

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**

САЙФУЛИН РАМИЛ РАШИДОВИЧ

**МЕТАЛЛ КЕСИШ УСКУНАЛАРИНИНГ ИШЛАШ РЕЖИМЛАРИ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ УЧУН НАЗОРАТ ВА
ДИАГНОСТИКА ТИЗИМЛАРИНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЛАШТИРИШ**

05.03.01 - Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари (техника фанлари)

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2023

Фалсафа доктори (PhD)диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Сайфулин Рамил Рашидович

Металл кесиш ускуналарининг ишлаш режимлари
самарадорлигини ошириш учун назорат ва диагностика
тизимларини интеллектуаллаштириш..... 3

Сайфулин Рамиль Рашидович

Интеллектуализация систем контроля и диагностики для повышения
эффективности режимов работ металлообрабатывающего
оборудования.....21

Sayfulin Ramil Rashidovich

Intellectualization of control and diagnostic systems for improving the efficiency
of operation modes of metalworking equipment.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....42

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ

САЙФУЛИН РАМИЛ РАШИДОВИЧ

МЕТАЛЛ КЕСИШ УСКУНАЛАРИНИНГ ИШЛАШ РЕЖИМЛАРИ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ УЧУН НАЗОРАТ ВА
ДИАГНОСТИКА ТИЗИМЛАРИНИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЛАШТИРИШ

05.03.01 – Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари (техника фанлари)

техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2023.1.PhD/T1615 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилиқ ва технологиялар университетида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.idtu.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Жумаев Одил Абдужалилович
техника фанлари доктори, доцент

Расмий оппонентлар:

Гулямов Шухрат Маннопович
техника фанлари доктори, профессор

Саттаров Хуршид Абдишукурович
техника фанлари номзоди, профессор

Етакчи ташкилот:

Қарши давлат муҳандислик ва иқтисодиёт институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил «16» 09 соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел./факс: (99871) 246-46-00; (99871) 227-10-32; e-mail: istu_info@idtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (337 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-03-41.)

Диссертация автореферати 2023 йил «25» 08 кунни тарқатилди.
(2023 йил «02» 08 даги 14 - рақамли реестр баённомаси)



Н.Р.Юсупбеков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор, академик

У.Ф.Мамиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
т.ф.д., доцент

У.Т.Мухамедханов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ҳозирги вақтда назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштиришнинг характерли тенденцияси металл кесиш ускуналарининг самарадорлиги ва ишончлилигини оширадиган такомиллаштирилган микропроцессор элемент базасига ўтиш ҳисобланади. Ишлаб чиқарилган маҳсулотлар сифатига қўйиладиган талаблар металлга ишлов бериш ускуналарини кузатиш ва диагностика қилиш учун микропроцессорли тизимларни ишлаб чиқиш зарурати билан боғлиқ бўлиб, у ўз таркибида энг сўнгги назорат усуллари ва воситаларини маълумотларни таҳлил қилиш ва қайта ишлашнинг интеллектуал усулларини қўллаш билан бирлаштиради. Шу сабабли, металлга ишлов бериш ускуналарини назорат ва диагностика қилиш учун микропроцессор тизимини ишлаб чиқиш талаб қилинадиган муҳим вазифадир.

Жаҳонда металл кесиш ускуналари самарадорлигини ошириш мақсадида технологик параметрлар ва ускунанинг носозликлари тўғрисида маълумот олиш имконини берувчи микропроцессорли назорат ва диагностика тизимларини яратиш, шунингдек тизимнинг ишлаш алгоритмлари ва датчиклардан олинган сигналларни қайта ишлаш усулларини ишлаб чиқиш бўйича илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда. Шу муносабат билан металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини кузатиш ва диагностика қилишнинг микропроцессор тизимини яратиш бўйича илмий изланишлар олиб бориш муҳим вазифа бўлиб, бу ускунанинг барқарор ва узлуксиз ишлашини таъминлаш, шунингдек, ахборотни қайта ишлаш тезлиги ва сифатини ошириш имконини беради.

Республикамызда рақамли иқтисодиётни фаол ривожлантириш, барча тармоқлар ва соҳаларда, энг аввало, давлат бошқаруви, таълим, соғлиқни сақлаш ва қишлоқ хўжалигида замонавий ахборот-коммуникация технологияларини кенг жорий этиш, назорат ва диагностика тизимларини жорий этиш бўйича комплекс тизимли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан "... иқтисодиётнинг энергия ва ресурс сарфини қисқартириш, ишлаб чиқаришга энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, иқтисодиёт тармоқларидаги меҳнат унумдорлигини ошириш, ... иқтисодиёт, маҳсулотлар ишлаб чиқаришнинг технологик жараёнларига инновацион ишланма ва технологиялар жорий этилишини таъминлаш"¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш жумладан назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштириш орқали металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 27 апрелдаги ПФ-3682сон "Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон "2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида"ги Фармони

тўғрисида” ги ва 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармонлари, 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон “Кон-металлургия тармоги корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисидаги” қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва техникасини ривожланишининг - IV “Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда, олий ўқув юрларининг кўплаб илмий марказлари ва лабораторияларида назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштириш орқали металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш муаммоларини ҳал қилиш бўйича Berkeley, Los Angeles Massachusetts Institute of Technology, (АҚШ), University of Munich, Automatisierung (Германия), The University of Edinburgh, (Вуюк Британия), Yaskawa Toshiba (Япония), Technion-Israel Institute of Technology (Изроиль), Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети (Россия), Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (Швейцария), Erasmus University Rotterdam (Голландия), ва ТошДТУ (Ўзбекистон) Миллий метрология институти ва бошқаларда илмий тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Тадқиқотнинг муаммоларни вазифаларини ҳал қилиш ва ахборотни қайта ишлашининг янги тамойиллари билан барқарор бошқарув тизимларини яратишда ҳорижлик олимлардан жумладан; J.R. Barnes², Н.W. Ott³, С. Plapous⁴, R. V. Snyder,⁵ А. Н. Кузнецов,⁶ А. О. Калита⁷ ва бошқалар ўзларининг улкан ҳиссаларини қўшганлар.

Мамлакатимиз олимларидан: Р.К.Азимов⁸, Ш.М.Гулямов⁹, Х.З.Игамбердиев¹⁰, П.Р.Исматуллаев¹¹, Т.Д.Раджабов¹², Э.Улжаев¹³,

² Tuomi M., Hugh R. J., James S. J., Chris G., R. Paul B., Steve S. V., John R. B. “Signals embedded in the radial velocity noise-Periodic variations in the τ Ceti velocities.” *Astronomy and Astrophysics* 551 2013: A79.

³ Ott H. W. *Electromagnetic compatibility engineering*. John Wiley and Sons, 2011.

⁴ Plapous C., Claude M., Laurent M., Pascal S. A two-step noise reduction technique // *IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing*, vol. 1, pp. 1-289. IEEE, 2004.

⁵ Snyder R. V., Macchiarella G., Bastioli S., Tomassoni C. Emerging trends in techniques and technology as applied to filter design. // *IEEE Journal of Microwaves*, 1, 2021 pp.317-344.

⁶ Кузнецов А. Н., Поляваев О. И., Перспективы использования систем активного шумоподавления // *Вестник* 1 2010: С. 46.

⁷ Калита А. О., Шахайда В. М. Системы шумоподавления с адаптивным управлением // *В Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015*, С. 221-221.

⁸ Азимов Р. К., Шипулин Ю. Г., Азимов А. Р. Оптоэлектронный преобразователь перемещений // *Патент № 1825977 А1 МПК G01B 21/00. № 4900902 07.07.1993*

⁹ Юсупбеков Н. Р., Темербекова Б. М., Гулямов Ш. М. Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления энергохозяйством промышленных предприятий // *Промышленные АСУ и контроллеры*. – 2018. – № 12. – С. 3-9.

¹⁰ Igamberdiev H. Z., Kholodzhayev V. A. Algorithms for sustainable recovery of input influence on the basis of dynamic filtration methods // *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 2020 24(03).

¹¹ Исматуллаев П. Р., Карлов А. В. Устройство для связи с объектом управления // *Патент РФ № 1807586 А1 СССР, МПК H04Q 3/02. : 07.04.1993;*

Ю.Г.Шипулин ¹⁴, Н.Р.Юсупбеков ¹⁵ ва бошқалар ўлчаш тизимларига доир муаммоларни ҳал қилиш, ўлчаш қурилмаларининг математик масалаларини ечиш, интеллектуаллаштириш ва моделлаштириш бўйича формал усуллар ва алгоритмлар ишлаб чиқишда муносиб ҳисса қўшганлар.

Бирок, сўнгги йилларда металл кесиш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш талаблари сезиларли даражада ошди, аммо назорат ва диагностика тизимларининг интеллектуализацияси тўғрисида иш режимларининг самарадорлигини ошириш масалалари тўлиқ ўрганилмаган. Шу билан бирга, металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини оширадиган микропроцессорли назорат ва диагностика тизимларини яратишга етарлича еътибор берилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиги ва технологиялар университети илмий-тадқиқот ишлари доирасида амалга оширилди: И-2017-2-12 “Электр ёйли пўлат еритиш печларининг энергия режимларини оптималлаштириш ва тартибга солишнинг автоматлаштирилган тизимини ишлаб чиқиш ва жорий этиш” (2017-2018); 1/2021-МиМ “Fritz Heckert SZ16-15-05/15.2-7.1 сирт силлиқлаш машинасини модернизация қилиш”

Тадқиқотнинг мақсади назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштириш орқали металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш.

Тадқиқотнинг вазибалари:

назорат ва бошқариш тизимларини интеллектуализация қилиш муаммоларини ҳал қилиш учун металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

иш режимларини интеллектуал бошқариш ва металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш учун дастурий таъминот ва электрон ечимларни ишлаб чиқиш;

тескари ноаниқ-мантиқ асосида диагностиканинг математик моделларини ишлаб чиқиш;

металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимлари самарадорлигини ошириш учун электр юритма узатмасининг тезлиги ва ҳолатини ўлчаш ва бошқариш учун дастурий-алгоритмик усулни ишлаб чиқиш;

иш режимларини кузатиш ва металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш учун микропроцессор тизимини ишлаб чиқиш.

¹² Раджабов Т.Д., Рахимов Б.Н., Ларина Т.В. Оптоэлектронная информационная измерительная система для обнаружения и регистрации предразрушения элементов металлических конструкций. // Интерэкспо Гео-Сибирь, 5(1), 2011. pp.132-137.

¹³ Uljaev E., Narzullaev S. N., Erkinov, S. M. Increasing calibration accuracy of the humidity control measuring device of bulk materials. // Technical science and innovation, 2020(3), pp. 172-179.

¹⁴ Хамдамов Б. М., Шипулин Ю. Г., Абдураимов Ф. А., Холматов У. С. Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для контроля расхода воды в открытых каналах // Наука. Образование. Техника. – 2015. – № 2(52). – С. 72-82.

¹⁵ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков А.Н., Интеллектуальные системы управления и принятие решений // Ташкент: Издательство Национальной энциклопедии Узбекистана, 2015 – 572 с.

Тадқиқотнинг объекти металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш учун тескари норавшан хулоса ва нейрон тармоқлар учун дастурий алгоритмларга эга микропроцессорга асосланган назорат ва диагностика тизимидан иборат.

Тадқиқотнинг предмети металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш учун назорат ва диагностика тизимларининг интеллектуаллаштириш усуллари ва дастурий алгоритмларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида металлга ишлов бериш ускуналарининг диагностика параметрларини назорат қилиш, тизимли таҳлил қилиш ва ўлчов хатоларини баҳолаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қўйидагилардан иборат:

назорат ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш муаммоларини ечишда иш режимларининг ишончлилиги ва самарадорлигини таъминлаш учун металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

кириш ахборот маълумотларининг ноаниқлиги шароитида матрица функциялари асосида металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини кузатиш ва диагностика қилиш учун математик моделлар ва алгоритмлар ишлаб чиқилган;

металлга ишлов бериш ускуналари иш режимларининг самарадорлигини ошириш учун электр узатгичларнинг тезлиги ва ҳолатини ўлчаш ва бошқариш тизимларини визуализация қилиш учун тескари норавшан хулосага асосланган дастурий-алгоритмик комплекс ишлаб чиқилган;

иш режимларини назорат ва металлга ишлов бериш ускуналарининг диагностика параметрларини визуализация қилиш учун микропроцессор тизимининг алгоритмлар ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қўйидагилардан иборат:

металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимлари самарадорлигини оширишга ёрдам берадиган замонавий микропроцессорлар асосида назорат ва диагностика тизимларининг интеллектуализациясини таъминлаш схемалар ишлаб чиқилган;

металлга ишлов бериш ускуналарининг электр юритмаларнинг тезлигини ўлчаш ва назорат қилиш жараёнларини амалга оширадиган алгоритмлар ва тегишли дастурлар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқотда олинган натижаларнинг ишончлилиги ўлчаш асбоблари ёрдамида олиб борилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижаларининг ўзаро уйғунлиги, интерфейс қурилмаларини тадқиқ этиш учун назарий ҳисоблашлар ва компьютерли моделлаштириш натижалари ва уларнинг изчиллиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштириш учун ишлаб чиқилган алгоритмлар ва тегишли дастурлардан фойдаланиш орқали металлга ишлов бериш ускуналарининг ишлаш режимларининг самарадорлигини оширишнинг

таклиф этилганлиги билан тавсифланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ўлчов маълумотларини қайта ишлашнинг юқори тезлигига ега бўлган иш режимларини кузатиш ва металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш учун ишлаб чиқилган микропроцессор тизимини тизимининг амалиётда қўлланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Металлга ишлов бериш ускуналарининг ишлаш режимлари самарадорлигини ошириш учун назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

Навоний машинасозлик заводи металлга ишлов бериш ва станоксозлик цехларида металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш алгоритмлари жорий этилди (Навоний кон металлургия комбинати АЖнинг 2023йил 24 июлдаги 26.01-0-05/980-сонли гувоҳномаси). Натижада, мониторинг ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш муаммоларини ҳал қилишда иш режимларининг ишончлилиги ва самарадорлиги таъминланади;

Навоний машинасозлик заводи металлга ишлов бериш ва станоксозлик цехларида киритилган ахборот ва маълумотларнинг ноаниқлиги шароитида матрицали функциялар асосида металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини назорат қилиш ва диагностика қилишнинг математик моделлари ва алгоритмлари жорий қилинди (Навоний кон металлургия комбинати АЖнинг 2023йил 24 июлдаги 26.01-0-05/980-сонли гувоҳномаси). Натижада, металлга ишлов бериш ускуналаридан фойдаланиш самарадорлиги ошди;

Навоний машинасозлик заводи металлга ишлов бериш ва станоксозлик цехларида станоклар узатмаларининг тезлиги ва ҳолатини ўлчаш ва бошқариш тизимларини визуализация қилиш учун тескари мантиқ хулосасига асосланган дастурий -алгоритмик комплекс жорий этилди (Навоний кон металлургия комбинати АЖнинг 2023йил 24 июлдаги 26.01-0-05/980-сонли гувоҳномаси). Натижада металлга ишлов бериш ускуналари иш режимлари самарадорлиги ошди;

Навоний машинасозлик заводи металлга ишлов бериш ва станоксозлик цехларида кўриб чиқилаётган технологик жараён бўйича металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларини назорат қилиш ва параметрларини диагностика қилиш учун микропроцессор тизими жорий этилди (Навоний кон металлургия комбинати АЖнинг 2023йил 24 июлдаги 26.01-0-05/980-сонли гувоҳномаси). Бунинг натижасида жараённинг технологик режимлари барқарорлаштирилиб, асбоб-ускуналар ва саноат қурилмаларининг самарадорлиги ошади.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 2 та республика миқёсидаги илмий-амалий конференцияларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 17 та илмий иш чоп этилган, жумладан 10 та мақола шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан

тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, шундан 4 таси хорижий илмий журналларда, шунингдек ЭҲМ лар учун дастурий маҳсулотларга 3 та гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва муҳимлигини асосланади, тадқиқотнинг мақсади ва вазифаларини очиб беради, тадқиқот объекти ва предметини тавсифлайди, тадқиқотнинг республика фан ва технологиясини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари билан боғлиқлигини кўрсатади, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижаларини баён қилади, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамиятини очиб беради, тадқиқот натижаларининг бажарилишини акс эттиради, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши ҳақида маълумот беради.

Диссертациянинг биринчи бобида "Металлга ишлов бериш ускуналарида интеллектуализация ва иш режимларининг самарадорлигини ошириш усуллари масаласи таҳлили", металлга ишлов бериш ускуналари иш режимларининг самарадорлигини ошириш учун бошқарув ва бошқарув тизимларини интеллектуаллаштиришга бағишланган тадқиқот ишларининг қисқача адабий шарҳи берилган.

Бугунги кунга келиб, замонавий бошқарув тизимларини ривожлантириш, ахборот йиғиш, қайта ишлаш ва бошқаришнинг истиқболли йўналишларидан бири бу уларни интеллектуализация қилишдир, бу металлга ишлов бериш ускуналарининг имкониятларини сезиларли даражада кенгайтиради ва унинг иш режимларини ишлаш алгоритмига мувофиқ ва доимий равишда ўзгарувчан иш шароитлари ўзгартиришга имкон беради.

Асбобсозлик ривожланишининг ҳозирги босқичида микропроцессорлар ва микропроцессор тизимларидан бугунги кунда одатда интеллектуал деб аталадиган технологик ускуналар параметрларини ўлчаш, кузатиш ва диагностика қилиш учун ҳисоблаш моёнамалари сифатида фойдаланиш долзарб ҳисобланади. Бундай тизимлар қурилманинг функционалигини кенгайтиришга имкон беради ва унинг техник хусусиятларини яхшилашга ёрдам беради.

Шундай қилиб, металлга ишлов бериш ускуналари томонидан бошқарув тизимларида интеллектуаллаштирилишиния таъминлайди:

- 1) Максимал ва минимал қийматлар учун параметрларни таҳлил қилиш;
- 2) Берилган алгоритм бўйича ҳисоблаш;
- 3) Ўлчаш қурилмаларининг аниқлигини ошириш учун характерли қийматларни тузатиш;
- 4) Қурилманинг кириш ва чиқиш портларини ўз-ўзини ташхислаш ва синовдан ўтказиш;

5) Металлга ишлов бериш ускуналарининг иш параметрларини барқарорлаштириш ва дастурий назорати.

I-жадвалда интеллектуаллаштиришнинг асосий вазифалари келтирилган.

Жадвал 1.

Вазифалар	Функция	Функционал хусусиятлар
Ўлчов вазифаси	f_l	Параметрнинг маъносини аниқлайдиган жараён, яъни кузатиш маълумотлари асосида тавсифни куриш
Диагностика вазифаси	f_d	Параметрларни бошқариш тизимидаги носозликларни аниқлайдиган жараён.
Мониторинг вазифаси	f_m	Ҳақиқий вақтда маълумотларнинг доимий талқини ва параметрларнинг ҳаддан ташқари силжиши сигнализацияси
Башоратлаш вазифаси	f_p	Ўтмиш ва ҳозирги моделлар асосида келажакдаги воқеаларни башорат қилиш (берилган вазиятлардан сҳтимолий оқибатларни чиқариб ташлаш).
Созлаш вазифаси	f_o	Тизимдаги носозликлар ва носозликларни бартараф етиш бўйича тавсиялар олиш
Режалаштириш вазифаси	f_{pl}	Режани куриш, яъни келажакдаги давлатларга реакциялар.
Лойихалаш вазифаси	f_{pr}	Олдиндан белгиланган хусусиятларга ега объектларни яратиш учун курилиш хусусиятлари
Таъмирлаш вазифаси	f_r	Муаммоларни бартараф этиш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш
Ўқитиш вазифаси	f_i	Диагностика, талқин, режалаштириш, лойихалаштириш
Бошқарув вазифаси	f_u	Интерпретация, прогноз, режалаштириш, моделлаштириш, ишлаб чиқилган ечимларни оптималлаштириш, мониторинг.

Металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини кузатиш ва диагностика қилиш учун турли хил ёндашулар қўлланилади. Металлга ишлов бериш ускуналарида кўп сонли элементлар ва йиғилишлар ишлатилганлиги сабабли, ушбу объектни тўплам шаклида ифодалаш мумкин бўлади:

$$\sum M = (M_1, M_2, M_3 \dots M_n), \quad (1)$$

бу ерда n -ташхис қўйиладиган элементлар ва тугунлар сони.

Бундай ҳолда, металлга ишлов бериш ускуналарининг техник ҳолатини баҳолаш учун бошқарув тизимини алоҳида элементлар ва тугунларнинг диагностик хусусиятини аниқлаш шаклида тавсифлаш мумкин:

$$M_n = (F_1, F_2, F_3 \dots F_n), \quad (2)$$

бунда M_n – ташхис қилинадиган элементлар ва тугунлар, F - диагностик белгилар тўплами.

Металлга ишлов бериш ускуналари учун мониторинг ва диагностика тизимларининг асосий меъёрий ҳужжати ИСО 17359:2011 халқаро стандарти бўлиб, у ускуналарни мониторинг қилиш ва диагностика қилиш (мониторинг тизимлари) дастурини амалга ошириш бўйича тавсияларни белгилайди.

Металлга ишлов бериш ускунасининг параметрларини диагностика қилиш жараёнида вақт параметрларига қараб турли турдаги датчиклар қўлланилади - $X\{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)\}$. Бундай параметрлар нотўғри ишлаш турини аниқлайдиган кўрсаткичлари ҳисобланади.

Шундай қилиб, металлга ишлов берадиган асбоб-ускуналарни диагностика қилиш натижасида, шунингдек, техник ҳолат кўрсаткичи миқдорий бўлган $Y = F(X)$, функционал боғлиқлиги билан тавсифланган, унинг чиқиш параметрларига хизмат кўрсатиш қобилиятининг таъсири даражасини аниқлаш керак.

Шундай қилиб, танланган техник ҳолат кўрсаткичини унинг чиқиш параметри билан таққослаш ва тартибга солинадиган интервалнинг кўрсаткичини ($Y \in [Y_0; Y_{max}]$) ўрнатиш керак.

“Интеллектуаллаштириш масалаларини ечишда металлга ишлов бериш ускуналари иш режимларининг самарадорлигини ошириш учун математик моделларни ишлаб чиқиш” иккинчи бобда интеллектуал норавшан мантиқ усуллари ва нейрон тармоқлари асосида иш режимларини кузатиш ва параметрларни диагностика қилиш орқали металлга ишлов бериш ускунасининг иш режимлари самарадорлигини ошириш учун математик моделларни ишлаб чиқиш асослари кўрсатилган.

Мураккаб техник тизимнинг техник ҳолатини диагностика қилиш учун математик модел, бу ерда $F = \{f_i\}_{i=1}^{N_F}$ ва $S = \{s_j\}_{j=1}^{N_S}$ тизимдаги турли носозликлар мажмуасини аниқлаш имконини беради. Бундай ҳолатда, кўп қийматли тасвирлаш мумкин:

$$\varphi : S \rightarrow F \quad (3)$$

ундан диагностика матрицаси тузилган (2-жадвал), у мантикий шаклни олган ҳолда тизимнинг барча мумкин бўлган носозликларини акс эттиради (0.1).

2-жадвал. Диагностик матрица.

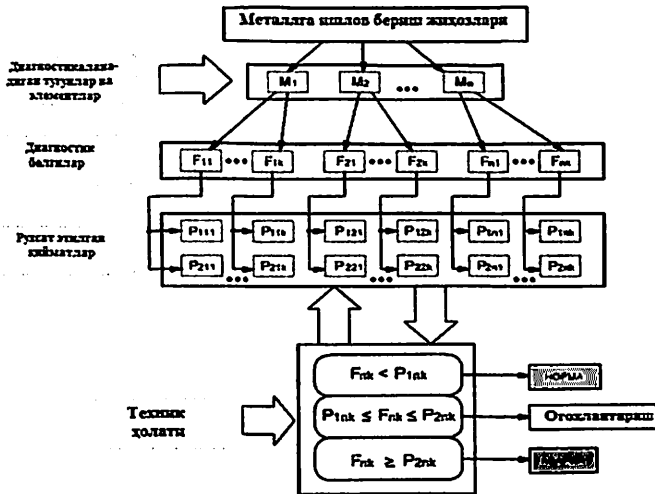
C/Ф	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	...	ϕ_{N_Φ}
C ₁	0	0	1	1	...	0
C ₂	1	1	1	0	...	1
C ₃	1	0	0	1	...	0
...
C _{Nc}	1	0	1	0	...	1

2-жадвалдан фойдаланиб, қуйидаги шаклдаги продукцион моделини яратиш мумкин:

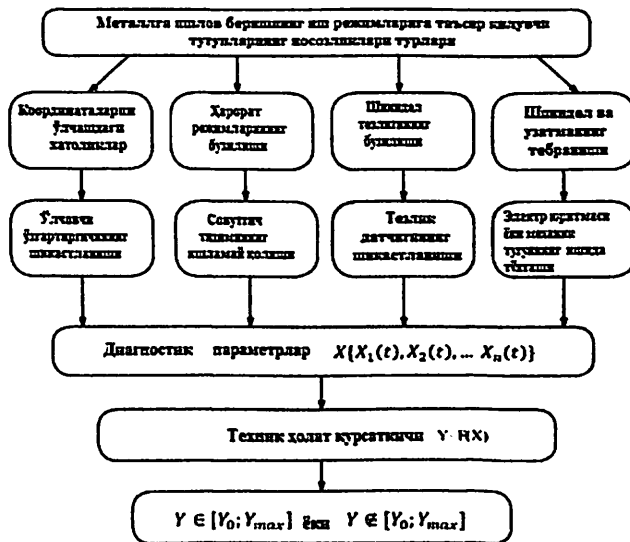
If s2 is True AND s3 is True THEN f4 is True

Ушбу турдаги модел тизимдаги ягона носозликларни белгилайди. Турли диагностика усулларидан фойдаланиб, диагностика муаммоларини ечиши мумкин.

Турли нуқсонлар синфларини шакллантириш зарур бўлган диагностика масалаларини ечиш учун математик моделлар: қисмли чизиқли дифференциал ва қисмли чизиқли динамик. $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i\}$ то'пламларни параметрлаштириш натижасида, бу ерда f_i физик хатолик.



1-расм. Металлга ишлов бериш ускунасининг иш режимлари ва диагностика параметрларини кузатиш учун структуравий модели



2-расм. Диагностик параметрлар орқали металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларига таъсир қилувчи тугунларнинг носозликлари билан боғлиқлиги

Параметрлашдан фойдаланиб, биз $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, $\forall r_i \in [r_i]$, ўзгарувчилар синфи тўпламини олишимиз мумкин, бу ерда $[r_i] - \eta \geq 1$ реал интервал сонининг қиймати. Ишлашнинг беқарор режимларини каноник шаклда тасвирлаш мумкин:

$$\begin{aligned} \vec{x}(k+1) &= \vec{A}_1 \vec{x}(k) + \vec{B}_1 u(k); \\ \vec{y}(k) &= \vec{C}_1 \vec{x}(k) + \vec{D}_1 u(k); \\ \vec{x}(k_0) &= \vec{x}_0; \end{aligned} \quad (4)$$

бу ерда $\vec{x}(k) - v_1 - \vec{x}(k) \in X^{v_1}$ нуқсонга эга бўлган ўлчовли ҳолат ўзгарувчан вектори, $u(k) - v_2 - \vec{y}(k)$ ўлчовли бошқарув вектори, $y(k) \in U^{v_2}$; $\vec{y}(k) - v_3 - \vec{y}(k)$ ўлчанган кузатиш объекти, $\vec{y}(k) \in Y^{v_3}$; $\vec{A}_1, \vec{B}_1, \vec{C}, \vec{D}_1$ - мос келадиган ўлчамдаги матрица коэффициентлари $k=0, 1, 2, \dots$.

i -нуқсон синфи учун диагностика моделлари қуйидагича тавсифланиши мумкин:

$$\begin{aligned} \Delta x(k+1) &= G_1 \Delta x + [A_{r_i} \vec{y}(k) + B_{r_i} u(k)] \Delta r_i; \\ \Delta y(k) &= C \Delta x(k) + [D_{r_i} u(k) + F_{r_i}] \Delta r_i; \\ \Delta x(k_0) &= \vec{x}_0; \end{aligned} \quad (5)$$

бу ерда $\Delta x(k) = \vec{x}(k) - \vec{y}(k)$; $\vec{y}(k)$ - Луенбергер филтрлари ёрдамида олинган ўзгарувчан ҳолат қийматлари векторларини баҳолаш қиймати; $A_{r_i}, B_{r_i}, D_{r_i}, F_{r_i}$ - p_i параметри учун сезгирлик матрицаси; $\Delta r_i - r_{in}, r_{in}$ - синф ўзгарувчилари номинал қиймати.

Параметрик идентификациядан фойдаланган ҳолда нормал иш режимларининг маълум тузилишини шакллантиришда қуйидаги шаклдаги моделни куриш мумкин:

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k); \\ y(k) &= Cx(k); \\ x(k_0) &= x_0; \end{aligned} \quad (6)$$

A, B, C матритсасининг қиймати ва кириш $x(k)$ чиқиши $y(k)$ Луенбергер филтрлари ёрдамида $x(k_0)$ нинг жорий қийматларини олиш учун ишлатилиши мумкин.

Киришдан олинган Φ қийматлар топламнинг физик носозликлари қуйидаги қоида бойича қайта ишланади:

$$\begin{aligned} \Delta y(k) &= y(k) - y_i(k), \forall k, k \in T; \\ I_{ij} &= \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ бўлса } \sum_k |\Delta y_i(k)| \geq \delta_{j0}; \\ 0, \text{ бўлса } \sum_k |\Delta y_i(k)| < \delta_{j0}. \end{array} \right\} \end{aligned}$$

бу ерда T - вақт ичида маълум нуқталарнинг дискрет сигналларининг қўп қиймати; $\Delta y_j(k)$ - векторнинг j -координаталарининг қийматлари $\Delta y(k)$;

δ_{j0} - j-чи координата учун рухсат этилган ўзгаришларнинг чегаравий қиймати;

I_{ij} ўзгарувчиси тадқиқот натижасини носозликлар таъсири жадвали кўринишида кўрсатишга имкон беради. Ушбу жадвалда тест ва функционал режимлар учун $u(k)$ бошқарув таъсирларини шакллантириш керак. Бундай диагностика моделлари кузатувчанлик ва прогнозлаш муаммоларини ечишга имкон беради. Диагностика тизимининг математик моделини кўриб чиқишда, агар назорат қилиш объекти ўзгарувчисининг ўлчов қийматининг аниқлиги берилган бўлса, зарур диагностика эҳтимолини таъминлаш учун унинг кичик тўпламини аниқлаш керак, бунда хато белгиланган қийматдан ошмаслиги керак: $E < \alpha$. Металлга ишлов бериш ускунасининг иш режимларининг самардорлигини ошириш учун тесқари норавшан хулоса чиқариш усулидан фойдаланган ҳолда металлга ишлов бериш ускунасининг алоҳида бирликларини диагностика қилишнинг математик модели ишлаб чиқилган.

Носозлик матрицаси параметрларини ҳисоблашда:

$$M_{Q^{\circ T}} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,3 \\ 0,7 & 0,5 & 0,7 & 0,3 \\ 0,9 & 0,4 & 0,5 & 0,3 \\ 0,9 & 0,3 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix}.$$

Норавшан муносабат А, В тўплам билан берилган:

$$Q = \{ < a_i, b_j >, \mu_Q(< a_i, b_j >) \}, \quad (7)$$

Норавшан баёотлар таркибидан фойдаланиб, биз қуйидаги формулаларни қўллаймиз:

$$\mu_{w_2}(b) = \max_{a \in A} \{ \min \{ \mu_{w_1}(a), \mu_Q(< a, b >) \} \}, \quad (8)$$

$$\mu_{w_2}(b) = \max_{a \in A} \{ \mu_{w_1}(a) \cdot \mu_Q(< a, b >) \}, \quad (9)$$

Таркибий шартни ечиш учун биз қуйидаги ифодадан фойдаланамиз:

$$e_1^{\circ} M_Q = e_2 \quad (10)$$

Шундай қилиб, (10) шартдан фойдаланиб, киритилган норавшан тўпламлар учун норавшан муносабатни ифодалаш мумкин:

$$[e_{11} e_{12} e_{13} e_{14}] \circ \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 1 & 0,7 \\ 0,1 & 0,4 & 1 \\ 0,1 & 0,3 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{21} \\ e_{22} \\ e_{23} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Максимал ва мин композициялардан фойдаланиб, (11) шартни учта норавшан тенгламага айлантирамиз:

$$(1 \wedge e_{11}) \vee (0,2 \wedge e_{12}) \vee (0,1 \wedge e_{13}) \vee (0,1 \wedge e_{14}) = 0,1,$$

$$(0,2 \wedge e_{11}) \vee (1 \wedge e_{12}) \vee (0,4 \wedge e_{13}) \vee (0,3 \wedge e_{14}) = 0,3,$$

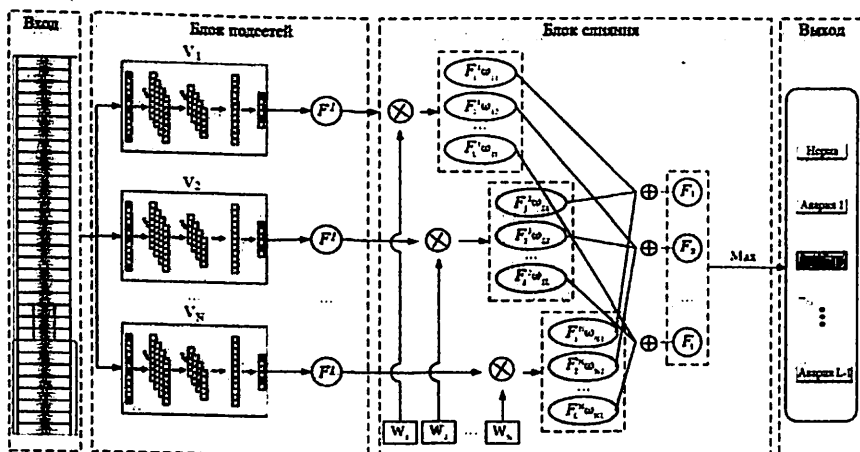
$$(0,5 \wedge e_{11}) \vee (0,7 \wedge e_{12}) \vee (1 \wedge e_{13}) \vee (1 \wedge e_{14}) = 0,9,$$

бу ерда \wedge - операция (мин) ва \vee - операция (макс);

Шунинг учун, металлга ишлов бериш ускуналарини диагностика қилиш масаласини ечиш учун $e_1 = (e_{11}; e_{12}; e_{13}; e_{14})$, норавшан сўз бўлади, унинг таркибий қисмлари қуйидаги шартларни қондиради: $e_{11} < 0,1; e_{12} < 0,3; e_{13} < 0,4$ ва $e_{14} = 0,9$. Шундай қилиб, бу муаммони ечиш a_4 электр

юритмаси нотўғри ишлашининг 4-қиймати "тиристор тўғри ишламаяпти" аниқлади.

Шундай қилиб, алоҳида блокни диагностика қилиш мисолида - металлга ишлов бериш ускуналарини етказиб бериш учун электр юритмаси, биз норавшан хулоса чиқаришининг тескари усулидан фойдаланган ҳолда (7)-(10) боғлиқликлари билан тузилган диагностиканинг математик моделини қўлладик. Олинган алгоритм ва математик модел АТМЕГА128 микропроцессорининг хотирасига C++ тилида ёзилган дастур коди шаклида ёзилади.



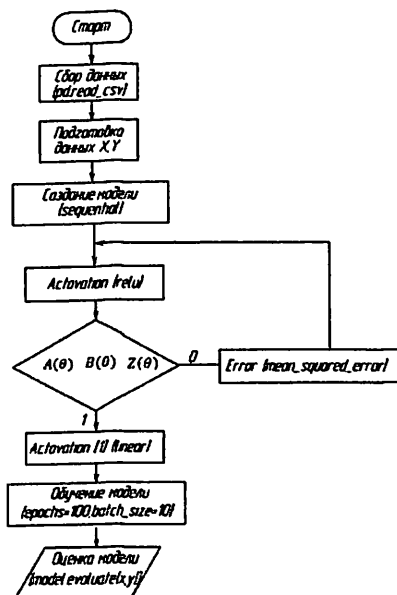
3-расм. Нейрон тармоқларга асосланган металлга ишлов бериш ускунасининг носозлигини аниқлаш алгоритми.

Бошқарув тизимларини интеллектуаллаштириш учун носозликларни аниқлаш нейрон тармоқлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин. Ушбу усул яхши аппарат ёрдамини талаб қилади ва металлга ишлов бериш ускунасининг самарадорлигини оширади. Ишда ўрганиш имконияти мавжуд бўлган нейрон тармоқдан фойдаланиш таклиф этилади. Тизим модели кириш қатлами, пастки тармоқ блоки, бирлашма блоқи ва чиқиш қатлаmidан иборат. Моделнинг киритилиши тебраниш сигналининг бир ўлчовли намунаси бўлиб ва пастки тармоқ блоки бир нечта оддий нейрон тармоқлардан иборат ҳамда бирлашма блоки пастки тармоқ блокларининг чиқишини оғирликлар матрицаси орқали оғирлик қилади. Шартлар металлга ишлов бериш ускуналарида тажрибалар билан тасдиқланган.

Учинчи бобда "Металга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларини кузатиш ва параметрларини диагностика қилиш учун дастурий-техник воситаларни ишлаб чиқиш" ноёб ва қимматбаҳо ускуналарни ишлатиш учун ресурсларнинг кўпайиши ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш учун зарур шарт-шароитларни таъминлайди. Бунга диагностик назоратнинг замонавий усуллари қўллаш орқали

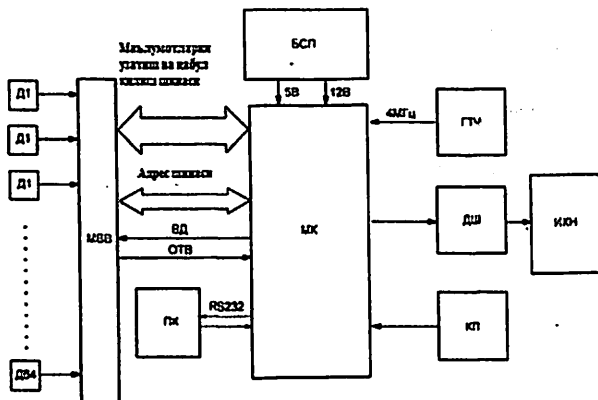
эришилади. Микропроцессорни бошқариш ва диагностика тизимини ишлаб чиқишда қуйидаги босқичлар бажарилади:

1. Мониторинг ва диагностика тизимига қўйиладиган талабларни расмийлаштириш зарур.
2. Мониторинг ва диагностика тизимининг структурвий-архитектура қурилиши ишлаб чиқилади.
3. Дастурий таъминот ва аппарат воситалари ишлаб чиқилади ва тайёрланади.
4. Қурилманинг дастурини текшириш ва синаб кўриш.



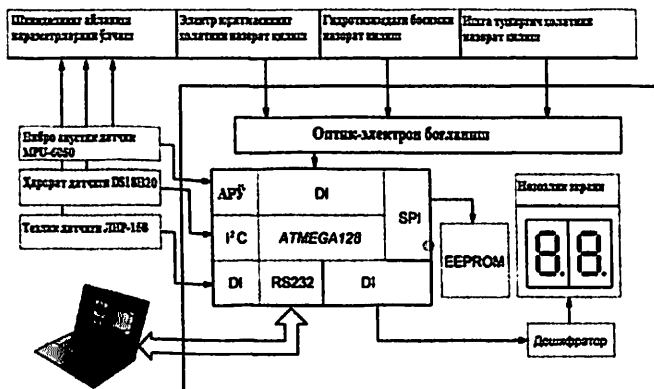
4-расм. Нейрон тармоқларда шпиндел тезлигини ўлчаш ва бошқариш учун дастурий таъминот алгоритми.

Тизим ишлашининг тўғрилигини назорат қилиш учун тизимни моделлаштириш ишлаб чиқишнинг барча даражаларида амалга оширилади ва ишлаб чиқилган моделни синовдан ўтказиш орқали текширилади. Назоратни расмийлаштириш қарор қабул қилиш ва камчиликларни аниқлаш учун эксперт таҳлилни талаб қилади. Синов дастури тизимни тузатиш муддатини қисқартириш, шунингдек, дастурга ўзгартиришлар киритиш имконини беради. Хатоликлар аниқланган тақдирда, тизимнинг ишлашига тузатиш киритиш учун асл манбани маҳаллийлаштириш мумкин бўлиши мумкин. Шундай қилиб, масалан, тизим нотўғри ишлаган тақдирда, дастурнинг дастур кодида тузатиш киритилади.

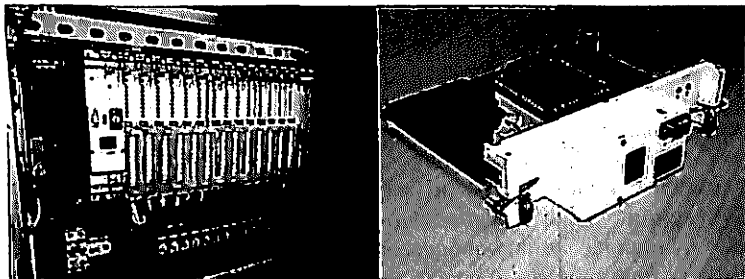


5-расм. Иш режимларини кузатиш ва металлга ишлов бериш ускунасининг параметрларини диагностика қилиш учун ишлаб чиқилган микропроцессор тизимининг структуравий схемаси.

“Металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини кузатиш ва диагностика қилиш учун ишлаб чиқилган микропроцессор тизимини экспериментал тадқиқотлар ва синовдан ўтказиш натижалари” тўртинчи бобида диссертация ишланмаларини амалиётга тадбиқ этишдан техник жорий этиш ва техник-иқтисодий самарадорлик масалалари кўриб чиқилди. Функционал ва схематик схемалар тавсифланган, микропроцессор технологияси асосида металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларини кузатиш ва параметрларини диагностика қилиш тизими таклиф этилган.

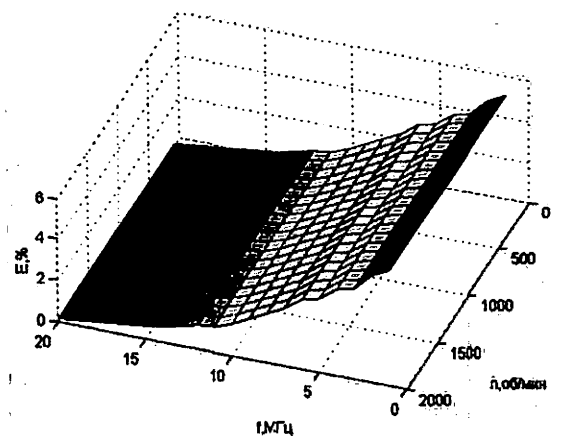


6-расм Металлга ишлов бериш ускунасининг иш режимларини кузатиш ва диагностика параметрларини аниқлаш учун микропроцессор тизимининг структуравий схемаси.



7-расм. Иш режимларини кузатиш ва металлга ишлов бериш ускунасининг параметрларини диагностика қилиш учун ишлаб чиқилган микропроцессор тизимининг кўриниши.

8-расмда Матлаб пакетидаги дастурий ҳисоблашлар асосида уч ўлчовли модели хатоликнинг ўлчов даврига боғлиқлигини кўрсатилган, энг катта хатолик паст тезликда содир бўлади. Ўлчов даврининг камайиши билан электр юритмасидаги динамик хатоликнинг пасайиши содир бўлади.



8-расм. Матлаб пакетидаги дастурий ҳисоблашлар асосида уч ўлчовли модели

Металлга ишлов бериш ускуналарининг иш режимларини кузатиш ва параметрларини диагностика қилиш учун микропроцессор тизими Атмега 128 микроконтроллери асосида ишлаб чиқилган бўлиб, у шпинделни йиғиш ва узатмаларнинг иш режимларини бевосита бошқариш, диагностика қилинган параметрлар даражасини интеллектуал усуллар ёрдамида ўлчаш имконини беради.

ХУЛОСА

“Металлга ишлов бериш - ускуналарининг иш режимларининг самарадорлигини ошириш учун назорат ва диагностика тизимларини интеллектуаллаштириш” мавзусидаги диссертация материаллари асосида қуйидаги илмий натижалар олинди:

1. Металлга ишлов берувчи асбоб-ускуналарнинг техник ҳолати ва параметрларини ўлчаш имкониятини баҳолаш усуллари таҳлил қилинган. Маълум бўлишича, микропроцессорли тизимлар ва сунъий интеллект усулларини биргаликда қўллаш металлга ишлов бериш ускунасининг характеристикалари барқарорлиги ва иш режимларининг самарадорлигини таъминлаш имконини беради.

2. Мониторинг ва бошқариш тизимларини интеллектуаллаштириш масалаларини ечишда иш режимларининг ишончилиги ва самарадорлигини таъминлаш учун металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини диагностика қилиш алгоритмлари ишлаб чиқилган.

3. Кириш ахборот маълумотларининг ноаниқлиги шароитида матрица функциялари асосида металлга ишлов бериш ускуналари параметрларини кузатиш ва диагностика қилишнинг математик моделлари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган.

4. Тескари норавшан-манتيкий хулосалар асосида металлга ишлов бериш ускуналарининг алоҳида бирликларини диагностика қилиш учун математик моделлар ишлаб чиқилган бўлиб, улар мониторинг ва назорат тизимининг ишлашидаги носозликларни реал вақт режимида аниқлаш имконини беради.

5. Металлга ишлов бериш ускуналарининг ишончилигини, иш режимларининг самарадорлигини ва унумдорлигини ошириш учун электр узатмаларнинг тезлиги ва ҳолатини ўлчаш ва назорат қилиш тизимларини визуализация қилиш учун тескари норавшан хулосага асосланган дастурий-алгоритмик комплекс ишлаб чиқилган;

6. Металлга ишлов бериш ускуналарининг диагностик параметрларини алгоритмик визуализация қилиш ва иш режимларини кузатиш учун ишлаб чиқилган микропроцессор тизимининг прототиби яратилди ва 6М610, 6М310 металлга ишлов бериш ускуналари ва Fritz Heckert SZ16-15-05/15.2-7.1 металлга ишлов бериш марказида экспериментал тадқиқотлар ўтказилди.

7. Металлга ишлов бериш ускунасининг иш режимларини кузатиш ва диагностика параметрларини алгоритмик визуаллаштиришга мўлжалланган микропроцессор тизимининг намунаси ишлаб чиқариш шароитида тажриба синовидан ўтди ва йилига 378 994 280 сўм қутилаётган иқтисодий самара билан Навоий машинасозлик заводининг 2-сонли станоклар цехида фойдаланишга қабул қилинди. Иқтисодий самара ахборотнинг яхлитлиги ва ишончилигини ошириш, ресурсларни тежаш ва бошқарув тизимига техник хизмат кўрсатишни таъмирлаш харажатларини камайтириш орқали эришилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

САЙФУЛИН РАМИЛЬ РАШИДОВИЧ

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И
ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РЕЖИМОВ РАБОТ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

05.03.01 - Приборы. Методы измерения и контроля (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером №В2023.1.PhD/Т1615.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyounet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель: **Жумаев Одил Абдужалылович**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Гулямов Шухрат Маннопович**
доктор технических наук, профессор

Саттаров Хуршид Абдышукурович
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация: **Каршинский государственный
инженерно-экономический институт**

Защита диссертации состоится «15» 09 2023 года в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано за №332) (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: 246-03-41.)

Автореферат диссертации разослан «25» 08 2023 года
(протокол рассылки № 14 от «02» 08 2023 года)



И.Р.Юсупбеков
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

У.Ф.Мамиров
учёный секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., доцент

У.Т.Мухамедханов
Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире на сегодняшний день характерной тенденцией интеллектуализации систем контроля и управления, является переход на усовершенствованную микропроцессорную элементную базу, которая повышает эффективность и надежность работы металлообрабатывающего оборудования. Требования предъявляемые к качеству выпускаемой продукции, обусловлены необходимостью разработки микропроцессорных систем контроля и диагностики металлообрабатывающего оборудования, сочетающего по своей структуре новейшие методы и средства контроля с применением интеллектуальных методов анализа и обработки данных. Поэтому разработка микропроцессорной системы контроля и диагностики металлообрабатывающего оборудования является важной востребованной задачей.

В мире с целью повышения эффективности работы металлообрабатывающего оборудования ведутся научно-исследовательские работы по созданию микропроцессорных систем контроля и диагностики позволяющих получать информацию о технологических параметрах и отказах оборудования, а также по разработке алгоритмов функционирования системы и методов обработки сигналов полученных с датчиков. В связи с этим важной задачей является проведения научных исследований по разработке микропроцессорной системы контроля и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования, позволяющей обеспечить стабильную и бесперебойную работу оборудования, а также повышение качества и скорости обработки информации.

В республике реализуются комплексные системные меры по активному развитию цифровой экономики, широкому внедрению современных информационно-коммуникационных технологий во всех отраслях и звеньях, прежде всего, в государственном управлении, образовании, здравоохранении и сельском хозяйстве, а также внедрению измерительных систем. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, в том числе "...сокращение энерго- и ресурсоемкости экономики, внедрение энергосберегающих технологий в производство, повышение производительности труда в отраслях экономики, ... обеспечение внедрения инновационных разработок и технологий в технологические процессы экономики, производства продукции"¹. Реализация этих задач, в том числе повышение эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования за счет интеллектуализации систем контроля и диагностики, является одной из важных задач

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-3682 "О мерах по дальнейшему совершенствованию системы

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № 60 "О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы"

практической реализации инновационных идей, технологий и проектов” от 27 апреля 2018 года и УП-60 “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы” от 28 января 2022 года, в Постановлении ПП-4124 “О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли” от 17 января 2019 года, а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики IV. “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. В мире ведутся научно-исследовательские работы по решению задач повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования путем интеллектуализации систем контроля и диагностики во многих научных центрах и лабораториях высших учебных заведений: Berkeley, Los Angeles Massachusetts Institute of Technology (США), University of Munich, Automatisierung (Германия), The University of Edinburgh (Великобритания), Yaskawa Toshiba (Япония), Technion-Israel Institute of Technology (Израиль), Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана (Россия), Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (Швейцария), Erasmus University Rotterdam (Нидерланды) и Ташкентский государственный технический университет, Национальный метрологический университет (Узбекистан) и другие.

В решении проблемных задач исследований и создание устойчивых систем управления с новыми принципами обработки информации среди зарубежных ученых большой вклад внесли: J. R. Barnes², Н. W. Ott³, С. Plapous⁴, R. V. Snyder,⁵ А. Н. Кузнецов,⁶ А. О. Калита⁷ и др.

Из ученых нашей страны: Р.К.Азимов⁸, Ш.М.Гулямов⁹, Х.З. Игамбердиев¹⁰, П.Р.Исмагуллаев¹¹, Т.Д.Раджабов¹², Э.Улжаев¹³,

² Tuomi M., Hugh R. J., James S. J., Chris G., R. Paul B., Steve S. V., John R. B. “Signals embedded in the radial velocity noise-Periodic variations in the τ Ceti velocities”. *Astronomy and Astrophysics* 551 2013: A79.

³ Ott H. W. *Electromagnetic compatibility engineering*. John Wiley and Sons, 2011.

⁴ Plapous Cyril, Claude Marro, Laurent Mauuary and Pascal Scalart. “A two-step noise reduction technique.” In 2004 IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing, vol. 1, pp. 1-289. IEEE, 2004.

⁵ Snyder R. V., Macchiarella G., Bastioli S., Tomassoni C. 2021 Emerging trends in techniques and technology as applied to filter design. // *IEEE Journal of Microwaves*, 1, 2021 pp.317-344.

⁶ Кузнецов А. Н., и О. И. Поливаев. Перспективы использования систем активного шумоподавления. // *Вестник* 1 2010: С. 46.

⁷ Калита А. О., Шахайда В. М. Системы шумоподавления с адаптивным управлением. // In *Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2015*, С. 221-221.

⁸ Азимов Р. К., Шипулин Ю. Г., Азимов А. Р. Оптоэлектронный преобразователь перемещений // Патент № 1825977 А1 МПК G01B 21/00. № 4900902 07.07.1993

⁹ Юсупбеков Н. Р., Темербекова Б. М., Гулямов Ш. М. Современные информационные технологии в автоматизированных системах управления энергохозяйством промышленных предприятий // *Игашленные АСУ и контроллеры*, 2018. - № 12. - С. 3-9.

¹⁰ Igamberdiev H. Z., Kholodzhayev B. A. Algorithms for sustainable recovery of input influence on the basis of dynamic filtration methods // *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 2020 24(03).

¹¹ Исмагуллаев П. Р., Карлов А. В. Устройство для связи с объектом управления // Патент РФ № 1807586 А1 СССР, МПК H04Q 3/02.: 07.04.1993;

Ю.Г.Шипулин¹⁴, Н.Р.Юсупбеков¹⁵ и другие также внесли достойный вклад в разработку формальных методов и алгоритмов решения задач, связанных с измерительными системами, интеллектуализацией и моделированием математических задач измерительных приборов.

В последние годы требования к повышению эффективности режимов работ металлообрабатывающего оборудования значительно возросли, но вопросы повышения эффективности режимов работ за счет интеллектуализации систем контроля и диагностики не в полной мере изучены. В то же время недостаточное внимание уделялось созданию микропроцессорных систем контроля и диагностики, повышающих эффективность режимов работы металлообрабатывающего оборудования.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-технологического университета: И-2017-2-12 «Разработка и внедрение автоматизированных систем оптимизации и регулирования энергетических режимов дуговых сталеплавильных печей» (2017-2018г.г); 1/2021-МиМ «Модернизация плоскошлифовального станка Fritz Heckert SZ16-15-05/15.2-7.1»

Цель исследования является повышение эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования за счет интеллектуализации систем контроля и диагностики.

Задачи исследования:

разработка алгоритмов диагностирования параметров металлообрабатывающего оборудования для решения задач интеллектуализации систем контроля и управления;

разработка математических моделей и алгоритмы диагностики параметров узлов металлообрабатывающего оборудования обеспечивающие надежность и эффективности режимов работ комплекса в целом;

разработка программного и схемного решения интеллектуального контроля и диагностики металлообрабатывающего оборудования;

разработка программного алгоритмического комплекса на основе обратного нечеткого вывода для визуализации систем измерения и контроля скорости и положения электроприводов подач для повышения эффективности режимов работ металлообрабатывающего оборудования;

¹² Раджабов Т.Д., Рахимов Б.Н., Ларина Т.В. Оптоэлектронная информационная измерительная система для обнаружения и регистрации предразрушения элементов металлических конструкций. // Интерэкспо Гео-Сибирь, 5(1), 2011. pp.132-137.

¹³ Uljaev E., Narzullaev S. N., Erkinov, S. M. Increasing calibration accuracy of the humidity control measuring device of bulk materials. // Technical science and innovation, 2020(3), pp. 172-179.

¹⁴ Хамдамов Б. М., Шипулин Ю. Г., Абдураимов Ф. А., Холматов У. С. Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для контроля расхода воды в открытых каналах // Наука. Образование. Техника, 2015. – № 2(52). - С. 72-82.

¹⁵ Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Алиев Р.Р., Юсупбеков А.Н., Интеллектуальные системы управления и принятие решений - Ташкент: Издательство Национальной энциклопедии Узбекистана, 2015 - 572 с.

разработка микропроцессорной системы контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования.

Объектом исследования является микропроцессорная система контроля и диагностики с программными алгоритмами обратного нечеткого вывода и нейронных сетей для повышения эффективности режимов работ металлообрабатывающего оборудования.

Предметом исследования являются методы интеллектуализации и программные алгоритмы систем контроля и диагностики для повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования

Методы исследований. В процессе исследования использовались методы систематического анализа и оценки погрешности измерений при контроле и диагностике диагностических параметров металлообрабатывающего оборудования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны алгоритмы диагностирования параметров металлообрабатывающего оборудования, позволяющие обеспечить надежность и эффективность режимов работы при решении задач интеллектуализации систем контроля и управления;

разработаны математические модели и алгоритмы контроля и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования на основе матричных функций в условиях неопределенности входных информативных данных;

разработана программно-алгоритмический комплекс на основе обратного нечеткого вывода для визуализации систем измерения и контроля скорости и положения электроприводов подач для повышения эффективности режимов работ металлообрабатывающего оборудования;

разработан алгоритм микропроцессорной системы для контроля режимов работ с визуализацией диагностических параметров металлообрабатывающего оборудования.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны схемы, обеспечивающие интеллектуализацию систем контроля и диагностики на базе современных микропроцессоров способствующие повышению эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования;

разработаны алгоритмы и соответствующие им программы, реализующие процесс измерения и контроля скорости электроприводов металлообрабатывающего оборудования.

Достоверность результатов исследования. Достоверность полученных в исследовании результатов обосновывается соотношением результатов теоретических и экспериментальных исследований с использованием измерительных приборов, результатов теоретических расчетов и компьютерного моделирования исследований интерфейсных устройств и их согласованностью.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследования заключается в предложенных

методах повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования, за счет применения разработанных алгоритмов и соответствующих программ интеллектуализации систем контроля и диагностики.

Практическая значимость работы заключается в практической реализации разработанной микропроцессорной системы контроля режимов работы и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования, обладающей высоким быстродействием обработки измерительной информации.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по разработке интеллектуальных систем контроля и диагностики для повышения эффективности режимов работ металлообрабатывающего оборудования внедрены:

алгоритмы диагностирования параметров металлообрабатывающего оборудования внедрены в цеха МСЦ, ССЦ ПО «Навоийский машиностроительный завод (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 24 июля 2023 г. № 26.01-0-05/980). В результате обеспечивается надежность и эффективность режимов работы при решении задач интеллектуализации систем контроля и управления;

математические модели и алгоритмы контроля и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования на основе матричных функций в условиях неопределенности входных информативных данных внедрены в цеха МСЦ, ССЦ ПО «Навоийский машиностроительный завод (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 24 июля 2023 г. № 26.01-0-05/980). В результате повышена эффективность использования на металлообрабатывающего оборудования;

программно-алгоритмический комплекс на основе обратного нечеткого вывода для визуализации систем измерения и контроля скорости и положения электроприводов подач внедрен в цеха МСЦ, ССЦ ПО «Навоийский машиностроительный завод (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 24 июля 2023 г. № 26.01-0-05/980). В результате для повысилась эффективность режимов работ металлообрабатывающего оборудования;

микропроцессорная система контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования рассматриваемым технологическим процессом внедрена в цеха МСЦ, ССЦ ПО «Навоийский машиностроительный завод (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 24 июля 2023 г. № 26.01-0-05/980). В результате стабилизируются технологические режимы протекания процесса и повышена эффективность функционирования оборудования и промышленных установок.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены на 2 международной и 2 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По результатам выполненных исследований опубликованы 17 научных работ, из них 10 научных статей, в том числе 2 республиканская и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных ВАК РУз для публикации основных научных результатов, получено 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений и содержит 120 страницу машинописного текста, 40 рисунков и 9 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, раскрываются цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет исследования, показывается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, отражается внедрение в практику результатов исследования, приводятся сведения об опубликованных работах и о структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Анализ состояния вопроса интеллектуализации и методов повышения эффективности режимов работ в металлообрабатывающем оборудовании» приводится краткий литературный обзор научно-исследовательских работ, посвященных интеллектуализации систем контроля и управления для повышения эффективности режимов работ металлообрабатывающего оборудования.

На сегодняшний день одним из перспективных направлений развития современных систем контроля, сбора, обработки информации и управления является их интеллектуализация, что существенно расширяет возможности металлообрабатывающего оборудования и придает возможность изменения режимов ее работы в соответствии с алгоритмом функционирования и постоянно изменяющихся условий работы. На современном этапе развития приборостроения является актуальным применение в качестве вычислительных устройств микропроцессоров и микропроцессорных систем для измерения, контроля и диагностики параметров технологического оборудования, которые сегодняшний день принято называть интеллектуальными. Подобные системы позволяют расширить функциональные возможности устройства, и способствует улучшению его технических характеристик.

Таким образом, интеллектуализация в системах контроля металлообрабатывающим оборудованием обеспечивает:

- 1) Анализ параметров на максимальное и минимальное значение;
- 2) Вычисление в соответствии с заданным алгоритмом;
- 3) Корректировку значений характеристик для повышения точности измерительных устройств;
- 4) Самодиагностику и тестирование входных и выходных портов устройства;

5) Стабилизацию и программный контроль режимных параметров металлообрабатывающего оборудования.

Для контроля и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования применяются различные подходы. Так как в металлообрабатывающем оборудовании используется большое количество элементов и узлов, то возможным будет представить данный объект в виде множества:

$$\sum M = (M_1, M_2, M_3 \dots M_n), \quad (1)$$

где n – число диагностируемых элементов и узлов.

Таблица 1

Перечень задач и функциональные свойства интеллектуализации.

Задачи	Функция	Функциональные свойства
Задача измерения	f_i	это основной процесс для определения смысл технических или технологического параметра
Задача диагностики	f_d	динамический процесс для определения неисправности в системах контроля параметров.
Задача мониторинга	f_m	динамическая непрерывная интерпретация измерительных данных в реальном масштабе времени и выдачи сигналов
Задача прогнозирования	f_p	предсказание на основы анализа прошлых и текущих базы событий будущих действий
Задача отладки	f_o	процесс получения рекомендаций по устранению текущих сбояв и неполадкой в работе системы
Задача планирования	f_{pl}	процесс конструирования планов, определяющих будущие состояния системы.
Задача проектирования	f_{pr}	составление структуру спецификаций для создания объектов с заранее определенными свойствами
Задача отладки и ремонта	f_r	разработка специальных рекомендаций по устранению ожидаемых неисправностей
Задача обучения	f_l	комплекс мероприятий по диагностики, интерпретации, планирования и по проектированию
Задача управления	f_u	комплекс мероприятий по решениям задач: интерпретации, прогнозирования планирования, моделирования, задачи оптимизации выработанных решений, и задач по мониторингу.

В данном случае для оценки технического состояния металлообрабатывающего оборудования можно охарактеризовать систему контроля в виде определения диагностического признака отдельных элементов и узлов:

$$M_n = (F_1, F_2, F_3 \dots F_n), \quad (2)$$

где M_n – диагностируемые элементы и узлы, F - совокупность диагностических признаков.

Основополагающим нормативным документом для систем контроля и диагностики металлообрабатывающего оборудования является международный стандарт ИСО 17359:2011, устанавливающий рекомендации по реализации программы контроля и диагностирования (систем мониторинга) оборудования.

В процессе диагностирования параметров металлообрабатывающего оборудования применяются разные виды датчиков, зависящие от временных параметров - $X\{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)\}$. Такие параметры являются индикаторами, которые определяют вид неисправности.

Таким образом, в результате диагностирования металлообрабатывающего оборудования, также необходимо определить степень влияния исправности на его выходные параметры, которая описывается функциональной зависимостью $Y = F(X)$, где показатель технического состояния имеет количественный характер.

Таким образом, необходимо произвести сравнение выбранного показателя технического состояния с его выходным параметром и установить показатель регламентированного интервала ($Y \in [Y_0; Y_{max}]$).

Во второй главе «Разработка математических моделей для повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования при решении задач интеллектуализации» излагаются основы разработки математических моделей для повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования посредством контроля режимов работы и диагностирования параметров на основе интеллектуальных методов нечеткой логики и нейронных сетей.

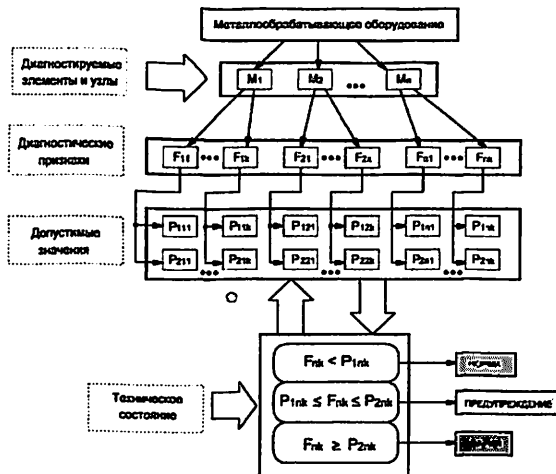


Рис.1. Структурная модель диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования.

Математическая модель диагностики технического состояния сложной технической системы, где $F = \{f_i\}_{i=1}^{N_p}$ и $S = \{s_j\}_{j=1}^{N_s}$ позволяет определить

множество всевозможных отказов в работе системы. В этом случае возможно многозначное отображение:

$$\varphi : S \rightarrow F \quad (3)$$

из которого составляется матрица диагностики (табл. 2), которая отражает всевозможные отказы системы принимая логический вид (0,1).

Применяя табл.1 возможно создание продукционной модели следующего вида:

If s2 is True AND s3 is True THEN f4 is True.



Рис.2. Функциональная схема взаимосвязи неисправностей узлов влияющих на режимы работы металлообрабатывающего оборудования.

Табл.1.

Матрица диагностики.

С/Ф	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	...	$\phi_{нф}$
C_1	0	0	1	1	...	0
C_2	1	1	1	0	...	1
C_3	1	0	0	1	...	0
...
$C_{нз}$	1	0	1	0	...	1

Модель данного типа определяет одиночные неисправности в системе. Используя различные методы диагностирования можно решать задачи диагностики. Для решения задач диагностики, где необходимо формирование классов всевозможных дефектов математические модели: кусочно-линейные дифференциальные и кусочно-линейные динамические. В результате параметризации множество $F = \{f_1, f_2, \dots, f_i\}$, где r_i - физическая неисправность. Используя параметризацию можем получить множество переменных классов $R = \{r_1, r_2, \dots, r_\eta\}$, $\forall r_i \in [r_i]$, где $[r_i]$ - значение вещественного интервального числа $\eta \geq 1$. Нестабильные режимы работы можно описать в виде канонической формы:

$$\begin{aligned} \vec{x}(k+1) &= \vec{A}_1 \vec{x}(k) + \vec{B}_1 u(k); \\ \vec{y}(k) &= \vec{C}_1 \vec{x}(k) + \vec{D}_1 u(k); \\ \vec{x}(k_0) &= \vec{x}_0; \end{aligned} \quad (4)$$

где $\vec{x}(k) - v_1$ - мерный вектор переменного состояния, имеющий дефект $\vec{x}(k) \in X^{v_1}$; $u(k) - v_2$ - мерный вектор управляющего воздействия, $y(k) \in U^{v_2}$; $\vec{y}(k) - v_3$ - мерный объект наблюдений, $\vec{y}(k) \in Y^{v_3}$; $\vec{A}_1, \vec{B}_1, C, \vec{D}_1$ - коэффициенты матрицы соответствующей размерности $k=0, 1, 2, \dots$

Диагностические модели для u -го класса дефекта можно описать в виде:

$$\begin{aligned} \Delta x(k+1) &= G_1 \Delta x + [A_{r_i} \vec{y}(k) + B_{r_i} u(k)] \Delta r_i; \\ \Delta y(k) &= C \Delta x(k) + [D_{r_i} u(k) + F_{r_i}] \Delta r_i; \\ \Delta x(k_0) &= \vec{x}_0; \end{aligned} \quad (5)$$

где $\Delta x(k) = \vec{x}(k) - \vec{y}(k)$; $\vec{y}(k)$ - значение оценки векторов переменных значений состояния, получаемые с помощью фильтров Льюенбергера; $A_{r_i}, B_{r_i}, D_{r_i}, F_{r_i}$ - матрица чувствительности для параметра r_u ; $\Delta r_i - r_{in}, r_{in}$ - номинальное значение переменных классов

При формировании известной структуры штатных режимов функционирования с использованием параметрической идентификации можно построить модель следующего вида:

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k); \\ y(k) &= Cx(k); \\ x(k_0) &= x_0; \end{aligned} \quad (6)$$

Значение матрицы A, B, C , и входные $x(k)$ выходные $y(k)$ можно использовать для получения текущих значений $x(k_0)$ с использованием фильтров Льюенбергера.

Физические неисправности множеств Φ значение, которые получены с входа обрабатываются, по следующему правилу:

$$\begin{aligned} \Delta y(k) &= y(k) - u_y(k), \forall k, k \in T; \\ I_{ij} &= \begin{cases} 1, \text{ при } \sum_k |\Delta y_i(k)| \geq \delta_{j_0}; \\ 0, \text{ при } \sum_k |\Delta y_i(k)| < \delta_{j_0}. \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

где T - множественное значение дискретных сигналов определенных моментов времени; $\Delta y_j(k)$ - величины j -й координат вектора $\Delta y(k)$; δ_{j_0} - пороговое значение допустимой изменений для j -й координаты;

Переменная I_{ij} позволяет отобразить результат исследования в виде таблицы влияния неисправностей. В данной таблице необходимо сформировать управляющие воздействия $u(k)$ для тестового и функционального режима. Подобные модели диагностики позволят решить задачи наблюдаемости и прогнозирования. При рассмотрении математической модели системы диагностики, если заданы точность измерительного значения переменной объекта контроля, требуется определить ее подмножество для обеспечения необходимой вероятности диагностики, где ошибка не должна превышать заданного значения: $E < \alpha$.

Для повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования разработана математическая модель диагностирования отдельных узлов металлообрабатывающего оборудования с применением метода обратного нечетко-логического вывода.

При вычисления параметров матрицы неисправностей:

$$M_{Q^{\circ T}} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,3 \\ 0,7 & 0,5 & 0,7 & 0,3 \\ 0,9 & 0,4 & 0,5 & 0,3 \\ 0,9 & 0,3 & 0,5 & 0,3 \end{bmatrix}.$$

Нечеткое отношение задается посредством множества A, B :

$$Q = \{ \langle a_i, b_j \rangle, \mu_Q(\langle a_i, b_j \rangle) \}, \quad (7)$$

Используя композицию нечетких высказываний применим следующие формулы:

$$\mu_{w_2}(b) = \max_{a \in A} \{ \min \{ \mu_{w_1}(a), \mu_Q \langle a, b \rangle \} \}, \quad (8)$$

$$\mu_{w_2}(b) = \max_{a \in A} \{ \mu_{w_1}(a) \cdot \mu_Q \langle a, b \rangle \}, \quad (9)$$

Для решения композиционного условия используем выражение:

$$e_1 \circ M_Q = e_2 \quad (10)$$

Таким образом, используя условие (10) можно представить нечеткое отношение для введенных нечетких множеств:

$$[e_{11} e_{12} e_{13} e_{14}] \circ \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,5 \\ 0,2 & 1 & 0,7 \\ 0,1 & 0,4 & 1 \\ 0,1 & 0,3 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{21} \\ e_{22} \\ e_{23} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Используя max и min композиции, произведем преобразование условия (11) к трем нечетким уравнениям:

$$(1 \wedge e_{11}) \vee (0,2 \wedge e_{12}) \vee (0,1 \wedge e_{13}) \vee (0,1 \wedge e_{14}) = 0,1,$$

$$(0,2 \wedge e_{11}) \vee (1 \wedge e_{12}) \vee (0,4 \wedge e_{13}) \vee (0,3 \wedge e_{14}) = 0,3,$$

$$(0,5 \wedge e_{11}) \vee (0,7 \wedge e_{12}) \vee (1 \wedge e_{13}) \vee (1 \wedge e_{14}) = 0,9,$$

где \wedge - операция (мин) и \vee - операция (max);

Следовательно, для решения задачи диагностики металлообрабатывающего оборудования будет являться нечеткое слово $e_1 = (e_{11}; e_{12}; e_{13}; e_{14})$, компоненты которого будут удовлетворять следующим условиям: $e_{11} < 0,1$; $e_{12} < 0,3$; $e_{13} < 0,4$ и $e_{14} = 0,9$. Таким образом, решением данной задачи является 4-е значение a_4 неисправность электропривода «не исправен тиристор».

Таким образом на примере диагностики отдельного узла электропривода подачи металлообрабатывающего оборудования мы применили математическую модель диагностики, сформированную зависимостями (7) ÷ (10) с использованием обратного метода нечетко-логического вывода. Полученный алгоритм и математическая модель записана в память микропроцессора АТМЕГА128 в виде программного кода написанного на языке C++.

Для интеллектуализации систем контроля определение неисправности можно осуществлять с использованием нейронных сетей. Данный метод требует лучшей аппаратной поддержки и увеличивает эффективность режимов работы металлообрабатывающего оборудования. В работе предлагается использование нейронной сети с возможностью обучения. Модель системы состоит из входного уровня, блока подсети, блока слияния и выходного уровня. Вход модели представляет собой одномерную выборку сигнала вибрации, а блок подсети состоит из нескольких простых нейронных сетей, а блок объединения взвешивает выходные данные блоков подсети

через матрицу весов. Условия проверяются экспериментами на металлообрабатывающем оборудовании.

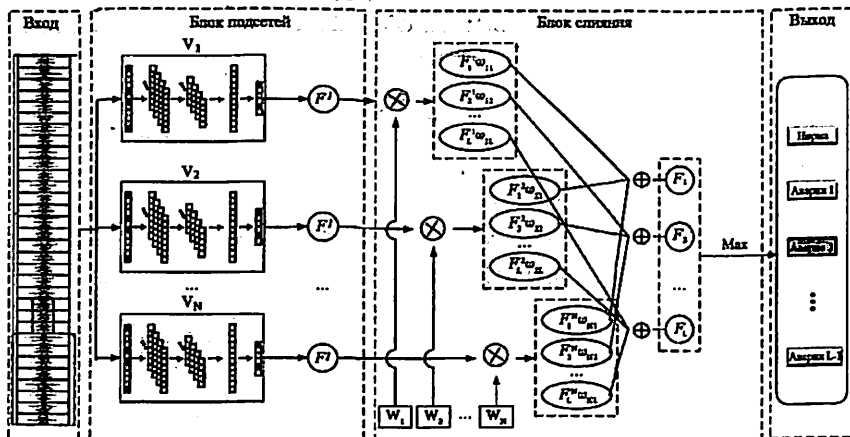
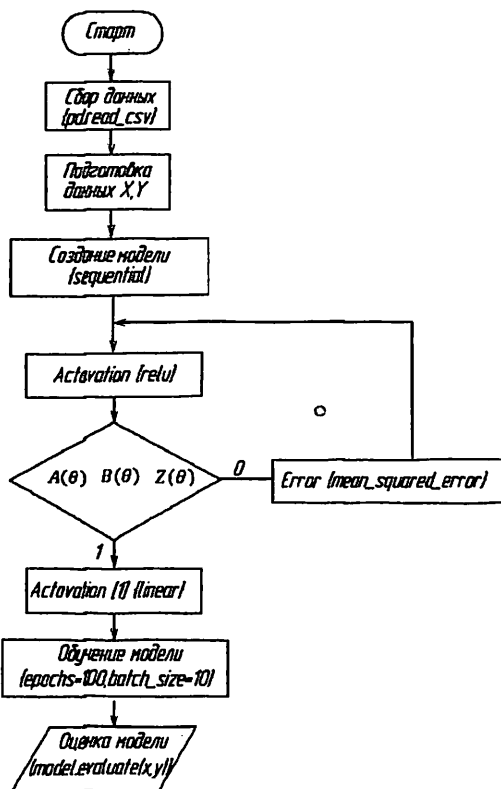


Рис. 3. Структурный алгоритм обнаружения неисправности металлообрабатывающего оборудования на основе нейронных сетей.



В третьей главе «Разработка программно-аппаратных средств контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования» Увеличение ресурсов эксплуатации уникальных и дорогостоящих оборудований обеспечивает необходимые условия повышения эффективности производства. Достигается это посредством применения современных методов диагностического контроля.

Рис.4. Программный алгоритм измерения и контроля скорости вращения шпинделя на нейронных сетях.

При разработке микропроцессорной системы контроля и диагностики выполняются следующие этапы:

1. Необходима формализация требований к системе контроля и диагностики.
2. Разрабатывается структурное и архитектурное построения системы контроля и диагностики.
3. Разрабатываются и изготавливаются программно-аппаратные средства.
4. Производится отладка и испытания устройства.

Разработанная микропроцессорная системе контроля и диагностики использует следующие методы контроля: верификация, моделирование и тестирование.

С целью контроля корректности работы системы, моделирование системы производится на всех уровнях разработки и проверки разработанной модели методом тестирования. Формализация контроля требует, анализа эксперта для принятия решения и выявления дефектов. Тестовая программа позволяет сократить длительность отладки системы, а также вносить изменения в программе. В случае обнаружения ошибок, возможно, будет локализовать первоисточник, для введения коррекции в работе системы. Так, например, в случае неисправности системы будет внесена коррекция в программном коде программы.

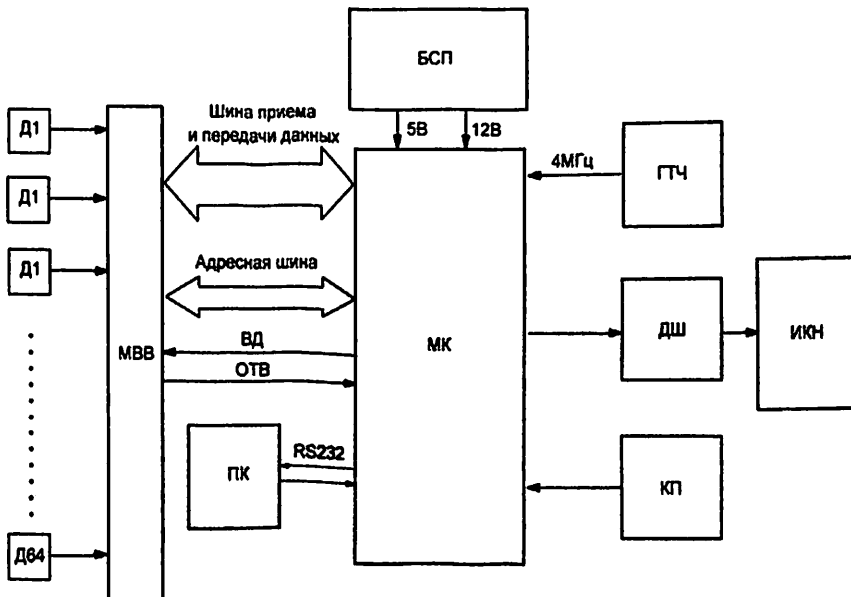


Рис.5 Структурная схема разработанной микропроцессорной системы контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования

В четвёртой главе «Результаты экспериментальных исследований и испытаний разработанной микропроцессорной системы контроля и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования» рассмотрены вопросы технической реализации и технико-экономической эффективности от внедрения разработок диссертации. Описаны функциональная и принципиальная схемы и предложена система контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования на базе средств микропроцессорной техники.

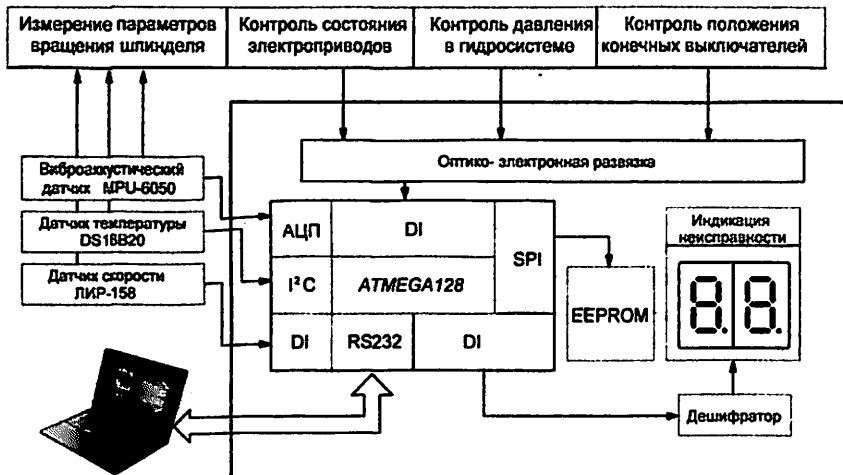


Рис.6 Функциональная схема микропроцессорной системы контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования.

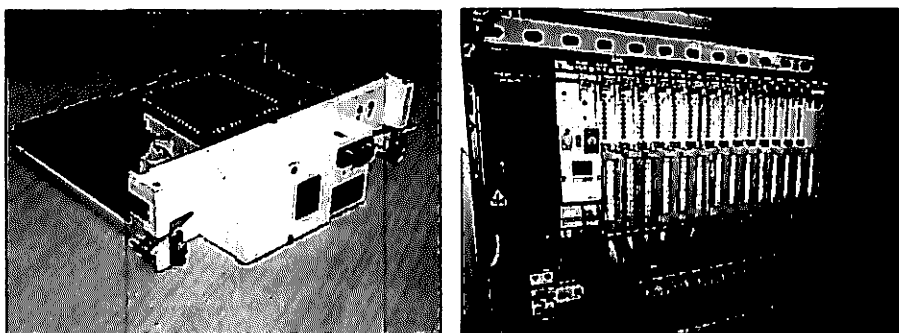


Рис.7. Внешний вид разработанной микропроцессорной системы контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования.

На основе программных вычисления в пакете Матлаб создана трехмерная модель рис. 8, которая показывает зависимость погрешности от периода измерения причем наибольшая погрешность проявляется на малых скоростях. С уменьшением периода измерения происходит снижение динамической ошибки в электроприводе.

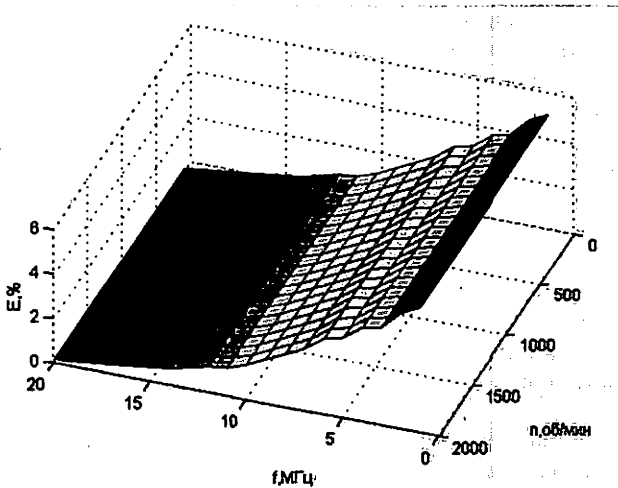


Рис. 8 Трехмерная модель в пакете Матлаб

Микропроцессорная система контроля режимов работ и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования спроектирована на базе микроконтролера Атмега 128 позволяет производить непосредственный контроль режимов работы шпиндельного узла и подачи, производить измерение уровней диагностируемых параметров с использованием интеллектуальных методов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По материалам диссертации на тему: «Интеллектуализация систем контроля и диагностики для повышения эффективности режимов работы металлообрабатывающего оборудования» получены следующие научные результаты:

1. Проанализированы методы оценки технического состояния, и измеримости параметров металлообрабатывающего оборудования выявлены, что совместное использование микропроцессорных систем и методов искусственного интеллекта, позволяет обеспечить стабильность характеристик и эффективность режимов работы металлообрабатывающего оборудования.

2. Разработаны алгоритмы диагностирования параметров металлообрабатывающего оборудования, позволяющие обеспечить надежность и эффективность режимов работы при решении задач интеллектуализации систем контроля и управления.

3. Разработаны математические модели и алгоритмы контроля и диагностики параметров металлообрабатывающего оборудования на основе матричных функций в условиях неопределенности входных информативных данных.

4. Разработаны математические модели диагностирования отдельных узлов металлообрабатывающего оборудования на основе обратного нечетко-логического вывода, позволяющей в режиме реального времени определять неисправности в работе системы контроля и управления

5. Разработана программно-алгоритмический комплекс на основе обратного нечеткого вывода для визуализации систем измерения и контроля скорости и положения электроприводов подач для повышения надежности, эффективности режимов работ и производительности металлообрабатывающего оборудования;

6. Изготовлен опытный образец разработанной микропроцессорной системы для контроля режимов работ и с алгоритмической визуализацией диагностических параметров металлообрабатывающего оборудования, и проведены экспериментальные исследования на металлообрабатывающих оборудованьях 6М610, 6М310 и металлообрабатывающем центре Fritz Neckert SZ16-15-05/15.2-7.1

7. Изготовленный опытный образец микропроцессорной системы для контроля режимов работ и с алгоритмической визуализацией диагностических параметров металлообрабатывающего оборудования, прошел опытно-промышленную испытанию в производственных условиях и принята к эксплуатацию в станкостроительном цехе №2 Навоийского машиностроительного завода с ожидаемым экономическим эффектом 378 994 280 сум в год. Экономический эффект получен за счет повышения целостности и достоверности информации, ресурсосбережения и снижения затрат на ремонт обслуживания системы управления.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY

SAYFULIN RAMIL RASHIDOVICH

**INTELLECTUALIZATION OF CONTROL AND DIAGNOSTIC
SYSTEMS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATION
MODES OF METALWORKING EQUIPMENT**

05.03.01 - Devices. Methods of measurement and control (technical sciences)

ABSTRACT
of the dissertation for the doctor of philosophy
(PhD) on technical sciences

Tashkent - 2023

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2023.1.PhD/T1615.

The dissertation has been prepared at Navoi state university of mining and technology.

The Abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of the Scientific Council (www.tdtu.uz) and on the Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Jumaev Odil Abduljalilovich**
doctor of technical science, associative professor

Official sponsors: **Gulyamov Shuhrat Mannopovich**
doctor of technical science, professor
Sattarov Khurshid Abdirashidovich
candidat of technical science, professor

Leading organization: **Karsbi state engineering
and Economic Institute**

Defense of dissertation will take place in «4» 09 2023 at 12⁰⁰ o'clock the meeting of scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.02 at the Tashkent state technical university (Address: 100095, Tashkent city, Street. University 2. Tel./fax: (+99871) 246-46-00; (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 337). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 207-14-70).

Abstract of dissertation sent out on «05» 08 2023 year.
(mailing report № 14, on «02» 08 2023 year).



N.R. Yusupbekov
Chairman of the Scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

U.F. Mamirov
Scientific secretary of Scientific council,
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, associative professor

U.T. Muxamedxanov
Chairman of the Scientific Seminar
under the Scientific council awarding of scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is increasing the efficiency of metalworking equipment operation modes due to the intellectualization of control and diagnostic systems.

The object of the research work a microprocessor control and diagnostics system with software algorithms for reverse fuzzy inference and neural networks to improve the efficiency of metalworking equipment operating modes.

Scientific novelty of the research work is as follows:

algorithms for diagnosing the parameters of metalworking equipment have been developed to ensure the reliability and efficiency of operating modes when solving problems of intellectualization of monitoring and control systems;

developed mathematical models and algorithms for monitoring and diagnosing the parameters of metalworking equipment based on matrix functions under conditions of uncertainty of input informative data;

developed a software-algorithmic complex based on reverse fuzzy inference for visualization of systems for measuring and controlling the speed and position of feed electric drives to improve the efficiency of the modes of operation of metalworking equipment;

an algorithm of a microprocessor system has been developed to control operating modes with visualization of diagnostic parameters of metalworking equipment.

Implementation of the research results. Based on scientific income, results on intelligent systems and diagnostics increased efficiency of metalworking equipment operating modes:

Algorithms for diagnosing the parameters of metalworking equipment (JSC NMMP July 24,2023 26.01-0-05/980).As a result,the reliability and efficiency of operating modes are revealed when solving the problems of intellectualization of monitoring and control systems;

Mathematical models and algorithms for monitoring and diagnosing metalworking equipment based on matrix functions were implemented under the conditions of information uncertainty introduced at the NMBP (NMMP JSC,July 24,2023 26.01-0-05/980).As a result,the efficiency of using metalworking equipment has increased;

A software-algorithmic complex based on inverse logic inference for identifying systems for measuring and controlling the speed and positions of electric drives was introduced at the NMBP (NMMP JSC, 2023 July24 26.01-0-05/980).As a result, the efficiency of the operating modes of metalworking equipment has increased;

Microprocessor control system and diagnostic metalworking equipment introduced at the NMBP(NMMP JSC,July 24,2023 26.01-0-05/980).As a result,the efficiency of the operating modes of metalworking equipment has increased.

Structure and size of the dissertation. The dissertation consist of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛМАНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Jumaev O.A., Sayfulin R.R. Developing mathematical models of diagnostic systems for technological equipment under uncertainty // J. "Chemical technology. Control and Management". 4-5/2022. PP. 148-152 (05.00.00; №12)

2. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р. Микропроцессорная система контроля и управления с нечеткой обработкой информации в металлообрабатывающем станке // Ж: "Горный Вестник Узбекистана" №2(89) 2022. –С. 111-113 (05.00.00; №7)

3. Jumaev O. A., Sayfulin R. R., Ismailov M.T., Mahmudov G.B. Methods and algorithms for investigating noise and errors in the intelligent measuring channel of control systems // Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1679, 05-Issue 2020. doi:10.1088/issn.1742-6596 Online ISSN: 1742-6596. PP. 1-6. (3,Scopus, IF=0,547)

4. Jumaev O.A., Sayfulin R.R., Nazarov J.T., Ismailov M.T., Mahmudov G.B. Schematic and algorithmic methods of elimination influence of interference on accuracy of intellectual interfaces of the technological process // Journal of Physics: Conference Series Vol. 1679, 04-Issue 2020. PP. 1-7 doi:10.1088/issn.1742-6596. (3,Scopus, IF=0,547)

5. Jumaev O.A., Sayfulin R.R., Samadov A.R., Jumaboev E.O., Digital control systems for asynchronous electrical drives with vector control principle / «MIP: Engineering-2020 - Modernization, Innovations, Progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering». 16-18 April, 2020. Krasnoyarsk, Russia. PP. 1-6. 10.1088/1757-899X/862/3/032054 (3,Scopus, IF=0,547)

6. Jumaev O.A., Sayfulin R. R., Khalilov U.I. Optimization of Electric Modes of Modern Arc Steel-Smelting Furnaces with Static Thyristor Compensator // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, Issue 9, September 2019. PP. 10718-10723. (05.00.00; № 8)

II бўлим(II часть; II part)

7. Sayfulin R.R. Intellectualization of Control Systems of a Metal-cutting Machine using Optoelectronic Sensors // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 9, Issue 6 , June 2022.

8. Jumaev O.A., Sayfulin R. R., Shermurodova M.F., Arziyev E. I. Algorithmic methods for increasing themetrological characteristics of information-measuring systems// SCIREA Journal of Physics. August 23, 2022 Vol. 7, Issue 5, October 2022. PP. 160-168. <https://doi.org/10.54647/physics14479>

9. Сайфулин Р.Р. Приборы и средства активного контроля размеров деталей в металлообрабатывающем оборудовании// Международный журнал:

UNIVERSUM Технические науки №12(93) декабрь 2021. –С. DOI - 10.32743/UniTech.2021.93.12.12863

10. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р. Анализ методов интеллектуализации систем управления металлообрабатывающего оборудования // Международный журнал: UNIVERSUM Технические науки, №5(86), май 2021. –С. Doi-10.32743/UniTech2021.86.5.11820

11. Жумаев О.А., Карпович Д.С., Сайфулин Р.Р., Исмаилов М.Т., Математические методы вычисления и определения помехоустойчивости аналоговых модулей интерфейсных систем / Международной научно-технической конференции «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы». Навои, 27-28 октября 2022 г. –С.432-433.

12. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Самадов Р.А. Методы разработки оптимального интерфейса цифровых систем управления технологическим процессом / Международной научно-технической конференции «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса», г. Навои, Узбекистан, 22 -23 ноября 2018 года. –С. 342.

13. Сайфулин Р.Р., Халилов У.И., Исмаилов М.Т., Абдужалилов А.О., Расчет и анализ несимметричных режимов работы дуговых сталеплавильных печей / Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», Навои, 15-16 ноября 2016г. –С. 484.

14. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Уринов Ш.Р., Халилов У.И., Моделирование статического тиристорного компенсатора в системе энергоснабжения дуговой сталеплавильной печи / Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития», Навои, 15-16 ноября 2016г. –С. 481.

15. Юсупбеков Н.Р., Сайфулин Р.Р., Жумаев О.А., Исмаилов М.Т. «Программа для фильтра с ограниченной импульсной характеристикой обеспечения устойчивости входного аналогового сигнала к фликер шумам» / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве юстиции Республики Узбекистан, 08.01.2021 г. DGU 09926.

16. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Абдужалилов А.О. «Программа математической модели диагностики режимов работ узла электропривода подачи металлообрабатывающего оборудования на основе обратного-нечетко логического вывода» / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве юстиции Республики Узбекистан, 21.11.2022 г. DGU 20588.

17. Жумаев О.А., Сайфулин Р.Р., Абдужалилов А.О. «Математическая модель диагностики параметров шпиндельного узла металлообрабатывающего оборудования на основе нейронных сетей» / Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве юстиции Республики Узбекистан, 30.11.2022 г. DGU 20792.

Автореферат «Техника фанлари ва инновация» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Босмахона лицензияси:



9338

**Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 2,75. Адади 100 дона. Буюртма № 51/23.**

**Гувоҳнома № 851684.
«Тірограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Бегуний кўчаси, 83-уй.**