MUHANDISLIK & IQTISODIYOT

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

2026-YIL
SENTYABR / 9-SON, V-QISM



Milliy nashrlar

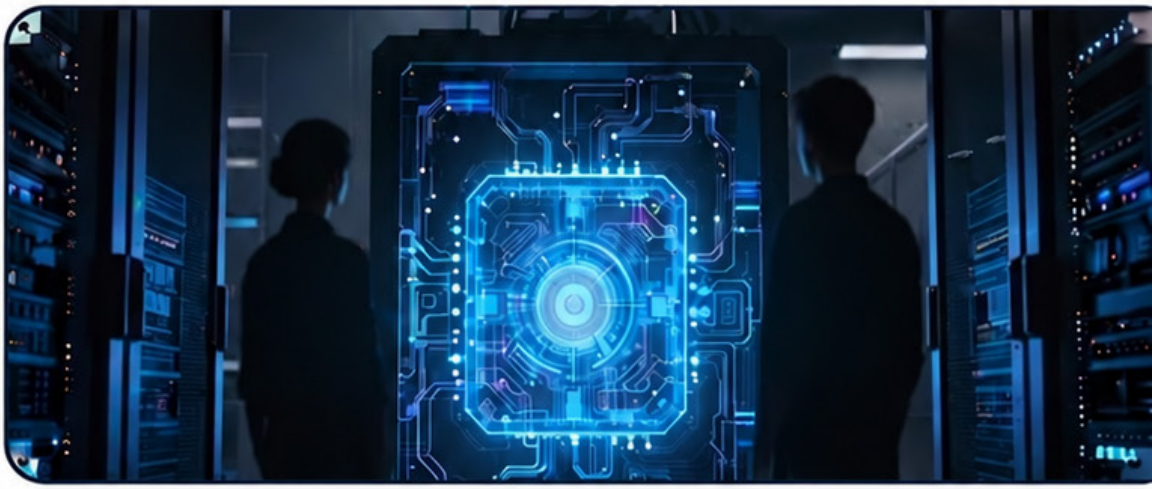
OAK: https://oak.uz/pages/4802

05.00.00 - Texnika fanlari
08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar

Google Scholar

INTERNATIONAL STANDARD SERIAL NUMBER INTERNATIONAL CENTRE.

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ФИЛИАЛ В Г. ТАШКЕНТЕ

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

TAS STOKHOLM UNIVERSITETI

muhandislik & iqtisodiyot

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

Elektron nashr, 2026-yil, sentyabr.

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

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К INDUSTRY 5.0 9
Нигмонходжаев А. А.
ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ИНДЕКС КАЧЕСТВА АКТИВОВ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ С УЧЁТОМ СТАДИЙ МСФО (IFRS) 9 И КЛАССИФИКАЦИОННОГО РАЗРЫВА 15
Ю Вей
O‘ZBEKISTONNING 2026-YIL I YARIM YILLIGIDA ORGANIK SERTIFIKAT TALAB QILUVCHI MAMLAKATLARGA MEVA-SABZAVOT EKSPORTI 21
Shavqidinova Dilnavoz
INTERNATIONAL EXPERIENCE IN FINANCING FIXED CAPITAL INVESTMENT 26
Hasanova Nargiza Okilovna
THE ROLE AND SIGNIFICANCE OF STATE PROGRAMS IN FINANCING FIXED CAPITAL INVESTMENT 34
Innaminova Naubakhar Sansizbayevna
SANOAT VA QURILISH TARMOQLARINING O‘ZARO INTEGRATSIYASI ASOSIDA HUDUDIY IQTISODIY O‘SISHNI TA’MINLASH MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH 41
Jo‘rayev Bobomurod Abdimuminovich
O‘ZBEKISTONDA JAMOAT AHAMIYATIGA EGA TASHKILOTLARDA 8-SON MHXSNI QO‘LLASHNING USLUBIY MASALALARI 49
U. A. Shirinov
MINTAQALARDA OILAVIY TADBIRKORLIKNI RIVOJLANTIRISH YO‘NALISHLARI 55
Ko‘paysinov Behruz Xurshid o‘g‘li
BANK XIZMATLARIDA RAQAMLI QAMROV VA MULKCHILIKNING EKONOMETRIK TAHLILI 60
Shamsiyeva Yulduz Olimovna
RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA KONSALTING KOMPANIYALARIDA “SMART” BOSHQARUV TIZMLARINI JORIY ETISH MEXANIZIMLARI 65
Ermamatova Shohsanam Ermamat qizi
O‘ZBEKISTONDA TURISTIK OQIMNING HUDUDIY IQTISODIY NATIJALARGA TA’SIRINI BAHOLASH VA MAHALLIY DAROMADLAR HAMDA IQTISODIY MANFAATLAR TAHLILI 71
Mehrojbonu Ochilova
ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ: МЕТОДИКА РАСЧЁТА И РИСК-КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЁМЩИКОВ 77
Шахабутдинова Муаттар Зиятходжаевна
DAVLAT ISHTIROKIDAGI TRANSPORT KORXONALARIDA KORPORATIV BOSHQARUV SHAFFOFLIGINING INVESTITSION JOZIBADORLIKKA TA’SIRINI BAHOLASH 84
Raxmatov Ziyodullo Nosirovich
INTELLEKTUAL TRANSPORT TIZIMLARINI JORIY ETISH ASOSIDA TRANSPORT XIZMATLARI BOZORINI RIVOJLANTIRISH 92
Kenjayeva Shaxnoza Muratovna
ISSIQLIK ALMASHINUVI QURILMALARINING GEOMETRIK SHAKLLARINI KOMPYUTERDA MODELLASHTIRISH ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH 96
Yo‘ldashev Solmonjon Iqboljon o‘g‘li
SUG‘URTA MUKOFOTI VA YILLIK TARIF KOEFFITSIYENTINI BASHORAT QILISHDA MASHINAVIY O‘QITISH ALGORITMLARINING QIYOSIY TAHLILI 102
Abdullayeva Umida Nurmuxammad qizi
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА МАЛЫХ ПАНЕЛЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ХОЛДИНГА: TOBIT-РЕГРЕССИЯ И БУТСТРЭП-ПРОВЕРКА ПО АЛГОРИТМУ СИМАРА — УИЛСОНА 111
Курбонова Маъмура Абдукари қизи

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЗАТОЧКИ СПИРАЛЬНЫХ СВЁРЛ: МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА



Желтухин Андрей Владимирович
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения»
ORCID: 0000-0003-0106-9387

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



Abstract. The paper reviews studies devoted to the application of ultrasonic vibrations in sharpening twist drills made of high-speed steels and cemented carbides. The aim of the study is to systematize Russian and international publications on axial tool sharpening methods, compare existing technological approaches, and substantiate the expected influence of ultrasonic action on cutting-edge quality.

The methodology included a bibliographic analysis of more than 50 sources from eLibrary.ru, CyberLeninka, Scopus, and Web of Science published between 1969 and 2025, their classification by sharpening method, object of ultrasonic action, and evaluated quality criteria, as well as a comparison of the mechanisms of cutting-edge surface-layer formation under conventional and ultrasonic grinding.

The analysis showed that conventional abrasive grinding may form edge-condition parameters associated with burrs, micro-chipping, and residual stresses. Ultrasonic action, due to intermittent contact between abrasive grains and the workpiece surface, can reduce cutting forces by 30–60%, decrease surface roughness, improve the working condition of the grinding wheel, and promote the formation of compressive residual stresses in the surface layer.

Future research directions include optimization of amplitude-frequency regimes with regard to drill geometry, development of intermittent-contact criteria for flank sharpening, and evaluation of the effect of ultrasonic sharpening on drill life when machining difficult-to-cut materials.

The practical significance lies in substantiating the technological principles for developing sharpening machines with ultrasonic modulation, which can increase axial tool life by 15–100% and improve the operational efficiency of machine-building production.

Keywords: twist drill, sharpening, ultrasonic-assisted grinding, cutting edge, tool life, residual stresses, surface integrity.

Annotatsiya. Tezkesar va qattiq qotishmali materiallardan tayyorlangan spiralsimon parmalarni charxlashda ultratovush tebranishlarini qo‘llashga bag‘ishlangan tadqiqotlar sharhi keltirilgan. Tadqiqotning maqsadi o‘qli asboblarni charxlash usullari bo‘yicha Rossiya va xorijiy nashrlarni tizimlashtirish, mavjud texnologik yondashuvlarni qiyosiy tahlil qilish hamda ultratovush ta’sirining kesuvchi qirra sifatiga kutilayotgan ta’sirini asoslashdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi 1969–2025-yillar oralig‘ida eLibrary.ru, CyberLeninka, Scopus va Web of Science ma’lumotlar bazalaridan olingan 50 dan ortiq manbaning bibliografik tahlilini, ularni charxlash usuli, ultratovush ta’siri obyekti va baholanadigan sifat mezonlari bo‘yicha tasniflashni, shuningdek, an’anaviy va ultratovushli silliqlashda kesuvchi qirra yuza qatlamining shakllanish mexanizmlarini taqqoslashni o‘z ichiga oldi.

Aniqlanishicha, an’anaviy abraziv silliqlashda kesuvchi qirraning sirt holatiga ta’sir etuvchi g‘adir-budurlik, mikroqirilishlar va qoldiq kuchlanishlar shakllanishi mumkin. Ultratovush ta’siri esa abraziv donning ishlov berilayotgan yuza bilan uzlukli

kontakti hisobiga kesish kuchlarini 30–60 % gacha kamaytirish, charxlangan yuzaning g‘adir-budurligini pasaytirish, silliqlash doirasining ishchi holatini yaxshilash va yuza qatlamida siquvchi qoldiq kuchlanishlarning shakllanishiga ko‘maklashish imkonini beradi.

Kelgusidagi tadqiqotlar yo‘nalishlari sifatida parma geometriyasini hisobga olgan holda amplituda-chastota rejimlarini optimallashtirish, orqa yuzalarni charxlashda kontaktning uzluklilik mezonlarini ishlab chiqish hamda murakkab ishlov beriladigan materiallarga ishlov berishda ultratovushli charxlashning parma chidamliligiga ta’sirini baholash belgilangan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ultratovushli modulyatsiyaga ega charxlash stanoklarini yaratishning texnologik tamoyillarini asoslashdan iborat bo‘lib, ular o‘qli asbobning chidamliligini 15–100 % gacha oshirish va mashinasozlik ishlab chiqarishining ekspluatatsion samaradorligini yaxshilash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: spiralsimon parma, charxlash, ultratovushli silliqlash, kesuvchi qirra, asbobning chidamliligi, qoldiq kuchlanishlar, sirt sifati.

Аннотация. Представлен обзор исследований, посвящённых применению ультразвуковых колебаний при заточке спиральных сверл из быстрорежущих сталей и твёрдых сплавов.

Цель работы — систематизация российских и зарубежных публикаций по методам заточки осевого инструмента, сравнительный анализ существующих технологических подходов и обоснование ожидаемого влияния ультразвукового воздействия на качество режущей кромки.

Методология исследования включала библиографический анализ более 50 источников из баз eLibrary.ru, CyberLeninka, Scopus и Web of Science за 1969–2025 гг., их классификацию по методу заточки, объекту ультразвукового воздействия и оцениваемым критериям качества, а также сопоставление механизмов формирования поверхностного слоя режущей кромки при традиционном и ультразвуковом шлифовании.

Установлено, что при традиционном абразивном шлифовании могут формироваться параметры состояния режущей кромки, связанные с заусенцами, микросколами и остаточными напряжениями. Ультразвуковое воздействие за счёт прерывистого контакта абразивного зерна с обрабатываемой поверхностью позволяет снижать силы резания на 30–60 %, уменьшать шероховатость заточенной поверхности, улучшать состояние рабочей поверхности круга и способствовать формированию сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое.

Сформулированы направления дальнейших исследований: оптимизация амплитудно-частотных режимов с учётом геометрии сверла, разработка критериев прерывистости контакта при заточке задних поверхностей и оценка влияния ультразвуковой заточки на стойкость сверл при обработке труднообрабатываемых материалов.

Практическая значимость заключается в обосновании технологических принципов создания заточных станков с ультразвуковой модуляцией, позволяющих повысить стойкость осевого инструмента на 15–100 % и улучшить эксплуатационную эффективность машиностроительного производства.

Ключевые слова: спиральное сверло, заточка, ультразвуковое шлифование, режущая кромка, стойкость инструмента, остаточные напряжения, качество поверхности.

ВВЕДЕНИЕ

Сверление остаётся одной из наиболее массовых операций металлообработки: спиральные свёрла составляют, по различным оценкам, более половины расхода осевого инструмента машиностроительного предприятия, а затраты на режущий инструмент достигают 15–30 % технологической себестоимости механической обработки [1, с. 277]. Эксплуатационная стойкость свёрл во многом определяется качеством заточки — точностью воспроизведения задних углов и угла при вершине, формой и равнодлинностью режущих кромок, состоянием поверхностного слоя и стабильностью геометрических параметров [2, с. 145]. Качество формирования кромки непосредственно влияет на осевую силу, вибрационные характеристики, устойчивость положения сверла и точность отверстий, что особенно важно при обработке жаропрочных, титановых сплавов и коррозионностойких сталей [3, с. 42].

Традиционная технология заточки основана на абразивном шлифовании задних поверхностей кругами из электрокорунда и карбида кремния [4, с. 96]. Метод отличается технологической простотой и широким распространением, при этом дальнейшее повышение качества режущей кромки связано с рациональным управлением силовым и тепловым воздействием в зоне контакта. Дополнительные технологические возможности обеспечивают алмазное шлифование, электроэрозионная, электрохимическая и лазерная заточка. Каждый из этих методов имеет свои особенности применения, связанные с состоянием рабочей поверхности круга, формированием поверхностного слоя и точностью локализации зоны обработки [5, с. 212]. Это определяет перспективность дальнейшего развития физических методов управления процессом заточки.

Одним из перспективных направлений является наложение ультразвуковых колебаний с частотой

18–22 кГц и амплитудой от единиц до десятков микрометров на движение абразивного инструмента или затачиваемой заготовки. В отечественной научной школе эффекты ультразвуковой обработки режущего инструмента изучаются с 1950–1960-х гг. Установлено, что циклическая ультразвуковая обработка готового инструмента способна повышать его стойкость в 1,25–3,2 раза за счёт перераспределения остаточных напряжений и дополнительных фазовых превращений в поверхностном слое [6]. В зарубежной литературе ультразвуковая модуляция активно исследуется в шлифовании (UVAG — ultrasonic vibration-assisted grinding), сверлении и электрохимических гибридных процессах. Применение ультразвукового воздействия непосредственно при заточке спиральных свёрл представляет перспективное направление для дальнейшего системного развития исследований.

Цель работы — обобщение и систематизация современного состояния исследований в области ультразвуковой заточки спиральных свёрл, сравнительный анализ российских и зарубежных подходов и обоснование ожидаемого влияния ультразвукового воздействия на качество режущей кромки. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать современное состояние традиционных и специальных методов заточки осевого инструмента; сравнить российские и зарубежные исследования ультразвуковых технологий обработки и заточки инструмента; определить физические механизмы влияния ультразвуковых колебаний на формирование режущей кромки; 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 1969–2025 гг. Всего проанализировано более 50 источников, из которых 24 наиболее значимых включены в список литературы. При отборе учитывались наличие количественных данных по силам обработки, шероховатости, остаточным напряжениям и стойкости инструмента, воспроизводимость экспериментальных установок и актуальность исследований. Классические монографии и диссертации использовались как источники фундаментальных положений.

Материалы систематизированы по способу введения ультразвука, направлению колебаний и оцениваемым критериям эффективности. Сопоставление подходов выполнено с использованием сравнительной матрицы «метод заточки — достоинства — особенности применения — влияние на кромку» (таблица 1).

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании применялись методы сравнительного анализа, классификации и кинематического расчёта. Кинематический анализ прерывистого контакта при заточке основан на известном критерии ультразвуковой обработки [7, с. 213]:

$v_з \le 2\pi f A$,

где f — частота колебаний, Гц; A — амплитуда, м.

При значениях f = 22 кГц и A = 8 мкм предельная скорость затылования составляет около 1,1 м/мин, что сопоставимо с режимами чистовой заточки и подтверждает практическую реализуемость прерывистого съёма материала.

Качество режущей кромки оценивалось по радиусу её округления, высоте заусенца, шероховатости поверхности *Ra*, микротвёрдости поверхностного слоя, остаточным напряжениям и стойкости сверла при стендовом сверлении [2, с. 150]. Для оценки применялись оптическая и растровая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ и соответствующие инструментальные методы. При систематизации материалов и научно-стилистической обработке текста средства искусственного интеллекта использовались в объёме до 10 %.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Современное состояние методов заточки спиральных свёрл

Анализ литературы показал, что современная технология заточки спиральных свёрл опирается на пять базовых подходов (таблица 1). Конвенциональное шлифование [3; 4] обеспечивает высокую производительность и универсальность, при этом качество режущей кромки во многом определяется рациональным управлением удельными силами и тепловым воздействием. На режущей кромке могут формироваться заусенцы высотой до единиц микрометров, микросколы, особенно у твердосплавных свёрл, чувствительных к растягивающим напряжениям, а также различные по длине кромки остаточные

напряжения.

Алмазное шлифование [5] благодаря высокой твёрдости и теплопроводности абразивных зёрен обеспечивает низкую шероховатость и высокую стабильность профиля круга. Эффективность данного метода определяется рациональным выбором режимов обработки, состоянием рабочей поверхности круга и условиями его применения при заточке вольфрамсодержащих твёрдых сплавов.

Электроэрозионная заточка характеризуется отсутствием непосредственного механического силового воздействия и применима к электропроводным материалам. При её использовании особое внимание уделяется состоянию поверхностного слоя и последующей финишной обработке режущей кромки [13, с. 88].

Электрохимические и электрохимико-механические методы [14; 15] позволяют формировать поверхность без выраженного механического воздействия и обеспечивают благоприятные условия для получения кромки с минимальным количеством заусенцев. Их технологическая эффективность зависит от точности локализации зоны обработки, состава электролита и свойств обрабатываемого инструментального материала.

Лазерная заточка обеспечивает высокую гибкость и локальность воздействия. Для получения стабильного качества режущей кромки важное значение имеют рациональный выбор энергетических параметров лазерного воздействия и последующая финишная обработка поверхности [12, с. 24].

Таблица 1 — Сравнительная характеристика методов заточки спиральных свёрл

Метод заточки	Качество режущей кромки	Производительность	Особенности применения
Конвенциональное шлифование (электрокорунд, карбид кремния) [3, 4]	Возможное образование заусенцев и микросколов; Ra 0,63–1,25 мкм	Высокая	Требует рационального управления силовым и тепловым воздействием и контроля геометрии кромки
Алмазное шлифование [5]	Высокая точность углов, малые силы, Ra 0,16–0,63 мкм	Средняя	Требует контроля состояния рабочей поверхности круга и учёта стоимости инструмента
Электроэрозионная [13]	Отсутствие механических усилий; требуется контроль состояния поверхностного слоя	Средняя	Предусматривает последующую финишную обработку кромки и контроль состояния электрода
Электрохимическая (анодная) [14, 15]	Благоприятные условия формирования поверхности без заусенцев	Средняя	Требует точной локализации зоны обработки и соблюдения условий работы с электролитом
Лазерная [12]	Гибкость и локальность воздействия; качество зависит от выбранных энергетических режимов	Высокая	Требует точной настройки параметров и контроля шероховатости кромки
УЗ-модуляция шлифования (перспективная) [6, 16, 18, 24]	Прогноз: снижение сил на 30–60 %, улучшение состояния кромки, формирование сжимающих остаточных напряжений	Высокая	Требует согласованной резонансной настройки акустического узла

Источник: составлено автором на основе [3–5; 12–15].

Российские и зарубежные исследования ультразвуковых технологий обработки и заточки инструмента

Отечественное направление исторически сформировалось вокруг ультразвуковой обработки готового инструмента и термоультразвуковых методов. Сущих В.А. [6] системно обосновал механизм повышения стойкости: ультразвуковая обработка способствует перераспределению остаточных напряжений, дополнительному мартенситному превращению в микрообъёмах остаточного аустенита поверхностного слоя и активизации структурных превращений при последующем нагреве кромки в

процессе резания. Производственные испытания показали повышение стойкости свёрл, метчиков и фрез в 1,25–3,2 раза при оптимальных режимах циклической обработки с регламентированным нагревом 40–150 °C.

В работах Образцова А.Е. и Утенкова В.М. [7; 8] экспериментально подтверждено, что ультразвуковые колебания режущей кромки инструмента в процессе резания способствуют снижению сил, увеличению периода стойкости и улучшению качества обработанной поверхности хрупких материалов. Ярославцев В.М. [9] обобщил методы опережающего деформационного упрочнения материала срезаемого слоя, включая ультразвуковую обработку, и показал их влияние на стойкость инструмента и качество поверхности. Применение ультразвука в комбинированных процессах, включая плазменно-механическую обработку, рассмотрено Аббасовым В.А. и Башировым Р.Д. [10], а технологические возможности вибрационной обработки отверстий — в работе Наплавковой К.С. и Александровой Е.П. Вопросам применения смазочно-охлаждающих сред при ультразвуковой обработке посвящено учебно-методическое издание под редакцией Киселева Е.С. и Ковальногова В.Н. [13].

Зарубежные исследования сосредоточены преимущественно на ультразвуковой вибрационной обработке (UVAG). Kitzig-Frank H. и соавт. [16] на основе однозерновых рисок показали, что ультразвуковая модуляция изменяет механизм съёма материала в направлении увеличения доли пластического формирования стружки. Babitsky V.I. и соавт. [17] экспериментально подтвердили снижение сил и температуры при ультразвуковом точении авиационных материалов. Bhaduri D. и соавт. [18] при глубинном шлифовании интерметаллида γ-TiAl получили снижение нормальной составляющей силы шлифования на 60–70 %, а тангенциальной — на 30–50 %, одновременно обеспечив благоприятное термическое состояние обработанной поверхности.

Jiang J. и соавт. [19] раскрыли механизм формирования поверхностной текстуры при ультразвуковом шлифовании, а Naskar A. и соавт. [20] установили закономерности изнашивания высокоскоростного суперабразивного круга при обработке титанового сплава. Существенный вклад внесён исследованиями гибридных процессов: Zhu X. и Kong H. с соавт. [14; 15] разработали ультразвуковое электрохимическое сверлильно-шлифовальное формообразование малых отверстий, при котором амплитуда 5 мкм обеспечила снижение шероховатости стенки отверстия с Ra 0,99 до 0,14 мкм и повышение допустимой скорости подачи.

В области осевого инструмента Mao X. и соавт. [21] показали снижение осевой силы при ультразвуковом сверлении CFRP спиральными и кинжальными свёрлами до 20,6 %, а Geng D. и соавт. [22] — повышение устойчивости инструмента при роторном ультразвуковом эллиптическом сверлении композитов. Обобщающие обзоры Zhou T. и соавт. [23], а также современный аналитический обзор UVAG [24] подтверждают улучшение состояния поверхностного и подповерхностного слоя как один из ключевых эффектов ультразвуковой модуляции.

Сравнение подходов позволяет сделать вывод о различиях исследовательских траекторий: отечественные работы в большей степени ориентированы на состояние и эксплуатационные характеристики самого инструмента, включая стойкость и остаточные напряжения, и опираются на металлофизические механизмы, тогда как зарубежные исследования преимущественно сосредоточены на кинематике и динамике процесса съёма материала, включая силы, формирование текстуры и состояние шлифовального круга. Объединение указанных подходов применительно к заточке задних поверхностей спиральных свёрл представляет перспективное направление для дальнейшего системного развития исследований и подтверждает научную новизну заявленной тематики.

Ожидаемое влияние ультразвукового воздействия на качество режущей кромки

На основании обобщённых данных выявлены пять физических механизмов, определяющих ожидаемый эффект ультразвуковой заточки.

Первый — интермиттирующий контакт абразивного зерна с затылуемой поверхностью при выполнении условия $v_з \leq 2\pi fA$. Снижение средней нормальной силы на 30–60 % [16; 18; 24] способствует уменьшению мгновенной деформации режущей кромки, снижению высоты заусенца и стабилизации радиуса её округления.

Второй — снижение термомеханической напряжённости. Прерывание контакта увеличивает время теплоотвода, способствует уменьшению толщины термически изменённого слоя и формированию более благоприятного остаточного напряжённого состояния поверхности [6; 17].

Третий — акустомеханическая самоочистка круга. Колебания способствуют удалению продуктов обработки из пор шлифовального круга, стабилизации его рабочего профиля и улучшению условий подачи СОЖ [13; 19].

Четвёртый — вибрационное упрочнение поверхностного слоя. Микропластическая деформация и перераспределение напряжений могут способствовать повышению микротвёрдости режущей кромки на 20–30 % [6; 9].

Пятый — совокупное влияние перечисленных факторов на эксплуатационную стойкость. Улучшение состояния и геометрической стабильности режущей кромки способствует снижению начальной осевой силы сверления и более стабильному протеканию процесса изнашивания, что по аналогии с данными [6; 21] позволяет прогнозировать повышение стойкости в 1,5–2 раза (таблица 2).

Таблица 2 — Ожидаемое влияние ультразвуковой заточки на характеристики режущей кромки

Параметр режущей кромки	Механизм влияния	Ожидаемый эффект
Радиус округления кромки [16, 18, 24]	Интермиттирующий контакт зерна, снижение мгновенной силы	Снижение радиуса на 20–40 %
Состояние кромки: заусенцы и микросколы [16, 19]	Снижение мгновенной силы и температуры в зоне съёма	Уменьшение высоты заусенца и повышение целостности кромки
Остаточные напряжения [6, 9, 17]	Вибрационная релаксация, снижение теплового потока	Формирование более благоприятных сжимающих напряжений до 50–150 МПа
Микротвёрдость поверхностного слоя [6, 9]	Микропластическое упрочнение кромки	Рост микротвёрдости на 20–30 % на глубину 20–50 мкм
Шероховатость заточенной поверхности [14, 18, 19]	Самоочистка круга, повторное срезание микровыступов	Снижение Ra на 20–45 %
Стойкость сверла [2, 6, 21]	Совокупность факторов качества кромки	Повышение стойкости в 1,5–2 раза (прогноз)

Источник: составлено автором на основе [6; 9; 13; 16–19; 21; 24].

Условия эффективного внедрения ультразвуковой заточки

Практическая реализация ультразвуковой заточки предполагает учёт ряда технологических условий. Во-первых, акустический узел «концентратор–патрон–сверло (круг)» требует резонансной настройки на рабочую частоту. При широком диапазоне диаметров свёрл 3–32 мм особое значение приобретает адаптивное поддержание амплитуды в заданном диапазоне.

Во-вторых, при передаче колебаний через корпус сверла рациональный выбор амплитуды и применение вибродиагностики позволяют обеспечить устойчивую работу инструмента и сохранить требуемое состояние его рабочей части.

В-третьих, модернизация серийных заточных станков 3Г653, 3М642 и аналогичного оборудования акустическими системами предполагает соответствующее техническое оснащение и разработку средств автоматической подстройки частоты. Это создаёт возможности для повышения стабильности режимов ультразвуковой заточки.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка количественных критериев выбора оптимальных амплитудно-частотных режимов для заточки задних поверхностей спиральных свёрл. Формирование таких критериев позволит научно обосновать рациональные параметры ультразвукового воздействия и расширить возможности практического применения технологии.

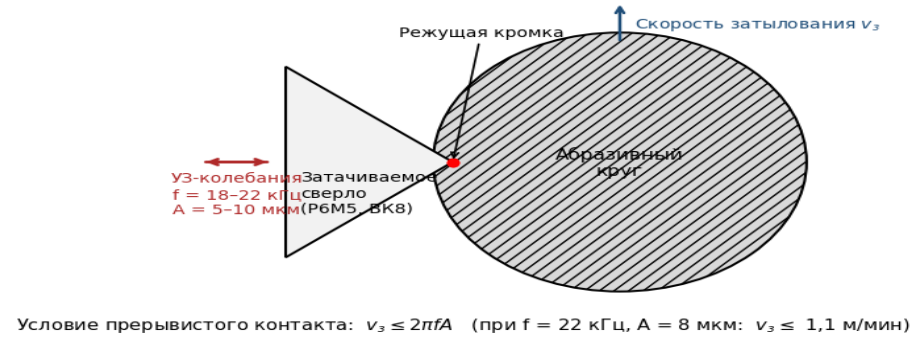


Рисунок 1 — Кинематическая схема заточки задней поверхности сверла с ультразвуковой модуляцией
Источник: разработано автором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Проведённый анализ российских и зарубежных публикаций позволил систематизировать современное состояние исследований в области заточки спиральных свёрл и оценить потенциал ультразвукового воздействия. Установлено, что традиционные методы заточки — конвенциональное и алмазное шлифование, электроэрозионная, электрохимическая и лазерная заточка — обладают различными технологическими преимуществами и обеспечивают широкий диапазон возможностей для формирования режущей кромки. Перспективным направлением их дальнейшего совершенствования является одновременное повышение производительности, качества кромки и формирование благоприятного напряжённого состояния поверхностного слоя.

Обобщение данных по ультразвуковой вибрационной обработке и ультразвуковому шлифованию показало, что интермиттирующий контакт зерна при выполнении условия $v_з \leq 2\pi fA$ способствует снижению сил обработки на 30–60 %, уменьшению шероховатости заточенной поверхности на 20–45 %, поддержанию работоспособного состояния шлифовального круга, а также формированию сжимающих остаточных напряжений и упрочнённого поверхностного слоя на режущей кромке.

Ожидаемое совокупное влияние указанных эффектов позволяет прогнозировать повышение стойкости спиральных свёрл после ультразвуковой заточки в 1,5–2 раза при обработке труднообрабатываемых материалов. Применение ультразвуковых технологий непосредственно при заточке осевого инструмента представляет перспективное направление для дальнейшего расширения экспериментальной базы и развития научно-технологических решений.

Предлагаются следующие направления дальнейших исследований:

разработка и численная оптимизация акустических узлов для заточки задних поверхностей спиральных свёрл диаметром 3–20 мм с автоматической подстройкой частоты;

экспериментальное установление зависимостей радиуса округления кромки, высоты заусенца и остаточных напряжений от частоты, амплитуды, скорости затылования и характеристик шлифовального круга;

проведение стойкостных испытаний свёрл после ультразвуковой заточки при сверлении коррозионностойких, титановых и жаропрочных сплавов в сопоставлении с алмазной и электроэрозионной заточкой;

исследование комбинированных схем, включая ультразвуковое алмазное шлифование и акустическую доводку кромки в ультразвуковой ванне;

построение конечно-элементных моделей акустического контакта зерна с затылуемой поверхностью и цифрового двойника процесса заточки.

Практическая значимость результатов заключается в обосновании принципов построения заточных станков с ультразвуковой модуляцией и возможностей модернизации существующего парка заточного оборудования. Реализация данного подхода может способствовать повышению ресурса осевого инструмента, более эффективному использованию производственных ресурсов и снижению эксплуатационных затрат машиностроительных производств.

Список использованной литературы

1. Дементьев В.И. (ред.). Модернизация и организация жизненного цикла машин: учебное пособие. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. — 288 с.
2. Резник Л.И., Саркисов А.А., Большаков В.П., Плащинский В.А. Физико-технические основы эксплуатации режущего инструмента. — М.: Машиностроение, 1989. — 318 с.
3. Соломенцев С.Н. Технологические основы автоматизации процессов заточки инструмента. — М.: Машиностроение, 1981. — 212 с.
4. Аверьянов Ю.С., Кривцун Л.П. Высокопроизводительные методы заточки режущего инструмента. — М.: Машиностроение, 1969. — 216 с.
5. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Применение алмазов в производстве: справочник. — Ростов н/Д: Феникс, 2016. — 495 с.
6. Сущих В.А. Влияние ультразвуковой обработки на свойства быстрорежущей стали и стойкость металлорежущих инструментов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: МИСиС, 1983. — 22 с.
7. Образцов А.Е., Утенков В.М., Кузнецов П.М. Влияние ультразвуковых колебаний режущей кромки инструмента на качество обрабатываемой поверхности хрупких материалов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: сб. трудов междунар. науч.-практ. конф. — 2025. — URL: https://myconfs.ru/files/fpptt/publications/1782727852_6a4244ac7eec3.pdf (дата обращения: 12.10.2026).
8. Образцов А.Е., Утенков В.М. Повышение производительности механообработки при вибрационном резании // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. — 2025. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-proizvoditelnosti-mehanoobrabotki-pri-vibratsionnom-rezanii (дата обращения: 12.10.2026).
9. Ярославцев В.М. Эффективность методов опережающего деформационного упрочнения материала срезаемого слоя при обработке резанием // Вестник Московского государственного технологического университета «СТАНКИН». — 2015. — № 1. — С. 65–75. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-metodov-operezhayuschego-deformatsionnogo-uprochneniya-materiala-srezaemogo-sloya-pri-obrabotke-rezaniem (дата обращения: 12.10.2026).
10. Аббасов В.А., Баширов Р.Д. Особенности применения ультразвука при плазменно-механической обработке деталей из труднообрабатываемых материалов // Обработка металлов: технология, оборудование. — 2022. — Т. 24, № 1. — С. 32–39. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-primeneniya-ultrazvuka-pri-plazmenno-mehanicheskoy-obrabotke-detaley-iz-trudnoobrabatyvaemyh-materialov (дата обращения: 12.10.2026).
11. Приписнов Я.А., Гришина О.И. Современные методы механической обработки композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. — 2018. — № 4. — С. 20–29. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-mehanicheskoy-obrabotki-kompozitsionnyh-materialov-obzor (дата обращения: 12.10.2026).
12. Раскутин А.Е., Хрульков А.В., Гирш Р.И. Технологические особенности механообработки композиционных материалов при изготовлении деталей конструкций (обзор) // Труды ВИАМ. — 2016. — № 11. — С. 21–30. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-osobennosti-mehanoobrabotki-kompozitsionnyh-materialov-pri-izgotovlenii-detaley-konstruktsiy-obzor (дата обращения: 12.10.2026).
13. Научные основы и технология применения смазочно-охлаждающих технологических средств при механической обработке / под ред. Е.С. Киселева, В.Н. Ковальногова. — Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 138 с.
14. Zhu X., Liu Y., Zhang J., Wang K., Kong H. Ultrasonic-assisted electrochemical drill-grinding of small holes with high-quality // Journal of Advanced Research. — 2020. — Vol. 23. — P. 151–161. — DOI: 10.1016/j.jare.2020.02.010.
15. Kong H., Liu Y., Zhu X., Peng T. Study on ultrasonic assisted electrochemical drill-grinding of superalloy // Chemosensors. — 2020. — Vol. 8, No. 3. — Art. 62. — DOI: 10.3390/chemosensors8030062.
16. Kitzig-Frank H., Tawakoli T., Azarhoushang B. Material removal mechanism in ultrasonic-assisted grinding of Al□O□ by single-grain scratch test // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2017. — Vol. 91. — P. 2949–2962. — DOI: 10.1007/s00170-016-9967-4.
17. Babitsky V.I., Kalashnikov A.N., Meadows A., Wijesundara A.A.H.P. Ultrasonically assisted turning of aviation materials // Journal of Materials Processing Technology. — 2003. — Vol. 132, No. 1–3. — P. 157–167. — DOI: 10.1016/S0924-0136(02)00844-0
18. Bhaduri D., Soo S.L., Aspinwall D.K., Novovic D., Bohr S., Harden P., Webster J.A. Ultrasonic assisted creep feed grinding of gamma titanium aluminide using conventional and superabrasive wheels // CIRP Annals — Manufacturing Technology. — 2017. — Vol. 66, No. 1. — P. 341–344. — DOI: 10.1016/j.cirp.2017.04.085.
19. Jiang J., Sun S., Wang D., Yang Y., Liu X. Surface texture formation mechanism based on the ultrasonic vibration-assisted grinding process // International Journal of Machine Tools and Manufacture. — 2020. — Vol. 156. — Art. 103595. — DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2020.103595.
20. Naskar A., Choudhary A., Paul S. Wear mechanism in high-speed superabrasive grinding of titanium alloy and its effect on surface integrity // Wear. — 2020. — Vol. 462–463. — Art. 203475. — DOI: 10.1016/j.wear.2020.203475.
21. Mao X., Jia X., Zhang G. A study on the ultrasonic vibration on the cutting performance during ultrasonic-assisted drilling of CFRP with twist and dagger drill bits // Advances in Mechanical Engineering. — 2024. — Vol. 16, No. 3. — DOI: 10.1177/16878132241227110.
22. Geng D., Zhang D., Xu Y., He F., Liu F. Comparison of drill wear mechanism between rotary ultrasonic elliptical machining and conventional drilling of CFRP // Journal of Reinforced Plastics and Composites. — 2014. — Vol. 33, No. 9. — P. 797–809. — DOI: 10.1177/0731684413518619.

23. Xu W.-X., Zhang L.-C. Ultrasonic vibration-assisted machining: principle, design and application // Advances in Manufacturing. — 2015. — Vol. 3, No. 3. — P. 173–192. — DOI: 10.1007/s40436-015-0115-4.
24. Liu C., Zhang Y., Zhu L., Li Q., Shu X., Qin S., Wang D., Shi W. A Review of Ultrasonic Vibration-Assisted Grinding for Advanced Materials // Intelligent and Sustainable Manufacturing. — 2025. — Vol. 2, No. 1. — Art. 10001. — DOI: 10.70322/ism.2025.10001.

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. № 9

© 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