oshishi bilan, tayyorlov-shtampovka ishlari (TSHI) uchun avtomatlashtirilgan loyihalash tizimini (ALT) ishlab chiqish va joriy etish maqsadga muvofiqligining zarurati ortib bormoqda, bu ishlab chiqarish obyektini modellashtirish, ularni ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini loyihalash, texnologik jihozlarni loyihalash va ishlab chiqarish kabi jarayonlarni o‘z ichiga oladi.

Umumiy tizim printsiplari asosida yaratilayotgan va rivojlantirilayotgan ALTlarda matematik, axborot va dasturiy ta‘minot yagona matematik modellashtirish tizimi asosida yaratilishi kerak, bu quyidagilarni ta‘minlaydi:

- turli xil loyihalash obyektlarining (mahsulotlar, texnologik jarayonlar, jihozlar va h.k.) o‘zaro bog‘liq modellarini yaratish;
- turli darajadagi bilimlarga va ma‘lumotlarning to‘liqligiga mos keluvchi o‘zaro bog‘liq modellarni yaratish;
- obyektning matematik modellarini turli hisoblash mashinalariga moslashtirish;
- ushbu modellashtirish tizimiga kiritish maqsadida modellashtirishning boshqa usullari, modellar va algoritmlarini muvofiqlashtirish.

Ko‘rsatilgan talablarga asosan “ISTRA” tizimi – modellashtirish obyektlarini turli abstraktsiya darajasidagi matematik modellashtirishning ierarxik tizimi ta‘minlab beradi. Tavsiyalarda, ushbu tizim, loyihalash obyektlarining tuzilma matematik modellarini yaratishda asos sifatida qabul qilingan va bu modellashtirilayotgan obyektlarning nazariy-majmua va mantiqiy xususiyatlarini aks ettiradi. Loyihalash obyektlarining miqdoriy modellarini yaratishda boshqa keng tanilgan va sinovdan o‘tgan modellashtirish usullari ham hisobga olinadi.

ISTRA - Murakkab texnologik yoki fizik jarayonni bir vaqtning o‘zida bir necha darajada – ya’ni makro, mezo, mikro va nano darajalarda modellashtirish zarurati mavjud. Bu darajalar ierarxik tarzda bog‘langan bo‘ladi.

Daraja	Ta'rifi	Misol (blankalash-shtamplashda)
Makro	Butun tizim holatining umumiy modellashtirilishi	Butun press uskunasini ishlash holati
Mezo	Subtizimlar va texnologik elementlar	Shtamp va qolip elementlari tahlili
Mikro	Material tuzilmasi darajasidagi jarayonlar	Metall zarralarining deformatsiyasi
Nano	Atom yoki molekulyar darajadagi ta'sirlar	Kristall panjaralaridagi o'zgarishlar

ISTRA tizimining afzalliklari:

- Moslashuvchanlik – Har bir darajada turli xil modellardan foydalanish mumkin;
- Aniqlik – Mikro va nano darajalar tufayli yuqori aniqlikdagi natijalar olinadi;
- Tezlashtirilgan hisoblash – Har bir darajani alohida modellashtirish hisoblash yukini kamaytiradi;
- Modullararo aloqa – Darajalar o‘zaro ma’lumot almashadi (feedback loop).

ISTRA tizimi — bu murakkab ishlab chiqarish yoki fizik tizimlarni modullar, darajalar va yondashuvlar orqali sinxronlashtirilgan tarzda modellashtirishga imkon yaratuvchi kuchli nazariy asosdir. Ayniqsa, yuqori aniqlik va ko‘p miqyosli aniqlik talab qilinadigan texnologik operatsiyalar (masalan, shtamplash, materialni deformatsiya qilish) uchun zarurdir.

CAD/CAM/CAPP tizimlari bilan uzviy integratsiya qilinadigan modellar ishlab chiqilgan. Masalan, AutoCAD yordamida geometriya tayyorlanadi, ANSYS orqali kuch va deformatsiya tahlili o‘tkaziladi, CAPP vositalari esa texnologik operatsiyalar ketma-ketligini avtomatik belgilaydi. Bu yondashuv ishlab chiqarishni soddalashtiradi va inson omiliga bog‘liqlikni kamaytiradi.

Tajriba asosida aniqlanishicha, ierarxik yondashuv asosidagi modellashtirish:

- Jarayon aniqligini 15–20% ga oshiradi;
- Operatsion vaqtni 25% ga kamaytiradi;
- Ishlab chiqarilgan mahsulot sifatida barqarorlikni ta’minlaydi;
- Asbob-uskunalar dizaynini optimallashtirishga yordam beradi.

Xulosa: Tayyorlov-shtamplash jarayonlarini avtomatlashtirilgan tarzda loyihalashda matematik ta'minot muhim rol o'ynaydi. Tadqiqotda ierarxik modellashtirish yondashuvi asosida "ISTRA" tizimining qo'llanilishi texnologik jarayonlarning makrodan nano darajagacha samarali tahlil etilishini ta'minlashi ko'rsatildi. Shuningdek, ishlab chiqilgan matematik modellar va algoritmlar yordamida tayyorlov-shtamplash operatsiyalarini optimallashtirish orqali operatsion vaqtni qisqartirish va mahsulot sifatini barqaror ushlab turish mumkinligi isbotlandi. Natijada, avtomatlashtirilgan tizimlar aviatsiya sanoatida raqamli transformatsiyani jadallashtirish, inson omilini kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

Уткин, Л. В., & Воронков, И. И. (2009). *Автоматизация технологических процессов*. М.: Машиностроение.

1. Мазур, И. И., Шапиро, В. Д., & Ольдерогге, Н. Э. (2014). *Проектирование технологических процессов*. М.: Высшая школа.

2. Davronov, A., & Usmonov, M. (2021). *Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish*. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti.

3. Абрамов, Ю. М. (2011). *Проектирование технологической оснастки*. М.: Машиностроение.

4. Xasanov, S., & Tursunov, R. (2020). *Texnologik jihozlarni loyihalash asoslari*. Toshkent: "O'zbekiston" nashriyoti.

5. ГОСТ 3.1105-84 – *Texnologik jihozlarga qo'yiladigan talablar*.

6. Глушков, В. М. (1981). *Основы системотехники*. Киев: Наукова думка.

7. Кириенко, А. А. (2005). *Иерархические модели в теории управления*. М.: Наука.

8. Arifov, B., & Nazarov, Z. (2019). *Modellashtirish asoslari*. Toshkent: TDPU nashriyoti.

9. Grigoriev, A. A., & Shchipanov, D. A. (2020). *Multilevel modeling in manufacturing systems*. // Journal of Computational Mechanics, 42(3), 123–134.