

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

№12

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

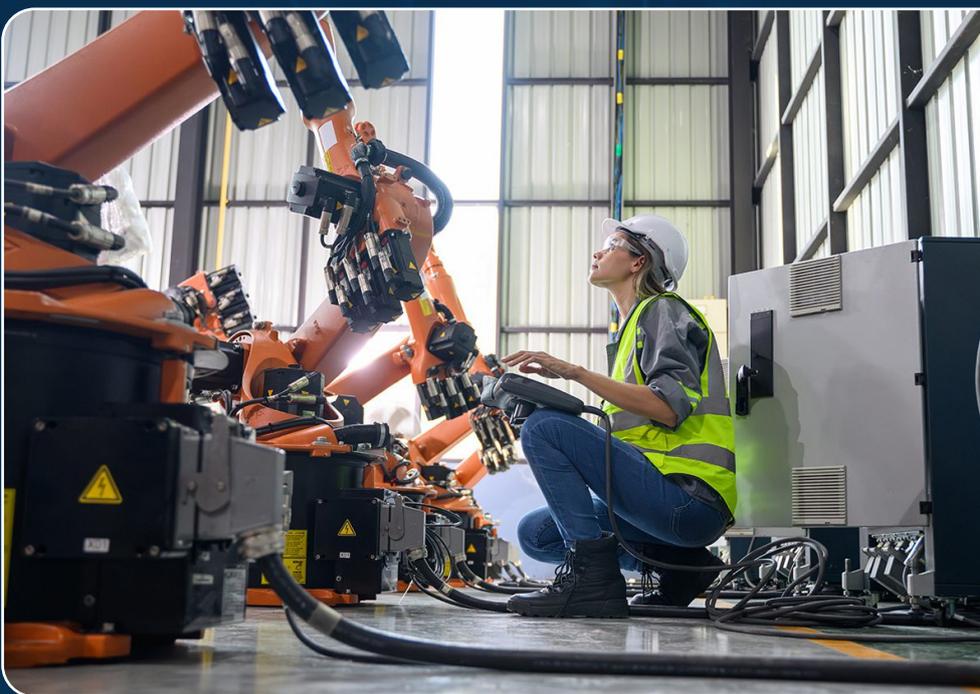
2025 dekabr



Milliy nashrlar

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

05.00.00 – Texnika fanlari
08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB®
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic Resource Index
ResearchBib

ISSN INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik **& iqtisodiyot**

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

Elektron nashr, 1142 sahifa.
2025-yil, dekabr

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, 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, 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 Iloxamovich, 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)

Sharipov Botirali Roxataliyevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

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

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 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya 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
- 05.09.01 – 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

RASMIY RIVOJLANISH YORDAMI (OFFICIAL DEVELOPMENT ASSISTANCE, ODA) ORQALI O'ZBEKISTONDA DAVLAT MOLİYASINI BOSHQARISH (PUBLIC FINANCIAL MANAGEMENT, PFM) TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH	24
Pulatov Dilshod Haqberdiyevich, Ulug'ova Maftunabonu To'liqinovna	
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN LEADING WHEAT-PRODUCING COUNTRIES.....	28
Turayeva Gulizahro	
BLOKCHEYN TIZIMLARI UCHUN XESH FUNKSIYALARNI TANLASH MEZONLARI VA SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARI TAHLILI	32
Abduraximov Baxtiyor, Allanov Orif, Turdibekov Baxtiyor	
RIVOJLANGAN DAVLATLAR TAJRIBASI ASOSIDA KICHIK KORXONALARDA ISHLAB CHIQARISHNI SAMARALI TASHKIL ETISH MODELLARI: NAMANGAN VILOYATI MISOLIDA	39
Xonto'rayev Obbosxon Kamolxon o'g'li	
ISSIQLIK AKKUMULYATORINING RAZRYADLANISH JARAYONIDA SUYUQLIK QATLAMLARIDA HARORAT TAQSIMLANISHINING BIR O'LCHOVLI MODELİ	43
B.A. Hikmatov, M.S. Mirzayev	
ISLOM MOLİYASI TAMOYILLARI ASOSIDA YASHIL LOYIHALARNI MOLİYALASHTIRISH IMKONIYATLARI.....	49
Safarova Nasiba Gulmurod qizi	
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОБУЧЕНИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ.....	54
Даниярова Улбосын Куатбаевна	
YANGI TURDAGI IKKI QATLAMLI TRIKOTAJ TO'QIMALARI KO'RSATKICHLARINI KOMPLEKS BAHOLASH	58
Ergasheva Rashida Abdug'aniyevna	
HALQALI YIGIRISH MASHINASIDA BURAM UCHBURCHAGINING IP UZILISHIGA BOG'LIQLIGINI TADQIQI.....	62
Soliyev Azizbek Kamoldinovich	
НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТУРИЗМА 2030: СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЗБЕКИСТАНА	69
Гольшева Елена Вячеславовна	
STRATEGIK JARAYONNING MODELLARI	76
Musayeva Dilnoza Dilshatovna	
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ КВАРТИР В МНОГОЭТАЖНЫХ ДОМАХ.....	81
Уринов Адхамжон Акбарович	
MATERIALLARNI MURAKKAB YASSI TRAEKTORIYALAR BO'YICHA DEFORMASIYALANTIRISHDA PLASTIK DEFORMASIYALANISH JARAYONLARI	88
A.Xakimov, X.Xakimov	
TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN LOYIHALARNI ISLOM MOLİYA INSTRUMENTLARI ORQALI MOLİYALASHTIRISH YO'LLARI.....	95
Xaitov Shaxzod Sharipboyevich	
SANOAT KORXONALARINING RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISH CHORA-TADBIRLARINING KETMA KETLIGI	102
Xusanova Maloxat Mengnorovna	
TO'QIMACHILIK KORXONALARIDA LOGISTIKA XARAJATLARI TAHLILI	107
Saidova Kamola Xoshimovna	



OZIQ-OVQAT SANOATINI IQTISODIY RIVOJLANTIRISHDA EKOLOGIK MUAMMOLAR VA ULARNI YECHISHNING METODOLOGIK YONDASHUVLARI	111
Tleuv Niyetulla Raxmanovich	
YUQORI MUSTAHKAM KOMPOZIT ARMATURALARDAN FOYDALANILGAN TEMIRBETON KONSTRUKSIYALARINING YUK KO'TARUVCHANLIGI VA UZOQ MUDDATLI DEFORMATSIYALARINI BAHOLASH	114
Mamajanova Odina Alisher qizi	
KORXONALARDA DAROMADLILIK KO'RSATKICHLARINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI	119
Farog'at Xo'jabekova, Eshankulova Nafisa Komiljon qizi	
TEMIR YO'L INFRATUZILMASIDA YASHIL IQTISODIYOT TAMOYILLARINI QO'LLASH: CSR, ESG VA PRI ASOSIDA BARQAROR RIVOJLANISH STRATEGIYASINI SHAKLLANTIRISH	124
Abduraxmanova Muqaddas Toxtasinovna	
THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING MARKETING AND EDUCATIONAL PROCESSES IN HIGHER EDUCATION	128
Sadikov Shoxrux Shuhratovich	
BANK FAOLIYATIDA "YASHIL" MOLIYAVIY VOSITALARDAN FOYDALANISHNING NAZARIY ASOSLARI.....	133
Abduraxmonov Alimardon Sodiq o'g'li	
TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN LOYIHALARNI ISLOM MOLIYA INSTRUMENTLARI ORQALI MOLIYALASHTIRISH YO'LLARI	139
Xaitov Shaxzod Sharipboyevich	
BOSHQARUV PSIXOLOGIYASIGA DOIR MUAMMOLARNI BARTARAF ETISHNING ZAMONAVIY YO'NALISHLARI	145
Aripov Oybek Abdullayevich	
TADBIRKORLIK SUBYEKTLARIDA INNOVATSIYALARNI JORIY ETISHNING IQTISODIY SAMARALARI	150
Karimov Nodirbek	
УТИЛИЗАЦИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ХЛОПКА ДЛЯ СИНТЕЗА АНТИКОРРОЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	155
Ситмуратов Тулкинбек Сабирбаевич, Баходиров Худайберган Баходир угли	
SANOAT KORXONALARIDA MOLIYAVIY BARQARORLIKNI TA'MINLASHNING METODOLOGIK ASOSLARI.....	163
Ergashev Muhibbek Aslam o'g'li	
O'ZBEKISTON TO'QIMACHILIK SANOATIDA XORIJIY INVESTITSIYALAR SAMARADORLIGINI OSHIRISH YO'NALISHLARI	168
Nazarova A.N.	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЁТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОТРУДНИКОВ ОРГАНИЗАЦИИ	172
Шухратов Мамуржон Шухрат угли	
BLOCKCHIAN, IOT (INTERNET OF THINGS) NING IQTISODIY SOHALARDA QO'LLANISHI	178
Avazov Ergash Xidirberdiyevich	
O'ZBEKISTONDA INVESTITSIYALARNI MOLIYAVIY BOSHQARISHNING JORIY HOLATI VA EKONOMETRIK TAHLILLAR ASOSIDA KELGUSI YILLAR PROGNOZI.....	182
Ismailov Dilshod Anvarjonovich	
QISHLOQ XO'JALIGI KLASTERLARI MOLIYAVIY HOLATINING NAZARIY JIHATLARI	190
Dildora Yuldasheva	
TURIZM SOHASIDA TRANSPORT XIZMATLARINING HOLATI	194
Xalimov Shaxboz Xalimovich	
MAHALLA BUDJETI VA SOLIQLARNING YIG'ILUVCHANLIGINI OSHIRISH YO'LLARI	200
Abdullayev Zafarbek Safibullayevich	



BUDJET TASHKILOTLARIDA QURILISH-TA'MIRLASH XARAJATLARI HISOBINING USLUBIY JIHATLARI.....	206
<i>Azizova Zilola Lochinovna</i>	
KOSHI – BUNYAKOVSKIY – SHVARS INTEGRAL TENGSIZLIGI VA UNING IQTISODIYOTDAGI ROLI.....	212
<i>Saipnazarov Shaylovbek Aktamovich</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЙ СЕКТОР УЗБЕКИСТАНА: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ И СТРАТЕГИИ СОКРАЩЕНИЯ ПОСТУБОРОЧНЫХ ПОТЕРЬ	219
<i>Эгамбердиев Хумоюн Хамрокулович</i>	
HOVUZ BALIQCHILIGI XO'JALIKLARIDA REJALASHTIRISHNING MUDDATLARI VA BOSQICHLARI	227
<i>Dosmuratova Shaxista Kengashovna, Menglikulov Bakhtiyor Yusupovich</i>	
O'ZBEKISTON SHAROITIDA KICHIK BIZNESNI QO'LLAB-QUVVATLASH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI	233
<i>Ergashev Jamshid Jamoliddinovich</i>	
KON-METALLURGIYA KORXONALARINING KORPORATIV BOSHQARUV TIZIMIDA KPINING O'RNI VA AHAMIYATI.....	237
<i>Ergashov Botirjon Ergashovich</i>	
SANOAT KORXONALARIDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNING IQTISODIY SAMARADORLIGI.....	245
<i>Ahmadjanov Ilyosbek</i>	
ACCELERATING SOCIOECONOMIC DEVELOPMENT IN RURAL AREAS THROUGH DIGITAL TECHNOLOGIES: A COMPREHENSIVE ANALYSIS	250
<i>O.Q. Xudayberdiyeva, Z.B. Negmatullayeva</i>	
ISSIQXONALARDAN FOYDALANISHNING OZIQ-OVQAT XAVFSIZLIGIGA TA'SIRI BO'YICHA MUAMMONI ASOSLASH VA UNING MILLIY MANFAATLARGA ALOQADORLIGINI ANIQLASH	256
<i>Otavullaev Sukhrob Sa'dullo o'g'li</i>	
NAMANGAN VILOYATIDA DON MAHSULOTLARI NARXLARINI SHAKLLANTIRISHDA BOZOR TAJRIBASI	260
<i>Bahriddinov Jahongirbek Ravshanjon o'g'li</i>	
RAQAMLI IQTISODIYOTGA O'TISHNING JAHON TAJRIBASI: MUAMMO VA ISTIQBOL	264
<i>Mamadaliyev Akmaljon</i>	
ПОВЫШЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ НАЛОГОВ В НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ.....	269
<i>Зайналов Джахонгир Расулович</i>	
FARG'ONA VODIYSIDA KICHIK BIZNES VA TADBIRKORLIK SUBYEKTLARI FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISHNING HUDUDIY XUSUSIYATLARI	274
<i>Murodxiyeva Feruza Majidovna</i>	
TOG' VA TOG'OLDI HUDUDLARIDA IQLIM O'ZGARISHI SHAROITIDA QISHLOQ XO'JALIGI BARQARORLIGINI TA'MINLASH STRATEGIYALARI.....	280
<i>Abdulxayeva Gulshan Maxmudovna</i>	
LABOR MIGRATION IN UZBEKISTAN: SOCIO-ECONOMIC TRENDS AND DEVELOPMENT PROSPECTS	285
<i>Razakova Barno Sayfiyeva</i>	
U-NET BASED POLYP SEGMENTATION ON KVASIR-SEG DATASET: PERFORMANCE EVALUATION AND COMPARISON WITH STATE-OF-THE-ART METHODS	289
<i>Mukhriddin Arabboev, Shohruh Begmatov, Sukhrob Bobojanov</i>	



IQTISODIYOT TARMOQLARI VA SOHALARI RIVOJLANISHIDA SUN'YI INTELLEKTDAN FOYDALANISH MASALALARI	300
<i>Davletov Islambek Xalikovich, Normirzayev Ulmasjon Muzaffarjon o'g'li</i>	
IQTISODIYOTDA SAMARALI RAQOBAT MUHITINI SHAKLLANTIRISH SHART-SHAROITLARI VA OMILLARI	304
<i>Karimova Iroda Abdusattarovna</i>	
"MENING MAKTABIM" LOYIHASINI OMMALASHTIRISH BO'YICHA XORIJIY MAMLAKATLAR TAJRIBASI	311
<i>Diilshod Pulatov, Xamidaxon Akbarova, Dildora Mirzayeva</i>	
ISSUES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE EDUCATION MARKET	320
<i>Inomiddin Imomov</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ НОВИЗНЫ И ЭФФЕКТОВ	324
<i>Алиева Эльнара Аметовна</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМУ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ	331
<i>Назарова Гулчехра Нурмуханбетовна</i>	
ECONOMIC GROWTH: THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECT	336
<i>Bustonov Mansurjon Mardonakulovich</i>	
AGROKLASTERDAGI XO'JALIK YURITUVCHI SUBYEKTLAR O'RTASIDAGI O'ZARO ALOQALAR MEKANIZMINING BUGUNGI HOLATI	342
<i>Xaydarov Sardor Komil o'g'li</i>	
SIMSIZ ALOQA TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA TEMIR YO'L STANSIYALARIDA POYEZDLAR HARAKATINI TASHKIL ETISH	350
<i>Joniqulov Egamberdi Shavkat o'g'li</i>	
GENDER SIYOSATI VA DEMOGRAFIK O'SISHNING INSON KAPITALIGA TA'SIRI	357
<i>Ruzmetova Gulira'no Atabekovna</i>	
СОСТОЯНИЕ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА (ВИТАМИН D, КАЛЬЦИЙ, МАГНИЙ, ФОСФОР) У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА С ОСТРОЙ ПНЕВМОНИЕЙ НА ФОНЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ ДИСФУНКЦИЙ	364
<i>Абдурахмонов Жасур Нематович, Шарипова Олия Аскарровна, Бахронов Шерзод Самиевич</i>	
YASHIL IQTISODIYOTNING MOHIYATI VA TARKIBIY TUZILISHI	373
<i>Kalandarova Elnura Muzaffar qizi</i>	
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АО ХУДУДГАЗТАЪМИНОТ	377
<i>Хусанов Дурбек Нишанович</i>	
ТЕМИР YO'L TRANSPORTIDA NAZORAT GABARIT QURILMALARINING ZAMONAVIY HOLATI, TAHLILI VA HARAKAT TAKRIBI GABARITLARINI ANIQLASH USULINI TAKOMILLASHTIRISH	384
<i>Xidirov Erkin Irgashovich</i>	
QISHLOQ XO'JALIGIDA SUV RESURSLARIDAN FOYDALANISH VA SAMARALI TAQSIMLASHDA RIVOJLANGAN XORIJIY MAMLAKATLAR TAJRIBALARI	391
<i>Amanbaev Amanali Ortazbaevich</i>	
GLOBAL DARAJADA FAOLIYAT YURITADIGAN BRONLASH TIZIMLARINING ILG'OR XORIY TAJRIBALARI	396
<i>Ismatillaeva Sitara Sayfidin qizi</i>	
DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIGI ASOSIDA INFRATUZILMA LOYIHALARNI MOLiyALASHTIRISHNING NORMATIV-HUQUQIY ASOSLARI	403
<i>Akmal Shodiyev</i>	
QISHLOQ XO'JALIGI MAHSULOTLARI ISHLAB CHIQRUVCHI KORXONALARDA LIZING MUNOSABATLARI HISOBI	408
<i>Inamov Abdusalom Muhammadovich, Inomov Sardor Abdusalomovich, Inomov Hasanboy Abdusalom o'g'li</i>	



O'TKIR BRONXOLIOT BILAN KASALLANGAN BOLALARDA KATAMNEZNING EKOLOGIK OMILLAR TA'SIRIDA UZIGA XOS KECHISHI.....	412
Azimova Kamola Talatovna	
THEORETICAL ASPECTS OF STUDYING CONCEPTS RELATED TO YOUTH TOURISM.....	416
Norbojev Allayor Ismoilovich, Mansurova Zebuniso Abdurashidovna	
THE ESSENTIAL STRATEGIES WAYS OF SERICULTURE INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN.....	420
Khojimatov Ravshanbek Rasuljonovich	
BLENDED LEARNING PLATFORMASI KANSEPSIYASI, ARXITEKTURASI VA FUNKSIONAL TUZILMASI.....	425
Qobulova Madina Tuxbatillo qizi, Mirzaaxmedov Muxammadbobur Karimberdiyevich	
ASALARICHILIKNI RIVOJLANTIRISHNING AHOLI DAROMADLARI VA FAROVONLIGIGA TA'SIRI: IQTISODIY TAHLIL VA EKONOMETRIK BAHOLASH.....	430
Kuanishbay Berdimuratov	
MARKETING EKOTIZIMINI SHAKLLANTIRISHGA OID XORIJIY YONDASHUVLAR TAHLILI.....	434
Sobirov Azizbek Avazbekovich	
УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ДЕНЕЖНЫМИ ПОТОКАМИ ОРГАНИЗАЦИИ.....	443
Бабахонов Бабуржон Шухрат угли	
KICHIK BIZNES SUBYEKTLARIGA SOLIQ IMTIYOZLARINI QO'LLASH MASALALARI.....	449
Ibroximov Muxammadjon Abdullajanovich	
QISHLOQ XO'JALIGIDA LOGISTIKA BOSHQARUVINING RAQAMLI MODEL VA UNING SAMARADORLIGI.....	453
Olimova Bahora Shuxratovna	
СУЩНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	463
Муминходжаева Дилноза Рамизовна	
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РИСКАМИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ.....	468
Дурманов Акмал Шаймарданович	
УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ: ВЫЗОВЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РЕФОРМ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УЗБЕКИСТАНА.....	477
Холмуратов Джохонгир Салимбек угли	
O'ZBEKISTONDA XORIJIY INVESTITSIYALARNI JALB ETISHDA TIJORAT BANKLARINING ROLI.....	483
Yuldashev Erkin Xusanovich	
MINTAQAVIY INVESTITSIYA-INNOVASION JARAYONLARGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR.....	489
Xamrayev Quvvat Iskandarovich	
AGROKLAFTERLARGA ICHKI SOTISH JARAYONIDA TRANSFERT BAHOLARNI BELGILASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	495
Eshmuradov Ulug'bek Tashmuratovich	
INTERNATIONAL EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF MICE TOURISM AND ITS ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN.....	501
Ilkhomova Gulnoza Zayniddin kizi	
MUHANDISLIK KONSTRUKSIYALARIDA MURAKKAB SIRTLARNI CHIZMA GEOMETRIYA YORDAMIDA TAHLIL QILISH.....	507
Qutbtiddinov Hikmatillo Quدراتillo o'g'li	
TADBIRKORLIKNI QO'LLAB-QUVVATLASHNING ZAMONAVIY MEXANIZMLARI VA ULARNING IQTISODIY RIVOJLANISHGA TA'SIRI.....	512
Umarova Munira Muxitdinovna	



JINDA ARRALI SILINDR TISHLARIDAN TOLANI AJRATISH JARAYONINI HAVO OQIMI ASOSIDA OPTIMALLASHTIRUVCHI ENERGIYA TEJAMKOR QURILMANI MODELLASHTIRISH.....	516
Mirzakarimov Mirsharofiddin Mirzaabdurahimovich	
TADBIRKORLIK SUBYEKTLARI TOMONIDAN ISHLAB CHIQRILGAN MAHSULOTLARNI XORIJGA EKSPORT QILISH MEKANIZMLARI	524
Matkarimov Anvar Tajimatovich	
MUHANDISLIK KONSTRUKSIYALARIDA MURAKKAB SIRTLARNI CHIZMA GEOMETRIYA YORDAMIDA TAHLIL QILISH.....	528
Qutbtiddinov Hikmatillo Qudratillo o'g'li	
SOLIQ TO'LOVCHILAR FAOLIYATINI SOLIQ NAZORATINI AMALGA OSHIRISHNING NAZARIY ASOSLARI	533
Ismailov Bobir Salomovich	
QISHLOQ XO'JALIK KORXONALARIDA KAPITAL QO'YILMALAR XUSUSIYATLARI VA ULAR AUDITINI TAKOMILLASHTIRISH	540
Baxriyev Muxiddin Sheraliyevich	
QISHLOQ XO'JALIK KORXONALARIDA ASOSIY VOSITALAR VA ULAR BUXGALTERIYA HISOBINING XUSUSIYATLARI.....	545
Fayzullayev Murodjon Nematulayevich	
O'ZBEKISTONDA KLASTER IQTISODIYOTI: INVESTITSIYALAR, EKSPORT VA SANOAT ISHLAB CHIQRISHINING ZAMONAVIY TENDENSIYALARI (2022-2024-YILLAR KESIMIDA).....	550
O'rinboyev Ulug'bek Otabekovich, Jabbarov Majidbek Erzodovich, Ruzmetova Gulira'no Atabekovna	
GLOBAL YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA XIZMAT KO'RSATISH SOHASINI SAMARADORLIGINI BAHOLASHDA EKOLOGIK, IJTIMOIIY-IQTISODIY OMILLARNING TAHLILI	556
M.M.Muminova	
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA VA SMART TURIZM SHAROITIDA TURIZM INFRATUZILMASINI RIVOJLANTIRISHNING XORIJIY TAJRIBASI VA O'ZBEKISTON ISTIQBOLLARI	565
Najmidinov Azizbek Bahrom o'g'li	
ТЕКУЩИЕ УГРОЗЫ И ВЫЗОВЫ, СВЯЗАННЫЕ С МИГРАЦИОННЫМИ КРИЗИСАМИ	571
Бегматов Хусанбек	
ELEKTRON TIJORAT SEKTORI UCHUN ONLAYN REKLAMA SAMARADORLIGINI BAHOLASH	575
Rajabova Dilbar Ixtiyor qizi	
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA O'ZBEKISTON MEVA-SABZAVOTCHILIK SOHASIDA MAHSULOT YETISHTIRISHDAN TORTIB UNI BOZORGA CHIQRISHGACHA BO'LGAN JARAYONDA NEYROMARKETING TEXNOLOGIYALARINI QO'LLASHNING NAZARIY VA AMALIY JIHATLARI	582
Sadiy Shukrillo Asatillo o'g'li	
YOSH TADBIRKORLAR FAOLIYATIDA INNOVATSION G'OYALARNING AMALIY AHAMIYATI	590
Ergashev Oybek Xaydaraliyevich	
ТЕХНОЛОГИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО СБАЛАНСИРОВАННОГО КОМБИКОРМА, С ОБОГАЩЕННЫМ БЕЛКОМ И ФЕРМЕНТАМИ СОСТАВОМ ИЗ ГРИБКА PLEUROTUS OSTREATUS.....	594
Ниёзов Хусан Ниёз угли	
MINTAQAVIY RIVOJLANISH INDIKATOR TIZIMINING AHAMIYATI	601
Turdiyev Ulug'bek Qayumovich	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA EKSPORTNI RAG'BATLANTIRISH BO'YICHA DAVLAT SIYOSATI	608
Abdug'aniyev Murodjon Shavkat o'g'li	
TO'QIMACHILIK KORXONALARINING RAQOBATBARDOSHLIGINI BOSHQARISH JARAYONI VA TIZIMI	612
Xonkeldiyeva Komilaxon Ravshanjon qizi	



SPORT SANOATINING INNOVATSION RIVOJLANISHIGA OID XORIJIY TAJRIBALAR TAHLILI.....	616
Xamraqulov Ixtiyor Baxtiyorovich	
MARKAZLASHTIRILGAN DISPATCHERLIK TIZIMIDA POEZDLAR HARAKATI XAVFSIZLIGINI TA'MINLASHDA AVTOMATLAR NAZARIYASIGA ASOSLANGAN INTEGRATSIYALASHGAN MATEMATIK MODEL.....	620
Muhiddinov Obidjon Omonjon o'g'li	
ПРОЦЕНТНЫЙ РИСК ПО КРЕДИТАМ: АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	627
Абдуллаев Шахобиддин Шамсиддинович	
REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS: EMISSION QUOTAS OR MANDATORY CONTROL TECHNOLOGIES.....	633
Bobonov Doston Abdumo'min o'g'li, Qozoqboyev Jasur Abduvali o'g'li	
AYOLLAR TADBIRKORLIK FAOLIYATINI BAHOLASH METODOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH (NAMANGAN VILOYATI MISOLIDA).....	637
Raximova Moxigul Isroiljonovna	
ПОЛУЧЕНИЕ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	643
Арипова Мастура Хикматовна, Ташбаев Джахангир Назим угли	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРЕЛОК И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ.....	652
Ражабов Азамат Тоирович	
QISHLOQ XO'JALIK TEXNIKALARI MARKETINGI VA UNING SAMARADORLIK KO'RSATKICHLARI.....	658
Xolmirzayev Bobur Mansurovich	
ПРИМЕНЕНИЕ СУБСИДИАРНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ НА ДОСУДЕБНОЙ СТАДИИ АНКРОТСТВА: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ В УЗБЕКИСТАНЕ.....	663
Хамзина Динара Рашатовна	
YASHIL REKREATSION TURIZM KONSEPSIYASINI JORIY ETISHNING ILMIIY-AMALIY JIHATLARI.....	669
Baxriyeva Zarina Nasimovna	
KORXONALARDA DIVERSIFIKATSIYA SIYOSATINI SHAKLLANTIRISHDA IQTISODIY MEKANIZMLARINING O'RNI.....	672
Mirzarayimova Feruza Zokirjon qizi, Levakov Izzatulla Nematillayevich	
QALINLIGI 2 MM BO'LGAN TASMALI LISTLARNI SOVUQ HOLATDA PROKATLASH TEXNOLOGIK JARAYONINI ISHLAB CHIQISH.....	679
Yusupov Abdulaziz Abdullajanovich, Saydumarov Botir Muradovich, Arslonov Asadbek G'aybulla o'g'li	
HUDUDIY TARMOQLANGAN AVTOMOBIL YO'LLARI MUHANDISLIK INSHOOTLARI KOMPLEKSINI LOYIHALASH VA QURISH JARAYONLARINI MODELLASHTIRISH.....	682
Zikrayev Akmaljon Alimovich	
TIJORAT BANKLARI FAOLIYATIDA DAROMADLARNI OSHIRISH YO'LLARI.....	688
Ostonaqulova Gulchehraxon Muhammadyoqub qizi	
“MIKROSIMULYATSION MODELLAR” VA ULAR YORDAMIDA IQTISODIY SIYOSATGA OID QARORLARNING TADBIRKORLIK SUBYEKTLARIGA TA'SIRINI BAHOLASHDAGI AHAMIYATI.....	694
Mualliflar Pulatov Dilshod Xaqberdiyevich, Raxmonov Doniyor Ixtiyorjon o'g'li, Ortiqova Niginabonu Alisher qizi, Raxmonov Jo'rabek Hamroyevich	
MINTAQADA SANOAT KORXONALARI TUZILMAVIY KO'RSATKICHLAR TIZIMI VA TAMOIYILLARI.....	702
Jabborov Elbek Erkin o'g'li	
MOLIYAVIY REJALASHTIRISH VA TARTIBGA SOLISH.....	707
Sharoxmatov Abduraxim Abdulamitovich	



SMART SOATLAR YORDAMIDA BEMORLAR SALOMATLIGINI NAZORAT QILISH.....	712
<i>Alimqulov Nurmuhammad Muqumjon o'g'li, Eraliyev Humoyun Ma'mirjon o'g'li, Madaminova Mahliyo Bahodirjon qizi</i>	
PENSIYA JAMG'ARMASI FAOLIYATINI TARTIBGA SOLISHDA DAVLATNING ROLI	718
<i>Sherjonov Doniyor Sapparbayevich</i>	
TOG'-KON SANOATI KORXONALARIDA BARQAROR RIVOJLANISH IMKONIYATLARINI BAHOLASH.....	722
<i>Karimov Ma'ruf Ixtiyorovich</i>	
MINTAQA IQTISODIYOTINI RIVOJLANTIRISHDA ISLOM MOLIVASINING AHAMIYATI	726
<i>Sultonov Baxtiyor Baxodirovich</i>	
UCH FAZALI IKKI CHULG'AMLI MOYLI TRANSFORMATORLARNING ISSIQLIK HISOBINI MODELLASHTIRISH VA TADQIQ QILISH	731
<i>Taniyev Mirzoxid Xurramovich, Bekishev Allabergen Yergashevich, Omonboyev Dilrux Nuraddin o'g'li</i>	
ERKIN IQTISODIY ZONALARNING RIVOJLANISHI BOSQICHLARI	736
<i>Mamadiyev Elyor Akmalovich, Sharipov K. A.</i>	
MOLIYAVIY INKLUZIVNING IJTIMOYIY TABAQALANISHGA TA'SIRINING NAZARIY JIHATLARI.....	740
<i>Adashaliyev Baxtiyorjon Valisher o'g'li</i>	
ВОПРОСЫ ТРАНСФОРМАЦИИ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЁТА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ К МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЁТА	746
<i>Муҳидинов Аюббек Нуритдинович</i>	
РОЛЬ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	753
<i>Жангабаев Данияр Мансурович, Хожамуратова Роза Тажимуратовна</i>	
ASSESSMENT OF ESG INDICES OF PRESTIGIOUS HOTELS IN UZBEKISTAN	759
<i>Saidova Madina Xayrullo qizi</i>	
FISKAL SIYOSATDA MAHALLIY BUDJETLAR MUSTAQILLIGINI OSHIRISHNING MOLIVAVIY INSTRUMENTLARI	765
<i>Muxitdinov Sidikxo'ja Akobirxo'ja o'g'li</i>	
TRANSFORMATSIYALASH JARAYONIDA TIJORAT BANKLARI KREDITLASH AMALIYOTINING XORIIY TAJRIBASI.....	771
<i>Jabbarov Nodir Umirovich</i>	
AKSIZ SOLINISHNING IJTIMOYIY-IQTISODIY TA'SIRI	775
<i>Abdulxayeva Shaxnoza Muxammadiyevna</i>	
O'ZBEKISTONDA QISHLOQ XO'JALIGINING IQTISODIY-STATISTIK TAHLILI VA UNI RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI	781
<i>Shavkat Djumaniyazov</i>	
EKISHDA CHIGITNI BIR XIL TARQATISH VA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI.....	787
<i>Imomov Shavkat Jaxonovich, Nuritov Ikrom Rajabovich, Babamuradov Anvar Baxtiyorovich</i>	
KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIKDA KOMPLEKS IQTISODIY TAHLIL TIZIMINI JORIY ETISH	790
<i>Akbarov Akramjon Ibroximjonovich</i>	
INNOVATION FAOLIYAT XARAJATLARINING BUXGALTYERIYA HISOB VA AUDITINI TAKOMILLASHTIRISH.....	793
<i>Mustafoev Akbar Mustafo o'g'li</i>	
INTELLIGENT SYSTEM FOR MONITORING AND MANAGEMENT OF THE VEGETABLE OIL REFINING PROCESS	798
<i>Ortiqov Elbek Elmirza o'g'li</i>	
O'ZBEKISTONDA KREATIV INDUSTRIYA VA EVENT-MENEJMENTNING HUQUQIY-ME'YORIY ASOSLARI.....	806
<i>Shaxabatdin Maxamatdinov Isak uli</i>	



РОЛЬ И РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ТОРГОВЫХ ОТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ УЗБЕКИСТАНОМ И КИТАЕМ.....	812
Wang Jianhong, Норов Улугбек Ирискулович	
FARMATSEVTIKA KORXONALARIDA YORDAMCHI ISHLAB CHIQRISH JARAYONLARI HISOBI VA YORDAMCHI MAHSULOTLAR TANNARXINI ANIQLASHNING O'ZIGA XOS JIHATLARI	816
Xudaynazarova Dilnoza Gafurovna	
XO'JALIK YURITUVCHI SUBYEKTLARNING ASOSIY IQTISODIY KO'RSATKICHLARINI STRATEGIK BOSHQARUV HISOBI DOIRASIDA SHAKLLANTIRISH VA ULARNING HOLATINI TAHLIL QILISH	821
Hamroyeva Zuhra Amiral qizi	
К ВОПРОСУ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ РАЗОГРЕВА КРОМОК ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ДО ТЕМПЕРАТУРЫ СВАРКИ	825
Заиркулов Элёр Ёқубжон ўғли	
TEKNOLOGIK JARAYONLARNI BOSHQARISHNING AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMLARI	830
Bekishev Allabergen Yergashevich, Hamadulloev Diyorbek Hasanboy o'g'li	
ESG (ENVIRONMENTAL, SOCIAL AND GOVERNANCE) TAMOYILLARINING IQTISODIY RIVOJLANISH VA KORPORATIV FAOLIYATGA TA'SIRI: MAKRO VA MIKRO DARAJADAGI TAHLIL	834
Murtozayev Sardorbek Abdijalil o'g'li	
TESTING THE STATISTICAL SIGNIFICANCE OF DYNAMIC MODELS IN ECONOMICS	838
Muradov Rustamjon Sobitkhonovich	
REAL IQTISODIY DAVRLAR NAZARIYASI VA UN DAN MAKROIQTISODIY TADQIQOTLARDA FOYDALANISH	843
Rustamov Narzillo Istamovich	
РАСЧЕТ РАСТЯЖЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ МЕСТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ.....	848
Юнусалиев Эльмурод Мухаммадьякубович, Ташпулатов Илхомжон Бахтиёрович	
ЦИФРОВИЗАЦИЯ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ФОНДОВОГО РЫНКА: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ УЗБЕКИСТАНА	854
Евгений Юрьевич Шек	
ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ.....	860
Шодмонов Қобилжон Қахрамон ўғли	
AGRAR IQTISODIYOTNI INNOVATSION RIVOJLANTIRISHNING NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLARI.....	870
Ibrohimova Maqsuda Muhammadjon qizi, Ibrohimova Muazzam Muhammadjon qizi	
XORAZM VILOYATIDA KICHIK BIZNESNING EKSPORT SALOHİYATIDAN SAMARALI FOYDALANISH VA BU BORADAGI MUAMMOLAR.....	873
Raxmatullayev Umarbek Ulug'bekovich	
ДАТЧИКИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ	878
Самадов Эльёр Эркинович	
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ	884
Аннакулов Тулкин Жовбекович, Норимонов Шамсиддин Нураддинович	
ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	892
Гулямов Шухрат Манапович	



OLIV TA'LIM TASHKILOTI SUBYEKTLARIDA BUDJET MABLAG'LARI BO'YICHA XARAJATLAR HISOBINI YURITISH	896
<i>Xonimqulov Islom Ergash o'g'li</i>	
XIZMAT KO'RSATUVCHI TADBIRKORLIK SUBYEKTLARIDA MODDIY-TEXNIKA RESURSLARINI BOSHQARISHDA INNOVATSION YONDASHUVLAR	901
<i>Kamoliddinov Ilxomjon Muxammadjonovich</i>	
THE HIDE AND SHADOW ECONOMY IN UZBEKISTAN	905
<i>Koshanov Abdimurat Azat uli, Abdimuratova Altingul Kalbayevna</i>	
SHAHAR AGLOMERATSIYALARI FAOLIYATINI TAHLIL QILISH VA BAHOLASH.....	910
<i>Abdulxakimov Zuxrali Tursunaliyevich</i>	
MOL-MULK SOLIG'I HISOBI VA UNI TAKOMILLASHTIRISH	914
<i>Sh.M.Ergashev</i>	
HUDUDLARDA QURILISH OBYEKTLARINI QURILISH MATERIALLARI BILAN TA'MINLASH SAMARADORLIGINI OSHIRISH.....	918
<i>Najimov Iskander Perdebayevich</i>	
TOVAR MODDIY ZAXIRALAR AUDITIDA TAHLILY AMALLARNI O'TKAZISH VA ULARNING BOSQICHLARI.....	922
<i>Tajekeev Ziyatdin Kobeytinovich</i>	
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЗАТРАТАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА	927
<i>Минутдинова Лилия Тагировна</i>	
МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСВЕЩЕНИЯ САЛОНОВ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ ЛБ-40 (ЛБ-36) НА СВЕТОДИОДНЫЕ LED-ЛАМПЫ	934
<i>Файзуллаев Асомитдин Аловитдинович, Нематов Эркин Хамраевич, Пирназаров Шохрух Холмурод угли</i>	
HUDUDYIY BARQAROR O'SISHDA INKLYUZIV IQTISODIY MEKANIZMLARNING ROLI	939
<i>Xamroqulov M.J.</i>	
UZBEKISTAN'S HIGHER EDUCATION SYSTEM STRENGTHENS ITS POSITION ON THE INTERNATIONAL STAGE.....	944
<i>Umarov Diyor Ravshanovich</i>	
YANGI TAKOMILLASHTIRILGAN PAXTA SEPARATORINI KORXONADA SINOV JARAYONIDAN O'TKAZISH.....	949
<i>Raximov Akbar Xolmurodovich</i>	
KICHIK BIZNESNI MOLIYALASHTIRISHNING OSIYO DAVLATLARI TAJRIBALARI: TAHLILY YONDASHUV	953
<i>Annaklichev Saxi Saparmuxamedovich</i>	
КИНЕТИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА НА ПРИМЕРЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ФАСАДОВ	958
<i>Хаитов Суннатжон Истамович</i>	
TIJORAT BANKLARIDA MARKETING FAOLIYATINI TAKOMILLASHTIRISH VA UNING AMALIY IMKONIYATLARI.....	963
<i>Ibragimova Shahlo Alimbayevna</i>	
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ МЕТАЛЛА ШВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНОВЫ ФЛЮСОВ	969
<i>Абралов Музаффар Махмудович</i>	
РОЛЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ	975
<i>Бахрамов Зиядулла Баходирходжаевич</i>	
QORAQALPOG'ISTON RESPUBLIKASI QURILISH MATERIALLARI SANOATI KORXONALARINING INNOVATSION RIVOJLANISH TENDENSIYALARI.....	979
<i>Yuldasheva Mexrunisa Qasimjan qizi</i>	
OLIV TA'LIM SOHASINI DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIGI ASOSIDA TRANSFORMATSIYA QILISHNING INSTITUTSIONAL VA ME'YORIY-HUQUQIY ASOSLARI	984
<i>Abdullayev Javohir Abdumalik o'g'li</i>	



XORIY TAJRIBASI ASOSIDA O'ZBEKISTONDA DAVLAT AKTIVLARI BO'YICHA INTERAKTIV MA'LUMOTLAR BAZASINI YARATISH ORQALI BUDJET XARAJATLARINI TAHLIL QILISH IMKONIYATLARINI KENGAYTIRISH.....	989
Dilshod Pulatov, Gulzara Kaxxarova	
TEMIR YO'L TRANSPORTINI DAVLAT TOMONIDAN TARTIBGA SOLISH MEXANIZMINI TAKOMILLASHTIRISH YO'NALISHLARI	994
Raximov Xasan Shukurjonovich	
KICHIK BIZNES SUBYEKTLARI RAQOBATBARDOSHLIGINI OSHIRISHNING IQTISODIY MEXANIZMLARI	1000
Yuldashev Doniyor Tairovich	
PENSIYA JAMG'ARMALARIDA HISOBNI TASHKIL ETISH VA XARAJATLAR SMETASI IJROSI BO'YICHA HISOBOTI TAHLILI	1005
Nurmanov Karjavbay Tilevbaevich, Nurmanov Din-Axmed Tilevbaevich	
MINTAQA SANOAT KORXONALARIDA IQTISODIY MEXANIZMLARNI TAKOMILLASHTIRISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI.....	1011
Axmedova Xumora Ibroxim qizi	
ELEKTR MARKAZLASHTIRISH TIZIMIDAGI BOSHQARISH VA NAZORAT RELELI BLOKINI (P62) ZAMONAVIY, KONTAKTSIZ ELEMENTLAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH HAMDA UNING MATEMATIK MODELINI ISHLAB CHIQUISH	1015
Xujamkulov Eldor G'ayratjon o'g'li	
KLASTERLAR FAOLIYATIDA DAVLAT QO'LLAB-QUVVATLASHI VA INVESTORLAR ROLI	1026
Karimova Nilufar Sadriddin qizi	
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНОВЫ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКОЙ НАПЛАВКИ НА БАЗЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН.....	1030
Садыков Жахонгир Насырджанович	
RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA QURILISH SANOATINING INVESTITSION JOZIBADORLIGI	1039
Boltayev Umidjon Talant o'g'li	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ДАТЧИКОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ	1044
Мухамедханов Улугбек Тургудович	
MINTAQA IQTISODIYOTINING IQTISODIY RIVOJLANISHINING ISTIQBOLLI YO'NALISHLARI	1049
Qodirov Farrux Ergash o'g'li	
TIJORAT BANKLARIDA SUN'IY INTELLEKT VA BIG DATA ASOSIDA INNOVATSION XIZMATLARNI JORIY ETISH	1054
Nuriddinov Ziyovuddinxon Zuxriddin o'g'li	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ РАЗДЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ БАЗ ЗНАНИЙ И ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ	1059
Абдуллева Камола Рустамовна	
MATERIALLARNI MURAKKAB YASSI TRAEKTORIYALAR BO'YICHA DEFORMASIYALANTIRISHDA PLASTIK DEFORMASIYALANISH JARAYONLARI	1065
A.Xakimov, X.Xakimov	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ	1073
Касымова Нозима Омиловна	
OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARI TA'MINOT ZANJIRINI TAKOMILLASHTIRISHNING XORIY TAJRIBASI	1077
Bekjanov Dilmurad Yo'ldashovich	



AUDITORLIK TEKSHIRUVINI REJALASHTIRISH USLUBIYATINI TAKOMILLASHTIRISH MASALALARI.....	1082
Saidova Sevara Abdimumin qizi	
TIBBIYOT XODIMLARI MEHNAT FAOLLIGINI RAG‘BATLANTIRISHNING IQTISODIY JIHATLARI.....	1089
Sayitbayev Shermirza Datkamirzayevich	
RAQAMLASHTIRISH — ILM-FAN INTEGRATSIYASI, INSTITUTSIONAL O‘ZGARISHLAR VA SANOAT RIVOJLANISHINING ASOSIY OMILI.....	1094
Umurzak Ablakulovich Radjabov	
FUQAROLIK JURNALISTIKASIDA GENDER MUVOZANATI: ILMIY YONDASHUVLAR TADRIJI	1101
Zakirova Oisha Vohid qizi	
AGLOMERATSIYA BOSHQARUVINI TAKOMILLASHTIRISH BO‘YICHA XORIJIY MAMLAQATLAR TAJRIBASI VA UNDA O‘ZBEKISTONDA FOYDALANISH IMKONIYATLARI	1109
Mardonov Shohruh Shuhrat o‘g‘li	
PAXTA-TO‘QIMACHILIK KLASTERLARIDA LOGISTIK JARAYONLARNI OPTIMALLASHTIRISH VA TA‘MINOT ZANJIRLARINI BOSHQARISH.....	1114
Nasimov Baxtiyor Vasiyevich	
KAMBAG‘ALLIKNI QISQARTIRISH BO‘YICHA DAVLAT DASTURLARI BAJARILISHIDA DAVLAT–XUSUSIY SHERIKCHILIKDAN FOYDALANISH	1122
Mirzaxalikov Bobir Baxtiyorovich	
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОГО ТРАФИКА НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	1127
Усманова Наргиза Бахтиёрбековна, Саиткамолова Гузаль Камильжон кизи	



ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОГО ТРАФИКА НА КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Усманова Наргиза Бахтиёрбековна

DSc техн.наук, профессор,
Ташкентский университет информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий
<https://orcid.org/0000-0002-5058-3043>

Саиткамолова Гузаль Камильжон кизи

Базовый докторант,
Ташкентский университет информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий
<https://orcid.org/0009-0005-1509-3451>

Аннотация. В работе представлены результаты комплексного экспериментального исследования влияния параметров сетевого трафика на качество обслуживания (QoS) в современных телекоммуникационных сетях. Исследование проведено с использованием программного генератора трафика Cisco TRex и анализатора протоколов Wireshark в виртуализированной лабораторной среде. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации параметров сетевой инфраструктуры, планирования пропускной способности и разработки эффективных механизмов управления качеством обслуживания в телекоммуникационных сетях.

Ключевые слова: качество обслуживания, телекоммуникационные сети, профили трафика, Cisco TRex, Wireshark, тестирование производительности, параметры трафика, задержки, пропускная способность.

Annotatsiya. Mazkur ishda zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida tarmoq trafikining turli parametrlarining xizmat ko'rsatish sifati (QoS)ga ta'sirini o'rganishga qaratilgan kompleks eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqot virtualizatsiyalangan laboratoriya muhitida Cisco TRex dasturiy trafik generatori va Wireshark protokollar analizatori yordamida amalga oshirildi. Olingan natijalar tarmoq infratuzilmasi parametrlarini optimallashtirish, o'tkazuvchanlik qobiliyatini rejalashtirish hamda telekommunikatsiya tarmoqlarida xizmat ko'rsatish sifati boshqarishning samarali mexanizmlarini ishlab chiqishda qo'llanishi mumkin.

Kalit so'zlar: xizmat ko'rsatish sifati, telekommunikatsiya tarmoqlari, trafik profillari, Cisco TRex, Wireshark, unumdorlikni testlash, trafik parametrlari, kechikishlar, o'tkazuvchanlik qobiliyati.

Abstract. This paper presents the results of a comprehensive experimental study on the impact of network traffic parameters on Quality of Service (QoS) in modern telecommunication networks. The study was conducted in a virtualized laboratory environment using the Cisco TRex software traffic generator and the Wireshark protocol analyzer. The obtained results can be used to optimize network infrastructure parameters, plan bandwidth capacity, and develop effective mechanisms for Quality of Service management in telecommunication networks.

Keywords: Quality of Service, telecommunication networks, traffic profiles, Cisco TRex, Wireshark, performance testing, traffic parameters, latency, bandwidth.

ВВЕДЕНИЕ

Современные телекоммуникационные сети переживают период беспрецедентного роста объемов передаваемых данных, обусловленного широким распространением облачных вычислений, мультимедийных приложений, интернета вещей и технологий пятого поколения мобильной связи. Развитие таких технологий, как 5G, IoT и пограничные вычисления, кардинально преобразует телекоммуникационные услуги: приложения реального времени переходят на сверхнизкую задержку и большую пропускную способность [1,2].

Качество обслуживания (Quality of Service, QoS) играет критическую роль в обеспечении удовлетворительной работы сетевых приложений. Различные типы трафика предъявляют специфические требования к сетевой инфраструктуре: к примеру, голосовой трафик VoIP требует минимальной задержки (не более 150 мс в одну сторону) и низкий джиттер (до 30 мс), потоковое видео нуждается в стабильной полосе пропускания с допустимыми потерями не более 1%, в то время как передача данных может быть более терпима к задержкам, но требует надежной доставки без потерь [3,4].

Традиционные подходы к обеспечению QoS, такие как Best Effort, Integrated Services (IntServ) и Differentiated Services (DiffServ), имеют свои ограничения при работе с современными гетерогенными сетями. Это обуславливает необходимость более детального понимания того, как различные параметры сетевого трафика влияют на показатели качества обслуживания.

Отсутствие комплексной методологии экспериментального исследования влияния параметров трафика на QoS затрудняет оптимизацию конфигурации сетевого оборудования и разработку эффективных стратегий управления качеством обслуживания. В частности, недостаточно изучено влияние таких параметров как размер пакетов, интенсивность соединений, тип транспортного протокола и характер приложений на ключевые метрики QoS в условиях, приближенных к реальной эксплуатации. Данная работа нацелена на экспериментальное исследование влияния параметров сетевого трафика на показатели качества обслуживания в телекоммуникационных сетях и разработка рекомендаций по оптимизации механизмов QoS.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Качество обслуживания в телекоммуникационных сетях традиционно оценивается с помощью нескольких ключевых метрик, определенных в рекомендациях Международного союза электросвязи (ITU-T) и стандартах Инженерного совета Интернета (IETF). Наиболее важными из них являются задержка (латентность), вариация задержки (джиттер), потери пакетов и пропускная способность [5,6].

Задержка (Latency) представляет собой время, необходимое для передачи пакета от источника к получателю. Эта метрика складывается из нескольких компонентов: задержки сериализации (время, необходимое для передачи битов пакета в канал связи), задержки распространения (время прохождения сигнала по физической среде), задержки обработки (время обработки пакета в промежуточных узлах) и задержки постановки в очередь (время ожидания в буферах при наличии перегрузки).

Для интерактивных голосовых приложений односторонняя задержка не должна превышать 150 мс для обеспечения приемлемого качества связи согласно рекомендациям ITU-T G.114. Для приложений реального времени критическими являются значения задержки в диапазоне от 20 до 150 мс [7].

Джиттер (Jitter) определяется как вариация задержки между последовательными пакетами. Высокий джиттер приводит к нарушению синхронизации в приложениях реального времени и может значительно ухудшить качество аудио и видео потоков.

Методики расчета джиттера для протоколов реального времени широко применяются в VoIP системах. RFC 3550 определяет алгоритм вычисления джиттера с использованием экспоненциального скользящего среднего, что позволяет получить сглаженную оценку вариации задержки, не слишком чувствительную к единичным выбросам [8,9].

Потери пакетов (Packet Loss) возникают при перегрузке буферов сетевого оборудования или ошибках передачи на физическом уровне. Для голосового трафика допустимы потери до 1%, при этом современные кодеки могут частично компенсировать потери за счет алгоритмов маскирования ошибок (error concealment). Для потокового видео допустимы потери до 3%, хотя это может приводить к визуальным артефактам [9-11].

Пропускная способность (Throughput) определяет объем данных, который может быть передан через сеть в единицу времени. Различают теоретическую пропускную способность канала (определяемую физическими характеристиками среды передачи), доступную пропускную способность (не занятую другим трафиком) и достижимую пропускную способность (которую может получить конкретное приложение с учетом всех ограничений системы).



Существует два основных подхода к обеспечению QoS в IP-сетях: интегрированные службы (Integrated Services, IntServ) и дифференцированные службы (Differentiated Services, DiffServ). Архитектура IntServ, определенная в RFC 1633, предусматривает резервирование ресурсов для каждого отдельного потока данных с использованием протокола RSVP (Resource Reservation Protocol) [9,12].

Архитектура DiffServ, описанная в RFC 2475, использует принципиально иной подход, основанный на агрегировании трафика в классы обслуживания и применении различных механизмов обработки к каждому классу. Маркировка пакетов осуществляется на граничных узлах сети с использованием поля Differentiated Services Code Point (DSCP) в заголовке IP, после чего промежуточные маршрутизаторы применяют соответствующую политику обработки (Per-Hop Behavior, PHB) [7, 9].

DiffServ обеспечивает лучшую масштабируемость по сравнению с IntServ, так как промежуточные узлы не нуждаются в поддержании состояния для отдельных потоков. Однако гарантии качества обслуживания в DiffServ являются статистическими, а не абсолютными, что может быть недостаточно для некоторых критичных приложений.

Для реализации дифференцированного обслуживания применяются различные механизмы маркировки и обработки пакетов. Expedited Forwarding (EF) обеспечивает приоритетную обработку для трафика, чувствительного к задержкам, гарантируя минимальное время нахождения в очередях. Assured Forwarding (AF) предоставляет гарантии пропускной способности с возможностью временных превышений, при этом пакеты разделяются на несколько уровней приоритета отбрасывания [12, 13].

В современных сетях часто применяется гибридный подход, сочетающий элементы обеих архитектур: IntServ используется на уровне доступа для критичных приложений, в то время как в ядре сети применяется DiffServ для обеспечения масштабируемости.

Управление очередями играет ключевую роль в обеспечении QoS на узлах сети. Простейший механизм FIFO (First-In-First-Out) обрабатывает пакеты в порядке их поступления без какой-либо дифференциации. Такой подход прост в реализации, но не обеспечивает защиту чувствительного к задержкам трафика от влияния массивных потоков данных и может приводить к несправедливому распределению ресурсов между потоками [14,15].

Priority Queuing (PQ) разделяет трафик на несколько приоритетных классов, обрабатывая пакеты из очереди с более высоким приоритетом до тех пор, пока она не опустеет. Это обеспечивает минимальные задержки для критичного трафика, но может привести к полному вытеснению трафика с низким приоритетом при высокой нагрузке.

Fair Queueing (FQ) и его модификация Weighted Fair Queueing (WFQ) обеспечивают справедливое распределение пропускной способности между потоками пропорционально их весам. Эти механизмы поддерживают отдельную очередь для каждого потока и используют алгоритм планирования для обслуживания очередей таким образом, чтобы каждый поток получал свою долю ресурсов.

WFQ имеет важное преимущество перед простой приоритизацией: он предотвращает монополизацию канала одним или несколькими агрессивными потоками, обеспечивая защиту для менее активных потоков. Это особенно важно для защиты TCP трафика от UDP потоков, которые не имеют встроенных механизмов контроля перегрузки.

Random Early Detection (RED) является механизмом активного управления очередями, который начинает превентивно сбрасывать пакеты до полного заполнения буфера. RED использует вероятностный подход: при приближении средней длины очереди к пороговому значению пакеты начинают отбрасываться с вероятностью, возрастающей по мере увеличения загрузки.

Основная идея RED заключается в избегании синхронизации TCP потоков. В традиционной очереди с отбрасыванием при переполнении (tail drop) все потоки одновременно испытывают потери при заполнении буфера, что приводит к синхронному снижению скорости передачи всеми источниками и последующему одновременному увеличению, создавая колебания в утилизации канала. RED распределяет потери случайным образом, предотвращая такую синхронизацию.

Class-Based Weighted Fair Queueing (CBWFQ) сочетает преимущества классификации трафика с механизмом справедливого распределения ресурсов. Трафик разделяется на классы на основе различных критериев (адреса источника/назначения, порты, значения DSCP), после чего каждому классу гарантируется определенная минимальная пропускная способность. Неиспользованная пропускная способность распределяется между классами пропорционально их весам.

Существует два основных подхода к измерению параметров QoS: активный и пассивный мониторинг. Активный мониторинг подразумевает внедрение специального тестового трафика в сеть для проведения контролируемых измерений. Этот подход позволяет точно контролировать параметры тестирования и получать воспроизводимые результаты, но вносит дополнительную нагрузку на сеть [16].

RFC 2544 определяет стандартизированную методологию для тестирования производительности сетевых устройств. Этот документ описывает набор тестов для измерения пропускной способности, частоты кадров, задержки, потерь пакетов и других характеристик при различных размерах кадров и условиях нагрузки. Методология RFC 2544 широко используется производителями сетевого оборудования для сертификации продуктов.

Пассивный мониторинг анализирует реальный пользовательский трафик без внесения дополнительной нагрузки в сеть. Этот подход предоставляет информацию о фактическом качестве обслуживания, испытываемом пользователями, но предоставляет меньший контроль над условиями эксперимента и может быть затруднен в зашифрованных соединениях.

RFC 4689 определяет терминологию для бенчмаркинга механизмов контроля трафика на сетевом уровне. Этот документ предоставляет стандартизированные определения метрик и методов измерения, что обеспечивает сопоставимость результатов, полученных различными исследователями.

Современные программные средства для генерации и анализа трафика обеспечивают высокую точность измерений. Cisco TRex способен генерировать трафик с высокой скоростью на обычном сервере с точностью временных меток на уровне микросекунд благодаря использованию технологии DPDK, что делает возможным проведение детальных экспериментов даже в высокоскоростных сетях [17,18].

Wireshark предоставляет мощные возможности для пост-обработки захваченного трафика. Поддержка сотен протоколов на всех уровнях модели OSI, возможность применения сложных фильтров для выделения интересующего трафика и встроенные средства статистического анализа делают этот инструмент незаменимым для детального исследования сетевых характеристик [19].

Wireshark включает специализированные инструменты для анализа производительности, такие как графики I/O (ввода-вывода), которые визуализируют изменение интенсивности трафика во времени, анализ TCP потоков с выявлением повторных передач, дублирующихся подтверждений и других аномалий, а также расчет статистики round-trip time для соединений.

Наряду с классическими подходами к исследованию параметров качества, на сегодняшний день нашло широкое применение использование технологий виртуализации для создания экспериментальных сетевых стендов, которые получили широкое распространение благодаря гибкости, масштабируемости и воспроизводимости результатов. Виртуальные сети позволяют создавать сложные топологии на ограниченном аппаратном обеспечении, быстро изменять конфигурацию и легко воспроизводить условия эксперимента.

К примеру, технологии ускорения обработки пакетов, такие как DPDK (Data Plane Development Kit), позволяют достичь производительности, сопоставимой с аппаратными решениями. DPDK предоставляет набор библиотек и драйверов для быстрой обработки пакетов в пространстве пользователя, обходя накладные расходы сетевого стека операционной системы [20].

DPDK использует механизм poll mode drivers (PMD), который непрерывно опрашивает сетевые адаптеры на наличие новых пакетов вместо использования прерываний. Это устраняет задержки, связанные с обработкой прерываний и переключением контекста, позволяя достичь задержек обработки на уровне микросекунд.

Виртуальные коммутаторы, такие как Open vSwitch, предоставляют функциональность, сопоставимую с аппаратными решениями. Open vSwitch поддерживает стандарт OpenFlow для программируемого управления потоками, что делает его пригодным для исследований в области программно-конфигурируемых сетей (Software-Defined Networking, SDN) [21].

Однако виртуализация вносит свои особенности в результаты измерений. Виртуализированные сети могут демонстрировать более высокую вариативность задержек из-за конкуренции за ресурсы гипервизора, планирования виртуальных процессоров и других факторов, отсутствующих в физических сетях.

Для минимизации этих эффектов рекомендуется использовать изоляцию процессорных ядер (CPU pinning), при которой каждой виртуальной машине назначаются выделенные физические ядра процессора. Дополнительно может применяться приоритизация сетевых процессов и настройка параметров планировщика гипервизора для снижения вариативности задержек.

Исследования показывают, что при правильной настройке виртуализированные сетевые стенды могут обеспечивать результаты, качественно схожие с аппаратными решениями, хотя абсолютные значения задержек могут быть несколько выше. Это делает виртуализацию приемлемым подходом для проведения сравнительных исследований и изучения относительного влияния различных параметров на QoS.



МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЕ

Для проведения исследования используется экспериментальная установка, которая включает в себя виртуальные машины под управлением Ubuntu Server 20.04 LTS, соединенные через виртуальный коммутатор Open vSwitch. Для проведения экспериментов использована виртуализированная лабораторная среда на базе генератора трафика Cisco TRex и анализатора пакетов Wireshark [19,22]. Исследованы различные профили трафика, включая UDP, TCP, HTTP с различными размерами ответов, а также смешанный мультипротокольный трафик. Проведен анализ влияния таких параметров, как размер пакетов, интенсивность соединений и тип протокола на пропускную способность, задержки и потери пакетов.

Экспериментальная установка развернута на базе платформы виртуализации KVM (Kernel-based Virtual Machine) под управлением Ubuntu Server 20.04 LTS. Выбор данной платформы обусловлен несколькими факторами: открытым исходным кодом, что обеспечивает прозрачность и воспроизводимость результатов; высокой производительностью за счет аппаратной поддержки виртуализации в современных процессорах; широкой поддержкой сетевых технологий и возможностью тонкой настройки параметров.

Установка (рисунок 1) состоит из трех виртуальных машин, каждая из которых выделена 4 виртуальных процессорных ядра и 8 ГБ оперативной памяти. Конфигурация подобрана таким образом, чтобы обеспечить достаточные вычислительные ресурсы для работы генератора трафика и анализатора без узких мест, связанных с недостатком процессорного времени или памяти.

- Первая виртуальная машина функционирует как генератор трафика с установленным Cisco TRex версии 2.89. TRex настроен для работы в режиме Advanced Stateful (ASTF), который позволяет эмулировать сложные сценарии взаимодействия клиент-сервер с поддержкой установления TCP соединений, обмена данными и корректного завершения сессий.

- Вторая виртуальная машина выполняет роль получателя трафика и одновременно анализатора с использованием Wireshark версии 3.6.2 и его консольной версии tshark. Эта машина настроена для захвата всего входящего трафика в формате pcap с последующей обработкой для извлечения необходимых метрик.

- Третья виртуальная машина реализует функции маршрутизатора с возможностью управления параметрами канала связи. На этой машине развернут Linux с включенной маршрутизацией и инструментами управления трафиком tc (traffic control), которые позволяют эмулировать различные сетевые условия: ограничение полосы пропускания, введение задержек, эмуляцию потерь пакетов.

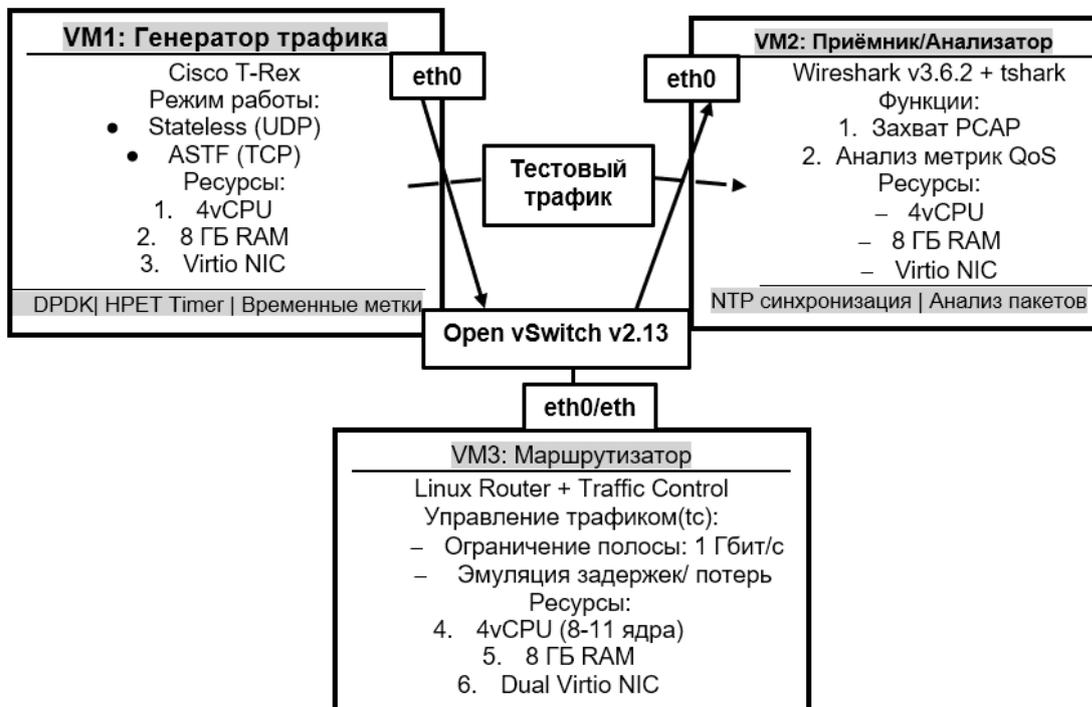


Рис.1. Схема архитектуры экспериментальной установки на платформе виртуализации: KVM/ Ubuntu Server 20.04 LTS



Виртуальные машины соединены через Open vSwitch версии 2.13, который обеспечивает изоляцию экспериментального трафика от основной сети и позволяет точно контролировать параметры виртуальных каналов связи. Конфигурация Open vSwitch оптимизирована для минимизации накладных расходов на обработку пакетов: отключены функции Spanning Tree Protocol (STP), включена поддержка offload операций на уровне виртуальных сетевых адаптеров (virtio).

Физический сервер, на котором развернута виртуальная инфраструктура, оснащен процессором Intel Xeon E5-2680 v4 с базовой частотой 2.4 ГГц и 28 физическими ядрами, поддерживающими технологии виртуализации Intel VT-x и VT-d. Сервер имеет 128 ГБ оперативной памяти DDR4 с частотой 2400 МГц и сетевой адаптер Intel X710 с поддержкой скорости 10 Гбит/с.

Для минимизации влияния конкуренции за ресурсы применена изоляция процессорных ядер с использованием механизма CPU pinning: каждой виртуальной машине назначены выделенные физические ядра процессора. Конкретно, VM1 (генератор) использует ядра 0-3, VM2 (приемник/анализатор) использует ядра 4-7, VM3 (маршрутизатор) использует ядра 8-11. Оставшиеся ядра резервируются для работы гипервизора и системных процессов.

Конфигурация Cisco TRex

Cisco TRex настроен для работы в режиме stateless для UDP тестов и stateful (ASTF) для TCP тестов. Режим stateless обеспечивает максимальную производительность генерации трафика и детальный контроль параметров на уровне отдельных потоков, что идеально подходит для тестирования UDP трафика без установления соединений.

Режим ASTF используется для эмуляции TCP трафика с полной поддержкой трехэтапного рукопожатия (three-way handshake), передачи данных и корректного закрытия соединений. Этот режим позволяет генерировать реалистичный TCP трафик, соответствующий поведению реальных приложений.

Генератор поддерживает создание профилей трафика с использованием языка Python, что обеспечивает гибкость в настройке параметров тестирования. Профили трафика определяют: размеры пакетов, межпакетные интервалы, количество потоков, адреса источников и назначений, значения полей заголовков протоколов.

Использованы следующие профили трафика:

1) Постоянный битрейт (CBR) - имитация потокового видео высокого качества с фиксированной скоростью передачи. Используются UDP пакеты размером 1400 байт с постоянным межпакетным интервалом, рассчитанным для достижения требуемой интенсивности трафика. Этот профиль моделирует поведение приложений, генерирующих трафик с постоянной скоростью, таких как системы IP-телефонии с кодеком постоянного битрейта или потоковое видео без адаптивного изменения качества.

2) Переменный битрейт (VBR) - моделирование трафика с периодическими всплесками активности, характерными для веб-приложений и других интерактивных сервисов. Интенсивность варьируется от 50% до 150% от номинального значения с периодом 5 секунд по синусоидальному закону. Этот профиль имитирует поведение приложений с периодической активностью, таких как веб-серверы с циклическими паттернами нагрузки или мультимедийные приложения с переменной сложностью кодируемого контента.

3) Смешанный трафик - комбинация UDP и TCP потоков с различными размерами пакетов для имитации реальных условий работы сети, где одновременно присутствуют различные типы приложений. Соотношение UDP и TCP трафика составляет 40%/60%, что приблизительно соответствует типичному распределению в корпоративных сетях.

Временные метки добавляются к каждому генерируемому пакету с использованием высокоточного таймера HPET (High Precision Event Timer), что обеспечивает точность синхронизации на уровне микросекунд. Временная метка встраивается в поле данных UDP пакета или в опции TCP, что позволяет точно измерить одностороннюю задержку (one-way delay) при условии синхронизации часов между отправителем и получателем.

TRex настроен на использование DPDK для обхода сетевого стека ядра Linux, что минимизирует задержки обработки пакетов в самом генераторе и обеспечивает стабильность временных характеристик генерируемого трафика. Используется режим Direct NIC Access с выделением памяти huge pages для снижения накладных расходов на управление памятью.

Методика измерения метрик QoS

Задержка (One-Way Delay) измеряется как разность между временем получения пакета на стороне приемника и временем его отправки на стороне генератора. Для обеспечения корректности измерений односторонней задержки необходима точная синхронизация часов между отправителем и получателем.

Для синхронизации времени между генератором и приемником используется протокол Network Time Protocol (NTP) с точностью синхронизации не хуже 1 мс. Дополнительно применяется коррекция



часовых смещений на основе обмена специальными синхронизирующими пакетами каждые 30 секунд. Эти пакеты используются для вычисления текущей разности часов и корректировки измеренных значений задержки.

Процедура коррекции работает следующим образом: генератор отправляет синхронизирующий пакет с меткой времени T_1 , приемник фиксирует время получения T_2 и немедленно отправляет ответный пакет с метками T_1 и T_2 , генератор получает ответ в момент T_3 и вычисляет смещение часов как $[(T_2 - T_1) - (T_3 - T_2)] / 2$. Это смещение используется для корректировки всех измерений задержки в течение следующих 30 секунд.

Джиттер (Jitter) вычисляется как среднее отклонение задержки между последовательными пакетами. Для сглаживания краткосрочных флуктуаций применяется экспоненциальное скользящее среднее (Exponentially Weighted Moving Average, EWMA) с коэффициентом сглаживания 0.9. Формула расчета: $Jitter(n) = 0.9 * Jitter(n-1) + 0.1 * (Delay(n) - Delay(n-1))$.

Такой подход к измерению джиттера соответствует методологии, описанной в RFC 3550 для протокола RTP (Real-time Transport Protocol), и обеспечивает устойчивость оценки к единичным выбросам задержки, сохраняя при этом чувствительность к устойчивым изменениям вариативности.

Потери пакетов (Packet Loss) определяются путем анализа последовательных номеров в заголовках UDP пакетов или TCP sequence numbers. Для UDP трафика каждый пакет снабжается уникальным порядковым номером в поле данных, что позволяет точно определить число и позиции потерянных пакетов. Для TCP трафика анализируются sequence numbers в заголовках TCP для выявления разрывов в последовательности.

Для каждого потока рассчитывается процент потерянных пакетов от общего числа отправленных: $Loss Rate = (Packets Lost / Packets Sent) \times 100\%$. Дополнительно фиксируется распределение потерь во времени для выявления периодов перегрузки и паттернов потерь (случайные потери, пакетные потери, периодические потери).

Также вычисляется метрика пакетных потерь (burst loss), которая характеризует тенденцию потерь к группировке. Пакетной потерей считается последовательность из двух или более подряд идущих потерянных пакетов. Соотношение пакетных потерь к общему числу потерь дает представление о характере перегрузки: высокое значение указывает на периодическое переполнение буферов, низкое - на случайные ошибки передачи.

Все измерения проводятся в течение 300 секунд (5 минут) для каждого набора параметров, причем первые 30 секунд отбрасываются для исключения переходных процессов при установлении соединений и стабилизации алгоритмов управления трафиком. Это время прогрева (warm-up time) необходимо для достижения установившегося режима работы TCP congestion control и заполнения буферов в промежуточных узлах.

Данная методология соответствует рекомендациям RFC 2544 (Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices) для тестирования сетевого оборудования и обеспечивает статистическую достоверность результатов. Длительность теста в 300 секунд выбрана как компромисс между необходимостью накопления достаточного объема статистики и практическими ограничениями на общее время проведения экспериментов.

Экспериментальные сценарии

Проведена серия экспериментов с систематическим изменением ключевых параметров трафика. Каждый эксперимент повторен пять раз для обеспечения статистической значимости результатов и оценки вариативности измерений. Для каждого набора параметров вычислялись среднее значение, стандартное отклонение и 95% доверительный интервал для всех метрик QoS.

Эксперимент 1: Влияние интенсивности трафика. Варьирование скорости генерации UDP трафика от 100 Мбит/с до 900 Мбит/с с шагом 100 Мбит/с при фиксированном размере пакетов 1400 байт. Канал связи между генератором и приемником имеет пропускную способность 1 Гбит/с, таким образом, максимальная интенсивность 900 Мбит/с соответствует загрузке канала на 90%. Цель эксперимента - выявить зависимость метрик QoS от уровня утилизации сетевых ресурсов и определить пороговые значения загрузки, после которых начинается существенная деградация качества обслуживания.

Эксперимент 2: Влияние размера пакетов. Тестирование с размерами пакетов 64, 128, 256, 512, 1024 и 1500 байт при постоянной интенсивности 500 Мбит/с. Размер 64 байта представляет минимальный размер Ethernet кадра (без учета преамбулы), размер 1500 байт соответствует типичному значению MTU (Maximum Transmission Unit) для Ethernet сетей. Промежуточные значения выбраны для изучения характера зависимости метрик от размера пакета. Цель эксперимента - оценить влияние соотношения между полезной нагрузкой и служебной информацией на эффективность передачи и характеристики QoS.

Эксперимент 3: Сравнение TCP и UDP. Генерация трафика с идентичной интенсивностью (500 Мбит/с) и размером данных полезной нагрузки (1400 байт) для обоих протоколов. Для TCP используется профиль с установлением соединения, передачей данных объемом 100 КБ и корректным закрытием соединения. Для UDP используется профиль с непрерывной передачей пакетов без установления соединения. Цель эксперимента - количественно сравнить характеристики QoS для протоколов с различными механизмами обеспечения надежности и контроля потока.

Эксперимент 4: Влияние характера нагрузки. Сравнение профилей CBR (постоянный битрейт), VBR (переменный битрейт) и смешанного трафика при одинаковой средней интенсивности 500 Мбит/с. Для профиля VBR используется синусоидальная модуляция интенсивности с периодом 5 секунд и размахом от 250 до 750 Мбит/с. Смешанный трафик состоит из 40% UDP и 60% TCP по объему передаваемых данных. Цель эксперимента - оценить влияние временных характеристик трафика (постоянный, пульсирующий, смешанный) на стабильность и предсказуемость метрик QoS.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования показывают, что параметры трафика оказывают существенное влияние на показатели QoS и требуют дифференцированного подхода к управлению качеством обслуживания. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации параметров сетевой инфраструктуры, планирования пропускной способности и разработки эффективных механизмов управления качеством обслуживания в телекоммуникационных сетях. Результаты исследования особенно актуальны для проектирования сетей, поддерживающих приложения реального времени и мультимедийные сервисы.

Влияние интенсивности трафика на показатели QoS

Результаты первого эксперимента демонстрируют явную зависимость всех метрик QoS от интенсивности трафика. При низкой загрузке канала (100-200 Мбит/с, что соответствует 10-20% утилизации) все показатели остаются в пределах нормы для приложений реального времени. Средняя задержка составляет 0.85-1.2 мс, джиттер не превышает 0.15 мс, потери пакетов полностью отсутствуют.

Эти результаты соответствуют идеальным условиям работы сети, когда очереди в узлах практически пусты, а вся обработка осуществляется с минимальными задержками. Наблюдаемая задержка в этом режиме определяется главным образом задержкой распространения сигнала и минимальным временем обработки в сетевых устройствах.

При увеличении интенсивности до 500 Мбит/с (50% загрузки канала 1 Гбит/с) наблюдается умеренный рост задержки до 2.8 мс и джиттера до 0.45 мс. Потери пакетов все еще отсутствуют, что свидетельствует о наличии достаточного запаса в буферах коммутатора. Стандартное отклонение задержки возрастает с 0.08 мс при низкой нагрузке до 0.32 мс при средней нагрузке, что указывает на увеличение вариативности времени обработки.

При интенсивности 600 Мбит/с (60% загрузки) метрики продолжают ухудшаться, но остаются приемлемыми: средняя задержка 3.9 мс, джиттер 0.87 мс, потери пакетов менее 0.01%. Это может считаться оптимальным рабочим режимом, когда сеть эффективно использует ресурсы, сохраняя при этом приемлемые характеристики QoS.

Критический порог наблюдается при загрузке 700 Мбит/с (70% емкости канала). Средняя задержка возрастает до 5.6 мс, джиттер до 1.8 мс, и впервые появляются заметные потери пакетов на уровне 0.12%. Стандартное отклонение задержки достигает 1.2 мс, что указывает на высокую вариативность и непредсказуемость времени передачи. Это согласуется с теоретическими положениями теории массового обслуживания, согласно которым при приближении к максимальной пропускной способности системы M/M/1 происходит резкое увеличение среднего времени ожидания в очереди [15].

При интенсивности 800 Мбит/с (80% загрузки) деградация метрик становится еще более выраженной: задержка 8.7 мс, джиттер 2.9 мс, потери пакетов 0.68%. Распределение задержек демонстрирует появление тяжелого хвоста, что означает периодические всплески экстремально высоких задержек, достигающих 25-30 мс.

При интенсивности 900 Мбит/с (90% загрузки) метрики QoS достигают неприемлемых значений для большинства приложений: средняя задержка 12.4 мс, джиттер 3.8 мс, потери пакетов 2.3%. Высокая вариативность задержки (стандартное отклонение 3.1 мс) делает такой режим работы непригодным для голосовых и видео приложений (рисунок 2). Наблюдаются периоды временной перегрузки, когда буферы полностью заполняются и происходит массовое отбрасывание пакетов. Статистический анализ показывает, что стандартное отклонение задержки увеличивается нелинейно с ростом интенсивности трафика, что указывает на возрастающую непредсказуемость поведения сети под высокой нагрузкой. Коэффициент вариации задержки (отношение стандартного отклонения к среднему значению) возрастает с 9% при низкой нагрузке до 25% при высокой нагрузке.

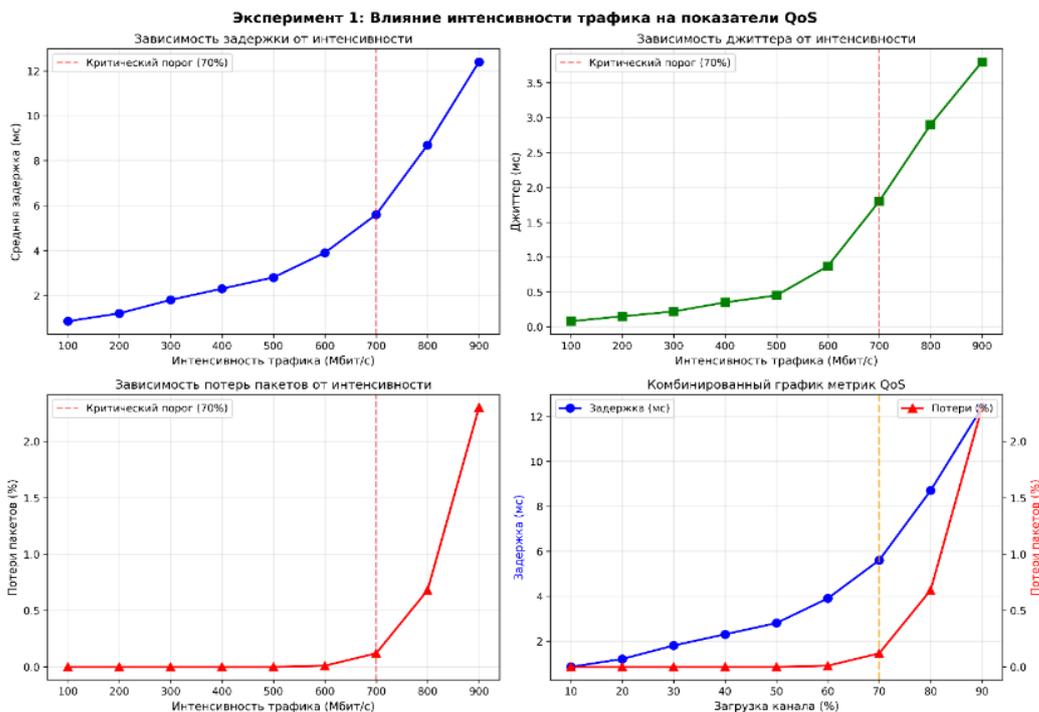


Рис.2. Влияние интенсивности трафика на показатели QoS

Анализ распределения задержек показывает, что при низкой и средней нагрузке распределение близко к нормальному с небольшой асимметрией. При высокой нагрузке распределение становится существенно асимметричным с длинным правым хвостом, что характерно для систем массового обслуживания вблизи насыщения.

Влияние размера пакетов на метрики QoS

Эксперименты с различными размерами пакетов выявили существенное влияние этого параметра на показатели качества обслуживания. Малые пакеты (64 байта) демонстрируют наихудшие характеристики: при интенсивности 500 Мбит/с средняя задержка составляет 4.2 мс, джиттер 1.2 мс, потери пакетов 0.45%.

Причина такого поведения связана с тем, что для пакетов размером 64 байта при интенсивности 500 Мбит/с сеть должна обрабатывать приблизительно 976,000 пакетов в секунду. Это создает значительную нагрузку на процессор коммутатора, так как каждый пакет требует: разбора заголовков, принятия решения о маршрутизации, обновления таблиц состояний, обработки счетчиков и статистики.

При размере пакета 128 байт метрики улучшаются: задержка снижается до 3.5 мс, джиттер до 0.92 мс, потери до 0.28%. Количество пакетов в секунду уменьшается примерно вдвое (до 488,000 пакетов/с), что снижает нагрузку на систему обработки пакетов.

Дальнейшее увеличение размера до 256 байт приводит к метрикам: задержка 3.1 мс, джиттер 0.67 мс, потери 0.15%. Для размера 512 байт: задержка 2.9 мс, джиттер 0.51 мс, потери 0.07%. Наблюдается тенденция к асимптотическому приближению к некоторым предельным значениям.

Увеличение размера пакетов до 1024 байт дает: задержка 2.7 мс, джиттер 0.42 мс, потери менее 0.02%. Наконец, для максимального размера 1500 байт получены наилучшие результаты: задержка 2.6 мс, джиттер 0.38 мс, потери практически отсутствуют (менее 0.01%).

Улучшение метрик при увеличении размера пакетов объясняется снижением относительных накладных расходов на обработку заголовков. Каждый пакет имеет фиксированные заголовки Ethernet (18 байт), IP (20 байт) и UDP (8 байт), что составляет 46 байт служебной информации. Для пакета размером 64 байта полезная нагрузка составляет всего 18 байт (28% от общего размера), в то время как для пакета 1500 байт полезная нагрузка составляет 1454 байта (97% от общего размера).

Для малых пакетов нагрузка на процессор коммутатора возрастает пропорционально количеству пакетов в секунду, а не объему передаваемых данных. При размере пакета 64 байта и интенсивности 500 Мбит/с коммутатор обрабатывает около 976,000 пакетов в секунду, в то время как для пакетов 1500 байт - только 41,600 пакетов в секунду при той же полосе пропускания. Это снижение в 23.5 раза существенно уменьшает нагрузку на подсистему обработки пакетов (рисунок 3).

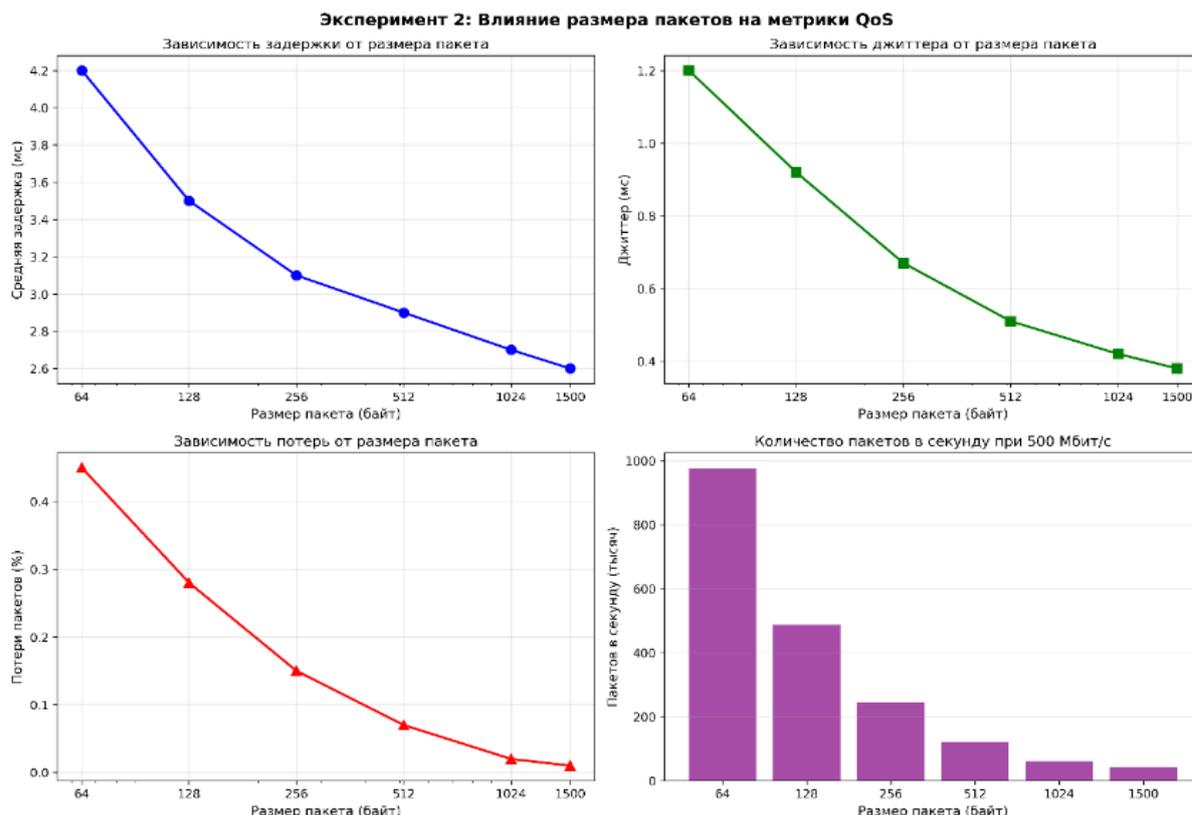


Рис.3. Влияние размера пакетов на метрики QoS

Следует отметить, что для пакетов промежуточных размеров (512-1024 байта) характеристики QoS приближаются к значениям для максимального размера MTU. Это указывает на наличие порогового эффекта, после которого дальнейшее увеличение размера пакета не приносит существенных преимуществ. Этот порог определяется моментом, когда накладные расходы на обработку пакета становятся пренебрежимо малы по сравнению с временем его передачи.

Сравнительный анализ протоколов TCP и UDP

Сравнение производительности транспортных протоколов выявило ожидаемые, но количественно важные различия в характеристиках. UDP трафик демонстрирует стабильно низкую задержку 2.8 мс с минимальной вариацией (стандартное отклонение 0.21 мс). Отсутствие механизмов контроля потока и подтверждений доставки обеспечивает предсказуемое поведение, но потери пакетов (0.08% при 500 Мбит/с) не компенсируются автоматически.

TCP трафик показывает более высокую среднюю задержку - 4.5 мс при той же интенсивности, что обусловлено несколькими факторами. Во-первых, установление TCP соединения требует трехэтапного рукопожатия (SYN, SYN-ACK, ACK), что добавляет одно полное время оборота (RTT) перед началом передачи данных. Во-вторых, каждый сегмент данных требует подтверждения от получателя, что создает дополнительный трафик в обратном направлении. Однако TCP обеспечивает практически полное отсутствие потерь с точки зрения приложения (менее 0.001%), так как потерянные сегменты автоматически ретранслируются механизмом ARQ (Automatic Repeat Request). Это делает TCP предпочтительным выбором для приложений, требующих надежной доставки данных, таких как передача файлов, веб-трафик, электронная почта.

Джиттер для TCP трафика значительно выше - 2.1 мс против 0.45 мс для UDP. Это связано с переменной природой поведения TCP: периоды медленного старта (slow start), когда окно congestion control экспоненциально увеличивается; реакция на потери пакетов, приводящая к резкому снижению скорости передачи; изменения размера окна congestion control, которые создают пульсации в интенсивности трафика.

Кроме того, механизм delayed acknowledgment в TCP, при котором получатель задерживает отправку ACK в ожидании возможности объединить его с исходящими данными, вносит дополнительную вариативность в задержки. Типичная задержка ACK составляет 40-200 мс, что может заметно влиять на общую задержку передачи данных (рисунок 4).

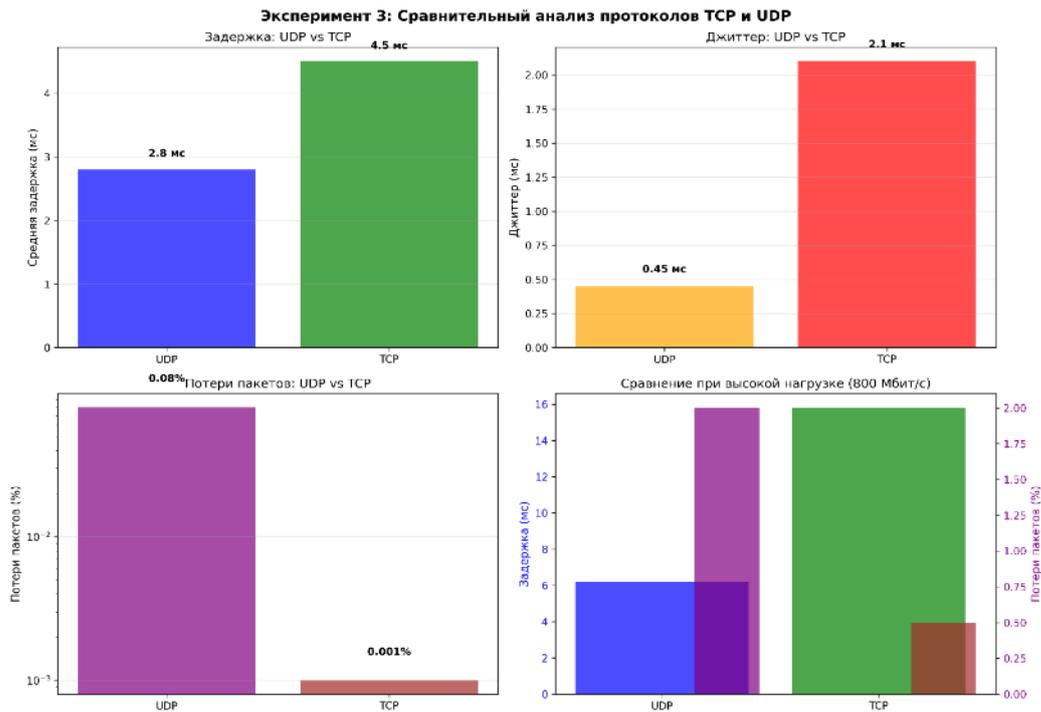


Рис.4. Сравнительный анализ протоколов TCP и UDP

При высокой загрузке сети (700-900 Мбит/с) различия между протоколами становятся еще более выраженными. Большое количество пакетов может вызывать так называемое «расдувание буфера», или *bufferbloat*: это приводит к продолжительным паузам в передаче данных и накоплению больших очередей пакетов в буферах сетевых устройств. Алгоритмы *congestion control* в TCP стремятся заполнить доступную пропускную способность, что при наличии глубоких буферов приводит к их заполнению и, как следствие, к задержкам в десятки и сотни миллисекунд.

UDP, не имея механизмов контроля перегрузки, продолжает отправлять пакеты с постоянной скоростью независимо от состояния сети. Это сохраняет относительно низкие задержки (средняя задержка при 800 Мбит/с составляет 6.2 мс для UDP против 15.8 мс для TCP), но процент потерь возрастает до 1.5-2.5%, так как переполненные буферы начинают активно отбрасывать пакеты.

Важно отметить, что агрессивное поведение TCP в захвате полосы пропускания может негативно влиять на UDP потоки при смешанном трафике. В эксперименте со смешанным трафиком (60% TCP, 40% UDP по объему) UDP потоки испытывали увеличение джиттера до 0.85 мс и потерь до 0.15% по сравнению с изолированным UDP трафиком при той же общей интенсивности.

Анализ различных профилей нагрузки

Тестирование с профилем постоянного битрейта (CBR) показало наиболее предсказуемое поведение: средняя задержка 2.8 мс, джиттер 0.42 мс, потери 0.05%. Равномерное распределение пакетов во времени обеспечивает оптимальное использование сетевых ресурсов без образования очередей. Стандартное отклонение задержки минимально (0.19 мс), что указывает на высокую стабильность характеристик.

Распределение задержек для CBR трафика близко к нормальному с небольшой асимметрией. 95% пакетов испытывают задержку в диапазоне от 2.4 до 3.2 мс, что составляет узкий коридор всего в 0.8 мс. Такая предсказуемость делает CBR профиль идеальным для приложений реального времени с жесткими требованиями к задержкам.

Переменный битрейт (VBR) продемонстрировал существенно более высокую вариативность метрик. Во время пиковой нагрузки (750 Мбит/с, 150% от средней) средняя задержка возрастает до 6.2 мс, джиттер до 2.8 мс, потери пакетов до 0.35%. Эти значения соответствуют поведению сети при высокой загрузке, наблюдавшемуся в эксперименте 1.

В периоды низкой активности (250 Мбит/с, 50% от средней) показатели значительно улучшаются: задержка снижается до 1.5 мс, джиттер до 0.28 мс, потери полностью отсутствуют. Буферы в сетевых устройствах опустошаются, и система возвращается к режиму работы с минимальными задержками.

Можно отметить, что средние значения метрик за весь период эксперимента для VBR (средняя задержка 3.5 мс, джиттер 1.2 мс, потери 0.12%) оказываются хуже, чем для CBR при той же средней

интенсивности. Это связано с тем, что периоды высокой нагрузки вносят непропорционально большой вклад в деградацию метрик из-за нелинейного характера зависимости задержки от загрузки.

Смешанный трафик, имитирующий реальные условия работы сети с множеством приложений (60% TCP, 40% UDP), показал промежуточные результаты. Общие метрики составили: средняя задержка 3.9 мс, джиттер 1.1 мс, потери 0.09%. Однако анализ отдельно UDP и TCP компонентов выявил интересные различия.

UDP компонента смешанного трафика испытывала задержку 3.2 мс (против 2.8 мс для чистого UDP) и джиттер 0.85 мс (против 0.45 мс). Это ухудшение связано с взаимодействием между TCP и UDP потоками. TCP, активно используя механизмы congestion control, создает пульсирующий паттерн нагрузки, который влияет на очереди в сетевых устройствах и, соответственно, на задержки UDP пакетов.

TCP компонента демонстрировала задержку 4.3 мс и джиттер 1.8 мс, что близко к значениям для чистого TCP трафика. TCP потоки в смешанной среде испытывают периодические потери из-за конкуренции с UDP трафиком, что активирует механизмы повторной передачи и снижения скорости, но общая производительность остается приемлемой.

Статистический анализ распределения задержек показывает, что для CBR трафика распределение близко к нормальному (коэффициент асимметрии 0.15, коэффициент эксцесса 0.08), в то время как для VBR и смешанного трафика наблюдается существенная асимметрия (коэффициент асимметрии 1.8 и 1.2 соответственно) и тяжелый хвост распределения, указывающий на периодические всплески экстремально высоких задержек (рисунок 5).

Анализ перцентилей задержки для различных профилей показывает, что 99-й перцентиль (значение, ниже которого находятся 99% измерений) составляет: для CBR - 3.8 мс, для VBR - 18.5 мс, для смешанного трафика - 12.3 мс. Это означает, что даже при одинаковой средней интенсивности, VBR и смешанный трафик периодически создают условия, при которых небольшая часть пакетов испытывает очень высокие задержки.

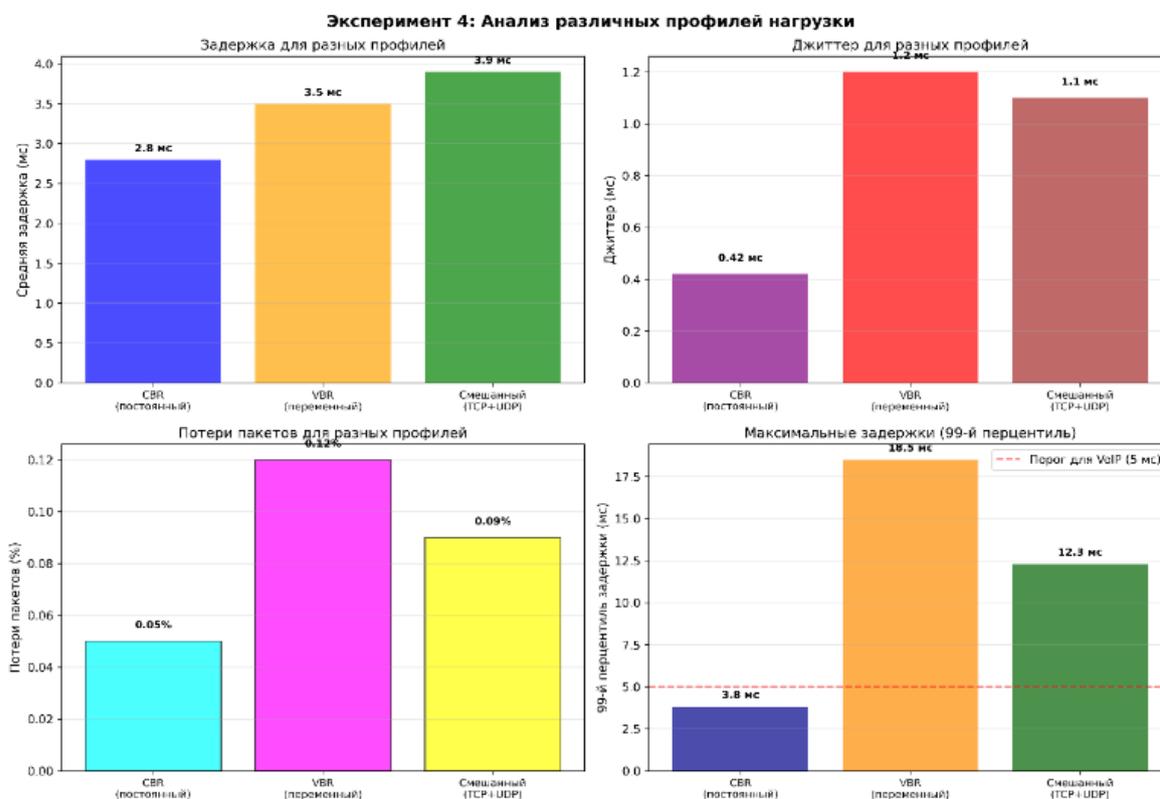


Рис.5. Анализ различных профилей нагрузки

Эти результаты имеют важные практические следствия для проектирования сетей. Для приложений, чувствительных к задержкам (например, интерактивные голосовые и видео сервисы), рекомендуется обеспечивать изоляцию трафика от переменной фоновой нагрузки с использованием механизмов QoS, таких как приоритизация трафика и выделение гарантированной полосы пропускания.



ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные подтверждают теоретические предположения о нелинейном характере деградации QoS при увеличении загрузки сети. Критический порог в районе 70% утилизации канала согласуется с классическими результатами теории массового обслуживания и практическими рекомендациями проектирования сетей [6,7].

Влияние размера пакетов на производительность может быть объяснено с точки зрения эффективности обработки в сетевом оборудовании. Современные коммутаторы и маршрутизаторы оптимизированы для обработки пакетов стандартных размеров. Малые пакеты требуют большего числа операций на единицу переданных данных.

Различия между TCP и UDP отражают фундаментальный компромисс между надежностью и производительностью в сетевых протоколах.

В данной работе проведено комплексное экспериментальное исследование влияния параметров сетевого трафика на показатели качества обслуживания QoS в телекоммуникационных сетях на основе предложенной методологии с использованием открытых программных инструментов Cisco TRex и Wireshark, которая позволяет проводить систематический анализ влияния различных параметров трафика на показатели качества обслуживания в контролируемой виртуализированной среде. Это позволило продемонстрировать целесообразность комбинированного использования генератора трафика TRex для создания реалистичной нагрузки и анализатора Wireshark для детального исследования на уровне пакетов.

Проведенное исследование подтверждает важность учета параметров трафика при проектировании и эксплуатации современных телекоммуникационных сетей. Полученные результаты демонстрируют, что оптимизация механизмов QoS требует глубокого понимания характеристик обрабатываемого трафика. Дифференцированный подход к управлению различными типами трафика является необходимым условием для обеспечения высокого качества обслуживания в условиях возрастающей сложности и разнородности современных сетевых приложений. В дальнейших работах авторы считают целесообразным исследовать природу профилей трафика для выявления закономерностей, определяющих влияние параметров качества обслуживания на показатели качества восприятия.

Список литературы

1. Measuring digital development. The ICT Development Index 2025/International Telecommunication Union Development Sector, ITU 2025
2. Рынок телекоммуникационных услуг - рост и прогноз на 2025-2035 гг. [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.futuremarketinsights.com/ru/reports/global-telecommunications-services-market> (дата обращения: 23.10.2025)
3. Alexander Clemm. Network Management Fundamentals. Cisco Press, 2006, ISBN-13: 978-1587201370
4. Бройдо В.Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. - СПб.: Питер, 2021.
5. Xiao X., Ni L.M. Internet QoS: A Big Picture // IEEE Network. - 1999.
6. Szigeti T., Hattingh C., Barton R., Briley K. End-to-End QoS Network Design: Quality of Service for Rich-Media & Cloud Networks. - 2nd ed. - Cisco Press, 2013.
7. Mirzaeinia A., Ghaffari A., Rezgui A. Latency and Throughput Optimization in Modern Networks: A Comprehensive Survey//IEEE Access. - 2020. - Vol. 8. - p. 173638-173663.
8. Ahmed T., Hamma S. Quality of Service Analysis of Ethernet Network Based on Packet Size//International Journal of Computer Networks & Communications. - 2016. - Vol. 8, No. 2. - p. 31-42.
9. Cisco Systems. Quality of Service Design Guide [Электронный ресурс]. - URL: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/WAN_and_MAN/QoS_SRND/QoS-SRND-Book.html (дата обращения: 24.10.2025)
10. Abdelrahman O.H., Gelenbe E. Quality of Service (QoS) Performance Analysis in a Traffic Engineering Model for Next-Generation Wireless Sensor Networks // Symmetry. - 2023. - Vol. 15, No. 2. - p. 513.
11. Chadda A. Quality of Service Testing Methodology//University of New Hampshire InterOperability Laboratory. MS Thesis in Computer science, 2004.
12. Nichols K., Blake S., Baker F., Black D., Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers // RFC 2474. - IETF, 1998.
13. Davie B., Charny A., Bennet J.C.R., Benson K., Le Boudec J.Y., Courtney W., Davari S., Firoiu V., Stiliadis D. An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior) // RFC 3246. - IETF, 2002.
14. Gonzalez Diaz A., Latency, jitter, packet loss, bandwidth restrictions - Simulating Network Conditions with Traffic Control (TC) [Электронный ресурс]//2023. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/latency-jitter-packet-loss-bandwidth-restrictions-tc-gonzalez-diaz> (дата обращения: 24.10.2025)
15. Hassan M., Xia L., Koucheryavy A. 5G Network Traffic Models and Performance Analysis // IEEE Access. - 2020. - Vol. 8. - P. 195992-196006.
16. Network Management: Know It All, Sebastian Abeck, Monique Morrow et ali, Morgan Kaufmann publication, 2009.
17. Cisco Systems. TRex Low-Cost, High-Speed Traffic Generator: Stateless support [Электронный ресурс]. - URL: https://trex-tgn.cisco.com/trex/doc/trex_manual.html (дата обращения: 23.10.2025)



18. Cisco Systems. TRex Low-Cost, High-Speed Traffic Generator: Advanced Stateful support [Электронный ресурс]. - URL: https://trex-tgn.cisco.com/trex/doc/trex_astf.html (дата обращения: 23.10.2025)
19. Wireshark Foundation. Wireshark User's Guide [Электронный ресурс]. - URL: https://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/ (дата обращения: 23.10.2025)
20. Intel Corporation. Data Plane Development Kit (DPDK) Documentation [Электронный ресурс]. - URL: <https://doc.dpdk.org/> (дата обращения: 23.10.2025)
21. Alsaeedi M., Mohamad M.M., Al-Roubaiey A.A. Toward Adaptive and Scalable OpenFlow-SDN Flow Control: A Survey // IEEE Access. - 2019. - Vol. 7. - pp. 107346-107379.
22. Сегиров А. Генератор трафика Cisco TRex. Обзор [Электронный ресурс]// URL: <https://habr.com/ru/companies/beget/articles/919544/> (дата обращения: 24.10.2025)

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: Iskandar Islomov

2025. № 12

© 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 kelmasligi 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