MUHANDISLIK & IQTISODIYOT

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik, fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

2026-YIL
OKTABR / 10-SON III-QISM



Milliy nashrlar

OAK: https://oak.uz/pages/4802

05.00.00 - Texnika fanlari
08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar

Google Scholar

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

TOSHKENT AXBOROTLASHTIRISH

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, oktabr.

Bosh muharrir:
Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:
Shakarov Zafar G'afforovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:
Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor
Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor
Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor
Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,
Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent
Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD
Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)
Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.
Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor
Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent
Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.
Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
05.01.07 – Matematik modellashtirish
05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
05.04.01 – Telekommunikasiya va kompyuter tizimlari, telekommunikasiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
08.00.02 – Makroiqtisodiyot
08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
08.00.06 – Ekonometrika va statistika
08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
08.00.11 – Marketing
08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
08.00.13 – Menejment
08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

MUNDARIJA

ГИБРИДНЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИММЕРСИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ 9
Хасанмансур Тимурович Ядгаров, Ботир Болтаевич Элов
AGRAR SOHANI MOLIYALASHTIRISHDA DAVLAT QO‘LLAB-QUVVATLASHI VA BANKDAN TASHQARI VOSITALARNING O‘RNI 16
Nasriddin Fattiyevich Buronov
SUN’IY INTELLEKT VA RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA INSON KAPITALIGA INVESTITSIYALARNI JALB ETISHNING KONSEPTUAL ASOSLARI 22
Akhmadaliyeva Nikhola
A HYBRID ADAPTIVE LARGE NEIGHBOURHOOD SEARCH ALGORITHM FOR ROUTING LESS-THAN-TRUCKLOAD PICKUPS WITH TIME WINDOWS AND TWO-DIMENSIONAL CAPACITY 27
Hamzayev Ulug‘bek Habibulla o‘g‘li
DIGITAL ECONOMY AND ECONOMIC GROWTH: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES IN THE MODERN ERA 36
Shoymardonov Axrorjon Azamat ugli
SIRDARYO VILOYATIDA OILAVIY MAKTABGACHA TA’LIM XIZMATLARIGA TALAB VA MARKETING SAMARADORLIGINI KO‘P MEZONLI BAHOLASH USLUBIYATINI TAKOMILLASHTIRISH 42
Mamanazarova Sohiba Abdug‘aniyevna
KORPORATIV BOSHQARUV SAMARADORLIGINI OSHIRISH ORQALI AKSIYADORLIK JAMIYATLARINING TO‘LOVGA QOBILLIGINI TA’MINLASH MEXANIZMLARI 47
Askarov Ziyodulla Usmanaliyevich
RESURSLARI CHEKLANGAN VIDEOKUZATUV TIZIMLARIDA ANOMAL XATTI-HARAKATLARNI ANIQLASHNING NEYRO-MODEL ALGORITMLARI 53
Xolmatov Azizbek Tolibjonovich
ПОЭТАПНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ САМОЗАНЯТОСТИ В УЗБЕКИСТАНЕ: ОТ РЕГИСТРАЦИИ ДО СОЗДАНИЯ ОФИЦИАЛЬНЫХ НАЁМНЫХ РАБОЧИХ МЕСТ 57
Абдумухтаров Анваржон Акрамжонович
TIJORAT BANKLARINING YASHIL LOYIHALARNI MOLIYALASHTIRISHDAGI ROLI 68
Butanova Dilnoza Rustamovna
ORQA TOMONI SUV BILAN SOVITILADIGAN QUYOSH PANELINING ISSIQLIK HOLATINI ANALITIK VA SONLI USULLARDA BAHOLASH 76
Sadullayev Nasillo, Nematov Shuxrat, Soliyeva Z.N.
ANOR YETISHTIRISH VA SOTISHNI IQTISODIY BAHOLASH 83
Irgashev Abbos Jumanazarovich
XIZMAT KO‘RSATISH KORXONALARIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI BOSHQARISHNING INTEGRATSIYALASHGAN TASHKILIY-IQTISODIY MEXANIZMINI SHAKLLANTIRISH VA UNING NATIJADORLIGINI KO‘P MEZONLI BAHOLASH METODOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH 89
Hamroyev Halim, Toyirova Hamida
DAVLAT BUDJETI XARAJATLARINI REJALASHTIRISHDA SHAFFOFLIK VA HISOBDORLIKNI TA’MINLASH MEXANIZMLARI 97
Mamadaliyev Akmaljon G‘ayrataliyevich
TIJORAT BANKLARINING VALYUTA OPERATSIYALARIDAGI RISKLARNI BAHOLASH VA RISKKA ASOSLANGAN NAZORATNI TAKOMILLASHTIRISH 102
Muxsinov Nabijon Toxirovich
KICHIK BIZNES SUBYEKTLARINI KREDITLASHNING DOLZARB MASALALARI 107
Ergashev Iskandar Urunovich

HYBRID CLUSTERING AND GENERALIZED ASSESSMENT FOR INTELLIGENT ANALYSIS OF MAHALLA ACTIVITY INDICATORS 112
Allamurodov Norbobo Tursun o‘g‘li, Hamzayev Ulug‘bek Habibulla o‘g‘li
DAVLAT ISHTIROKIDAGI TRANSPORT KORXONALARIDA KORPORATIV MANFAATLAR TO‘QNASHUVINING INVESTITSION QARORLARGA TA’SIRI 121
Raxmatov Ziyodullo Nosirovich
HUDUDLARNING ELEKTRON TIJORAT SALOHIYATINI BAHOLASHNING INNOVATSION METODOLOGIYASI 128
Ravshanova Muhayyo Maxmanazarovna
NODAVLAT NOTIJORAT TASHKILOTLARI FAOLIYATINI MOLIYALASHTIRISHNING ZAMONAVIY MEXANIZMLARINI RIVOJLANTIRISH 133
Po‘latov Sardor Akmal o‘g‘li
TUPROQQA ISHLOV BERADIGAN MASHINALAR ISH ORGANLARI ISH RESURSINI OSHIRISHDA MAHALLIY XOMASHYOLARDAN FOYDALANISHNING ISTIQBOLLARI VA MATERIAL TARKIBINI ISHLAB CHIQISH 142
Qosimov Karimjon, Qosimova Malohatxon
TERMIZ SHAROITIDA FOTOELEKTRIK TIZIMLARNING FIZIK PARAMETRLARINI TAQQOSLASH 150
Boysori Yuldoshov, Jahongir Eshonqulov
RAQAMLI PLATFORMALARNING O‘ZBEKISTON KICHIK BIZNESINI XALQARO BOZORLARGA OLIB CHIQISHDAGI ROLI 157
Paraxatova Gulzira Amanbay qizi
YASHIL TRANSFORMATSIYADA INSON KAPITALI VA YASHIL KO‘NIKMALAR: ENERGIYA VA RESURSLAR SAMARADORLIGIGA TA’SIR MEXANIZMI 164
Aripov Oybek Abdullaevich
O‘ZBEKISTONDA NAQD PULSIZ TO‘LOVLAR TIZIMINING RIVOJLANISHI: HOLATI, MUAMMOLARI VA ISTIQBOLLARI 171
Ziyodullayev Dilshod, Sharapova Mashxura
AHOLI DAROMADLARI VA XARAJATLARI DINAMIKASINING STATISTIK BAHOLANISHI VA TARKIBIY SILJISHLAR TAHLILI 177
So‘fiyeva Xusniya Soxibjonovna
ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИХ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ 181
С.М. Хасанов
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ СЛУЖБЫ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СООТВЕТСТВИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМИ СТАНДАРТАМИ И ПОВЫШЕНИЯ ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ 188
Сафаров Жавохир Исмоилович
O‘ZBEKISTONDA DEMOGRAFIK O‘ZGARISHLARNING MEHNAT BOZORIGA TA’SIRI: OCHIQ STATISTIK MA’LUMOTLAR ASOSIDAGI TAHLIL 195
Berdimbetova Amina
O‘ZBEKISTON TIJORAT BANKLARIDA KREDIT RISKLARINI BAHOLASH: MUAMMOLI KREDITLAR DINAMIKASI VA NPL ULUSHINING OMILLI DEKOMPOZITSIYASI 201
Hakimova Nargiza Abdukarimovna
O‘ZBEKISTONDA MOL-MULKNI MAJBURIY SUG‘URTALASH TIZIMINI JORIY ETISHNING IQTISODIY ZARURATI VA MOLIYAVIY SAMARADORLIGI 207
Nozimov Eldor Anvarovich, Raxmatullayev Muxammadjon Baxodirovich
SUG‘URTA KOMPANIYALARIDA IJTIMOIY TARMOQLAR VA INTERNET REKLAMASI ORQALI MARKETING FAOLIYATINI TAKOMILLASHTIRISH 212
Nozimov Eldor Anvarovich, Qo‘ziyev Nurbek Muzaffar o‘g‘li
O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA YER SOLIG‘I MA’MURIYATCHILIGINI RAQAMLASHTIRISH VA FISKAL SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO‘LLARI 217
Musalimov Shuxrat Isamuxamedovich

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

O‘ZBEKISTON IQTISODIYOTIDA TARMOQLARARO TARKIBIY TRANSFORMATSIYALAR VA IQTISODIY O‘SISH SIFATI 221
Xursandov Komiljon Maxmatkulovich
ELEKTRON HUKUMAT TIZIMI MONITORINGIDA AXBOROT XAVFSIZLIGI BUZILISHINI ANIQLASH USULINING BIRINCHI VA IKKINCHI TUR XATOLIKLARINI TAJRIBAVIY BAHOLASH 230
Gafurov Sharifjon, G‘aniyev Salim
TARMOQLAR KESIMIDA RESURSLARNI TAQSIMLASHDA SUN’IY INTELLEKT QARORLARINI BLOKCHEYN TEXNOLOGIYASI ASOSIDA TANLAB VERIFIKATSIYALASH VA AUDIT QILISH ORQALI BOSHQARISH MODELI 239
Z.S. Nazarova, N.M. Axmedov
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СФЕРЫ УСЛУГ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН 247
Насиров Дилшод, Тухтаев Голибджон, Худайберганов Диёрбек
MINTAQADA PAXTA-TO‘QIMACHILIK KLASTERLARINI INVESTITSION-INNOVATSION RIVOJLANTIRISH MEXANIZMINI TAKOMILLASHTIRISH (QASHQADARYO VILOYATI MISOLIDA) 253
Sultonov Sirojiddin Normurodovich
ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЁТА ДОХОДОВ И РАСХОДОВ КАК ОСНОВА ОЦЕНКИ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ 260
Бабаханова Нилуфар Усманджановна
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ 266
Сирожидинов Шамилидин Икромжонович

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ



Сирожидинов Шамилидин Икромжонович
Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова
ассистент кафедры «Технология машиностроения»
ORCID: 0009-0003-5666-165X

Abstract. Russian and international studies on the application of simulation modeling to improve the efficiency of small-batch production within flexible manufacturing systems were analyzed. The aim of the study is to systematize technological and organizational approaches to the design and control of flexible manufacturing systems under multi-item, low-volume production conditions, compare modeling methods, and substantiate the impact of simulation modeling on the techno-economic performance of such systems. The methodology included a bibliographic analysis of more than 60 sources from eLibrary.ru, CyberLeninka, Scopus, and Web of Science published between 1979 and 2025, classification of approaches according to production structure, mathematical basis of the model, and evaluated efficiency criteria, as well as comparison of computational experiment results. The analysis showed that small-batch production is associated with changeover losses, equipment utilization at the level of 35–50%, and variability of the production cycle. Discrete-event simulation makes it possible to identify bottlenecks, balance the load of parallel resources, and increase equipment utilization to 90–95%, while the application of digital twins can reduce production cycle duration by up to 82%. Future research directions include real-time integration of simulation models with enterprise management systems, development of model adaptation criteria for stochastic disturbances, and standardization of models for small enterprises. The practical significance of the study lies in substantiating methodological principles for implementing simulation modeling and digital twins in small-batch machine-building production, thereby improving equipment utilization, reducing changeover losses, and lowering the risks associated with managerial decisions.

Keywords: flexible manufacturing system, small-batch production, simulation modeling, discrete-event simulation, digital twin, production scheduling, equipment utilization.

Annotatsiya. Moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari tarkibida kichik seriyali ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda imitatsion modellashtirishdan foydalanish bo‘yicha Rossiya va xorijiy tadqiqotlar tahlil qilindi. Ishning maqsadi ko‘p nomenklaturali ishlab chiqarish sharoitida moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlarini loyihalash va boshqarishga doir texnologik hamda tashkiliy yondashuvlarni tizimlashtirish, modellashtirish usullarini taqqoslash va imitatsion modellashtirishning tizimlarning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlariga ta’sirini asoslashdan iborat. Metodologiya 1979–2025-yillar oralig‘ida eLibrary.ru, CyberLeninka, Scopus va Web of Science bazalaridan olingan 60 dan ortiq manbaning bibliografik tahlilini, ishlab chiqarish tuzilmasi, modelning matematik asosi va baholanadigan samaradorlik mezonlari bo‘yicha yondashuvlarni tasniflashni, shuningdek, hisoblash tajribalari natijalarini taqqoslashni o‘z ichiga oldi. Tahlil natijalariga ko‘ra, kichik seriyali ishlab chiqarishda qayta sozlash bilan bog‘liq yo‘qotishlar, uskunalarning 35–50 % darajadagi yuklanishi va ishlab chiqarish siklining o‘zgaruvchanligi kuzatiladi. Diskret-hodisaviy imitatsion modellashtirish tor joylarni aniqlash, parallel resurslar yuklanishini muvofiqlashtirish va uskunalarning yuklanish darajasini 90–95 % gacha oshirish imkonini beradi, raqamli egizaklardan foydalanish esa ishlab chiqarish sikli davomiyligini 82 % gacha qisqartirish imkoniyatini ko‘rsatadi. Kelgusidagi tadqiqot yo‘nalishlari sifatida imitatsion modellarni real vaqt rejimida korxonani boshqarish tizimlari bilan integratsiyalash, modellarni stoxastik o‘zgarishlarga moslashtirish mezonlarini ishlab chiqish va kichik korxonalar uchun tipik modellarni shakllantirish belgilandi. Tadqiqotning amaliy ahamiyati kichik seriyali mashinasozlik ishlab chiqarishiga imitatsion modellashtirish va raqamli egizaklarni joriy etishning uslubiy tamoyillarini asoslashdan iborat bo‘lib, bu uskunalar yuklanishini oshirish, qayta sozlash bilan bog‘liq yo‘qotishlarni kamaytirish va boshqaruv qarorlari xatarlarini pasaytirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: moslashuvchan ishlab chiqarish tizimi, kichik seriyali ishlab chiqarish, imitatsion modellashtirish, diskret-hodisaviy modellashtirish, raqamli egizak, ishlab chiqarishni rejalashtirish, uskunalarni yuklash.

Аннотация. Проведён анализ российских и зарубежных исследований применения имитационного моделирования для повышения эффективности мелкосерийного производства в составе гибких производственных систем. Цель работы — систематизация технологических и организационных подходов к проектированию и управлению гибкими производственными системами в условиях многономенклатурного выпуска, сопоставление методов моделирования и обоснование влияния имитационного моделирования на технико-экономические показатели систем. Методология включала библиографический анализ более 60 источников из баз eLibrary.ru, CyberLeninka, Scopus и Web of Science за 1979–2025 гг., классификацию подходов по структуре производства, математической основе модели и оцениваемым критериям эффективности, а также сопоставление результатов вычислительных экспериментов. Установлено, что мелкосерийное производство характеризуется потерями при переналадке, загрузкой оборудования на уровне 35–50 % и изменчивостью производственного цикла. Дискретно-событийное имитационное моделирование позволяет выявлять узкие места, согласовывать загрузку параллельных ресурсов и повышать коэффициент загрузки оборудования до 90–95 %, а применение цифровых двойников позволяет сократить длительность производственного цикла до 82 %. Сформулированы направления дальнейших исследований: интеграция имитационных моделей с системами управления предприятием в режиме реального времени, разработка критериев адаптации моделей к стохастическим возмущениям и типизация моделей для малых предприятий. Практическая значимость исследования заключается в обосновании методических принципов внедрения имитационного моделирования и цифровых двойников в мелкосерийное машиностроительное производство, позволяющих повысить загрузку оборудования, сократить потери при переналадке и снизить риски управленческих решений.

Ключевые слова: гибкая производственная система, мелкосерийное производство, имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, цифровой двойник, производственное планирование, загрузка оборудования.

ВВЕДЕНИЕ

Мелкосерийное производство, обеспечивающее выпуск широкой номенклатуры изделий малыми партиями, занимает важное место в структуре машиностроения — от опытного и ремонтного производства до выпуска сложной конкурентоспособной продукции с коротким жизненным циклом. Одним из ключевых организационных решений для таких производств являются гибкие производственные системы (ГПС) — комплексы станков с числовым программным управлением, промышленных роботов, накопителей и транспортных средств, функционирующих под единой системой управления и способных без существенных потерь времени переключаться с изготовления одного изделия на другое [1, с. 18]. Концепция ГПС, сформулированная в отечественной научной школе ещё в 1980-е гг. [1], в условиях нового технологического уклада и концепции «Индустрия 4.0» получает дальнейшее развитие в форме гибких переналаживаемых модулей и киберфизических производственных систем [2, с. 39].

Эффективность мелкосерийной ГПС во многом определяется стохастичностью потоков заявок, продолжительностью переналадок, неравномерностью операционных циклов и динамикой загрузки оборудования. Аналитические методы проектирования таких систем, основанные на средних значениях и детерминированных нормах, позволяют решать широкий круг задач, однако для более полного учёта взаимодействия конкурирующих потоков и очередей целесообразно применять имитационные методы. Классический аппарат теории массового обслуживания наиболее эффективен для формализуемых регулярных структур [3, с. 41]. Имитационное моделирование — вычислительный эксперимент над динамической моделью системы — позволяет воспроизводить во времени поведение производства с учётом случайных факторов, проверять сценарии «что, если» и проводить оптимизацию без вмешательства в реальный производственный процесс [4, с. 87]. В отечественной практике инструментарий имитационного моделирования ГПС последовательно развивается от собственных программных разработок на языках высокого уровня [5] до профессиональных мультиметодных сред, таких как AnyLogic [4].

Накопленный массив исследований создаёт основу для дальнейшей систематизации подходов к применению имитационного моделирования в мелкосерийном производстве ГПС, количественного сопоставления достигаемых эффектов и определения перспективных направлений дальнейших исследований.

Цель работы — обобщение и систематизация российских и зарубежных исследований применения имитационного моделирования для повышения эффективности мелкосерийного производства на основе гибких производственных систем, сравнительный анализ существующих подходов и обоснование ожидаемого влияния имитационного моделирования на эффективность ГПС. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать современное состояние организационных подходов к мелкосерийному производству; классифицировать и сравнить методы имитационного моделирования производственных систем; сопоставить российские и зарубежные

исследования и количественно оценить эффекты внедрения; сформулировать перспективные направления дальнейших исследований.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Информационную базу исследования составили публикации из eLibrary.ru, КиберЛенинка (РИНЦ), Scopus и Web of Science за 1979–2025 гг. Всего проанализировано более 60 источников, 22 из которых включены в список использованной литературы. При отборе публикаций учитывались наличие количественных результатов вычислительных экспериментов, включая коэффициент загрузки оборудования, выработку, длительность производственного цикла и объём незавершённого производства, воспроизводимость описания модели, а также актуальность исследований. Преимущественно рассматривались работы, опубликованные за последние семь лет, при этом фундаментальные монографии и учебные пособия использовались как источники базовых теоретических положений.

Анализ литературы позволил систематизировать существующие подходы к моделированию гибких производственных систем по структуре производства, математической основе модели и оцениваемым критериям эффективности. Особое внимание уделено исследованиям типовых производственных линий, ячеек с ЧПУ, ГПС с централизованной транспортной системой и многономенклатурных участков с групповой технологией [6].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в форме аналитического обзора с использованием методов сравнительного, классификационного и вычислительного анализа. Для систематизации исследованных подходов применялась классификация по трём основным признакам: 1) структура производства — типовые линии, ячейки с ЧПУ, ГПС с централизованной транспортной системой, многономенклатурные участки с групповой технологией [6]; 2) математическая база модели — аналитические модели теории массового обслуживания, дискретно-событийное моделирование (DES), агентное моделирование, системная динамика и их мультиметодные комбинации [6]; 3) оцениваемые критерии — загрузка и производительность оборудования, длительность производственного цикла, объём незавершённого производства (WIP), себестоимость и прибыль.

Сопоставление результатов выполнялось методом сравнительных матриц, представленных в таблицах 1 и 2, с последующим вычислительным синтезом диапазонов полученных эффектов. В процессе систематизации материалов, научно-стилистического оформления текста и технической обработки результатов использовались средства искусственного интеллекта в объёме до 10 %.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности мелкосерийного производства и подходы к его организации

Мелкосерийное производство сочетает свойства единичного и серийного типов: партии изделий составляют от нескольких единиц до десятков, номенклатура может достигать сотен позиций с различными технологическими маршрутами, а доля вспомогательного времени, связанного с переналадкой, может составлять 20–40 % фонда времени оборудования. В таких условиях коэффициент загрузки оборудования типовых многономенклатурных участков находится на уровне 35–50 %, что повышает значение рационального распределения производственных потоков, согласования загрузки узких мест и обеспечения устойчивого выполнения заказов [5].

Типология гибких систем для дискретного производства — от гибких модулей и ячеек до интегрированных ГПС — рассмотрена Лысенко И.В. [7]. Для мелкосерийного выпуска наиболее рациональными признаются структуры с параллельным резервированием критических операций и децентрализованными накопителями. Ключевой задачей проектирования и управления такими системами является согласование случайных потоков заявок с различными маршрутами и временем обработки при рациональном уровне незавершённого производства [8, с. 208].

Системное представление АПС как объекта имитационного эксперимента с управляемыми входами — числом и расположением рабочих мест, параметрами транспортной системы и программами запуска — а также с учётом внешних и внутренних возмущающих факторов сформулировано Полетаевым В.А. и соавт. [9] (таблица 1).

Таблица 1 — Подходы к организации мелкосерийного производства

Подход	Суть	Преимущества	Ограничения
Типовая поточная линия [10]	Жёсткая синхронизация операций	Высокая производительность	Наиболее эффективна при стабильной номенклатуре
Групповая технология [10, 11]	Кластеризация деталей в семейства	Снижение переналадок	Требует развитой системы классификации номенклатуры
Гибкая производственная ячейка [1, 7]	Станки ЧПУ + робот + накопитель	Быстрое переключение, автономность	Наиболее эффективна для определённого диапазона маршрутов
Интегрированная ГПС [1, 2]	Централизованная транспортно-складская система	Высокая загрузка при большой номенклатуре	Требует значительных первоначальных инвестиций
Многономенклатурный участок с ЧПУ [5, 8]	Ручная/роботизированная смена наладок	Минимум инвестиций	Загрузка оборудования 35–50 %, требуется согласование производственных потоков

Источник: составлено автором на основе [5; 7–9].

Методы моделирования производственных систем

Современные исследования опираются на три основных класса моделей. Аналитические модели теории массового обслуживания [12] позволяют оценивать средние характеристики системы, включая загрузку оборудования и длину очереди, при определённых предположениях о стационарности потоков. Для условий мелкосерийного производства их применение целесообразно дополнять более гибкими моделями, учитывающими изменчивость производственных процессов.

Дискретно-событийное моделирование является одним из наиболее распространённых подходов к исследованию производственных систем [13]. Состояние модели изменяется в моменты наступления событий — поступления заявки, завершения обработки, отказа оборудования и других производственных ситуаций. Такой подход позволяет детально воспроизводить технологические маршруты, переналадки, расписания и случайные отклонения.

Агентный подход эффективен при моделировании децентрализованных решений и взаимодействия участников, а системная динамика — при исследовании долгосрочных тенденций загрузки и развития производственной системы [4]. К наиболее распространённым программным средам относятся AnyLogic, поддерживающая мультиметодное моделирование и интеграцию с Java, Plant Simulation с объектно-ориентированной библиотекой производственных объектов [14], а также FlexSim и Arena [13].

Типология методов и инструментов обобщена в таблице 2.

Таблица 2 — Сравнительная характеристика методов имитационного моделирования производственных систем

Метод	Математическая база	Сильные стороны	Ограничения	Инструменты
Аналитический (ТМО)	Цепи Маркова, формулы Эрланга	Быстрота, прозрачность	Наиболее эффективен при формализуемых потоках и заданных предположениях	[12]
Дискретно-событийный	Система событий, календарь	Точность маршрутов и расписаний	Требует тщательной калибровки модели	AnyLogic, Plant Simulation, FlexSim, Arena [4, 13, 14]
Агентный	Поведенческие правила агентов	Децентрализованные решения, адаптация	Требует значительных вычислительных ресурсов	AnyLogic

Системная динамика	Дифференциальные уравнения	Долгосрочные тренды	Ориентирована преимущественно на агрегированный уровень анализа	AnyLogic, Vensim
Цифровой двойник	DES/агентная модель + потоковые данные	Реальное время, предиктивность	Требует интеграции с MDC/ERP-системами	[15, 16]

Источник: составлено автором на основе [4; 12–14].

Отечественное направление представлено исследованиями по оценке эффективности ГПС и роботизированных комплексов на основе имитационного моделирования и теории массового обслуживания. Дуюн И.А. и Чуев К.В. [5] на серии из 18 вычислительных экспериментов показали, что согласование диапазонов вариации операционного времени позволяет поддерживать сменную загрузку станков на уровне 90–95 %, а дополнительная загрузка параллельного станка новой номенклатурой повышает данный показатель с 50 до 90 %. Концептуальные основы моделирования автоматизированных производственных систем как «чёрного ящика» с управляемыми входами разработаны Полетаевым В.А., Зиновьевым В.В. и Стародубовым А.Н. [9].

Лащенов Д.П. [17] на модели сборочно-монтажного цеха в AnyLogic методом оптимизационного эксперимента, включавшего 3500 итераций, определил состав ресурсов, обеспечивающий выполнение годового плана при минимальных затратах. Ершова И.В. и Тотьмянин А.А. [18] разработали модель станка с ЧПУ в опытно-серийном производстве с учётом переналадок и графиков работы наладчиков, что соответствует задачам формирования сменных заданий мелкосерийного участка. Григорьев С.Н. и соавт. [19] обобщили опыт имитационного моделирования производственных процессов предприятий различных типов, включая многономенклатурное машиностроительное производство. Теоретический аппарат объектно-ориентированного моделирования ГПС разработан Шамаевым С.Ю. [22].

Зарубежные исследования развиваются преимущественно в двух направлениях — классическом моделировании ГПС и применении цифровых двойников. Țițu A.-M. и соавт. [16] на основе матричной модели системной связности и DES-алгоритма показали, что конфигурация структуры обрабатывающих и логистических подсистем непосредственно влияет на производительность и адаптируемость ГПС при перенастройке. В работе [20] FlexSim-модель поточной линии сборочного цеха с модулем OptQuest позволила определить оптимальную производственную последовательность, максимизирующую прибыль без увеличения количества оборудования.

Значительный количественный эффект представлен в диссертационном исследовании цифрового двойника гибкой производственной системы [21]: реактивное планирование с параллельными задачами, резервированием идентичных машин и эвристиками SPT/LPT позволило сократить длительность производственного цикла (makespan) на 82 % в сценариях массовой персонализации. Концептуальные основы цифрового двойника как инструмента управления узкими местами и эффективного использования производственных ресурсов сформулированы Tao F. и соавт. [15], а технологические и исследовательские аспекты его внедрения рассмотрены Fuller A. и соавт. [14–16].

Сопоставление направлений исследований показывает, что отечественные работы в значительной степени ориентированы на проектирование и планирование ГПС с применением DES и теории массового обслуживания, тогда как в зарубежных исследованиях активно развивается оперативный контур управления на основе цифровых двойников, функционирующих в режиме реального времени. Перспективными направлениями дальнейшего развития являются калибровка моделей по производственным данным, интеграция моделей с оперативными системами управления и типизация решений для предприятий малого и среднего масштаба.

Ожидаемое влияние имитационного моделирования на эффективность ГПС

Обобщение количественных результатов позволяет сформулировать ожидаемые эффекты внедрения имитационного моделирования в мелкосерийное производство ГПС (таблица 3). Основными механизмами повышения эффективности являются: (1) выявление критических участков производственного процесса и согласование диапазонов вариации операционного времени, что способствует повышению загрузки оборудования с 50–60 % до 90–95 % [5]; (2) проведение оптимизационных экспериментов с параметрами партий и ресурсами, позволяющее сократить затраты времени на переналадку на 10–30 % [18, 19]; (3) применение сценарного планирования, способствующее увеличению прибыли смешанного производственного потока без дополнительного расширения парка оборудования [20]; (4) использование цифрового двойника с реактивным планированием, позволяющее сократить длительность производственного цикла до 82 % и обеспечить эффективную обработку индивидуальных заказов [21]; (5) переход к проверяемым и модельно обоснованным диспетчерским

решениям, повышающий надёжность планирования и устойчивость обработки производственных заявок [9, 19].

Эффективность внедрения имитационного моделирования во многом определяется качеством подготовки исходных данных, включая фактическую продолжительность циклов и данные о простоях, а также точностью процедур верификации и валидации модели. Поддержание расхождения между модельными и фактическими показателями в пределах 5–10 % способствует повышению достоверности принимаемых решений. Для предприятий малого масштаба перспективными направлениями являются развитие компетенций в области имитационного моделирования, использование типовых модельных шаблонов и облачных сред моделирования [14].

Таблица 3 — Ожидаемое влияние имитационного моделирования на показатели эффективности ГПС

Показатель эффективности	Ожидаемый эффект
Коэффициент загрузки оборудования [5]	Рост с 50–60 % до 90–95 %
Время на переналадку [18, 19]	Сокращение на 10–30 %
Прибыль смешанного потока [20]	Рост за счёт оптимальной последовательности без нового оборудования
Длительность производственного цикла [21]	Сокращение до 82 % (цифровой двойник)
Обоснованность управленческих решений [9, 15, 19]	Повышение за счёт проверки решений вычислительным экспериментом

Источник: составлено автором на основе [5; 9; 14; 18–21].

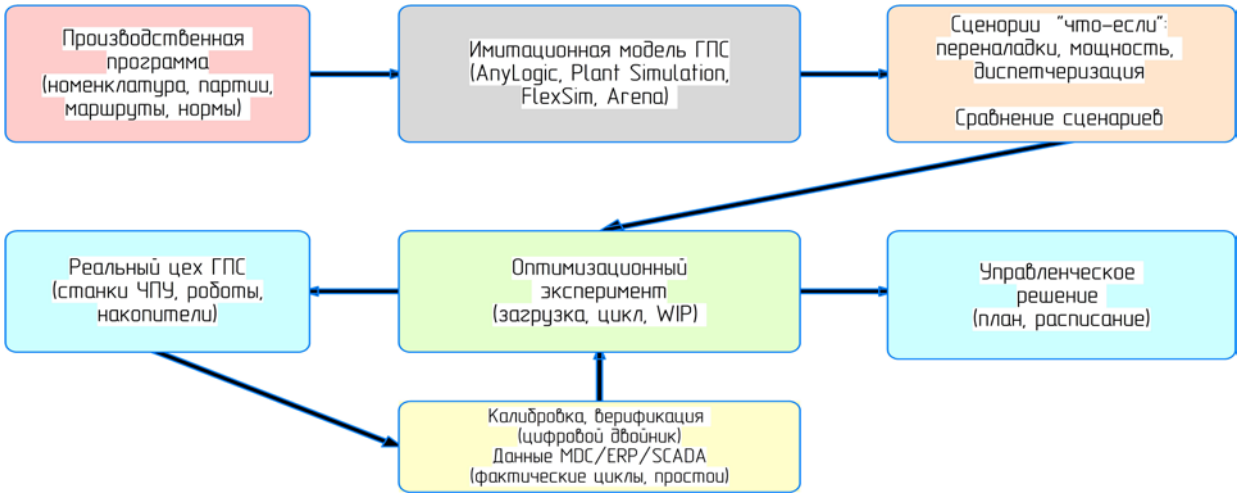


Рисунок 1 — Место имитационной модели в контуре управления гибкой производственной системой мелкосерийного производства

Источник: разработано автором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Проведённый анализ российских и зарубежных публикаций позволил систематизировать подходы к организации мелкосерийного производства и методы его имитационного моделирования. Установлено, что мелкосерийное производство в составе ГПС характеризуется загрузкой оборудования на уровне 35–50 %, существенной долей времени на переналадку и изменчивостью производственного цикла. Дискретно-событийное имитационное моделирование является эффективным инструментом анализа таких систем, позволяющим повысить загрузку оборудования до 90–95 %, сократить затраты времени на переналадку на 10–30 % и обосновывать управленческие решения на основе сценарного анализа без дополнительного расширения парка оборудования.

Переход к цифровым двойникам, синхронизированным с производственными данными, расширяет возможности управления и позволяет сократить длительность производственного цикла до 82 %, а также обеспечить эффективное управление в условиях массовой персонализации. Перспективным направлением объединения отечественного проектно-планового и зарубежного оперативного подходов

является калибровка моделей по потоковым производственным данным и типизация решений для малых предприятий, что формирует основу для дальнейшего развития данного научного направления.

Предлагаются следующие направления дальнейших исследований:

разработка методик автоматизированной калибровки имитационных моделей ГПС по данным MDC/ERP-систем с установлением критериев допустимого расхождения;

интеграция моделей в контур оперативного управления с использованием реактивного планирования в реальном времени;

типизация модельных шаблонов мелкосерийных участков и развитие облачных сервисов моделирования для малых предприятий;

интеграция имитационных моделей с методами машинного обучения для прогнозирования отказов и продолжительности операций;

разработка показателей эффективности цифрового двойника, сопоставимых с принципами бережливого производства.

Практическая значимость результатов заключается в обосновании методических принципов поэтапного внедрения имитационного моделирования в мелкосерийное производство — от верифицированной модели участка и оптимизационных экспериментов к цифровому двойнику. Такой подход способствует повышению загрузки оборудования, сокращению затрат времени и ресурсов, повышению обоснованности управленческих решений и достижению технологического эффекта без существенного увеличения капитальных вложений.

Список использованной литературы

1. Чудаков А.Д. *Системы управления гибкими комплексами механообработки*. — М.: Машиностроение, 1990. — 240 с.
2. Булавко О.А., Туктарова Л.Р. Развитие гибких производственных систем в условиях нового технологического уклада // *Бизнес. Образование. Право*. — 2021. — № 2 (55). — С. 39–43. — DOI: 10.25683/VOLBI.2021.55.207.
3. Кельтон В., Лоу А. *Имитационное моделирование. Классика CS*. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2004. — 847 с.
4. Карпов Ю.Г. *Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5*. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с.
5. Дуюн И.А., Чуев К.В. Оценка эффективности работы гибких производственных систем и роботизированных комплексов с использованием имитационного моделирования // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. — 2021. — Т. 6, № 4. — С. 91–100. — DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-4-91-100. — URL: https://naukaru.ru/ru/storage/download/69203 (дата обращения: 12.10.2026).
6. Banks J., Carson J.S., Nelson B.L., Nicol D.M. *Discrete-Event System Simulation*. — 5th ed. — Upper Saddle River: Pearson, 2010. — 640 p.
7. Лысенко И.В. Типология и структура высокотехнологичных гибких систем и модулей для дискретного производства // *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*. — 2010. — № 15. — С. 5–8.
8. Гайнович И.Н., Фролов М.А., Куралесова Н.О. Совершенствование технологического процесса многономенклатурного производства на основе имитационного моделирования гибких производственных линий в цехе // *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*. — 2016. — № 2 (3). — С. 208–213.
9. Полетаев В.А., Зиновьев В.В., Стародубов А.Н. Создание концепции имитационного моделирования автоматизированных производственных систем // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. — 2010. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-kontseptsii-imitatsionnogo-modelirovaniya-avtomatizirovannyh-proizvodstvennyh-sistem (дата обращения: 12.10.2026).
10. Shivanand H.K., Benal M.M., Koti V. *Flexible Manufacturing Systems*. — New Delhi: New Age International, 2006. — 144 p.
11. *Имитационное моделирование производственных систем: учебное пособие* / под общ. ред. А.А. Вавилова. — М.; Берлин: Машиностроение; Техника, 1983. — 190 с.
12. Клейнрок Л. *Теория массового обслуживания* / пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1979. — 432 с.
13. Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A.Y.C. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. — 2019. — Vol. 15, No. 4. — P. 2405–2415. — DOI: 10.1109/TII.2018.2873186. — URL: https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186.
14. Bangsow S. *Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk: Usage and Programming with Examples and Solutions*. — Berlin; Heidelberg: Springer, 2010. — XVII, 297 p. — DOI: 10.1007/978-3-642-05074-9. — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-05074-9.
15. Fuller A., Fan Z., Day C., Barlow C. Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research // *IEEE Access*. — 2020. — Vol. 8. — P. 108952–108971. — DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2998358. — URL: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358.
16. Florescu A., Barabas S.A. Modeling and Simulation of a Flexible Manufacturing System — A Basic Component of Industry 4.0 // *Applied Sciences*. — 2020. — Vol. 10, No. 22. — Art. 8300. — DOI: 10.3390/app10228300. — URL: https://doi.org/10.3390/app10228300.
17. Лащенов Д.П., Бурковский В.Л. Имитационное моделирование гибкой производственной системы на базе автоматизированного сборочно-монтажного цеха // *Вестник Воронежского государственного технического*

университета. — 2019. — Т. 15, № 3. — DOI: 10.25987/VSTU.2019.15.3.007.
18. Ершова И.В., Тотьмянин А.А. Моделирование производственных заданий с использованием программы AnyLogic // *Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении*. — 2023. — № 1 (19). — С. 32–39. — DOI: 10.30987/2658-6436-2023-1-32-39.
19. Григорьев С.Н., Долгов В.А., Никишечкин П.А. и др. Имитационное моделирование производственных процессов предприятий различных типов // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение»*. — 2022. — № 3 (142). — С. 84–99. — DOI: 10.18698/0236-3941-2022-3-84-99.
20. Simulation and Optimization of Production Scheduling in Mixed-Flow Assembly Workshop with Multiple Product Varieties and Small Batch Sizes // *Sensors and Materials*. — 2025. — Vol. 37. — URL: https://sensors.myu-group.co.jp/sm_pdf/SM4013.pdf (дата обращения: 12.10.2026).
21. Coito T., Faria P., Martins M.S.E., Firme B., Vieira S.M., Figueiredo J., Sousa J.M.C. Digital Twin of a Flexible Manufacturing System for Solutions Preparation // *Automation*. — 2022. — Vol. 3, No. 1. — P. 153–175. — DOI: 10.3390/automation3010008. — URL: https://doi.org/10.3390/automation3010008.
22. Шамаев С.Ю. *Система компьютерного моделирования гибких производственных систем на основе объектно-ориентированных технологий*: дис. ... канд. техн. наук. — Оренбург, 2013. — URL: https://www.dissercat.com/content/sistema-kompyuternogo-modelirovaniya-gibkikh-proizvodstvennykh-sistem-na-osnove-obektno-orie (дата обращения: 12.10.2026).

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 10

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S–5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**


+998 93 718 40 07

https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal

t.me/yait_2100