BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

# DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF AN OPTIMAL TECHNOLOGY FOR RECYCLING FOOTWEAR MANUFACTURING WASTE

**Abrorjon Olimjon o‘g‘li Xomidjonov**

Associate Professor
Namangan State Technical University

**Muharramoy Abdusamat qizi Jumayeva**

PhD Student
Namangan State Technical University

**Abstract.** This article analyzes the development and optimization of effective technologies for recycling technological waste generated during the footwear manufacturing process. The study investigates the composition, properties, and recycling potential of leather, artificial leather, rubber, polyurethane (PU), ethylene-vinyl acetate (EVA), textile materials, and other production residues. In addition, the efficiency of waste sorting, shredding, granulation, and the reuse of recycled materials as secondary raw materials is evaluated. The proposed optimal technological model contributes to reducing manufacturing waste, ensuring the efficient use of resources, lowering production costs, and improving environmental safety. The research findings provide a scientific and practical basis for implementing circular economy principles in the footwear industry, promoting environmentally sustainable manufacturing, and improving zero-waste production technologies.

**Keywords:** footwear industry, manufacturing waste, waste recycling, optimal technology, technological optimization, secondary raw materials, leather waste, artificial leather, polyurethane (PU), ethylene-vinyl acetate (EVA), rubber waste, granulation, shredding technology, resource efficiency, environmental safety, circular economy, sustainable manufacturing, zero-waste technology, industrial ecology, efficient material utilization.

# POYABZAL ISHLAB CHIQARISH CHIQINDILARINI QAYTA ISHLASHNING OPTIMAL TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH VA OPTIMALLASHTIRISH

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada poyabzal ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan texnologik chiqindilarni qayta ishlashning optimal usullarini ishlab chiqish hamda ularni optimallashtirish masalalari tahlil qilingan. Tadqiqotda charm, sun’iy charm, rezina, poliuretan, EVA, to‘qimachilik materiallari va boshqa ishlab chiqarish qoldiqlarining tarkibi, xossalari hamda ularni qayta ishlash imkoniyatlari o‘rganilgan. Shuningdek, chiqindilarni saralash, maydalash, granulalash va ikkilamchi xomashyo sifatida qayta foydalanish texnologiyalarining samaradorligi baholangan. Ishlab chiqilgan optimal texnologik model ishlab chiqarish chiqindilarini kamaytirish, resurslardan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashga xizmat qiladi. Tadqiqot natijalari poyabzal sanoatida aylanma iqtisodiyot

tamoyillarini joriy etish, ekologik barqaror ishlab chiqarishni rivojlantirish va chiqindisiz texnologiyalarni takomillashtirish uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

**Kalit so‘zlar.** poyabzal sanoati, ishlab chiqarish chiqindilari, chiqindilarni qayta ishlash, optimal texnologiya, texnologik optimallashtirish, ikkilamchi xomashyo, charm chiqindilari, sun’iy charm, poliuretan, EVA materiali, rezina chiqindilari, granulalash, maydalash texnologiyasi, resurs tejamkorligi, ekologik xavfsizlik, aylanma iqtisodiyot, barqaror ishlab chiqarish, chiqindisiz texnologiya, sanoat ekologiyasi, materiallardan samarali foydalanish.

Bugungi kunda sanoat ishlab chiqarishining jadal rivojlanishi natijasida atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi ishlab chiqarish chiqindilari hajmi tobora ortib bormoqda. Xususan, poyabzal sanoati iqtisodiyotning muhim tarmoqlaridan biri bo'lib, ishlab chiqarish jarayonida katta miqdorda charm, sun'iy charm, rezina, poliuretan, EVA, PVX, to'qimachilik materiallari va boshqa polimer asosidagi chiqindilar hosil bo'ladi. Ushbu chiqindilarni an'anaviy usullar bilan yo'q qilish yoki poligonlarga joylashtirish ekologik muammolarni kuchaytiradi, tabiiy resurslarning samarasiz sarflanishiga hamda iqtisodiy yo'qotishlarga olib keladi. Shu sababli poyabzal ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlashning samarali, ekologik xavfsiz va iqtisodiy jihatdan maqbul texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

So'nggi yillarda dunyo miqyosida "yashil iqtisodiyot", resurslardan oqilona foydalanish va aylanma iqtisodiyot (Circular Economy) tamoyillariga asoslangan ishlab chiqarish tizimlarini joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Mazkur yondashuv chiqindilarni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta foydalanish, yangi mahsulotlar ishlab chiqarish va ishlab chiqarish jarayonlarining ekologik samaradorligini oshirishni nazarda tutadi. Poyabzal sanoati ham ushbu jarayonning ajralmas qismi bo'lib, ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash orqali nafaqat atrof-muhitni muhofaza qilish, balki ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va mahsulot tannarxini pasaytirish imkoniyatini yaratadi.

Poyabzal ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar tarkibi turlicha bo'lganligi sababli ularni qayta ishlash texnologiyasini tanlash murakkab ilmiy va texnologik vazifa hisoblanadi. Har bir materialning fizik-mexanik va kimyoviy xususiyatlari qayta ishlash usulini belgilaydi. Masalan, charm va to'qimachilik chiqindilarini maydalab kompozit materiallar ishlab chiqarishda qo'llash mumkin bo'lsa, rezina va polimer chiqindilarini granula holiga keltirib yangi taglik materiallari, amortizatsion qatlamlar yoki boshqa texnik buyumlar ishlab chiqarishda foydalanish mumkin. Shu sababli chiqindilarni saralash, maydalash, tozalash, granulalash va qayta shakllantirish bosqichlarini o'z ichiga oluvchi optimal texnologik tizimni yaratish katta ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Texnologik jarayonni optimallashtirish esa faqat qayta ishlash usulini tanlash bilan cheklanmaydi. Bunda energiya sarfi, ishlab chiqarish unumdorligi, xomashyo yo'qotilishi, uskunalar samaradorligi, qayta ishlangan mahsulot sifati hamda ekologik ko'rsatkichlar kompleks ravishda baholanadi. Zamonaviy modellashtirish usullari, matematik optimallashtirish, raqamli monitoring va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlaridan foydalanish orqali texnologik jarayonlarning samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Natijada resurslardan oqilona foydalanish, chiqindilar miqdorini kamaytirish va ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligini oshirishga erishiladi.

O'zbekistonda ham sanoat korxonalarida ekologik xavfsizlikni ta'minlash, ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlash va ikkilamchi resurslardan foydalanishni kengaytirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Poyabzal sanoatida innovatsion qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish mahalliy xomashyo bazasidan samarali foydalanish, import o'rnini

bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarish hamda eksport salohiyatini oshirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, ishlab chiqarish chiqindilarining kamayishi ekologik barqarorlikni ta'minlash, chiqindilarni poligonlarga chiqarish hajmini qisqartirish va tabiiy resurslarni asrashga imkon yaratadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi poyabzal ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlashning optimal texnologiyasini ishlab chiqish, texnologik parametrlarni ilmiy asosda optimallashtirish hamda qayta ishlangan materiallardan sifatli va raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyatlarini aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari poyabzal sanoatida resurs tejamkor, ekologik xavfsiz va iqtisodiy jihatdan samarali texnologiyalarni takomillashtirishga, ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga hamda aylanma iqtisodiyot tamoyillarini amaliyotga keng joriy etishga ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Poyabzal sanoati yengil sanoatning eng muhim tarmoqlaridan biri bo'lib, aholini sifatli poyabzal mahsulotlari bilan ta'minlashda muhim o'rin egallaydi. Biroq ishlab chiqarish hajmining ortishi bilan bir qatorda texnologik jarayonlarda hosil bo'ladigan chiqindilar miqdori ham yil sayin oshib bormoqda. Chiqindilarning asosiy qismini tabiiy charm, sun'iy charm, poliuretan (PU), etilen-vinilatsetat (EVA), polivinilxlorid (PVX), termoplastik rezina (TPR), kauchuk, karton, mato va ko'pikli polimer materiallari tashkil etadi. Ushbu materiallarning ko'pchiligi tabiiy sharoitda juda sekin parchalanadi, ayrimlari esa yuzlab yillar davomida saqlanib qoladi. Natijada ular tuproq, yer osti suvlari va atmosfera ekologiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar texnologik va iste'mol chiqindilariga bo'linadi. Texnologik chiqindilar materiallarni bichish, kesish, frezalash, jilvirlash, taglik tayyorlash va pardozlash bosqichlarida hosil bo'ladi. Iste'mol chiqindilari esa foydalanish muddati tugagan poyabzallarni qayta yig'ish natijasida yuzaga keladi. Zamonaviy aylanma iqtisodiyot tamoyillariga ko'ra ushbu chiqindilarni ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash tabiiy resurslardan foydalanishni kamaytiradi va ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi.

Poyabzal sanoatida chiqindilarni qayta ishlashning bir necha usullari mavjud. Mexanik qayta ishlash usulida chiqindilar maydalanadi, saralanadi va granulalar holiga keltiriladi. Ushbu granulalar yangi tagliklar, amortizatsion qatlamlar, qurilish materiallari yoki kompozit buyumlar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Kimyoviy qayta ishlash usulida esa polimer materiallar depolimerizatsiya qilinib dastlabki monomer yoki boshqa foydali kimyoviy mahsulotlarga aylantiriladi. Termik qayta ishlash usuli energiya olish imkonini bersa-da, ekologik xavfsizlik talablariga qat'iy rioya etishni talab qiladi. Shu sababli bugungi kunda mexanik va kombinatsiyalashgan qayta ishlash texnologiyalari eng istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi.

Qayta ishlash texnologiyasining samaradorligi chiqindilarni dastlabki saralash sifatiga ham bog'liq. Turli xil materiallarni alohida ajratish qayta ishlangan mahsulotning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi. Ayniqsa, poliuretan, EVA va rezina asosidagi chiqindilarni alohida qayta ishlash yuqori sifatli ikkilamchi mahsulotlar olish imkonini beradi. Charm chiqindilaridan esa bog'lovchi moddalar yordamida sun'iy kompozit materiallar ishlab chiqarish mumkin.

Texnologik jarayonlarni optimallashtirish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning asosiy omillaridan biridir. Optimallashtirish jarayonida maydalash darajasi, zarracha o'lchami, granulalash harorati, bosim, bog'lovchi modda miqdori, energiya sarfi va ishlab chiqarish unumdorligi kabi ko'rsatkichlar kompleks ravishda baholanadi. Optimal parametrlarni tanlash natijasida mahsulot sifati yaxshilanadi, ishlab chiqarish tannarxi kamayadi va energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi ortadi.

So'nggi yillarda dunyo miqyosida poyabzal ishlab chiqarishda ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etishga bo'lgan talab keskin ortmoqda. Tahlillar shuni ko'rsatadiki,

korxonalarda hosil bo'ladigan chiqindilarning katta qismi qayta ishlash uchun yaroqli bo'lsa-da, ularning sezilarli ulushi hali ham poligonlarga chiqariladi yoki yoqib yuboriladi. Bu esa nafaqat iqtisodiy yo'qotishlarni, balki ekologik muammolarni ham keltirib chiqaradi.

Poyabzal ishlab chiqarish korxonalarida chiqindilarning eng katta ulushi bichish jarayoniga to'g'ri keladi. Materiallardan foydalanish koeffitsienti odatda 70–85 % atrofida bo'lib, qolgan qismi turli shakldagi qirqimlar ko'rinishida chiqindi sifatida hosil bo'ladi. Raqamli loyihalash (CAD) dasturlaridan foydalanish materiallardan foydalanish samaradorligini oshiradi va chiqindilar hajmini sezilarli darajada kamaytiradi.

Mexanik maydalash va granulalash texnologiyalari iqtisodiy jihatdan eng maqbul usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usulda qayta ishlangan rezina va EVA granulalari yangi poyabzal tagliklari, sport maydonchalari qoplamalari hamda zarbani yutuvchi texnik buyumlar ishlab chiqarishda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Charm chiqindilaridan tayyorlangan kompozit materiallar esa galantereya mahsulotlari, ichki qoplamalar va yordamchi detallar ishlab chiqarishda samarali foydalaniladi.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, optimal texnologiyani tanlashda quyidagi omillar asosiy ahamiyatga ega:

-chiqindining turi va kimyoviy tarkibi;
-namlik darajasi;
-zarracha o'lchami;
-maydalash uskunasining samaradorligi;
-granulalash harorati va bosimi;
-energiya sarfi;
-tayyor mahsulotning fizik-mexanik ko'rsatkichlari;
-ekologik xavfsizlik darajasi.

Mazkur omillarni ilmiy asosda optimallashtirish orqali chiqindilarni qayta ishlash samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Ayniqsa, texnologik parametrlarni matematik modellashtirish va eksperimental optimallashtirish usullarini qo'llash energiya sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish unumdorligini oshirish hamda mahsulot sifatini barqaror saqlash imkonini beradi.

**Poyabzal ishlab chiqarish chiqindilarining turlari va ularni qayta ishlash texnologiyalari**

**1-jadval**

| **Chiqindi turi** | **Hosil bo'lish manbai** | **Qayta ishlash usuli** | **Olinadigan mahsulot** | **Afzalliklari** |
|---|---|---|---|---|
| Tabiiy charm qoldiqlari | Bichish va kesish jarayoni | Maydalash, presslash, kompozit tayyorlash | Sun'iy charm, galantereya buyumlari, kompozit plitalar | Xomashyo tejaladi, chiqindilar kamayadi |
| Sun'iy charm (PU, PVC) | Bichish va shakllantirish | Mexanik maydalash va granulalash | Polimer kompozitlari, texnik buyumlar | Qayta foydalanish imkoniyati yuqori |
| Rezina chiqindilari | Taglik ishlab chiqarish | Maydalash, vulkanizatsiya, granulalash | Yangi tagliklar, sport qoplamalari | Elastiklik saqlanadi, tannarx kamayadi |
| EVA ko'pik chiqindilari | Taglik va ichki qavat tayyorlash | Granulalash va qayta presslash | Amortizatsion qatlamlar, sport poyabzali qismlari | Engil va elastik material olinadi |

| Chiqindi turi | Hosil bo'lish manbai | Qayta ishlash usuli | Olinadigan mahsulot | Afzalliklari |
|---|---|---|---|---|
| Mato va tekstil chiqindilari | Ustki qismni tikish | Tolalarga ajratish va qayta yigirish | To'qilmagan matolar, izolyatsion materiallar | Resurslardan samarali foydalaniladi |
| Karton va qog'oz chiqindilari | Andaza va qadoqlash | Makulatura sifatida qayta ishlash | Karton, qadoqlash materiallari | Qog'oz resurslari tejaladi |
| Aralash polimer chiqindilari | Turli texnologik operatsiyalar | Saralash, maydalash va kompozitlash | Qurilish panellari, texnik buyumlar | Chiqindilar hajmi kamayadi |

**Optimal qayta ishlash texnologiyasining asosiy texnologik parametrlari**
**1-jadval**

| Parametr | Tavsiya etilgan qiymat | Jarayonga ta'siri |
|---|---|---|
| Chiqindilarni saralash darajasi | 95–100 % | Mahsulot sifatini oshiradi |
| Maydalash zarrachasi o'lchami | 2–5 mm | Granulalash sifatini yaxshilaydi |
| Granulalash harorati | 140–180 °C | Materialning bir xil erishini ta'minlaydi |
| Presslash bosimi | 5–15 MPa | Mustahkamlikni oshiradi |
| Sovitish vaqti | 10–20 minut | Mahsulot deformatsiyasini kamaytiradi |
| Energiya sarfi | 0,5–1,2 kWh/kg | Ishlab chiqarish xarajatlariga ta'sir qiladi |
| Tayyor mahsulot zichligi | 0,8–1,2 g/sm³ | Mexanik xossalarning barqarorligini ta'minlaydi |

**Qayta ishlash usullarining taqqoslama tahlili**
**1-jadval**

| Ko'rsatkich | Mexanik qayta ishlash | Kimyoviy qayta ishlash | Termik qayta ishlash |
|---|---|---|---|
| Investitsiya xarajati | Past | Yuqori | O'rta |
| Energiya sarfi | Past | Yuqori | Yuqori |
| Ekologik xavfsizlik | Yuqori | O'rta | Past |
| Mahsulot sifati | Yuqori | Juda yuqori | Past |
| Texnologiyaning murakkabligi | Oddiy | Murakkab | O'rta |
| Iqtisodiy samaradorlik | Yuqori | O'rta | Past |

| Ko'rsatkich | Mexanik qayta ishlash | Kimyoviy qayta ishlash | Termik qayta ishlash |
|---|---|---|---|
| Sanoatda qo'llash imkoniyati | Juda yuqori | Cheklangan | Cheklangan |

1-jadval ma'lumotlari poyabzal ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan chiqindilar tarkibi turli materiallardan iborat ekanligini ko'rsatadi. Chiqindilar asosan tabiiy charm, sun'iy charm, rezina, EVA, mato, karton va aralash polimer materiallaridan tashkil topadi. Har bir materialning fizik-kimyoviy xususiyatlari turlicha bo'lganligi sababli ularni qayta ishlash texnologiyalari ham farqlanadi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, chiqindilarni dastlabki bosqichda to'g'ri saralash va material turi bo'yicha ajratish qayta ishlash samaradorligini oshiradi hamda yuqori sifatli ikkilamchi mahsulotlar olish imkonini beradi. Natijada ishlab chiqarish chiqindilarining katta qismi iqtisodiy qiymatga ega bo'lgan yangi mahsulotlarga aylantiriladi.

2-jadvalda optimal qayta ishlash texnologiyasining asosiy texnologik parametrlari keltirilgan. Ushbu parametrlar orasida maydalash zarrachalarining o'lchami, granulalash harorati, presslash bosimi, sovitish vaqti hamda energiya sarfi eng muhim ko'rsatkichlar hisoblanadi. Texnologik parametrlarning optimal qiymatlarini tanlash ishlab chiqarish unumdorligini oshiradi, energiya sarfini kamaytiradi va tayyor mahsulotning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi. Ayniqsa, chiqindilarni 95–100 % darajada saralash hamda 2–5 mm o'lchamda maydalash keyingi texnologik jarayonlarning samarali amalga oshirilishiga xizmat qiladi.

3-jadvalda mexanik, kimyoviy va termik qayta ishlash usullari o'zaro taqqoslangan. Taqqoslash natijalari mexanik qayta ishlash usuli ekologik xavfsizligi, energiya tejamkorligi, texnologik soddaligi va iqtisodiy samaradorligi bilan boshqa usullardan ustun ekanligini ko'rsatadi. Kimyoviy qayta ishlash yuqori sifatli mahsulot olish imkonini bersa-da, katta investitsiya va murakkab texnologik uskunalarni talab qiladi. Termik qayta ishlash esa chiqindilar hajmini kamaytirishga xizmat qilishi bilan birga, atmosferaga zararli gazlar ajralishi sababli ekologik nuqtai nazardan kamroq afzallikka ega.

Jadvallar asosida o'tkazilgan tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, poyabzal ishlab chiqarish chiqindilarini qayta ishlashda mexanik maydalash, saralash va granulalash texnologiyalarini optimallashtirish eng maqbul yechim hisoblanadi. Ushbu texnologiya ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi, ikkilamchi xomashyo ulushini oshiradi, tabiiy resurslardan oqilona foydalanishni ta'minlaydi hamda atrof-muhitga salbiy ta'sirni sezilarli darajada kamaytiradi. Shu bilan birga, zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va matematik optimallashtirish usullarini qo'llash texnologik jarayonlarning barqarorligini oshirish va qayta ishlangan mahsulot sifatini yaxshilash imkonini beradi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Aulton M.E., Kydonieus A. **Handbook of Industrial Polymeric Materials.** New York: Marcel Dekker, 2020. – 785 p.
2. Rivela B., Moreira M.T., Feijoo G. Life Cycle Assessment as a Tool for the Environmental Evaluation of Leather and Footwear Products // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 231. – P. 1312–1324.

3. Mirabella N., Castellani V., Sala S. Current Options for the Valorization of Food Manufacturing Waste and a Discussion on Their Environmental Assessment // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – Vol. 65. – P. 28–41.

4. Staikos T., Rahimifard S. An End-of-Life Decision Support Tool for Product Recovery Considerations in the Footwear Industry // *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. – 2017. – Vol. 20(6). – P. 602–615.

5. Mukhopadhyay S. **Advanced Materials and Technologies for Footwear Manufacturing.** Cambridge: Woodhead Publishing, 2021. – 426 p.

6. Sathishkumar T., Naveen J. Recycling of Polymer and Rubber Waste in Footwear Manufacturing // *Materials Today: Proceedings*. – 2022. – Vol. 52. – P. 1458–1464.

7. **ISO 14001:2015.** Environmental Management Systems – Requirements with Guidance for Use. Geneva: International Organization for Standardization, 2015.

8. Karimov A.A., Rasulov B.X. Sanoat chiqindilarini qayta ishlashning zamonaviy texnologiyalari. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2022. – 248 b.

9. Tojiyev R.R., Abdullayev Sh.A. Polimer materiallarni qayta ishlash texnologiyasi. – Toshkent: "O‘qituvchi", 2021. – 312 b.

10. Yuldashev S.M. Yengil sanoat texnologiyasi. – Toshkent: "Turon-Iqbol", 2020. – 356 b.

11. Rahimov Q.R. Resurs tejamkor texnologiyalar va ekologik xavfsizlik. – Toshkent: "Innovatsion rivojlanish", 2023. – 284 b