

ТЕХНОЛОГИИ МОШИНСОЗЌ – ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЕ – TECHNOLOGY OF MECHANICAL ENGINEERING

УДК: 621.9:531.7

DOI: 10.65599/TS5740

РУШДИ НИЗОМИ НАЗОРАТИ МЕТРОЛОГИИ ПАРАМЕТРҲОИ ГЕОМЕТРИИ ҶУЗЪҲОИ МОШИНСОЗЌ ДАР КОРХОНАҲОИ ТОҶИКИСТОН

Х.М. Хочаназаров, Б.С. Саидзода, С.Т. Амонзода

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақола роҳҳои навосии назорати метрологӣ оид ба хусусиятҳои геометрии ҷузъҳои таъиноти мошинсозӣ дар корхонаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон мавриди таҳқиқ қарор дода шудаанд. Таҳлили ҳамаҷонибаи усулҳо ва воситаҳои ченкунӣ, ки дар амалии истеҳсоли истифода мешаванд, анҷом дода шуда, омилҳои муайян гардидаанд, ки ба тақроршавандагӣ, эътимодноӣ ва устувории дарозмуддати натиҷаҳои назорат таъсири маҳдудкунанда мерасонанд. Диққати махсус ба сабабҳои пайдоиши хатогиҳои системавӣ ва тасодуфӣ дар шароити воқеии истеҳсолот равона шудааст. Самтҳои афзалиятноки рушди таъминоти метрологӣ, ки ба баланд бардоштани дақиқӣ ва бозътимодии расмиёти ченкунӣ нигаронида шудаанд, пешниҳод гардидаанд. Аз ҷумла, ҳамгироии модулҳои автоматикунонидашудаи ченкунӣ, истифодаи системаҳои координатӣ-ченкунӣ, инчунин ҷорӣ намудани алгоритмҳои рақамии ҷамъоварӣ, коркард ва нигоҳдории иттилооти ченкунӣ бо унсурҳои таҳлили зехнии додаҳо пешниҳод мегардад. Намунаҳои амалии татбиқи низоми таҷдидшудаи назорат дар як қатор корхонаҳои мошинсозии Тоҷикистон оварда шудаанд. Натиҷаҳои тадқиқоти таҷрибавӣ, ки ба арзёбии микдории нишондиҳандаҳои дақиқии ченкунӣ равона гардидаанд, пешниҳод шуда, самаранокии қарорҳои техникую ташкилотии пешниҳодшударо тасдиқ менамоянд.

Калидвожаҳо: назорати метрологӣ, мошинсозӣ, параметрҳои геометрӣ, дақиқии ченкуниҳо, калибровка, рақамисозӣ.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТАДЖИКИСТАНА

Х.М. Ходжаназаров, Б.С. Саидзода, С.Т. Амонзода

В статье исследуются пути модернизации метрологического надзора за геометрическими характеристиками деталей машиностроительного назначения на предприятиях Республики Таджикистан. Выполнен всесторонний разбор применяемых в производственной практике методик и измерительных средств, выявлены факторы, ограничивающие воспроизводимость, достоверность и долговременную стабильность результатов контроля. Особое внимание уделено причинам возникновения систематических и случайных погрешностей в условиях реального производства. Сформулированы приоритетные направления развития метрологического обеспечения, ориентированные на повышение точности и надежности измерительных процедур. В их числе — интеграция автоматизированных измерительных модулей, использование координатно-измерительных систем, а также внедрение цифровых алгоритмов сбора, обработки и хранения измерительной информации с элементами интеллектуального анализа данных. Приведены практические примеры реализации обновлённой системы контроля на ряде машиностроительных предприятий Таджикистана. Представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на количественную оценку точностных характеристик измерений, подтверждающие эффективность предложенных технических и организационных решений.

Ключевые слова: метрологический контроль, машиностроение, геометрические параметры, точность измерений, калибровка, цифровизация.

DEVELOPMENT OF THE METROLOGICAL CONTROL SYSTEM FOR GEOMETRICAL PARAMETERS OF MACHINE-BUILDING PARTS AT ENTERPRISES IN TAJIKISTAN

Kh.M. Khojanazarov, B.S. Saidzoda, S.T. Amonzoda

This article explores ways to modernize metrological supervision of the geometric characteristics of mechanical engineering components at enterprises in the Republic of Tajikistan. A comprehensive analysis of the methods and measuring instruments used in production practice is provided, identifying factors limiting the reproducibility, reliability, and long-term stability of inspection results. Particular attention is paid to the causes of systematic and random errors in real-world production conditions. Priority areas for the development of metrological support aimed at improving the accuracy and reliability of measurement procedures are formulated. These include the integration of automated measuring modules, the use of coordinate measuring systems, and the implementation of digital algorithms for collecting, processing, and storing measurement information with elements of data mining. Practical examples of the implementation of the updated inspection system at a number of mechanical engineering enterprises in Tajikistan are provided. The results of experimental studies aimed at quantitatively assessing the accuracy characteristics of measurements are presented, confirming the effectiveness of the proposed technical and organizational solutions.

Keywords: metrological control, machine-building, geometrical parameters, measurement accuracy, calibration, digitalization.

Муқаддима

Саноати муосири мошинсозӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон дар марҳилаи навосӣ қарор дорад, аммо сатҳи таъминоти метрологӣ ҳанӯз ҳам нокифоя боқӣ мемонад. Аксари корхонаҳо таҷҳизоти ченкунии кӯҳнашударо истифода мебаранд ва кормандони хадамоти метрологӣ аз усулҳои муосири

назорат ба таври маҳдуд истифода мебаранд. Ин ҳолат ба паст шудани дақиқии ченкунии параметрҳои геометрии чузъҳо, афзоиши миқдори брак ва ба таъхир афтодани равандҳои истеҳсолӣ оварда мерасонад [1, 2].

Аҳамияти тадқиқот бо афзоиши талабот ба сифат ва бозьтимодии маҳсулоти мошинсозӣ вобаста аст, махсусан дар шароити густариши содирот ва фаъолияти корхонаҳо дар чунин соҳаҳо, аз қабili энергетика, саноати кӯҳкорӣ ва бахши нақлиёт. Тамоюлҳои муосири рушди саноат мутобикати қатъиро ба стандартҳои байналмилалӣ ISO ва IEC, инчунин ба талаботи давлатии назорати метрологӣ тақозо менамоянд. Ҳамзамон, дар корхонаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон сатҳи рақамисозии равандҳои ченкунӣ нокифоя буда, низоми ҳамгирошудаи назорати метрологӣ вуҷуд надорад, ки ин таъминии ягонагии ченкунӣҳо дар тамоми марҳилаҳои давраи истеҳсолӣ мушкил мегардонад.

Мушкилот дар он ифода меёбад, ки низоми амалкунандаи назорати метрологӣ пурра эътимоднокӣ ва такроршавандагии натиҷаҳои ченкунӣҳо таъмин намекунад, инчунин пайгирӣ ва ҳуҷҷатгузори пурраи тартиботи санҷиш (поверка) ва калибркунии воситаҳои ченкуниро фаро намегирад. Илова бар ин, дар амал усулҳои муосири ченкунӣ, ки барои назорати дақиқии шаклҳои мураккаби геометрии чузъҳои мошинсозӣ заруранд, ба таври кофӣ татбиқ намешаванд. Ин омилҳо рақобатпазирии маҳсулоти ватаниро коҳиш дода, ба баромадани он ба бозорҳои байналмилалӣ монеа эҷод менамоянд. Дар чунин шароит таҳия ва ҷорӣ намудани низоми такмилёфтаи назорати метрологӣ барои баланд бардоштани дақиқӣ, бозьтимодӣ ва рақобатпазирии корхонаҳои мошинсозии Тоҷикистон аҳамияти ҳалкунанда дорад [3].

Дар аксари корхонаҳои мошинсозии Тоҷикистон воситаҳои ченкунӣ бо фарсудашавии маънавӣ ва ҷисмонӣ тавсиф мешаванд. Набудани санҷиши мунтазам, пойгоҳи кӯҳнашудаи эталонҳо ва истифодаи маҳдуди технологияҳои рақамӣ боиси коҳиш ёфтани эътимоднокии назорат мегардад. Тибқи таҳлили ҳадамоти метрологӣ як қатор корхонаҳо, ҳиссаи таҷҳизоти ченкунии зиёда аз 10 сола аз 70% бештар аст. Ин ҳолат ҷорӣ намудани системаҳои муосири ченкунӣ ва барномаҳои автоматиконии назорати метрологиро тақозо менамояд [4, 5].

Усулҳо ва воситаҳои ченкунии параметрҳои геометрӣ

Ченкунии параметрҳои геометрии чузъҳо марҳилаи калидии назорати метрологӣ буда, мутобикати маҳсулотро ба талаботи лоиҳавӣ ва стандартҳои байналмилалӣ ISO ва ГОСТ таъмин менамояд. Параметрҳои геометрӣ андозаҳои хаттӣ, унсурҳои кунҷӣ, шакли сатҳ ва ҷойгиршавии мутақобилаи унсурҳои чузъро дар бар мегиранд, аз ҷумла параллелӣ, ҳаммеҳварӣ ва перпендикулярӣ.

Дар корхонаҳои мошинсозии Тоҷикистон усулҳои анъанавии ченкунӣ васеъ истифода мешаванд, ки штангенциркулҳо, микрометрҳо, калибрҳо ва индикаторҳои соатшаклро дар бар мегиранд. Ин воситаҳо имкон медиҳанд диаметри валҳо, ғафсии лавҳаҳо, дарозии чузъҳо ва инҳирофи шакл назорат карда шаванд, инчунин ноҳамвории сатҳ бо профилометрҳои тамосӣ арзёбӣ гардад. Истифодаи чунин усулҳо дастрасӣ ва соддагии ченкуниро таъмин менамояд, аммо дақиқии онҳо ҳангоми назорати чузъҳои мураккаб маҳдуд буда, аз сатҳи таҳассуси кормандон вобастагии зиёд дорад [6].

Солҳои охир усулҳои муосири ченкунӣ бо истифода аз мошинҳои координатӣ-ченкунӣ (МКЧ), системаҳои лазерӣ ва оптикӣ аҳамияти бештар пайдо намудаанд. МКЧ имкон медиҳанд назорати автоматии профилҳои мураккаб бо дақиқии то 1 – 2 мкм анҷом дода шавад, шакл ва ҷойгиршавии мутақобилаи унсурҳои чузъ таҳлил гардад ва маълумот бо моделҳои CAD/CAM ҳамгиро карда шавад. Истифодаи МКЧ дар корхонаҳои Тоҷикистон бинобар арзиши баланди таҷҳизот ва норасоии мутахассисони баландхаттисос маҳдуд аст, аммо таҷрибаи лоиҳаҳои пилотӣ нишон медиҳад, ки дақиқии ченкунӣ ба таври назаррас баланд шуда, вақти назорат то 70 фоиз коҳиш меёбад.

Усулҳои бетаъсир (бесконтактӣ), аз ҷумла трекерҳои лазерӣ, сканерҳои оптикӣ ва системаҳои интерферометрӣ, барои ченкунии чузъҳои мураккаб ва ҳассос истифода мешаванд. Онҳо суръати баланди назорат ва ташкили моделҳои сеандозаро таъмин намуда, имкони ошкор намудани нуқсонҳо ва инҳирофҳои шаклро фароҳам меоранд [7].

Метрологияи муосир ҳамчунин номуайянии натиҷаҳои ченкуниро ба назар мегирад. Дар амал ин тавассути коркарди омории маълумот, арзёбии қавравии стандартӣ, тартиб додани хариҷаҳои назоратӣ ва истифодаи маҷмӯаҳои барномавии SPC барои таҳлили устувории равандҳои технологӣ амалӣ мегардад. Рақамисозии раванди ченкунӣ имкон медиҳад натиҷаҳо ба пойгоҳи ягонаи маълумот ворид карда шаванд, инҳирофҳо ба таври автоматикӣ ҳисоб карда шаванд, протоколҳо таҳия гардида, таърихи санҷиш ва калибркунии пайгирӣ карда шавад, ки дар оянда заминаи ташаккули «дугонаи рақамии» чузъро фароҳам меорад [8, 9].

Дар корхонаҳои Тоҷикистон низоми оптималии ченкунӣ одатан дар се сатҳ ташкил карда мешавад:

- **сатҳи сеҳӣ** – истифодаи асбобҳои анъанавӣ (микрометрҳо, штангенциркулиҳо, индикаторҳо) барои назорати фаврии андоза ва шакл;
- **сатҳи лабораторӣ** – истифодаи МКЧ, системаҳои лазерӣ ва оптикӣ барои ченкунии дақиқӣ чузҳои мураккаб;
- **сатҳи таҳлилӣ** – коркарди маълумот, ҳамгирӣ бо системаҳои ERP, таҳияи протоколҳои ченкунӣ ва сертификатсияи маҳсулот [9, 10].

Истифодаи маҷмуии ин усулҳо ва воситаҳо имкон медиҳад дақиқии назорат ба сатҳи стандартҳои байналмилалӣ бардошта шуда, миқдори нуқсонҳо коҳиш ёфта, сифати маҳсулоти мошинсозӣ беҳтар гардад.

Натиҷаҳо ва муҳокимаи онҳо

Дар доираи тадқиқот силсилаи ченкунии параметрҳои геометрии як чузӣ намунавии мошинсозӣ бо истифода аз омезиши асбобҳои анъанавӣ ва мошини координатӣ-ченкунӣ (МКЧ) гузаронида шуд. Маълумоти бадастомада дар ҷадвал пешниҳод шудааст.

Таҳлил нишон дод, ки истифодаи МКЧ нисбат ба усулҳои анъанавӣ баландшавии назаррасии дақиқии ченкуниро таъмин менамояд: каҷравии стандартӣ андозаҳои ҳаттӣ аз 0,05 мм то 0,01–0,02 мм коҳиш ёфт ва тақроршавандагии ченкунӣ ба 98–99% расид. Ин натиҷаҳо самаранокии татбиқи технологияҳои муосири ченкуниро дар баланд бардоштани сифати назорати метрологӣ тасдиқ менамоянд.

Ҳангоми назорати унсурҳои мураккаб, ба монанди ҳаммехварӣ ва мувозин сатҳҳо, усулҳои анъанавӣ инҳирофҳои назаррас нисбат ба арзишҳои номиналиро нишон доданд, дар ҳоле ки МКЧ ва сканерҳои оптикӣ ингуна инҳирофҳоро бо хатои ҳадди аққал муайян намуданд. Ин ҳолат зарурати ҷорӣ намудани системаҳои автоматиконидашуда барои назорати шаклҳои мураккаби геометрии чузҳо тасдиқ мекунад.

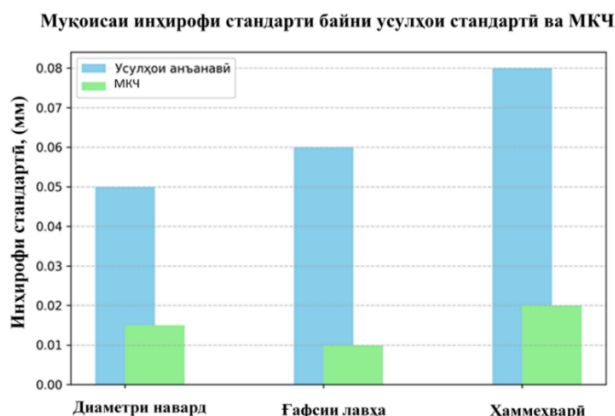
Истифодаи системаҳои рақамии коркарди маълумот имкон дод, ки протоколҳои ченкунӣ таҳия шуда, хусусиятҳои статистикуии натиҷаҳо арзёбӣ гарданд, аз ҷумла арзиши миёна, каҷравии стандартӣ ва ҳудудҳои иҷозатдодашудаи инҳирофҳо. Ҷорӣ намудани чунин системаҳо дар корхонаҳои Тоҷикистон на танҳо дақиқӣ ва тақроршавандагии ченкунӣ баланд мекунад, балки пайгирӣ ва ҳуҷҷатгузори маълумотро барои сертификатсия кардани маҳсулот мутобиқи стандартҳои байналмилалӣ ISO ва ГОСТ таъмин менамояд.

Ҷадвал – Натиҷаҳои ченкунии параметрҳои геометрии чуз

№	Параметр	Қимматҳои ченшуда, мм	Инҳироф аз андозаи номиналӣ, мм
1	Диаметри навард	49,98	-0,02
2	Дарозии чуз	150,12	+0,12
3	Ҳаммехварӣ	0,015	-
4	Шахшулӣ Ra	0,8	меъёр

Бар асоси таҳлили натиҷаҳо метавон хулоса кард, ки истифодаи маҷмуии усулҳои анъанавӣ ченкунӣ, МКЧ ва воситаҳои рақамии коркарди маълумот барои корхонаҳои мошинсозии Ҷумҳурии Тоҷикистон оптималӣ мебошад. Ин раванд коҳиши миқдори брак, баландшавии сифати чузҳо ва самаранокии умумии назорати метрологиро таъмин мекунад.

Дар расм муқоисаи каҷравии стандартӣ ченкунии чузҳо байни усулҳои анъанавӣ ва МКЧ нишон дода шудааст.



Расми 1– Муқоисаи инҳирофи стандартӣ ченкунии чузҳои анъанавӣ ва МКЧ

Барои баланд бардоштани самаранокии назорати метрологӣ пешниҳод мешавад:

- ҷорӣ намудани стансияҳои автоматиконидашудаи ченкунӣ бо истифода аз мошинҳои координатӣ-ченкунӣ (МКЧ);
- ташкили пойгоҳи корпоративии метрологӣ барои нигоҳдории натиҷаҳои санҷишҳо ва ченкунӣ;
- истифодаи нармафзор барои коркарди статистикуии маълумоти ченкунӣ (SPC);
- таҳияи системаи омӯзиши кормандони хадамоти метрологӣ ба усулҳои муосири ченкунӣ.

Хулоса

Тақмили низоми назорати метрологӣ барои параметрҳои геометрии ҷузъҳои мошинсозӣ омилҳои калидии баланд бардоштани дақиқӣ ва бозътимодии маҳсулоти корхонаҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон мебошад. Таҳлили усулҳо ва воситаҳои ченкунӣ нишон дод, ки асбобҳои анъанавӣ ҳангоми назорати шаклҳои мураккаби ҷузъҳо маҳдудият доранд, дар ҳоле ки мошинҳои координатӣ-ченкунӣ ва системаҳои рақамии коркарди маълумот дақиқӣ ва такроршавандагии натиҷаҳоро таъмин менамоянд.

Ҷорӣ намудани низоми интегралӣ ва рақамии назорати метрологӣ имкон медиҳад раванди ченкунӣ автоматӣ гардад, пайгирии маълумот таъмин ва мутобикат бо стандартҳои байналмилалӣ ISO ва ГОСТ таъмин карда шавад. Истифодаи маҷмуии усулҳои анъанавӣ ва технологияҳои муосир шароитро барои коҳиши брак, баланд бардоштани сифати маҳсулот ва ҳамгироии саноати мошинсозии миллӣ ба фазои ҷаҳонии саноат фароҳам меорад.

Муқарриз: Мирзоалиев Ҷ. — н.и.т., дотсенти кафедраи технологияи мошинсозӣ, дастгоҳҳо ва асбобҳои металлбурӣи ДТТ ба номи акадeмик М.С. Осимӣ

Адабиёт

- ГОСТ 8.051–81. Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений линейных размеров. – Введ. 1981–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 12 с.
- ГОСТ ISO 10360–2–2013. Геометрические характеристики изделий. Приемочные и контрольные испытания координатно-измерительных машин. / Ч.2. КИМ для измерения линейных размеров. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 28 с.
- ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. – Geneva: International Organization for Standardization, 2015. – 29 p.
- Пахомов, В.Н. Метрологическое обеспечение машиностроительного производства. / В.Н. Пахомов. – М.: Машиностроение, 2021. – 256 с.
- Каримов А. Развитие метрологической службы на промышленных предприятиях Таджикистана / А. Каримов, М. Саидов, Р. Набиев // Вестник ТТУ. – 2023. – № 2. – С. 45–52.
- Рахимов, Ш. Цифровая метрология и автоматизация измерений. / Ш. Рахимов– Душанбе: Ирфон, 2022. – 180 с.
- Шарпов А.А. Автоматизированные системы контроля качества. / А.А. Шарпов. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 240 с.
- Сахибов, Н.Б. Влияние шероховатости на качество обработанной поверхности / Н.Б. Сахибов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 1(53). – С. 94-97. – EDN DNFAWE.
- Ходжаназаров, Х.М. Совершенствование системы метрологического контроля геометрических параметров деталей машиностроения в условиях предприятий Таджикистана / Х.М. Ходжаназаров, А.И. Мирзоалиев // Роль технического регулирования и стандартизации в условиях цифровой экономики : Материалы VII международной научно-практической конференции молодых ученых, Екатеринбург, 13 ноября 2025 года. – Екатеринбург: ООО Издательский дом "Ажур", 2025. – С. 232-238. – EDN ZOAYUD.
- Сахибов, Н. Б. Таъсири ҷоизи андоза ба эътимоднокии ҷузъҳои автомобил / Н. Б. Сахибов // Паёми политехникӣ. Бахши: Таҳқиқоти муҳандисӣ. – 2025. – No. 3(71). – P. 87-91. – EDN NYJFQ.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Хочаназаров Хайрулло Маҳмудхонович	Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович	Khojanazarov Khayrullo Mahmudkhonovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Candidate of Technical Sciences, associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S.Osimi
E-mail: khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru		
ORCID. 0000-0001-5281-8339		
TJ	RU	EN
Саидзода Бахриддин Саид	Саидзода Бахриддин Саид	
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: khayrullo.khodzhanazarov@bk.ru		
TJ	RU	EN
Амонзода Салим Темур	Амонзода Салим Темур	Amonzoda Salim Temur
ассистент	ассистент	assistant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	TTU named after academician M.S. Osimi