

## KABEL MAHSULOTLARI ISHLAB CHIQRISH JARAYONLARIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISHNING NAZARIY ASOSLARI VA MUAMMOLARI

**Uralov Olimjon Maxammadjonovich**  
PhD dots

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20096454>

**Annotatsiya:** Ushbu tezisda kabel mahsulotlari ishlab chiqarish jarayonlarida raqamli texnologiyalardan foydalanishning nazariy asoslari, ishlab chiqarish samaradorligiga ta'siri hamda mavjud muammolari ilmiy jihatdan yoritiladi. Kabel sanoati yuqori aniqlik, barqaror sifat, texnologik intizom va uzluksiz nazoratni talab qiladigan murakkab ishlab chiqarish tarmoqlaridan biridir. Ayniqsa, izolyatsiya qalinligi, kabel diametri, elektr o'tkazuvchanlik, mexanik mustahkamlik va nuqsonsizlik ko'rsatkichlari mahsulot sifatini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi. Raqamli texnologiyalar avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, sensorlar, sanoat interneti, ma'lumotlar tahlili, prediktiv modellashtirish va raqamli monitoring tizimlari orqali ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, ularni joriy etishda infratuzilma yetishmovchiligi, kadrlar malakasi, investitsion xarajatlar, ma'lumotlar sifati va korxonalar boshqaruv madaniyati bilan bog'liq muammolar mavjud. Tezisda mazkur masalalar nazariy-metodologik jihatdan tahlil qilinadi.

**Kalit so'zlar:** kabel mahsulotlari, raqamli texnologiyalar, ishlab chiqarish jarayoni, avtomatlashtirish, sifat nazorati, prediktiv tahlil, sanoat interneti, raqamli transformatsiya, jarayon imkoniyati, optimallashtirish.

### **Kirish**

Bugungi raqamli iqtisodiyot sharoitida sanoat korxonalarining raqobatbardoshligi nafaqat ishlab chiqarish quvvatlari, balki texnologik jarayonlarni qanchalik samarali boshqarishi bilan ham belgilanadi. Ayniqsa, kabel mahsulotlari ishlab chiqarish sanoati uchun mahsulot sifati, texnik standartlarga moslik, resurslardan oqilona foydalanish va nuqsonlarni kamaytirish muhim ahamiyatga ega. Kabel mahsulotlari energetika, qurilish, transport, aloqa, neft-gaz, sanoat avtomatikasi va raqamli infratuzilmaning asosiy tarkibiy qismi sifatida iqtisodiyotning deyarli barcha sohalarida qo'llaniladi.

Kabel ishlab chiqarish jarayonlari bir necha bosqichdan iborat bo'lib, ularga misni tortish, o'tkazgich tayyorlash, izolyatsiyalash, ekranlash, qoplama berish, sovitish, markirovkalash va yakuniy sinovlar kiradi. Har bir bosqichda texnologik parametrlarning ozgina o'zgarishi ham mahsulot sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Masalan, ekstruder harorati, tortish tezligi, sovitish rejimi yoki xomashyo tarkibidagi farqlar kabel diametri va izolyatsiya qalinligida og'ishlarga olib kelishi mumkin. Shu sababli ishlab chiqarishda raqamli nazorat va tahlil vositalaridan foydalanish zarurati tobora ortib bormoqda.

Raqamli texnologiyalar ishlab chiqarish jarayonlarida real vaqt rejimida ma'lumot to'plash, ularni qayta ishlash, texnologik og'ishlarni aniqlash, kelajakdagi nuqsonlarni oldindan bashorat qilish va boshqaruv qarorlarini ilmiy asosda qabul qilish imkonini beradi. Bu esa kabel sanoatida sifatni oshirish, chiqindilarni kamaytirish, energiya sarfini optimallashtirish va ishlab chiqarish tannarxini pasaytirishga xizmat qiladi.

### **Asosiy qism**

## 1. Kabel ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning nazariy asoslari

Kabel mahsulotlari ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanishning nazariy asoslari sanoat jarayonlarini tizimli boshqarish, avtomatlashtirish, ma'lumotlarga asoslangan qaror qabul qilish va sifat menejmenti konsepsiyalariga tayanadi. An'anaviy ishlab chiqarish tizimlarida jarayonlar ko'pincha tajriba, operator kuzatuv va davriy laboratoriya tekshiruvlari asosida boshqarilgan. Raqamli ishlab chiqarishda esa asosiy e'tibor real vaqt ma'lumotlari, statistik tahlil va avtomatik boshqaruv mexanizmlariga qaratiladi.

Nazariy jihatdan raqamli texnologiyalar quyidagi konseptual yo'nalishlarga asoslanadi:

avtomatlashtirilgan boshqaruv nazariyasi — harorat, bosim, tezlik, diametr va qalinlik kabi parametrlarni doimiy nazorat qilish;

ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv konsepsiyasi — ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan ma'lumotlarni yig'ish, saqlash, tahlil qilish va qaror qabul qilish;

sifatni statistik boshqarish nazariyasi — jarayon o'zgaruvchanligini baholash, nuqsonlarning sabablarini aniqlash va jarayon imkoniyatini o'lchash;

prediktiv modellashtirish nazariyasi — kelajakdagi og'ishlar va nuqsonlarni oldindan bashorat qilish;

raqamli transformatsiya konsepsiyasi — texnik jihozlar bilan birga boshqaruv madaniyati, kadrlar kompetensiyasi va biznes jarayonlarini ham yangilash.

Shunday qilib, kabel ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalarni joriy etish oddiy texnik modernizatsiya emas, balki korxonada faoliyatining kompleks o'zgarishidir. Bunda ishlab chiqarish liniyalari, laboratoriya nazorati, sifat menejmenti va boshqaruv qarorlari yagona axborot muhitida uyg'unlashadi.

### 1-jadval. Kabel ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar va ularning vazifalari

Raqamli texnologiya	Asosiy vazifasi	Kutiladigan natija
Sensor va IoT tizimlari	Harorat, bosim, tezlik, diametr va qalinlikni real vaqt rejimida o'lchash	Jarayon og'ishlarini tez aniqlash
SCADA/PLC boshqaruvi	Ishlab chiqarish liniyasini avtomatik nazorat qilish va boshqarish	Barqarorlik va texnologik intizomni kuchaytirish
MES/ERP integratsiyasi	Ishlab chiqarish, ombor, sifat va rejalashtirish ma'lumotlarini bog'lash	Boshqaruv qarorlarining aniqligini oshirish
Statistik tahlil	Cp, Cpk, DPMO va sigma darajasini baholash	Jarayon imkoniyatini nazorat qilish
Prediktiv modellashtirish	Kelajakdagi nuqson yoki og'ishlarni oldindan bashorat qilish	Chiqindi va qayta ishlash xarajatlarini kamaytirish

Kabel ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalar bir nechta muhim amaliy imkoniyatlarni yaratadi. Eng avvalo, ular ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish imkonini beradi. Sensorlar yordamida harorat, bosim, tortish kuchi, liniya tezligi, kabel diametri va izolyatsiya qalinligi kabi ko'rsatkichlar doimiy kuzatiladi. Bu esa jarayonda yuzaga kelayotgan og'ishlarni tezda aniqlashga yordam beradi.

Ikkinchi muhim imkoniyat — nuqsonlarni kamaytirishdir. An’anaviy tizimda nuqson ko‘pincha tayyor mahsulot sinovidan keyin aniqlanadi. Bu esa vaqt, xomashyo va mehnat resurslarining ortiqcha sarflanishiga olib keladi. Raqamli tizimlar esa nuqson shakllanishidan oldin xavfli signalni aniqlashi mumkin. Masalan, ekstruder haroratining belgilangan me’yordan chiqishi izolyatsiya sifatsizligiga olib kelishi mumkin. Raqamli monitoring bunday holatni oldindan ko‘rsatadi.

Uchinchi imkoniyat — jarayon imkoniyatini optimallashtirishdir. Kabel ishlab chiqarishda mahsulot parametrlari belgilangan yuqori va quyi chegaralar oralig‘ida bo‘lishi kerak. Raqamli tahlil yordamida jarayonning qanchalik barqarorligi aniqlanadi. Agar jarayon imkoniyati past bo‘lsa, parametrlar qayta sozlanadi, texnologik rejimlar optimallashtiriladi va sifat yaxshilanadi.

Jarayon imkoniyatini baholashda quyidagi ko‘rsatkichlardan foydalanish mumkin:

Ko‘rsatkich	Mazmuni
$C_p = (USL - LSL) / 6\sigma$ $C_{pk} = \min[(USL - \mu) / 3\sigma; (\mu - LSL) / 3\sigma]$	<p><math>C_p</math> jarayonning umumiy imkoniyatini, <math>C_{pk}</math> esa jarayon markazlashuvi va spetsifikatsiya chegaralariga nisbatan real barqarorlik darajasini ko‘rsatadi.</p>

To‘rtinchi imkoniyat — resurslardan samarali foydalanishdir. Raqamli texnologiyalar elektr energiyasi, xomashyo, vaqt va mehnat xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi. Masalan, ishlab chiqarish liniyasidagi ortiqcha to‘xtashlar, qayta ishlash va chiqindi hajmi kamayadi. Beshinchi imkoniyat esa boshqaruv qarorlarining aniqligini oshirish bilan bog‘liq. Korxonalar rahbariyati ishlab chiqarish holati, sifat ko‘rsatkichlari, uskunalarning samaradorligi va nuqsonlar statistikasi bo‘yicha aniq ma‘lumotlarga ega bo‘ladi.

**1-rasm. Kabel ishlab chiqarishda raqamli boshqaruvning soddalashtirilgan blok-sxemasi**

Sensorlar		Ma‘lumotlar bazasi		Tahlil va model		Optimallashtirilgan qaror
-----------	--	--------------------	--	-----------------	--	---------------------------

**3. Raqamli texnologiyalarni joriy etishdagi asosiy muammolar**

Kabel mahsulotlari ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanish katta imkoniyatlar yaratishiga qaramay, amaliyotda bir qator muammolar mavjud. Ushbu muammolarni to‘g‘ri aniqlash va ularni bosqichma-bosqich bartaraf etish raqamli transformatsiyaning muvaffaqiyatini belgilaydi. Texnik infratuzilmaning yetarli emasligi. Ko‘plab korxonalarda ishlab chiqarish uskunalari turli yillarda o‘rnatilgan bo‘lib, ularning barchasini yagona raqamli tizimga ulash murakkab kechadi. Eski uskunalarning sensorlar, avtomatik nazorat modullari va ma‘lumot uzatish tizimlari bilan to‘liq mos kelmasligi mumkin. Ma‘lumotlar sifati va uzluksizligi. Raqamli tahlilning samaradorligi to‘plangan ma‘lumotlarning aniqligi, to‘liqligi va ishonchliligiga bog‘liq. Agar sensor noto‘g‘ri ishlasa, o‘lchovlar muntazam yozib borilmasa yoki ma‘lumotlar bazasida uzilishlar bo‘lsa, tahlil natijalari ham noto‘g‘ri bo‘lishi mumkin. Malakali kadrlar yetishmasligi. Raqamli ishlab chiqarish tizimlarini samarali boshqarish uchun muhandislar nafaqat texnologik jarayonlarni, balki ma‘lumotlar tahlili, avtomatlashtirish, statistik boshqaruv va dasturiy vositalarni ham bilishi kerak. Investitsion xarajatlarning yuqoriligi. Sensorlar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, serverlar, dasturiy ta‘minot, kiberxavfsizlik vositalari va xodimlarni o‘qitish katta mablag‘ talab qiladi.

Ayrim korxonalar qisqa muddatli xarajatlarni ko‘rib, uzoq muddatli iqtisodiy samarani yetarli baholamaydi.

Tashkiliy qarshilik va boshqaruv madaniyati. Raqamli texnologiyalarni joriy etish faqat uskunani yangilash emas, balki ish jarayonlarini ham o‘zgartirishni talab qiladi. Ba’zi xodimlar yangi tizimlardan foydalanishga tayyor bo‘lmasligi yoki an’anaviy ish uslubini o‘zgartirishni istamasligi mumkin. Kiberxavfsizlik masalalari. Ishlab chiqarish tizimlari internet va korporativ tarmoqlarga ulangan sari ma’lumotlar xavfsizligi, sanoat sirlarini himoya qilish va texnologik jarayonlarni tashqi xatarlardan saqlash muhim masalaga aylanadi.

Kabel ishlab chiqarish korxonalarida raqamli texnologiyalarni samarali joriy etish uchun bosqichma-bosqich yondashuv zarur. Birinchi bosqichda mavjud ishlab chiqarish jarayonlari tahlil qilinib, eng muhim texnologik nuqtalar aniqlanishi kerak. Masalan, ekstruder liniyasi, diametr nazorati, izolyatsiya qalinligi va yakuniy sinov jarayonlari raqamli monitoring uchun ustuvor yo‘nalish bo‘lishi mumkin.

Ikkinchi bosqichda sensorlar va avtomatik o‘lchov tizimlari orqali ma’lumotlar yig‘ish yo‘lga qo‘yiladi. Bu bosqichda ma’lumotlar bazasini shakllantirish, ularni tozalash, tartibga solish va tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Uchinchi bosqichda statistik tahlil, jarayon imkoniyati bahosi va prediktiv modellar ishlab chiqiladi. Bu orqali texnologik parametrlar va mahsulot sifati o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlanadi.

To‘rtinchi bosqichda ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish amalga oshiriladi. Ya’ni texnologik rejimlar qayta sozlanadi, nuqsonlar kamaytiriladi, energiya va xomashyo sarfi pasaytiriladi. Beshinchi bosqichda raqamli texnologiyalar korxonaning umumiy boshqaruv tizimiga integratsiya qilinadi. ERP, MES, SCADA va sifat menejmenti tizimlari o‘zaro bog‘langan holda ishlashi korxonada yagona raqamli ishlab chiqarish muhitini shakllantiradi.

**2-jadval. Raqamli texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha tavsiya etiladigan bosqichlar**

Bosqich	Amalga oshiriladigan ishlar	Natija
1-bosqich	Jarayonlarni diagnostika qilish va muhim parametrlarni aniqlash	Raqamlashtirish uchun ustuvor nuqtalar belgilanadi
2-bosqich	Sensorlar va o‘lchov tizimlarini o‘rnatish	Real vaqt ma’lumotlari shakllanadi
3-bosqich	Ma’lumotlarni tahlil qilish va jarayon imkoniyatini baholash	Sifatga ta’sir qiluvchi omillar aniqlanadi
4-bosqich	Prediktiv model va optimallashtirish algoritmlarini joriy etish	Nuqsonlar oldindan bashorat qilinadi
5-bosqich	ERP, MES, SCADA tizimlarini integratsiya qilish	Yagona raqamli ishlab chiqarish muhiti yaratiladi

**Xulosa**

Kabel mahsulotlari ishlab chiqarish jarayonlarida raqamli texnologiyalardan foydalanish zamonaviy sanoat rivojlanishining muhim yo‘nalishlaridan biridir. Raqamli texnologiyalar ishlab chiqarish jarayonlarini real vaqt rejimida kuzatish, texnologik og‘ishlarni aniqlash, nuqsonlarni kamaytirish, jarayon imkoniyatini baholash va resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi. Nazariy jihatdan bu jarayon avtomatlashtirilgan boshqaruv, statistik sifat nazorati, prediktiv modellashtirish va raqamli transformatsiya konsepsiyalariga asoslanadi.

Shu bilan birga, kabel sanoatida raqamli texnologiyalarni joriy etish texnik, iqtisodiy, tashkiliy va kadrlar bilan bog‘liq muammolarni ham yuzaga chiqaradi. Infratuzilmaning yetarli emasligi, ma‘lumotlar sifati, kadrlar malakasi, investitsiya xarajatlari va kiberxavfsizlik masalalari bu jarayonning asosiy cheklovlari hisoblanadi. Shuning uchun raqamli transformatsiya bosqichma-bosqich, ilmiy asoslangan metodologiya asosida amalga oshirilishi kerak.

Umuman olganda, kabel mahsulotlari ishlab chiqarishda raqamli texnologiyalardan foydalanish korxonalarining raqobatbardoshligini oshirish, mahsulot sifatini barqarorlashtirish va ishlab chiqarish samaradorligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Kelgusida bu yo‘nalishda raqamli monitoring, sun‘iy intellekt, sanoat interneti va prediktiv tahlil vositalarini keng joriy etish kabel sanoatining innovatsion rivojlanishida muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. Montgomery D.C. Introduction to Statistical Quality Control. Wiley, 2020.
2. Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiments. Wiley, 2019.
3. Taguchi G., Chowdhury S., Wu Y. Taguchi’s Quality Engineering Handbook. Wiley, 2005.
4. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016.
5. Porter M., Heppelmann J. How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. Harvard Business Review, 2014.
6. ISO 9001:2015. Quality Management Systems — Requirements.
7. ISO 22400. Automation systems and integration — Key performance indicators for manufacturing operations management.
8. Lee J., Bagheri B., Kao H.A. A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems. Manufacturing Letters, 2015.
9. O‘zbekiston Respublikasida raqamli iqtisodiyotni rivojlantirishga oid strategik hujjatlar va sanoat modernizatsiyasi bo‘yicha normativ manbalar.
10. Kabel mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasi va sifat nazorati bo‘yicha ilmiy-amaliy manbalar.