

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ  
ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

---

**УЛУҒХОЖАЕВ РЎЗИХЎЖА СОЛИЕВИЧ**

**КЕСИШ ВА ПЛАСТИК ДЕФОРМАЦИЯЛАШ БИЛАН МЕХАНИК  
ИШЛОВ БЕРИШНИНГ АНИҚЛИГИНИ ТАШХИСЛАШ ВА  
НАЗОРАТ ҚИЛИШ**

**05.02.05 – Механик ва физик-техник ишлов бериш технологиялари ва  
жараёнлари. Дастгоҳлар ва асбоб-ускуналар**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

**УДК 621.1474**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
техническим наукам  
Content of the abstract of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on  
technical sciences**

**Улуғхожаев Рўзихўжа Солиевич**

Кесиш ва пластик деформациялаш билан механик ишлов беришнинг  
аниқлигини таххислаш ва назорат қилиш..... 3

**Улуғхожаев Рузихужа Солиевич**

Диагностика и контроль точности механической обработки резанием и  
пластической деформацией..... 25

**Ulugkhojayev Ruzkhuja Soliyevich**

Diagnostics and control of the accuracy of cutting and plastic deformation  
.....49

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

List of published works. .... 53

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/12.2019.Т.03.04 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ  
ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ**

---

**УЛУҒХОЖАЕВ РЎЗИХЎЖА СОЛИЕВИЧ**

**КЕСИШ ВА ПЛАСТИК ДЕФОРМАЦИЯЛАШ БИЛАН МЕХАНИК  
ИШЛОВ БЕРИШНИНГ АНИҚЛИГИНИ ТАШХИСЛАШ ВА  
НАЗОРАТ ҚИЛИШ**

**05.02.05 – Механик ва физик-техник ишлов бериш технологиялари ва  
жараёнлари. Дастгоҳлар ва асбоб-ускуналар**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

**Фалсафа доктори (Doctor of philosophy) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1 PhD/12101 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Фарғона политехника институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус ва инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz)) ва “Ziyonet” ахборот таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Файзиматов Шухрат Нуманович**  
техника фанлари доктори, профессор.

**Расмий оппонентлар:**

**Кенжабоев Шукржон Шарипович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Пулатов Тохир Рустамбекович**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Етакчи ташкилот:**

**Навоий давлат кончилик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/12.2019.T.03.04 рақамли илмий кенга асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2021 йил “05” ноябр соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-06-00 факс: (371) 227-10-32, t-mail: [tstu\\_info@edu.uz](mailto:tstu_info@edu.uz))

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (224 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2021 йил “19” октябр куни тарқатилди.  
(2021 йил “19” октябрдаги 127 рақамли реестр баённомаси).

**К.А. Каримов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
Кенгаш асосидаги бир марталик  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Н.Д. Тураходжаев**

Илмий даражалар берувчи илмий  
Кенгаш асосидаги бир марталик  
Илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор

**А.А. Мухитдинов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш асосида тузилган илмий кенгаш  
қошидаги илмий семинарнинг  
раиси, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация ишининг зарурати ва долзарблиги.** Жаҳонда машинасозлик деталларининг сифати яхшилаш, хизмат муддати ва аниқлигини ошириш ҳамда юза тозаллигини таъминлаш учун деталларга кесиб ишлов бериш технологиясини бошқариш ҳамда назорат қилишни қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламоқда. Дунё миқёсида кесиш асосида деталларга механик ишлов беришда маҳсулот аниқлигини оширишда виброакустик сигнал ёрдамида ясалаётган деталнинг назорат қилишни амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Англия, Германия, Россия, Япония ва бошқа давлатларнинг илмий-тадқиқот марказларида детал юзаларига ишлов беришда ишлов берилаётган детал юзаларининг аниқлик кўрсаткичларини оширишни таъминлайдиган виброакустик сигнал асосида назорат қилиш технологияларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда метал кесиш дастгоҳларида деталларга механик ишлов беришда ишлов берилаётган юзаларнинг аниқлигини ошириш бўйича прогрессив технологияларни ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, замонавий, юқори унумдор РДБ дастгоҳлари учун кесиш маромларини белгилаш, технологик жараёни оптималлаштириш ва деталларга ишлов беришдаги хатоликларни камайтириш ҳамда асосий технологик омилларни бошқаришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда деталларининг аниқлигини ва сифат кўрсаткичларини таъминлаш учун машинасозлик деталларига кесиб ишлов беришда маҳсулот аниқлигини ташхислаш ва ишлов бериш жараёнини назорат қилиш, деформацияга учраган юзаларни хизмат муддатларини узайтириш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан, металл кесувчи дастгоҳларда кесиш жараёнини ташхис қилиш асосида деталларнинг юза сифатини таъминлаш ва кескичларнинг хизмат муддатини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикаси янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 07 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё олимлари томонидан деталларга ишлов бериш аниқлигини ошириш, назорат қилиш ва ташхислаш бўйича тадқиқотлар олиб борилган. Деталларга ишлов бериш аниқлигини таъминлаш бўйича Россиялик олимлар, жумладан профессор Б.С.Балакшин технологик тизимдаги эластик сижилларни бошқариш билан ишлов берилаётган юзанининг ўлчам аниқлигини таъминлашга эришган. В.Н. Подураев ва М.М. Аршанский кесувчи асбобни ейилишини назорат қилувчи, ейилиш чегарасини аниқлаш усулини ишлаб чиқишган. Ишлов бериш аниқлигини назорат қилиш ва ташхислаш бўйича В. А. Остафьев, В. С. Антонюк актив назорат қилишнинг виброакустик ва индукцион усулларида фойдаланиб кесувчи асбобни ейилишини ва ишдан чиқишини ташхислаш усулини ишлаб чиқишган. Ўзбек олими Н.А.Мўминов дастгоҳларда деталларга ишлов бериш аниқлигини ошириш бўйича илмий ишларида Б.С.Балакшинни ишини давом эттирган, К.Г.Махмудов ва А.А.Мирзаевлар виброакустик сигналлар ёрдамида деталларга ишлов бериш жараёнини назорат қилиш усулини ишлаб чиқишган.

Ишлов бериш жараёнини мақбуллаштириш масаласини ҳал қилишнинг турли йўналишларида етакчи олимлар: Б.С.Балакшин, В.Ф.Безязичний, В.Ф.Бобров, С.Ф.Глебов, А. Д. Макаров, В. И. Новожилов, В. Н. Подураев, С. С. Силина, Ю. М. Соломенцев, В. К. Старков, Н. В. Талантов, Г. Г. Иноземцева (Россия), Г.К.Горанский, В.Л.Заковоротний (Белоруссия), Т. Н. Лоладзе (Грузия), В. А. Остафьев, В. С. Антонюк (Украина), Ф. Я. Якубов, К.Г.Махмудов, А.А.Мирзаев (Ўзбекистон), Liang, S.Y. (АҚШ)Moriwaki, Т. А. Shinozuka, J(Япония) ва бошқалар ишлов бериш аниқлигини ташхис қилиш усулини ишлаб чиқишган.

**Диссертация тадқиқотининг бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Фарғона политехника институтининг ГНТП-20 «Разработка современных информационных систем, средств управления, баз данных и программных продуктов, обеспечивающих широкое развитие информационных и телекоммуникационных технологий», (2000-2005 йиллар) мавзусидаги давлат илмий тадқиқот лойихаси асосида ва ОТ-Ф5-005 «Разработка высокопроизводительных конкурентоспособных технологий процесса механической обработки на основе создания наукоёмких методов и средств измерений, диагностики и контроля» (2005-2010йиллар) мавзусидаги фундаментал тадқиқотлар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** кесиш ва пластик деформациялаш жараёнидаги физик-механик ҳодисаларнинг ўзгариш механизми билан маҳсулотларнинг

аниқлик ва сифат кўрсаткичлари ўртасидаги боғлиқликни бошқариш тизимини яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

механик ишлов бериш жараёнидаги физик-механик ҳодисаларни деталнинг аниқлик ва сифат кўрсаткичларига таъсирининг математик моделини яратиш;

кесиш ва пластик деформациялаш жараёнининг параметрларини юзанинг сифатига ва деталнинг аниқлигига таъсирини ўрганиш;

механик ишлов беришда детални аниқлигини бошқариш тизимини синтез қилиш ва моделини яратиш;

пластик деформациялашда детални аниқлигини диагностика қилишнинг янги усулини яратиш ва алгоритмининг тузиш;

виброакустик сигнал ёрдамида кесувчи асбобнинг турғунлик даврини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш;

конструкция материалларни механик ишлов берилувчанлигининг ва кесувчи асбобнинг ейилиш мезонларининг аниқлашнинг содда ва универсал усулини яратиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида 25, 50, 40X, 45X, X18H10T маркали пўлатлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** дастгоҳ сарфлаётган самарали қувват, кесиш кучларинг ташкил этувчилари, механик ишлов беришда ҳосил бўлаётган виброакустик сигналлар ҳисобланади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Диссертация ишини бажаришда назарий ва экспериментал тадқиқотлар, алгоритмлар тузиш усуллари ва ҳисоблаш дастурлари, тебранишлар назарияси ва виброакустика, математик моделлаш, бошқариш, дастгоҳлар динамикаси назарияси ҳамда дифференциал тенгламаларни ечиш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

ишлов берилаётган юза қатламидаги нотекикликлар сабабли виброакустик сигналларда бўладиган ўзгаришлар асосида механик ишлов бериш жараёнининг кўрсаткичларини аниқлаб берувчи усул ишлаб чиқилган;

деталларга кесиб ишлов бериш қуввати қийматларининг ўзгариш динамикаси асосида деталга ишлов бериш аниқлигини бошқариш дастури ишлаб чиқилган;

сигналнинг сўниш амплитудаси кўрсаткичлари қийматларининг ўзгариш интенсивлиги асосида кесувчи асбобнинг турғунлик даврини виброакустик сигнал ёрдамида аниқлаш усули яратилган;

виброакустик сигналлардаги ҳосил бўлган зўриқиш кучлари ҳақидаги маълумотларга боғланган графиклар асосида технологик тизимнинг хусусиятлари, модел қийматларининг динамикасини аниқлаш алгоритми ва кесиш маъромларини танлаш усули ишлаб чиқилган;

деформацияланган қисмдаги қолдиқ кучларнинг характери асосида пластик деформациялашда детални аниқлигини диагностика қилишнинг ва бошқариш дастури ёрдамида узлуксиз технологик жараённи назорат қилишни таъминлайдиган технология яратилган.

### **Тадқиқотнинг амалий натижалари:**

кесиш қувватини бошқариш билан ишлов бериш аниқликни таъминлаш дастури ишлаб чиқилган;

кесувчи асбобнинг турғунлигини аниқлашнинг вақт ва харажатнинг минимал сарфини таъминловчи тезкор усули ишлаб чиқилган;

универсал ва РДБ дастгоҳларда кесувчи асбобни назорат қилувчи қурилмаси ишлаб чиқилган;

деталнинг аниқлигини технологик тизимнинг бикрлигига боғлиқ ҳолда мақбул кесиш маъромлари орқали бошқариш дастури ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ва амалий тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган кесиш ва пластик деформациялаш билан механик ишлов беришнинг аниқлигини ташхислаш ва назорат қилиш учун тажрибалар натижаларининг ижобийлиги, назарий ва амалий натижаларнинг мутаносиб келиши, умумий эътироф этилган илмий ғояларга мослиги билан изоҳланади.

### **Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.**

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти РДБ дастгоҳларида ишлов беришда параллел назорат усулидан фойдаланиш ва ишлов бериш жараёнидаги бўлаётган физик ходисалар асосида ташхислаш ва башорат қилиш билан ишлов бериш аниқлиги ошириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мақбул кесиш маъромларини математик моделлари автоматик равишда олиниши, ишлов берилётган материалнинг механик хоссаларини ўзгариши билан кесиш маъромлари мос равишда автоматик соzlаниши ва деталга оптимал кесиш маъромларида ишлов берилиши, деталнинг талаб этилган аниқлигини ишончли таъминланиши билан изоҳланади.

### **Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.**

Кесиш ва пластик деформациялаш билан механик ишлов беришнинг аниқлигини ташхислаш ва назорат қилиш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар бўйича олинган натижалар асосида:

-виброакустик сигнал ёрдамида ишлов бериш жараёнининг сифат кўрсаткичларини аниқлаш усули Навоий кон-металлургия комбинати қошидаги Навоий машинасозлик заводи корхонасига ишлов бериш жараёнини назорат қилиш учун жорий қилинган ("Навоий кон-металлургия комбинати" давлат корхонасининг 2019 йил 28октябрь 02-06-04/13689-сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқариш унумдорлиги 1,2- 1,4 мартага ошган;

-деталга токарлик ишлов беришда аниқлигини бошқариш дастури Навоий кон-металлургия комбинати қошидаги Навоий машинасозлик заводи корхонасига жорий қилинган ("Навоий кон-металлургия комбинати" давлат корхонасининг 2019 йил 28октябрь 02-06-04/13689-сон маълумотномаси). Натижада ишлаб чиқаришдаги брак маҳсулот чиқиши 40-50% га камайган;

-виброакустик сигнал ёрдамида кесувчи асбобнинг турғунлик даврини топиш усули Навоий кон-металлургия комбинати қошидаги Навоий машинасозлик заводи корхонасига жорий қилинган ("Навоий кон-металлургия



комбинати" давлат корхонасининг 2019 йил 28октябрь 02-06-04/13689-сон маълумотномаси).

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 10 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан 6 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида апробациядан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича 77та илмий иш чоп этилган, жумладан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, шулардан 6 та республика, 2 та хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар руйхати ва иловадан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ.

**Кириш** қисмида мазкур тадқиқотнинг долзарблиги ва аҳамияти асосланган, Ўзбекистон республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотларнинг илмий янгилиги ва ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, ишнинг апробацияси натижалари, нашр этилган ишлар, диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Кесиш жараёнини назорат қилиш ва ташхислашнинг аналитик таҳлили”** деб номланган биринчи боби техник ташхислашни динамик усуллари қўллашнинг технологик жараён сифатини микдорий баҳолаш усуллари таҳлил қилишга бағишланган. Техник ташхислашдаги қурилмалар ва техник ташхислашни усуллари таҳлил қилинган Кесувчи асбобнинг кесиш пайтида ҳолатини мониторинг қилишнинг мавжуд усуллари кўриб чиқилган. Юзаларга пластик деформациялаш билан ишлов беришни тадқиқотлаш ва ташхислашнинг акустик усули таҳлил қилинган. Вибрацияли ва виброакустик ташхислаш усуллари баҳоланган. Кесиш кучини ўлчашга асосланган диагностика усули таҳлил қилинган. Метал кесиш дастгоҳи электродвигателида сарфланадиган қувватни ўлчашга асосланган диагностика усули кўриб чиқилган. Токарлик ишлов беришнинг аниқлигини ошириш усуллари ва воситаларини таҳлил қилинган.

Таҳлил натижаларига кўра, стационар бўлмаган кесиш жараёни шароитида, катта ҳажмдаги материалларни қайта ишлашда ва тизим ишлашига юқори талаблар қўйилганда, энг мақбул усул виброакустик сигнални ўлчашга асосланиши кўрсатилди. Шу билан бирга кесиш кучларини аниқлашнинг эффектив қувватга боғлиқ холда топиш усули энг яхши истиқболли усул сифатида кўриб чиқилиши кўрсатилди.

Диссертациянинг “Тоза йўниш жараёнининг модели” деб номланган иккинчи бобида кесиш жараёнида хатоликларни хосил бўлишини физикавий асослари қонунияти назарий жиҳатдан ўрганилган.

Тоза йўниб ишлов беришнинг ўзига хос шароитларига қараб  $S, V, t$  тегишли параметрларни танлаш  $\vec{\delta}$  қийматига сезиларли таъсир қилади.

Таҷрибалар натижасига кўра, токарлик ишлов беришда шундай тезликлар мавжуд бўлиб, улар минимал ейилиш билан бирга, кесиш кучларининг минимал қиймати ва ишлов бериладиган сиртнинг максимал тозалиги кузатилади. Кесиш жараёнида оптимал тезликдан пастки ва ундан юқори тезликларга оғиш кесиш кучларининг кўпайишига, кесувчи асбобнинг ейилишни ортишига ва ишлов берилган юзани сифати ёмонлашишига олиб келди. Ушбу ҳодисаларни таҳлил қилиш натижасида биз берилган  $S$  ва  $t$  параметрлар ва кесувчи асбобнинг маълум бир геометрияси учун  $v_0$  тезлиги мавжуд бўлиб, шу шароитда кесиш жараёнида юзага келадиган хатолар минимал бўлади.

Ишлаётганда, кесиш кучларининг минимал қиймати ва кесувчи асбобнинг минимал ейилиши билан юзага келадиган хатоларнинг минимал қийматини таъминлаймиз. Кўрсатилган нуқтада кесиш кучлари натижасида хосил бўлувчи технологик тизимнинг деформацияси ҳам минимал бўлади ва кесувчи асбобнинг  $h_r$  радиал ейилиши натижасида хосил бўлувчи хатолик ҳам минимал бўлади. Кесиш жараёнининг умумий ишлов бериш хатоси  $\vec{\delta}$  га кесиш жараёнининг хатосини улушини  $\vec{\delta}^*$  билан белгиланади ва юқорида айтилганларга кўра  $\vec{\delta}^*(s, v, t, \alpha)$ , функцияси минимал бўлади, бу ерда:  $\alpha$  – кесувчи асбоб материали ва унинг геометрик параметрларини тавсифловчи қиймат.

$$\frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial s} = 0; \frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial v} = 0; \frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial t} = 0; \frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial \alpha} = 0 \quad (1)$$

$\vec{\delta}^*$  маълум бир параметр учун ҳосиласи нолга тенг ва қолган параметрлар доимий бўлса, ушбу параметрга нисбатан минимал бўлади.

Кесиш жараёнида хосил бўлувчи хатоликлар вектор шаклида ифодаланади.

$$\vec{\delta} = \vec{\delta}^* + \vec{\delta}_T + \vec{\delta}_H + \vec{\delta}^0 + \vec{\delta}_M \quad (2)$$

Бу ерда:  $\vec{\delta}^*$  – кесиш жараёнининг хатоси,  $\vec{\delta}_T$  – ҳароратнинг кўтарилишига боғлиқ хатолик,  $\vec{\delta}_H$  – кескични радиал ейилиш хатолиги,  $\vec{\delta}^0$  – дастгоҳ хатолиги,  $\vec{\delta}_M$  – заготовка ва кесувчи асбоб материалларининг физик хусусиятларини ҳисобга олувчи хатолик.

Тоза йўниш жараёнини энергетик модели кесиш зонасида юз берувчи физик ҳодисаларни таҳлил қилиш асосида тузилган.

Кесиш жараёнида хосил бўлувчи дислокациянинг хатти-ҳаракатларини тавсифлаш учун биз Франкел ва Конторова томонидан тавсия этилган моделдан фойдаланамиз.

Франкел ва Конторово моделида атомлар  $X$  ўқи бўйлаб ҳаракатланади ва уларга таъсир қиладиган барча кучлар ҳам бу ўқга параллел. Кристалл

панжарасидаги  $n$ - атомнинг ҳаракат тенгламаси, занжирдаги қўшни атомлар ўртасидаги ўзаро таъсир кучи силжишга боғлиқлигини ва бу ибора билан таърифланганлигини кўрамиз.

$$f_n(\tau) = k(y_{n+1} - y_n) - k(y_n - y_{n-1}) \quad (3)$$

$$\text{бу ерда: } y_n(\tau) = x_n(\tau) - na \quad (4)$$

$a$ - атомлар орасидаги масофа;

$x_n(\tau)$ -  $n$ - атомнинг координатаси;

$$y_{n+1} = y_n(\tau - \Delta\tau) \quad (a) \quad (5)$$

$$y_{n+1} = y_n(\tau + \Delta\tau) \quad (b)$$

$\Delta\tau$ - кечикиш вақти;

$k$ - занжирдаги атомлар орасидаги куч ўзаро таъсирининг доимийлиги ва пастки қаватдаги атомлар

$$f(x) = -f_0 \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \quad (6)$$

га тенг бўлган  $f(x)$  куч билан юқори занжирдаги атомларга таъсир қилади.

Агар атомнинг мувозанат позициясидан силжиши (2.4) формуласи билан белгиланишини ҳисобга олсак,

$$f(x_n) = -f_0 \sin\left(\frac{2\pi y_n}{a}\right), \quad (7)$$

Кейин  $n$ - атомнинг ҳаракат тенгламаси ҳосил бўлади

$$m\ddot{y}_n = -f_0 \sin\left(\frac{2\pi y_n}{a}\right) + k(y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1}), \quad (8)$$

бу эрда:  $m$ - атомнинг массаси.

Олинган (8) тенглама Франкело - Конторова дислокация моделига мос келади. Ушбу тенгламанинг ечими ҳаракатланувчи дислокацияни тавсифлайди. Бир қанча ўзгартиришлардан кегин қуйидаги ифодани оламиз

$$\ddot{u} - u'' + \sin u = 0, \quad (9)$$

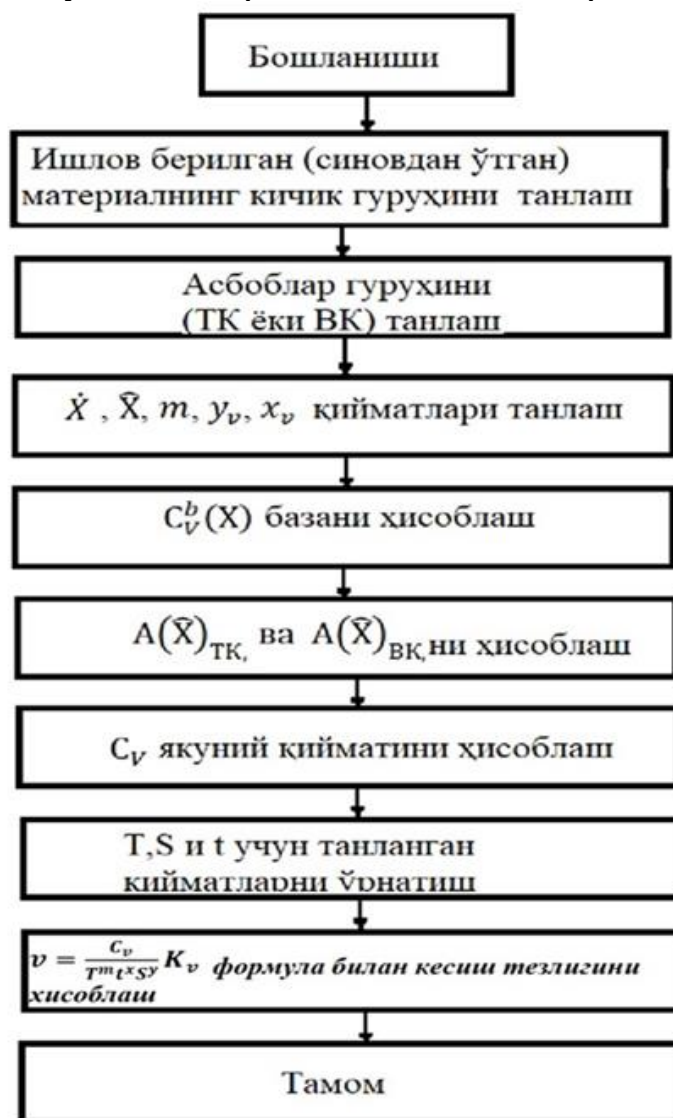
(9) тенгламанинг ечилиши шакллари таҳлил қилинганда солитонларни асосий хоссаси - идеал муҳитда узлуксиз яқинлашишда дислокацияланиши аниқланди. Биринчидан, солитоннинг тезлиги унинг энергия тенгламаси билан аниқланади. Иккинчидан, битта солитоннинг бошқаси билан ўзаро таъсири пайтида уларнинг шакли ва шу билан уларнинг энергиялари ўзгармайди, улар фақат силжишга учрайди; тезроғи олдинга, секинроғи орқага. Учинчидан, солитон ва антисолитон маълум шароитларда боғланган ҳолатни ҳосил қилиши мумкин. Олинган ечим узлуксиз яқинлашув билан идеал ишни англатади. (9) тенглама ечимларини ойдинлаштириш учун адабиётда Тода занжири деб аталадиган ва форманинг дифференциал - фарқ тенгламалари тизими билан тавсифланган идеал бир ўлчамли атомларнинг занжирини кўриб чиқамиз ва қуйидаги тенгликни оламиз.

$$\frac{d^2 x_n}{d\tau^2} = e^{x_{n+1} - x_n} - e^{x_n - x_{n-1}} \quad (10)$$

бу эрда:  $x_n$ - атомнинг панжарасига координатаси.

Юқорида келтирилган (9) ва (10) тенгламаларнинг солитон ечимларини, шунингдек, солитон ғалаён назариясини ҳисобга олган ҳолда, кесиш кучларининг ўзгариши жараёнини қуйидагича аниқлаштириш мумкин. Агар дислокация тезлиги дон чегараларида дислокацияни ушлаб туриш тезлигидан

фарқ қиладиган бўлса, унда кесиш кучлари ушлаб туриш тезлигига тенг тезликда кузатиладиган кучларга қараганда катта бўлади. Бу ерда шундай ҳодиса юзага келадики, ушлаб туриш тезлигидан каттароқ тезликда дислокация доннинг ичида кечикади, шунда бузулиш дон чегаралари бўйлаб ўтмайди, лекин унинг ичида материал бузулмагунча энергия кучаймаган ҳолатда бўлади. Уни бу ҳолатга келтириш учун қўшимча  $\Delta u$  энергия сарфи талаб қилинади, бу эса кесиш кучларининг кўпайишига олиб келади. Иккинчи ҳолда, агар тезлик пастроқ бўлса, унда дислокация потенциал тўсиқ билан акс этади ва бузулиш жараёни дон чегаралари бўйлаб ўтмайди, аммо тасодифий ҳарактерга эга бўлади. Бузулиш жараёни сакрашга ўхшаш ҳолга айланади, чунки ўзини бузуш учун энергия тўпланиб боради ва хол яна қайтарилади.

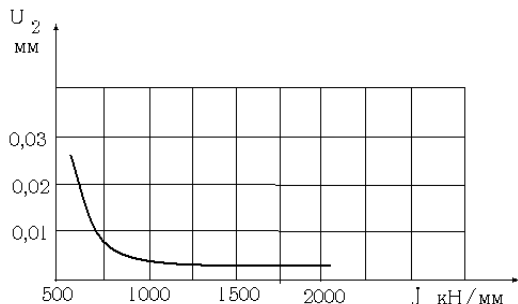


1-расм. Синтез қилинган математик моделлар асосида кесиш тезлигини ҳисоблаш алгоритми

Олинган натижаларни таҳлил қилар эканмиз, айтишимиз мумкинки (9) ва (10) тенгламаларнинг солитон ечими аниқ шароитларда дислокация хатти-ҳаракатларини аниқлашга имкон беради, натижаларни намоиш қилиш учун муҳим аҳамиятга эга.

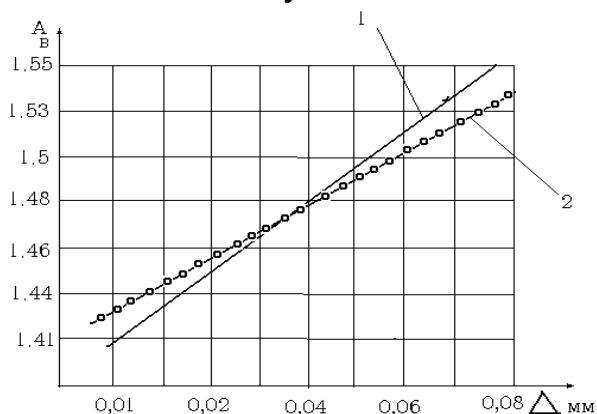
Математик моделлар учун аргументларни гуруҳли ҳисобга олиш усули (АГҲОУ) ишлатилган

Диссертациянинг “Механик ишлов беришнинг аниқлигини тасхислаш ва назорат қилиш учун тажриба тадқиқотлари” деб номланган учинчи бобида Технологик тизимнинг ишлов бериш аниқлигига боғлиқлиги бўйича математик модели ишлаб чиқилган.



2-расм. Кескичнинг  $U_2$  ейилишига токарлик дастгоҳи бикрлиги  $J$  нинг таъсири. Материал пўлат 40x;  $V=120$  м/мин;  $S=0.2$  мм/айл;  $t=1$  мм;

Графикдан кўришиб турибдики дастгоҳни бикрлигини ошиши титрашни озайишига ва кесувчи асбобнинг ейилишини камайишига олиб келади

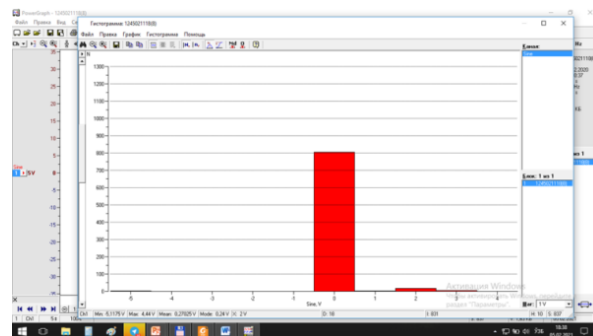


3-расм. Виброакустик сигналнинг бошланғич пайтдаги амплитудасини деталга механик ишлов беришдаги хатолик миқдорига таъсири графиги.

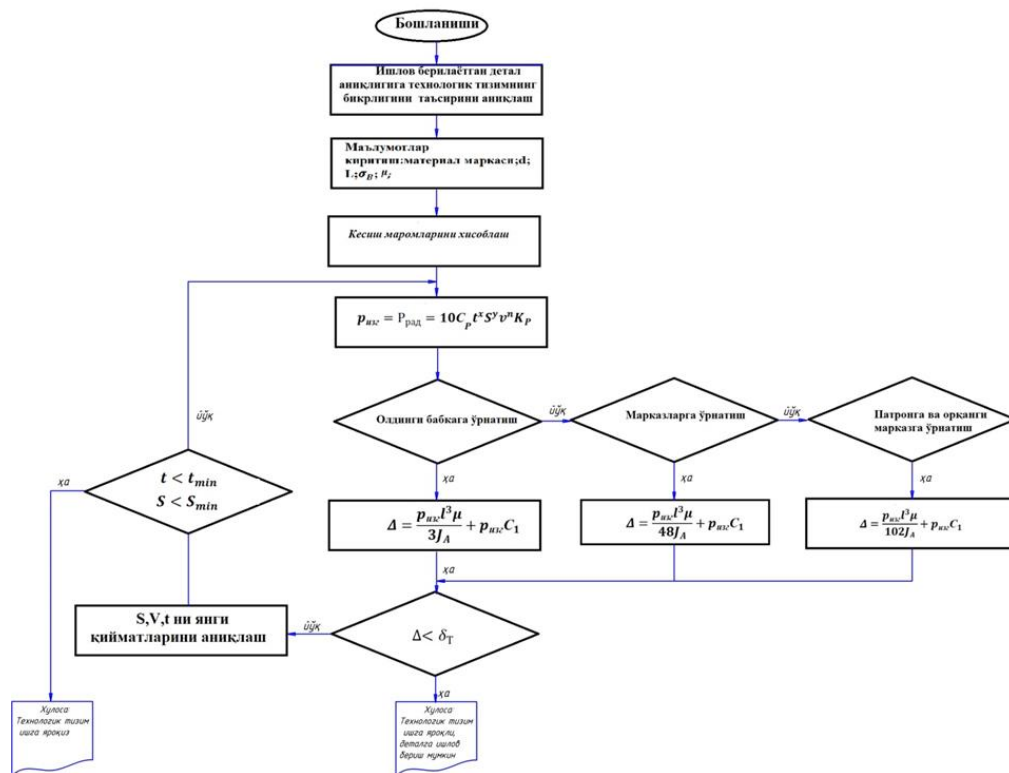
1-тажрибада олинган натижа; 2-ҳисоблаш билан олинган натижа: Материал пўлат 40x;  $V=120$  м/мин;  $S=0.2$  мм/айл;  $t=1$  мм;



4-расм. Олинган виброакустик сигналларни Power Graph3.31 дастурида таҳлил қилиш натижаси. 40x,  $V = 120$  м / мин,  $S = 0,2$  мм / об / мин,  $t = 1$  мм



5-расм. Виброакустик сигнални гистограмаси. 40x,  $V = 120$  м / мин,  $S = 0,2$  мм / об / мин,  $t = 1$  мм

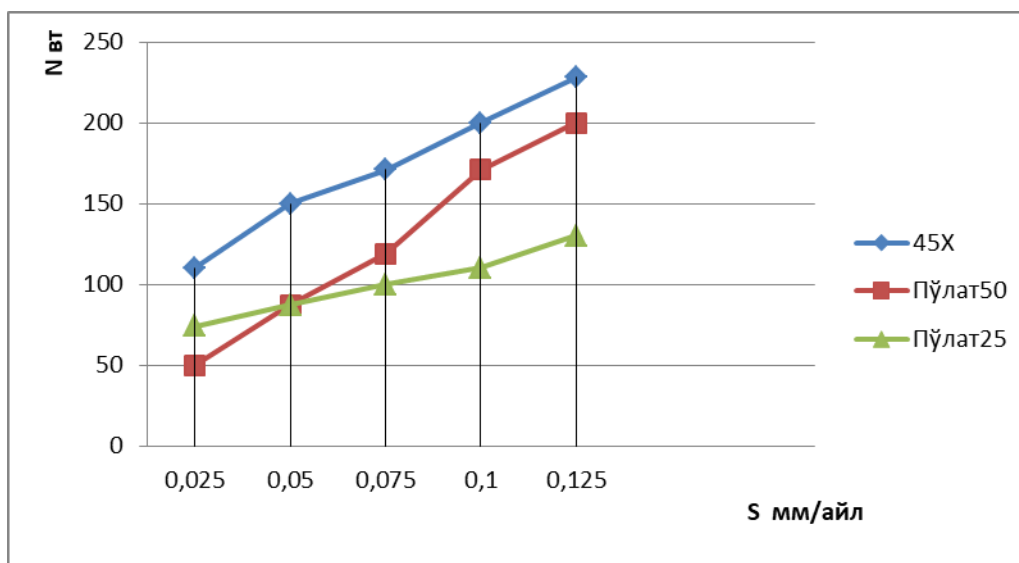


6-расм. Технологик тизимнинг бикрлиги бўйича хатосини аниқлаш

алгоритми

Эффектив кесиш қуввати бўйича машина деталарига механик ишлов бериш жараёнини бошқариш учун тажрибалар ўтказилди. Тажрибаларда 25Х, 50Х, 45Х, пўлатлардан фойдаланилган.

Олинган натижалар аргументларини гуруҳини ҳисоблаш алгоритмлари ёрдамида қайта ишланди, натижа  $N_e$  эффектив кесиш қувватини математик модели олинди.



7- расм.  $N_e$  эффектив кувватни буйланма суришга боғлиқлиги.

$t=0.15\text{мм}$ ;  $v=102\text{м/дақ}$ ;  $HВ=156-265$ ;

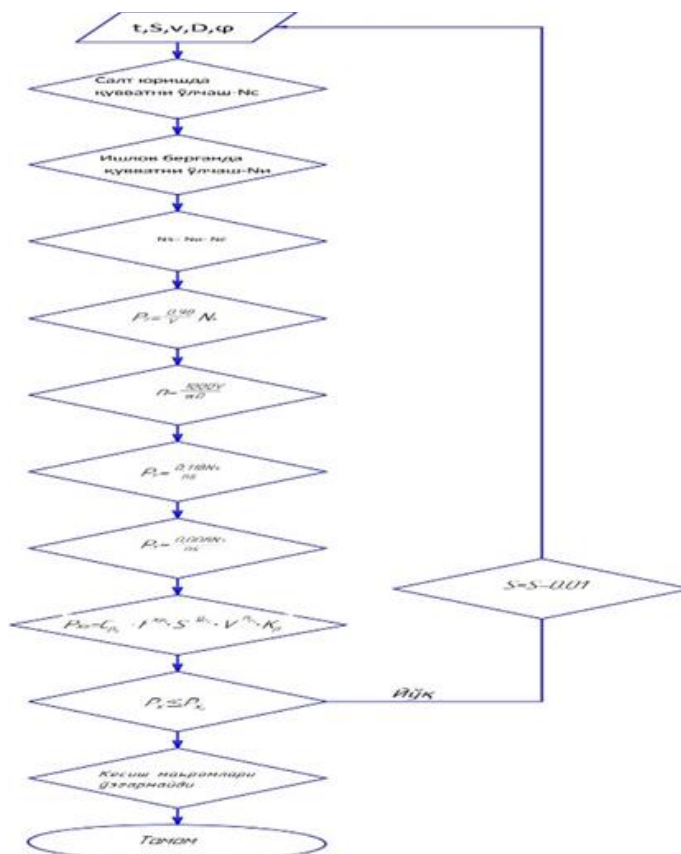
Олинган математик моделлардан энг яхши натижа кўрсатганини ажратилиб олинди.

$$N_e = 730605 \times 1,134 \gamma - 55,004 \gamma / N_B - 72,932 \text{ Вт} \quad (11)$$

$N_B = 156 - 265$  бўлган конструкцион пўлатлар учун ва кесиш

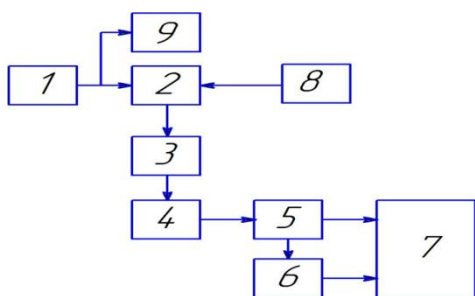
маромлари  $S = 0,025 - 0,125$  мм/айл;  $t = 0,1 - 0,3$  мм ;

$V = 1, 7 - 4, 2$  м/с бўлганда 5% аниқликликда бўлади.



8-расм. Кесиш кучларини автоматик бошқариш алгоритми

Диссертациянинг “Тоза йўниш жараёнида хатоларни экспериментал тадқиқот қилиш усули ва натижалари” деб номланган тўртинчи бобда юриткичлардаги сарфланаётган қувватнинг ўзгаришини кесиш жараёни боришига боғлиқлиги тадқиқот қилиш учун қурилманинг блок схемаси кўрсатилган тажриба қурилмасида тадқиқотларини қилиш усули ва натижалари кўрсатилган.



9-расм. Қувват кўрсаткичларини ўлчаш ва қайта ишлаш блок схемаси.

- 1-асосий юриткич электродвигатель;
- 2- ток датчик; 3-детектор;
- 4-чегараловчи; 5-интегратор;
- 6-дифференциаллаш; 7-ЭХМ;
- 8-тристорли юритгич; 9-ваттметр

Кесиш жараёнинин назорат тизимини ишлаб чиқиш мақсадида яратилган курилма ёрдамида тажриба тадқиқотлари ўтказилди. Бу курилма 16А20Ф3 моделдаги РДБ дастгоҳига ўрнатилган.(9- расм.) Ўлчов курилмаси прибор ва курилмалар комплексидан иборат. Улар кесиш жараёни бораётганда қувватни ўзгарувчи ташкил қилувчиларини ўлчаш ва белгилаш имкониятини беради. Доимий ташкил қилувчиларнинг сигнали даражаси қувватни абсолют қийматиغا мос келади (ўша моментдаги). Кесиш шароитини ўзгариши билан пайдо бўлувчи барча четланишлар сигнални ўзгарувчи ташкил этувчисида акс этади. Бизнинг ҳолатда асосий юритгич сифатида ўзгармас ток электродвигатели ишлатилган бу электродвигателлар роторни инерция моментини озлиги ва юқори юкланишга чидамлилиги билан характерланади. Тристорли бошқариш тез ҳаракат қилишига бошқаришни ва электро двигател ФИКини ошириш имкониятини беради.

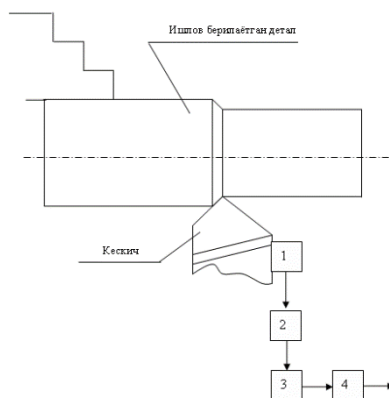
Курилма қуйидаги тартибда ишлайди. Асосий юритгич 1 электродвигатели ишлатаётган қувватни ўлчаш 2 ток датчиги ёрдамида бажарилади. Ток датчиги трансформатор кўринишида бўлиб, уни бирламчи ўрамлари двигател юқори занжирга кетма – кет уланган. Трансформаторни иккиламчи ўрамлари (ток датчиги) билан бош юритгич электродвигатели якеридаги пропорционал ток кучланиши қабул қилинади. Тристор билан бошқариш двигатели ўзгармас ток электродвигателларида кучланиш доимий ва 380 В га тенг. Шундай қилиб асосий юритгич электродвигателидаги қувватни ўзгариши якордаги токни ўзгаришига пропорционал бўлади. Сигнал иккита ток датчигидан 3 детекторга узатилади. У ерда керакли сигнал тўғриланиб 4 ограничителга узатилади. 4 ограничителни вазифаси 5 интеграторни кириш занжирини ҳимоялаш бўлиб дастгоҳни юргизгандаги ва ўчиргандаги кучланишни чегаралашдан иборат. 5 интеграторда сигнал филтрланади ва текисланади, доимий ташкил этувчиларга ажратилади. Бу ташкил этувчилар дастгоҳ асосий юритгичи двигатели сарфлаган қувватиға пропорционал бўлади. Сигнални ўзгарувчи ташкил этувчиларини ажратиш мақсадида олтинчи блокда қувватни интеграл характеристикаси дифференциалланади. Қувватни ўзгарувчи ва ўзгармас (интеграл) ташкил этувчилари сигналлари ЭХМ ёрдамида аниқланади. Шу билан параллел равишда ваттметр билан қувватни абсолют қиймати ҳам ўлчаниб борилади. Тажрибаларни ўтказишда кесиш маромлари қуйидаги чегараларда ўзгартирилди: кесиш тезлиги  $V \in [0.8; 4.1]$  м/сек, суриш  $S \in [0.025; 0.135]$  мм /айл; кесиш чуқурлиги  $t \in [0.05; 0.5]$  мм. Кесувчи асбоб сифатида Т15К6 қаттиқ қотишмали пластинка ўрнатилган ўтувчи кескичдан фойдаланилади. Кесувчи асбобни геометрияси:  $\gamma=8^\circ$ ,  $\alpha=9^\circ$ ,  $\varphi = \varphi_1=45^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ .; Ишлов берувчи материал сифатида пўлат 45, 40Х, 45Х, Х18Н10Т, 30ХГСА, Ст 25 пўлатлар, ишлатилди. Қиррани орқасидаги ейилиш майдони ММИ-2 асбобсозлик микроскопи билан ўлчанди.

Шундай қилиб асосий юритгич электродвигателни истеъмол қилаётган қувватини ўзгармас ва ўзгарувчан ташкил этувчиларини кесиш жараёнида ўлчаш билан технологик системани назорат қилиш, кесувчи асбобни ейилишини метал қирқиш дастгоҳини ортиқча юклашини назорат қилишимиз



мумкин. Бу эса деталларига механик ишлов бериш жараёнларини бошқариш тизимини яратиш учун бу сигнални яроқлилигини кўрсатади.

Материалларни кесишда туташиш юзалари кўпдан кўп алоҳида олинган ва кўриб чиқилиши зарур бўлган нуқталарни содир этади. Бу нуқталар биринчи энергетик ҳолатни ўзгарувчилари бўлиб виброакустик сигналларни (ВАС) қўзғатувчиси ҳамдир.

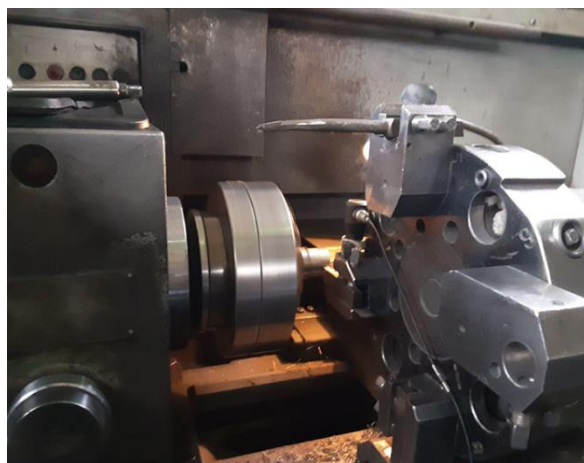


10-расм. Электрон ўлчов аппарати схемаси.

Бу ерда: 1-пъезоэлемент датчик; 2-стабилизаторон; 3-фильтр; 4- АСУ; 5-ЭХМ; 6-маълумотни чиқариш қурилмаси.

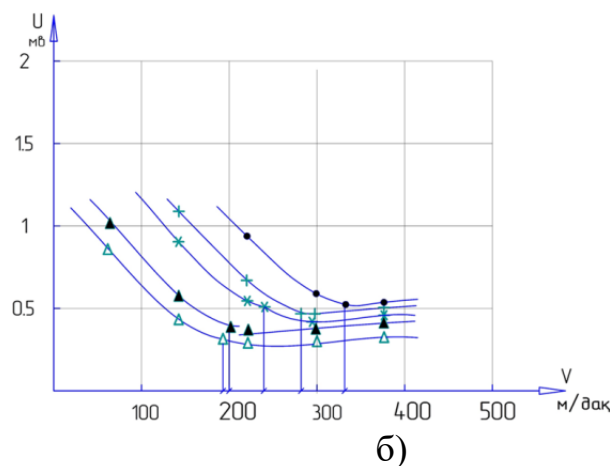
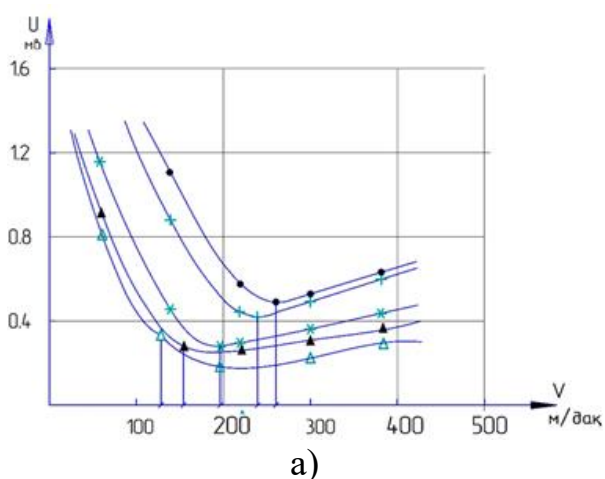
ВАС ни ўлчаб олиш учун махсус стандарт саноат датчикларидан фойдаланилади. Бу датчик кесувчи асбобни тутгичига ўрнатилади. Кесувчи асбобни ҳолатини ва кесиш жараёнини назорат қилиш учун маълумот кесиш кучи ва қувватидан иборат ҳолатда қабул қилинади. Бу маълумотлар умумий кўринишда бўлиб улардан кераклигини ажратиб олинади ва бунинг учун махсус аппарат зарур.

Ўлчаш PeakTech 1240 маркали 2 каналли сонли оциллограф ёрдамида амалга оширилади. Ахборотли параметрлар қайд қилиши кесиш кучларини ташкил этувчилари  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$  кучларининг самарали қуввати  $N_p$ , ВАС амплитудаси.



11-расм. ВАС ни ўлчаш қурилмаси.

Кесиш жараёнида ҳосил бўлаётган виброакустик сигналларнинг амплитудасини билан ишлов бериш аниқлиги ўртасидаги боғлиқлик аниқланди.

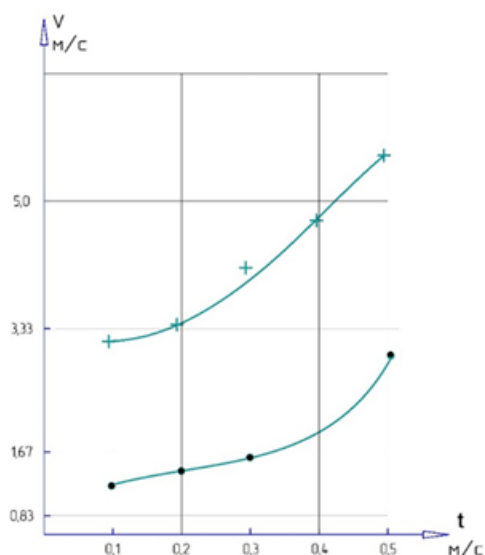


а)

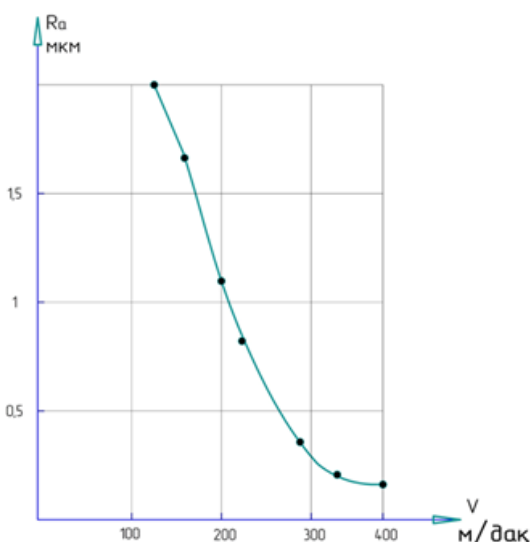
б)

12-расм. Кесиш чуқурлиги ўзгариши билан  $V-U$  ни ўзгариши.  
 а- X18N10T.  $S=80$  мм/дақ.,  $\Delta t=0,1$ ;  $\blacktriangle t=0,2$ мм;  $\times t=0,3$ мм;  $+t=0,4$ мм;  $\bullet t=0,5$ мм.  
 б- Пўлат 45X.  $S=80$  мм/дақ.,  $\Delta t=0,1$ ;  $\blacktriangle t=0,2$ мм;  $\times t=0,3$ мм;  $+t=0,4$ мм;  
 $\bullet t=0,5$ мм.

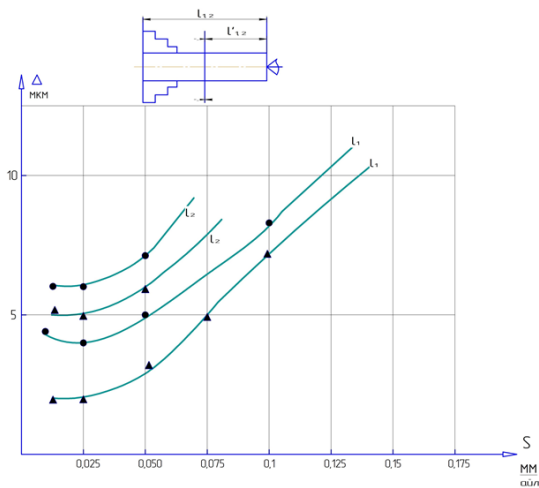
Ишлов берилган материаллар ва текширилаётган кесиш чуқурлиги учун виброакустик сигналнинг минимал даражаси кузатилди. Кесиш чуқурлигининг  $t$  ошиши билан, ўрганилаётган сигналларнинг тезлиги ортиб борувчи қийматларга қараб ҳаракатланади. 13-расмда ўрганилаётган материалларга қараб сигналларнинг амплитудасини минимал ҳолати кўрсатилган. Ушбу нуқталарда кесиш кучлари ҳам минимал даражага эга бўлган. 45X пўлат учун ғадир будурлик ҳам  $R_a$  параметри билан ўлчанди, натижалар 14-расмда келтирилган. Ғадир-будурлик минимал виброакустик даражагача камайиб боради, ортиб бораётган тезликлар билан озгина кўтарилади



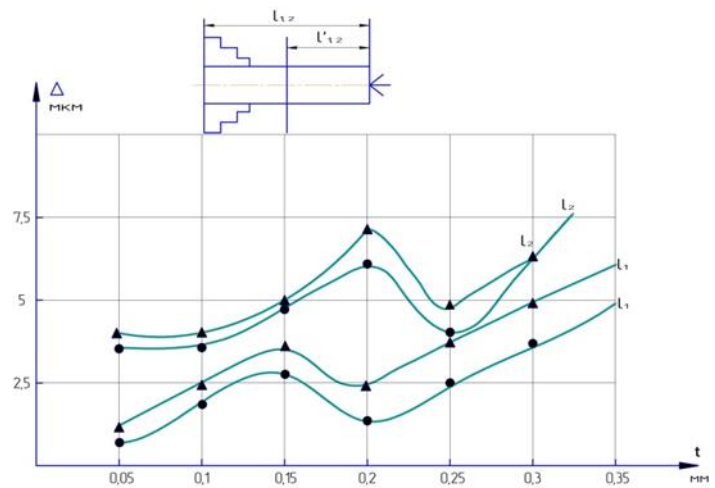
13-расм.  $t$  ва  $V$  ўзгариши билан кесиш кучини минимал қийматлари ўзгариши графиги



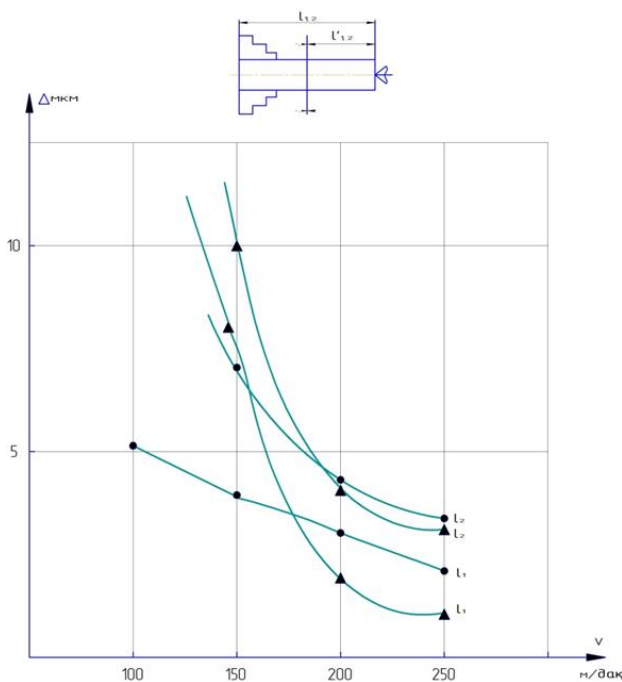
14-расм. 45X пўлатга ишлов берилганда кесиш тезлиги ўзгариши билан юза тозалигини ўзгариши



15-расм. Ишлов бериш аниқлигини суриш тезлигига боғлиқлиги.  $L_1=100\text{мм}$ ;  $L_2=200\text{мм}$ ;  $V=200\text{м/дақ}$ ;  $t=0,1\text{мм}$ ; ●-X18H10T; ▲- Пўлат45X



16-расм. Ишлов бериш аниқлигини кесиш чуқурлигига боғлиқлиги.  $L_1=100\text{мм}$ ;  $L_2=200\text{мм}$ ;  $V=200\text{м/дақ}$ ;  $S=0,025\text{мм/айл}$ ; ●-X18H10T; ▲- Пўлат45X



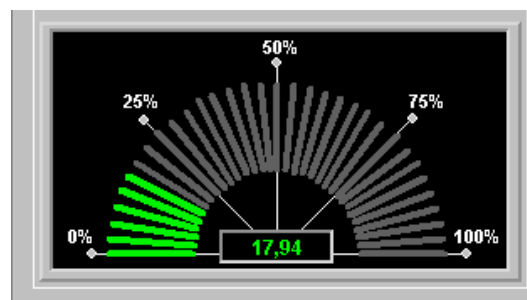
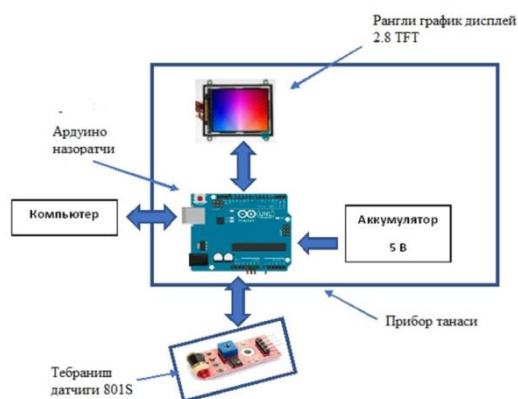
17-расм. Ишлов бериш аниқлигини кесиш тезлигига боғлиқлиги.  $L_1=100\text{мм}$ ;  $L_2=200\text{мм}$ ;  $t=0,1\text{мм}$ ;  $S=0,025\text{мм/айл}$ ; ●- X18H10T; ▲- Пўлат45X;

15,16,17 расмлардаги графиклардан кўриниб турибдики, заготовканинг узунлиги ошиши билан хатонинг қиймати ошади, чунки бир хил диаметрларда унинг бикрлиги пасаяди. Шу билан бирга, материалнинг хусусиятлари олинган маҳсулотларнинг аниқлик хусусиятларида акс этади, чунки ишлов берилган пўлат учун юқоридаги графиклардан кўриниб турибди. X18H10Tга нисбатан пўлат45X нинг мустаҳкамлик хусусиятларининг ортиши кесиш кучларининг кўпайишига ва шу билан ишлов берилётган юзанинг деформацияси ва ишлов бериш хатоларининг ошишига олиб келади. Шунини таъкидлаш керакки, баъзи маромларнинг комбинацияси учун ишлов бериладиган сирт сифати жуда паст

эди ва хато  $\Delta$  дан катта қийматларни олди. Юзани сифати пастлиги детал юзасининг геометрик параметрларини аниқлаш тизимининг беқарор ишлаши билан изоҳланади ва бу ҳақиқий шароитда танланган кесиш маромларининг номукамаллигининг дастлабки белгиси бўлиб хизмат қилиши мумкин.

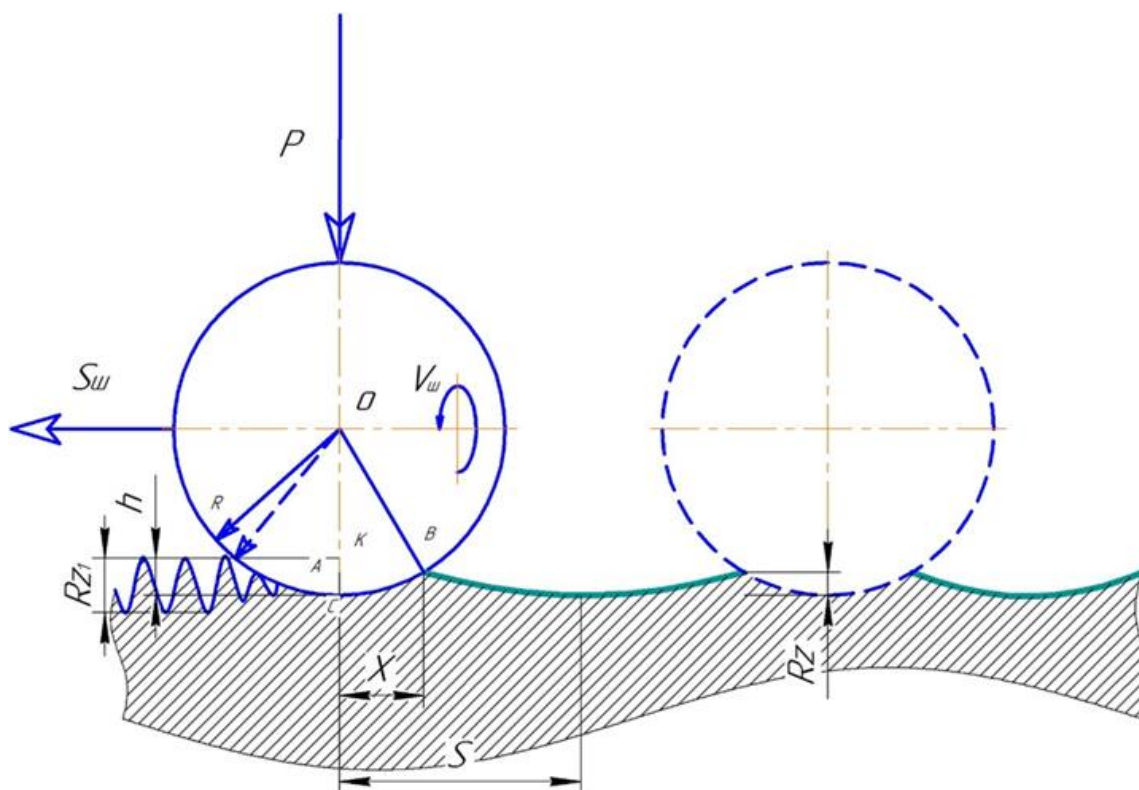
Кўриб чиқилган  $s, v, t$  параметрлардан суриш ишлов бериш хатосига энг катта таъсир кўрсатади.. Тизимнинг бундай реакциясини 2-бобдаги назария асосида тушунтириш мумкин ва бу деформацияланган материал хажми билан боғлиқ. Экспериментал қисмнинг натижаларидан умумий ишлов бериш хатосини  $s, v, t$  кесиш маромларини танлаш билан бошқариш мумкин деган хулосага келамиз. Мақбул кесиш маромларини танлашга дастгоҳнинг хусусиятлари ва заготовканинг ўзи сезиларли таъсир қилади. Технологик тизим бикрлигининг жуда пастлиги  $t$  кесиш чуқурлигининг ўзгаришига ва унинг барқарорлигини йўқотишига олиб келади. Заготовкаидаги бир жинсли бўлмаган кўйим ҳам, бикр бўлмаган технологик тизимнинг деформацияларида акс этади. Тоза йўнишда берилган жоизлик ҳисобга олиниши керак бўлган омилларни танлаш технологик дастгоҳнинг ҳолатига ва белгиланган кесиш маромларига боғлиқ. Ҳақиқий ишлаб чиқариш шароитида биз кесиш жараёнининг параметрларини ўзгартириб, маҳсулотнинг аниқлигини энг осон ва арзон нархларда назорат қила оламиз. Ишлаб чиқариш шароитида маълум бир технологик ускунанинг аниқлигини бошқариш таклиф қилинган биринчи усулга қараганда анча мураккаб ва қимматроқ жараёнدير. Иккала вариантни ҳам бирлаштирганда энг яхши аниқлик кўрсаткичларига эришамиз. Амалга оширилган тадқиқотлар ушбу ёндашувдан фойдаланишнинг мақсадга мувофиқлигини кўрсатиб беради ва якка, кичик серияли ишлаб чиқариш шароитида тоза йўниш учун кичик жоизликлар талаб қилинганда фақатгина ишлов бериш параметрларини меъёрлаш билан мумкин бўлган хатоларни қоплашнинг комбинацияланган усули кутилган самарани беради деган тахминни илгари суришга имкон беради.

Янги лойихаланган «Тебраниш» приборининг қўлланилиши: қурилма метал қириқиш дастгоҳларида деталларга кесиб ишлов беришда пайдо бўлаётган тебраниш қийматини аниқлаш ва кескични ишдан чиқиши ҳолатида сигнал бериш учун мўлжалланган. Техник характеристикаси: 100дан 400 кГц гача бўлган тебраниш сигналларини аниқлайди ва сигнал беради. Ўлчамлар 300x200x100 мм., оғирлиги 500 гр. Прибор дастгоҳнинг яқинига қўйилади тебраниш датчиги эса кескичга ёки кескич ушлагичга ўрнатилади Шу билан бирга датчикни тебранишнинг аниқ частотасига соланади. Дисплейнинг экранида тебранишлар катталигини диаграммаси фоиз кўринишида кўринади. Хар бир бузилиш ёки бузулишдан олдинги ҳолатда кескичнинг тебраниши кесиш маъромига қараб турлича бўлади. Шунинг учун диаграмма универсал қилиб лойихаланган. Созловчи бу чегарани хар бир дастгоҳ учун алоҳида қўяди.

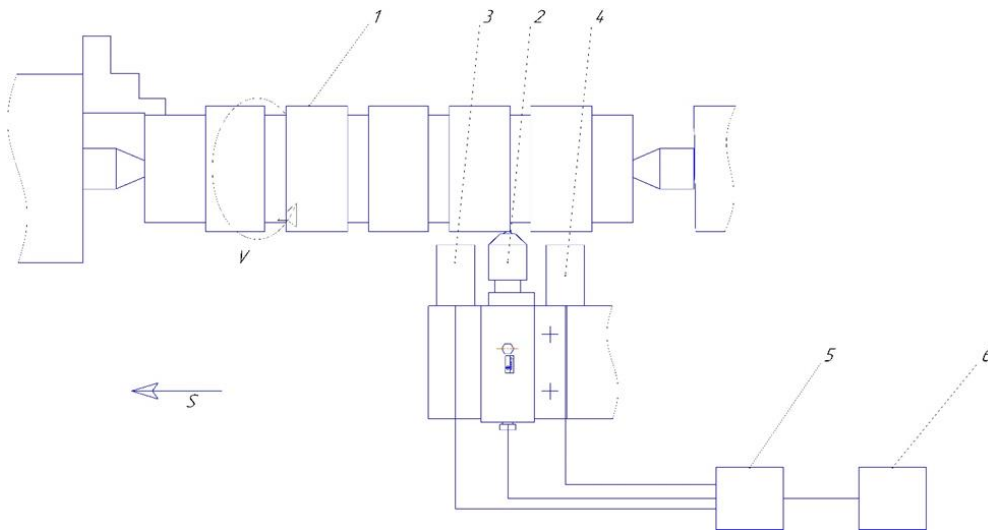


18-расм. «Тебраниш» прибори блок схемаси

Деталларга юзаларни пластик деформациялаш(ЮПД) усули билан ишлов бериш жараёни энг кўп тарқалган ва самарали бўлган мустаҳкамлаш жараёнидир. Бироқ ЮПД билан ишлов бериш юзаларни парчинанишини ошиб кетиши эҳтимоллигини оширади. ЮПД ни самарадорлигини ошириш, юза қатламини сифатини аниқлигини таъминлаш учун бузмасдан назорат қилиш усулидан фойдаланиш керак. Шу билан бирга бу усул ишлаб чиқаришда осон қўлланилиши керак. Юзани сифати бўйича асосий катталиклар қаттиқлик НВ, пластик деформацияни тарқалиш чуқурлиги  $h$ , қолдиқ деформация  $h_1$ , юза гадири- будирлиги  $Rz$ .

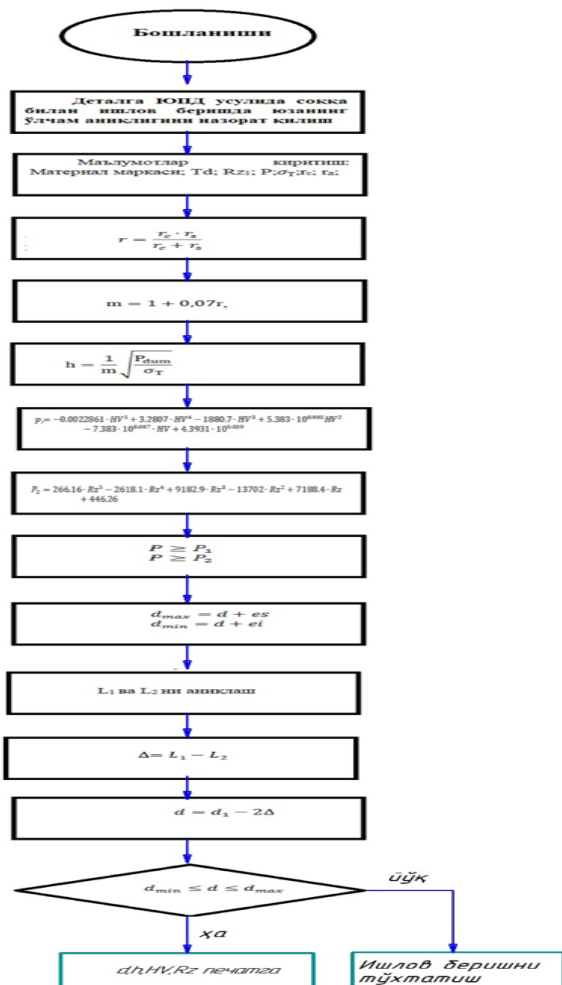


19 расм. ЮПД усулида соққа билан ишлов беришда  $Rz$  катталигини аниқлаш учун контакт схемаси. К-юзани бошланғич даражаси; АВ-обкаткаланган юзани микронотекисликларини даражаси;  $R_1$ -обкаткаланган юза ботиклигини радиуси;  $h$ -соққанинг ботиш чуқурлиги;



20- расм. Автоматлашган тажриба қурилмасининг схемаси. 1-детал; 2-ишлов берувчи асбоб; 3-биринчи оптик датчик; 4-иккинчи оптик датчик; 5-аналогли сонли ўзгартиргич; 6-электрон ҳисоблаш машинаси.

ЮПД билан ишлов беришда асосий технологик параметр бўлиб ишлов берувчи элементни заготовка юзасига қисий кучи ҳисобланади. Қисий кучига юза ғадир-будурлиги боғлиқ бўлади. Бу куч хар бир ишлов бериш ҳолатига алоҳида мақбул катталиқка эга бўлиб бунда минимал ғадир будурликка эришилади.



21-расм. ЮПД билан ишлов беришда юзани ўлчам аниқлигини ва сифатини назорат қилиш алгоритми.

21 – расмдаги алгоритм бўйича тузилган дастур ёрдамида юзани сифати бўйича асосий катталиқлар қаттиқлик НВ, пластик деформацияни тарқалиш чуқурлиги h, қолдиқ деформация h<sub>1</sub>, юза ғадир-будурлиги Rz ларни назорат қиламиз. Ишлов берилаётган юзани ўлчам аниқлигини актив назорат қилиб яроқсиз маҳсулот чиқишини олдини оламиз .

## ХУЛОСА

“Кесиш ва пластик деформациялаш билан механик ишлов беришнинг аниқлигини ташхислаш ва назорат қилиш” мавзусидаги фалсафа фанлари доктори (PhD) диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Механик ишлов бериш жараёнининг сифат кўрсаткичлари аниқлаб берувчи механик ва пластик деформациялаш жараёнининг технологик кўрсаткичларини виброакустик сигнал ёрдамида ўрганиш асосида ишлов бериш жараёнининг сифат ва аниқлик кўрсаткичларини ташхис қилувчи усул ишлаб чиқилди. Бу ишлов бериш жараёнини ташхис қилиш учун хизмат қилади

2. Механик ишлов бериш жараёнида кескичларнинг ейилиши ва синишини башоратлаш имконини берувчи самарали кесиш қуввати қийматларининг ўзгариши асосида деталга ишлов бериш аниқлигини бошқариш дастури ва  $P_z$  кучини 15 % хатолиги билан аниқлаш усули ишлаб чиқилган. Бу ишлов бериш хатолигини камайтириш учун хизмат қилади.

3. Кесувчи асбобга кетадиган сарф харажатларни камайтириш имконини берувчи кесувчи асбобнинг турғунлик даврини виброакустик сигнал ёрдамида юқори аниқликда топиш имконини берадиган усул яратилди. Бу турғунлик даврини ошириш учун хизмат қилади.

4. Ишлов беришда энергия самарадорлигини таъминлаш имконини яратувчи мақбул кесиш қуввати бўйича токарлик ишлов беришни бошқариш дастури ишлаб чиқилган. Бу энергия сарфини камайтириш учун хизмат қилади

5. Технологик тизимнинг хусусиятлари ва модел қийматларининг динамикасини аниқлаш алгоритми ва кесиш маъромларини танлаш усули ишлаб чиқилган. Бу мақбул кесиш маъромини танлаш учун хизмат қилади.

6. Юзаларга пластик деформациялаб ишлов беришдаги самарадорликни ошириш имконини берувчи пластик деформациялашда детални аниқлигини диагностика қилишнинг янги усули яратилган ва бошқариш дастури ишлаб чиқилган. Бу ишлов бериш самарадорлигини ошириш учун хизмат қилади

7. Конструкцион материалларни механик ишлов берилувчанлигининг ва кесувчи асбобнинг ейилиш мезонларининг аниқлашнинг содда ва универсал усули ҳамда ўлчаш ускунаси яратилган. Бу универсал дастгоҳларда ишлов беришда самарадорликни ошириш имконини беради.

8. Кесувчи асбобни кесиш жараёни бошланишидаги ейилиши натижасида виброакустик сигнални амплитудасини вақт бўйича ўзгариши кесувчи асбобни механик ишлов бериш жараёнига мослашишига тўғри келиши аниқланган. Бу сигнални интенсив ўзгаришига қараб туриб кесувчи асбобни геометрик формаси ва ҳолати ўзгариш интенсивлиги тўғрисида хулоса чиқаришимиз мумкин ва бу машини деталларига механик ишлов бериш жараёнини бошқариш имкониятини беради.

9. Биринчи марта кескични ўтмаслашиш даражасини аниқловчи РДБ ва универсал дастгоҳларда қўлланилиши мумкин бўлган “тебраниш” приборининг

лойихаси ишлаб чиқилган. Бу кескичнинг алмаштирилиш вақтини башоратлаш имконини беради.

10.Тадқиқот натижалари Навоий кон-металлургия комбинати қошидаги Навоий машинасозлик заводи корхонасига жорий килинган ва ишлаб чиқариш унумдорлигини 1,4 мартагача оширган, ишлаб чиқаришдаги нуқсонли маҳсулот чиқиши 40-50% га камайган



**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
DSc.03/12.2019.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**УЛУГХОЖАЕВ РУЗИХУЖА СОЛИЕВИЧ**

**ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ**

**05.02.05 – Технологии и процессы механической и физико-технической обработки.  
Станки и инструменты**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент - 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.1 PhD/12101

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) на веб-странице [www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz) на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Научный руководитель:**

**Файзиматов Шухрат Нуманович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Кенжабоев Шукржон Шарипович**  
доктор технических наук, профессор

**Пулатов Тохир Рустамбекович**  
Доктор философии технических наук (PhD)

**Ведущая организация:**

**Навоийский государственный горный институт**

Защита диссертации состоится «5» ноября 2021 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании разового Научного совета на основе научного совета DSc.03/12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете Узбекистана. (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871)246-06-00, факс: 227-10-32; e-mail: [tstu\\_info@edu.uz](mailto:tstu_info@edu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрировано за номером 224). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41).

Автореферат диссертации разослан «19» октября 2021 года  
(реестр протокола рассылке №127 от 19 октября 2021 г.)

**К.А. Каримов**

Председатель разового научного совета  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

**Н.Д. Тураходжаев**

Ученый секретарь разового научного  
совета при научном совете по присуждению учёных  
степеней, д.т.н., профессор

**А.А. Мухитдинов**

Председатель научного семинара при  
разовом научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., профессор

## Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Необходимость и актуальность диссертации.** В мире одной из важнейших задач для повышения качества машиностроительных деталей, повышения срока службы и точности изготовления а также обеспечения чистоты поверхности является управление технологией обработки деталей резанием и контроль процесса. Контроль и мониторинг технологии обработки на основе виброакустического сигнала при механической обработке деталей резанием является важной задачей. В этом направлении исследовательские центры в развитых странах, включая США, Великобританию, Германию, Россию, Японию и другие страны, уделяют особое внимание разработке технологий управления качества обрабатываемой поверхности на основе виброакустических сигналов.

В мире особое внимание уделяется разработке передовых технологий повышения точности обрабатываемых поверхностей при механической обработке деталей на металлорежущих станках. В то же время для современных высокопроизводительных станков с ЧПУ важно задавать режимы резания, оптимизировать технологический процесс и снижать погрешности обработки деталей, а также управлять ключевыми технологическими факторами является важной задачей.

В Узбекистане принимаются меры по модернизации оборудования, используемого на производстве, для продления срока его службы, обеспечения точности и качества деталей. Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, в частности, ставит задачу «... модернизации производства, технического и технологического обновления, ... в первую очередь, замены импортных комплектующих»<sup>1</sup>. Одной из важных задач при реализации этих задач является разработка технологий использования модернизированного оборудования, инструментов, обеспечивающих точность измерения деталей, увеличение срока службы. Данное диссертационное исследование в определенной степени призвано выполнять задачи, предусмотренные Указами Президента Республики Узбекистан от 26 мая 2017 года ПП-3012 «О программе мероприятий по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, энергоэффективности в экономике и социальной сфере на 2017-2021годы», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 27 апреля 2018 года №ПП - 3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей,

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

технологий и проектов», а также другими нормативно правовыми актами, принятыми в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетам развития науки и технологий республики.** Это исследование реализуется в рамках приоритетного направления развития науки и технологии в Республика Узбекистана частью II «Энергетика, энергосбережение и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Ученые со всего мира провели исследования для повышения точности, контроля и диагностики обработки деталей. Российскими учеными, в частности профессору Б.С.Балакшину, удалось обеспечить точность размеров обрабатываемой поверхности за счет управления технологическими системами для обеспечения точности обработки деталей. Подураев В.Н., Аршанский М.М. разработали метод определения предела износа. В вопросах контроль и точности обработки

В.А. Остафьев, В.С. Антонюк разработали метод диагностики износа режущего инструмента с использованием виброакустических и индуктивных методов активного контроля. Узбекский ученый Н.А. Муминов в своей научной работе по повышению точности обработки деталей на станках, продолжил работу Б.С. Балакшина, К.Г. Махмудов и А.А. Мирзаев разработали методику управления процессом обработки деталей с помощью виброакустических сигналов.

Ведущие ученые в различных областях посвятили свои работы решения задачи оптимизации технологического процесса: Б.С. Балакшин, В.Ф. Безязичный, В.Ф. Бобров, С.Ф. Глебов, А. Д. Макаров, В. Я. Новожилов, В. Н. Подураев, С. С. Силина, Ю.М. Соломенцев, В. К. Старков, Н. В. Талантов, Г. Г. Иноземцева (Россия), Г.К. Горанский, В.Л. Заковоротный (Беларусь), Т. Н. Лоладзе (Грузия), В. А. Остафьев, В. С. Антонюк (Украина), Ф. Я. Якубов, К.Г. Махмудов, А.А. Мирзаев (Узбекистан), Liang, S.Y. (АКШ)Moriwaki, T. A Shinozuka, J(Япония) и другие.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами института.** Диссертационное работа выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ферганского политехнического института в рамках проектов по темам ОТ-Ф5-005 «Измерительные приборы, диагностика и управление на основе конкурентоспособных и высокопроизводительных механических методов обработки механических процессов» (2007-2010), ГНТП-20 «Программа механического контроля деталей машин на основе прогнозирования и контроля, диагностики и технического оснащения, методов создания современных информационных систем »(2011-2014). Основные разделы работы выполнены в соответствии с перспективным планом научно-исследовательских работ на 2017-2021 годы.

**Целью исследования** является создание системы управления механизма изменения физико-механических явлений точностью и качеством изделий в процессе резания и пластической деформации.

**Задача исследования:**

создание математической модели влияния физико-механических явлений в процессе обработки на точность и качество детали;

изучение влияния параметров процесса резания и деформации на качество поверхности и точность деталей;

синтез и моделирование системы контроля точности деталей при механообработке;

разработка нового метода и алгоритма диагностики точности детали при пластической деформации;

разработка метода определения периода стойкости режущего инструмента по виброакустическому сигналу;

создание простого и универсального метода определения механической обрабатываемости резанием конструкционных материалов и критериев износа режущего инструмента.

**Объектом исследования** являются марки стали 25, 50, 40Х, 45Х, Х18Н10Т.

**Предметом исследования** являются эффективная мощность, потребляемая станком, составляющие сил резания, генерируемые при обработке виброакустические сигналы, точность детали, шероховатость поверхности.

**Методы исследования.** Использовались теоретические и экспериментальные исследования, методы построения алгоритмов и вычислительных программ, теория колебаний и виброакустика, математическое моделирование, теория динамики машин и методы решения дифференциальных уравнений.

**Научная новизна исследования:**

на основе изменений в виброакустических сигналах возникающих за счет шероховатости обрабатываемой поверхности разработан способ определения показателей механической обработки;

на основе динамики изменения количественных показателей мощности обработки деталей резанием разработана программа управления точностью обработки деталей;

на основе интенсивности количественных показателей гашения амплитуды разработан метод определения стойкости режущего инструмента;

на основе графиков зависимости напряженных сил возникающих в виброакустических сигналах разработан метод выбора режимов резания, свойств технологических систем и определения динамики значений модели;

на основе характера остаточных сил в деформированном участке, разработана технология обеспечивающая контроль непрерывного технологического процесса с помощью программы управления и диагностики точности детали при пластической деформации.

#### **Практические результаты исследования:**

в производсто внедрена программа для обеспечения точности обработки, с контролем оптимальной мощности резания;

в производсто внедрен экспресс-метод определения стойкости режущего инструмента, обеспечивающего минимум времени и затрат;

в производсто внедрено устройство, для контролирования режущего инструмента на универсальных и станках сЧПУ;

в производсто для внедрения предложена программа управления оптимальных режимов резания для обеспечения точности детали в зависимости от жёсткости технологической системы.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований объясняется положительностью экспериментальных результатов по диагностике и контролю точности механической обработки резанием и пластической деформацией, разработанной на основе теоретических и практических исследований, соизмерность теоретических и практических результатов, в соответствии с общепринятыми научными идеями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования обособляется использованием метода параллельного управления при обработке на станках с ЧПУ и повышением точности обработки при диагностике и прогнозировании на основе физических явлений, происходящих в процессе обработки.

Практическая значимость результатов исследования обуславливается автоматическим выбором математической модели оптимальных режимов резания, автоматической настройкой режимов резания в зависимости от изменений свойств обрабатываемого материала и обработки деталей оптимальным режимом резания.

**Практическая значимость результатов исследования.** Математические модели определения оптимальных режимов резания получаются осуществляется автоматически, автоматическая регулировка режимов резания в соответствии с изменениями механических свойств обрабатываемого материала, надежным обеспечением требуемой точности детали.

#### **Внедрение результатов исследований.**

По результатам научных исследований по диагностике и контролю точности механической обработки резанием и пластической деформацией:

методика определения качества процесса по виброакустическому сигналу внедрена на Навоийском машиностроительном заводе при Навоийском горно-металлургическом комбинате (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 28 октября 2019 г. № 02-06 -04 / 13689). В результате производительность производства увеличилась в 1,2-1,4 раза;

программа контроля точности токарной обработки внедрена на Навоийском машиностроительном заводе при Навоийском горно-металлургическом комбинате (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 28 октября 2019 г. № 02-06-04 / 13689). В результате выход лома в производство снизился на 40-50%;

метод определения периода стойкости режущего инструмента по виброакустическому сигналу внедрен на Навоийском машиностроительном заводе при Навоийском горно-металлургическом комбинате (справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» от 28 октября 2019 г. 02-06-04 / 13689).

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования апробированы на 10 научных конференциях, в том числе на 6 международных и 4 республиканских научных конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 77 научных работ, в том числе 8 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, из них 6 в отечественных и 2 зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.**

**Вводная часть** основана на актуальности и важности данного исследования, его соответствии приоритетам науки и технологий Республики Узбекистан, объекту и предмету исследования, научной новизне и практическим результатам исследования, достоверности результатов, их научной и практической значимости, сведения о внедрении на практику, результаты апробации работы, опубликованные работы, структура диссертации.

**Первая глава** диссертации «**Аналитический анализ контроля и диагностики процесса резания и пластической деформации**» посвящена анализу методов количественной оценки качества технологического процесса с использованием динамических методов технического диагностирования.

Анализируются приборы и методы технической диагностики. Рассмотрены существующие методы контроля состояния режущего инструмента. Проанализирован акустический метод исследования и диагностики обработки поверхностных пластических деформаций. Оценены методы вибрационной и виброакустической диагностики. Проанализирован метод диагностики, основанный на динамике изменения сил резания. Рассмотрен метод диагностики, основанный на измерении потребляемой мощности электродвигателя металлорежущего станка. Проанализированы методы и средства повышения точности токарной обработки.

Результаты анализа показали, что в условиях нестационарного процесса резания, при обработке больших объемов материалов и с высокими требованиями к производительности системы наиболее оптимальный метод основан на измерении виброакустического сигнала. При этом было показано, что метод нахождения сил резания в зависимости от эффективной мощности считается наиболее перспективным методом.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Модель процесса чистового точения»**, теоретически исследованы закономерности физических основ формирования погрешностей в процессе резания.

В зависимости от конкретных условий чистового точения выбор соответствующих параметров  $S$ ,  $V$ ,  $t$  оказывает существенное влияние на значение  $\vec{\delta}_1$ . Как показали эксперименты, при токарной обработке существуют такие скорости, которые сопровождаются минимальным износом, минимальным значением усилий сдвига и максимальной чистотой обрабатываемой поверхности. Отклонение от оптимальной скорости к более низким и более высоким скоростям в процессе резания привело к увеличению сил резания, увеличению износа режущего инструмента и ухудшению качества обработанной поверхности. В результате анализа этих явлений установлено что при заданных параметрах  $S$ ,  $t$  и скорости резания  $v_0$  для рекомендованной геометрии режущего инструмента, ошибки, возникающие в процессе резания, минимальны.

В процессе эксплуатации обеспечивается минимальное значение усилий сдвига и погрешности, которые могут возникнуть при износе режущего инструмента. Деформация технологической системы, образовавшаяся в результате действия поперечных сил в указанной точке, также минимальна, и погрешность, возникающая в результате радиального износа режущего инструмента  $h_r$ , также минимальна. Общая погрешность обработки в процессе резания определяется  $\vec{\delta}$ , как доля ошибки процесса резания  $\vec{\delta}^*$ , и, согласно приведенному выше  $\vec{\delta}^*(s, v, t, \alpha)$ , функция минимальна, где:  $\alpha$  - величина,



учитываются материал режущего инструмента и его геометрические параметры.

$$\frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial S} = 0; \frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial v} = 0; \frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial t} = 0; \frac{\partial \vec{\delta}^*}{\partial \alpha} = 0; \quad (1)$$

$\vec{\delta}^*$  если произведение для данного параметра равно нулю, а остальные параметры постоянны, оно будет минимальным по отношению к этому параметру.

Ошибки, возникающие в процессе резания, выражаются в векторной форме.

$$\vec{\delta} = \vec{\delta}^* + \vec{\delta}_T + \vec{\delta}_И + \vec{\delta}^o + \vec{\delta}_M \quad (2)$$

Здесь:  $\vec{\delta}^*$ - погрешность процесса резания,  $\vec{\delta}_T$ - погрешность по причине повышения температуры,  $\vec{\delta}_И$ -- погрешность радиального износа резца,  $\vec{\delta}^o$  – погрешность станка,  $\vec{\delta}_M$ - погрешность, которая учитывает физические механические свойства материалов режущего инструмента и заготовки.

Энергетическая модель процесса чистового точения основана на анализе физических явлений, происходящих в зоне резания. В работе используется модель, предложенная Франкелем и Конторовой, для описания поведения дислокации, возникающей в процессе резания.

В модели Франкеля и Конторова атомы движутся вдоль оси X, и все силы, действующие на них, также параллельны этой оси. Мы видим, что уравнение движения n-атома в кристаллической решетке зависит от поперечной силы взаимодействия между соседними атомами в цепочке и описывается этим выражением.

$$f_n(\tau) = k(y_{n+1} - y_n) - k(y_n - y_{n-1}) \quad (3)$$

$$\text{здесь: } y_n(\tau) = x_n(\tau) - na \quad (4)$$

$a$  –расстояние между атомами;

$x_n(\tau)$ -n - координата атома;

$$y_{n+1} = y_n(\tau - \Delta\tau) \quad (a) \quad (5)$$

$$y_{n+1} = y_n(\tau + \Delta\tau) \quad (б)$$

$\Delta\tau$  -время задержки;

Константа силового взаимодействия между атомами в k-цепочке и атомами в нижнем слое влияет на атомы в верхней цепочке с силой  $f(x)$ , равной

$$f(x) = -f_o \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \quad (6)$$

Если учесть, что смещение атома из положения равновесия определяется формулой (4),

$$f(x_n) = -f_o \sin\left(\frac{2\pi y_n}{a}\right) \quad (7)$$

Тогда составляется уравнение движения n-атома

$$m\ddot{y}_n = -f_0 \sin\left(\frac{2\pi y_n}{a}\right) + k(y_{n+1} - 2y_n + y_{n-1}), \quad (8)$$

где:  $m$  - масса атома.

Полученное уравнение (5) соответствует дислокационной модели Франкело-Конторовой. Решение этого уравнения описывает движущуюся дислокацию. После нескольких модификаций получаем следующее выражение

$$\ddot{u} - u'' + \sin u = 0, \quad (9)$$

При анализе решений уравнения (9) было определено, что основным свойством солитонов является дислокация при непрерывном сближении в идеальной среде. Во-первых, скорость солитона определяется уравнением его энергии. Во-вторых, во время взаимодействия одного солитона с другим их форма и, следовательно, их энергия не меняются, они только движутся; быстрее вперед, медленнее назад. В-третьих, солитон и антисолитон могут образовывать связанное состояние при определенных условиях. Полученное решение представляет собой идеальную работу с непрерывным подходом. Чтобы прояснить решения уравнения (9), рассмотрим цепочку идеальных одномерных атомов, называемую в литературе цепочкой Тоды и характеризующуюся системой дифференциально-разностных уравнений вида.

$$\frac{d^2 x_n}{d\tau^2} = e^{x_{n+1} - x_n} - e^{x_n - x_{n-1}} \quad (10)$$

где:  $x_n$  - координата атома в сетке.

Рассматривая солитонные решения уравнений (9) и (10), а также теорию солитонного восстания, процесс изменения сил резания можно определить следующим образом. Если скорость дислокации отличается от скорости удержания дислокации на границах зерен, то силы сдвига будут больше, чем силы, наблюдаемые при скорости, равной скорости удержания. Здесь происходит такое явление, что со скоростью большей, чем скорость удержания, дислокация задерживается внутри зерна, так что дислокация не проходит по границам зерна, но энергия внутри нее не увеличивается до тех пор, пока материал рвется. Для его приведения в это состояние требуются дополнительные затраты энергии  $\Delta u$ , что приводит к увеличению силы резания. Во втором случае, если скорость меньше, то дислокация отражается потенциальным барьером, и процесс деградации проходит не по границам зерен, а носит случайный характер. Процесс разложения становится похожим на скачок, поскольку энергия накапливается для самоуничтожения, и точка повторяется. В этом процессе концентрация дислокаций становится неравномерной, поэтому возникает явление отделения частиц материала друг от друга при



Рисунок 1 Алгоритм расчета скорости резания на основе синтезированных математических моделей

наблюдаемой низкой скорости сдвига. Чем ниже скорость резания, тем больше силы резания, так как процесс накопления энергии замедляется.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что солитонное решение уравнений (9) и (12) позволяет определить поведение дислокации в конкретных условиях, что важно для демонстрации результатов.

Для математических моделей использовался метод группового аргумента (МГУА).

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Экспериментальные исследования по диагностике и контролю точности обработки**», разработана математическая модель зависимости точности обработки от жесткости технологической.

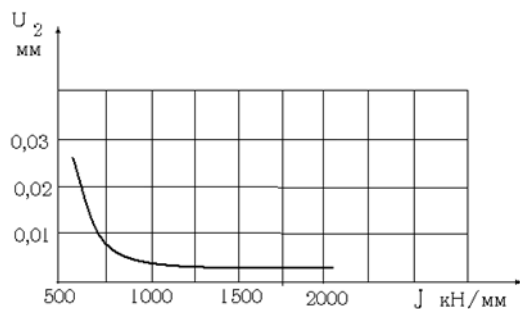


Рисунок 2. Влияние жёсткости токарного станка J на износ резца U<sub>2</sub>. Материал сталь 40х, V = 120 м / мин, S = 0,2 мм / мин, t = 1 мм

Как видно из графика, увеличение жесткости станка приводит к снижению вибрации и уменьшению износа режущего инструмента.

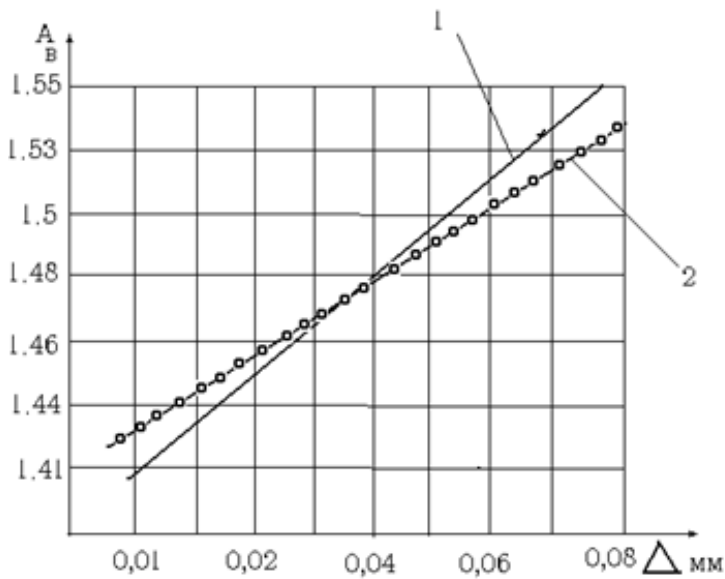


Рисунок 3. График влияния начальной амплитуды виброакустического сигнала на погрешность обработки детали. 1-результат, полученный в эксперименте; 2-результат, полученный расчетом; Материал сталь 40х,  $V = 120$  м / мин,  $S = 0,2$  мм / об / мин,  $t = 1$  мм

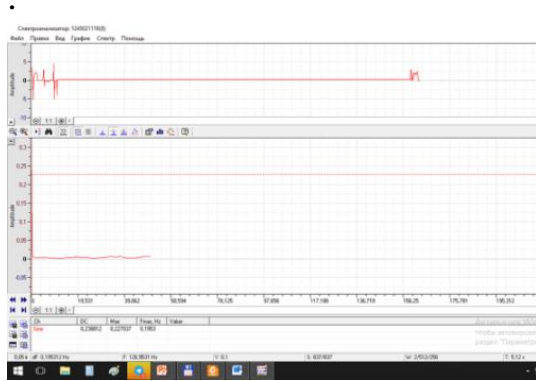


Рисунок 4. Результат анализа полученных виброакустических сигналов в программе Power Graph 3.31. Материал сталь 40х,  $V = 120$  м / мин,  $S = 0,2$  мм / об / мин,  $t = 1$  мм

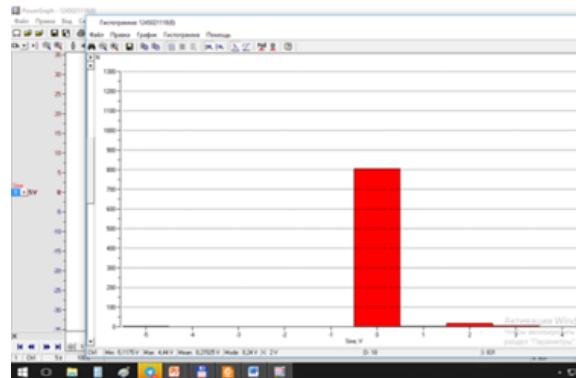


Рисунок 5 Гистограмма виброакустического сигнала. Материал сталь 40х,  $V = 120$  м / мин,  $S = 0,2$  мм / об / мин,  $t = 1$  мм

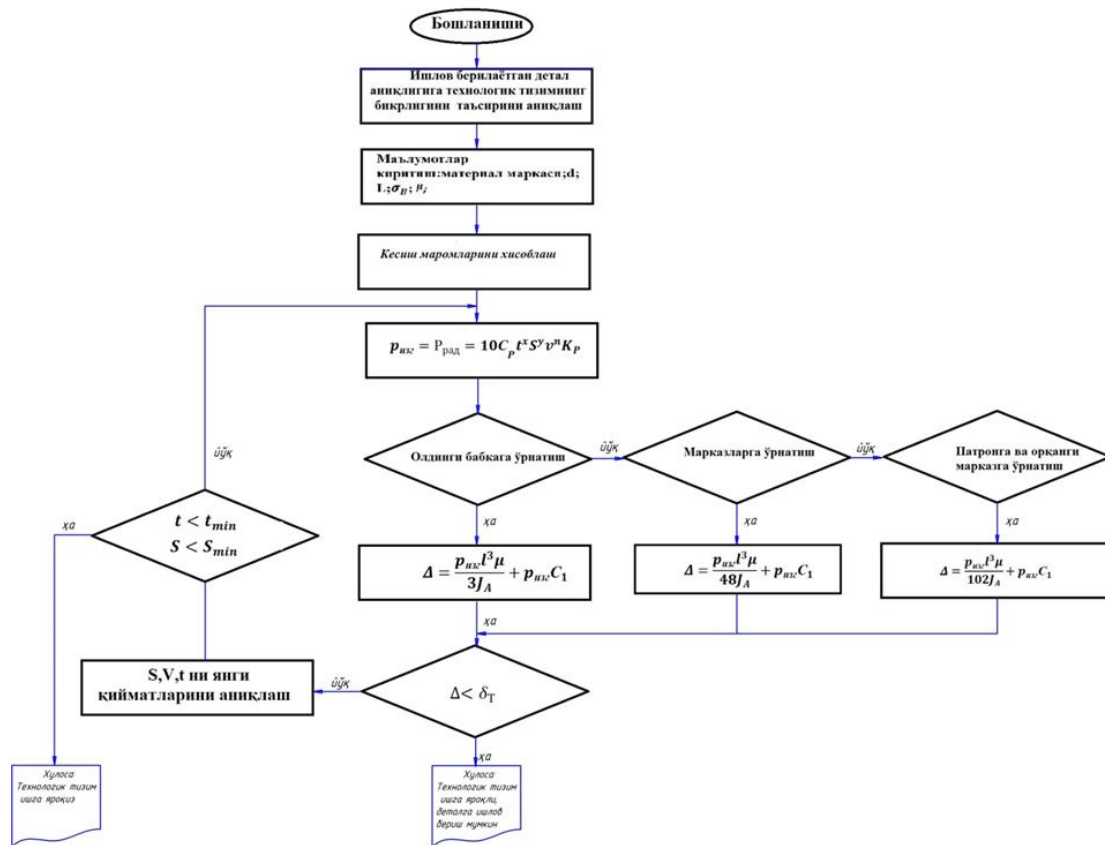


Рисунок 6. Алгоритм определения ошибки технологической системы по жёсткости.

Проведены эксперименты по контролю влияния процесса обработки деталей машин на эффективное мощность резания. В экспериментах использовались стали 25, 50, 45Х.

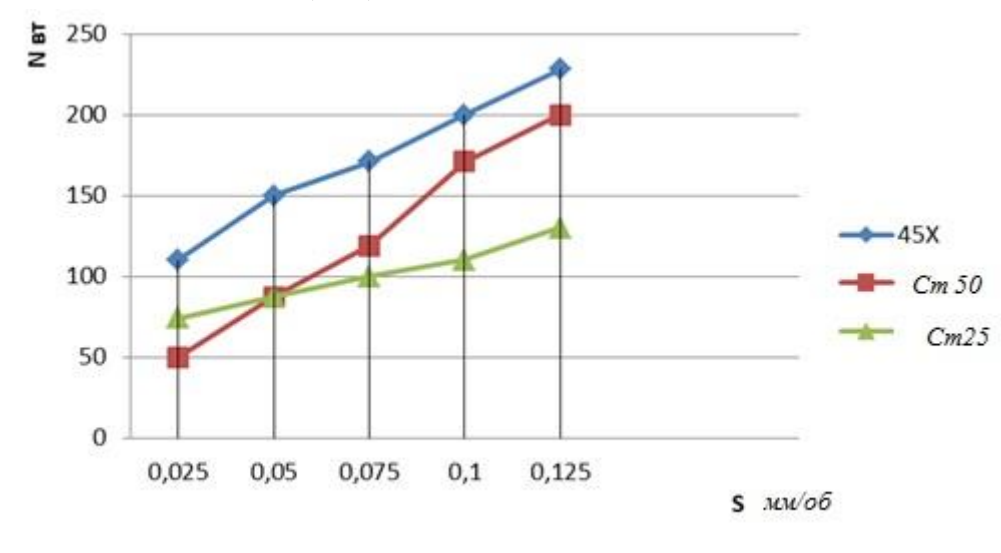


Рисунок 7. Зависимость эффективной мощности  $N_e$  от продольной подачи  $s$ .  $t=0.15\text{мм}$ ;  $v=102\text{м/мин}$ ;  $НВ=156-265$ ;

Полученные результаты обрабатывались с использованием алгоритмов вычисления группы аргументов, в результате которых была получена математическая модели эффективной мощности.

Полученные математические модел, показавшие наилучшие результат.

$$N_e = 730605 \times 1,134 \gamma - 55,004 \gamma / HB - 72,932 \text{ Вт} \quad (11)$$

При  $S = 0,025 - 0,125 \text{ мм / об}$ ,  $t = 0,1 - 0,3$ ;  $V = 1,7 - 4,2 \text{ м / с}$ .

Для конструкционных сталей с  $HB = 156 - 265$  (точность 5%)

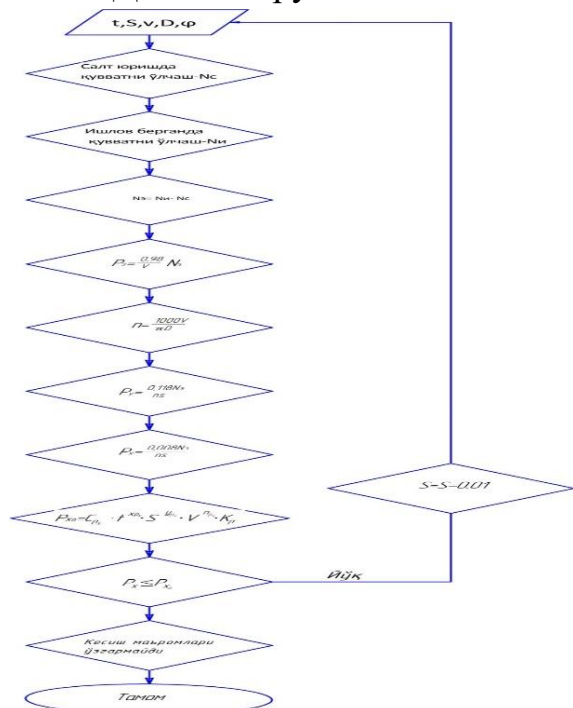


Рисунок 8. Алгоритм автоматического управления режущими силами

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Методы и результаты экспериментального исследования погрешности в процессе чистовой обработки», показаны методика и результаты исследований на экспериментальном устройстве, на рис.9 представлена блок-схема устройства для исследования зависимости потребляемой мощности от режимов резания.

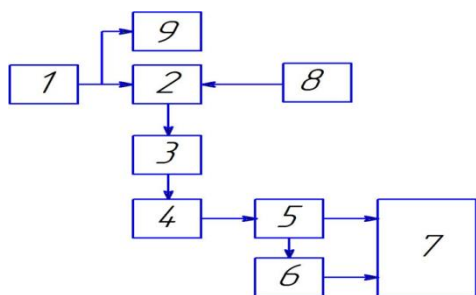


Рисунок 9. Блок-схема измерения и обработки показателей мощности.

- 1 -электродвигатель главного привода;
- 2-датчик тока; 3-детектор;
- 4-ограничитель; 5-интегратор;
- 6-дифференцирование; 7-ЭВМ;
- 8-тиристорный привод;
- 9-ваттметр.

Экспериментальные исследования проводились с использованием разработанного устройства системы управления процессом резание. Данное

устройство устанавливался на станке ЧПУ модели 16A20Ф3. Измерительный прибор позволяет измерять и определять показатели составляющих мощности в процессе резания. Уровень сигнала постоянных компонентов соответствует абсолютному значению мощности (на тот момент). В нашем случае основным приводом является электродвигатель переменного тока, который отличается малой инерционностью ротора и высоким сопротивлением нагрузке. Тиристорное управление позволяет быстро управлять движением и увеличивать КПД электродвигателя.

Устройство работает в следующем порядке(рис.9). Измерение мощности, потребляемой электродвигателем главного двигателя 1, осуществляется с помощью датчика тока 2. Датчик тока выполнен в виде трансформатора, первичные обмотки которого подключены последовательно к верхней цепи двигателя. Для вторичных обмоток трансформатора (датчика тока) предполагается пропорциональное текущее напряжение на головке электродвигателя главного привода. Напряжение в двигателе переменного тока с тиристорным управлением постоянно и равно 380 В. Таким образом, изменение мощности электродвигателей главного привода пропорционально изменению тока в якоре. Сигнал передается с двух датчиков тока на 3 детектора. Там требуемый сигнал корректируется и передается на 4 ограничителя. Функцией ограничителя 4 является защита входной цепи интегратора 5 и ограничение напряжения при включении и выключении машины. В интеграторе 5 сигнал фильтруется и сглаживается на непрерывные составляющие. Эти составляющие пропорциональны мощности, потребляемой главным приводным двигателем машины. Для разделения переменных составляющих сигнала дифференцируется интегральная характеристика мощности шестого блока. Сигналы переменной и постоянной (интегральной) составляющих мощности регистрируются с помощью ЭВМ. Параллельно измеряется и абсолютное значение мощности ваттметром. В ходе экспериментов режимы резания менялись в следующих пределах: скорость резания  $V \in [0,8; 4,1]$  м/сек, подача  $S \in [0,025; 0,135]$  мм / об; глубина резания  $t \in [0,05; 0,5]$  мм. В качестве режущего инструмента используется резец, установленная на твердосплавной пластине Т15К6. Геометрия режущего инструмента:  $\gamma=8^\circ$ ,  $\alpha=9^\circ$ ,  $\varphi=\varphi_1=45^\circ$ ,  $\lambda=0^\circ$ . В качестве обрабатываемого материала использовались стали 45,50,40Х,45Х, Ст 25, 30ХГСА,Х18Н10Т. Площадь износа режущей кромки измерялась микроскопом ММИ-2.

Таким образом, мы можем управлять технологической системой, измеряя мощность, потребляемую электродвигателем главного привода в процессе резания фиксированных и переменных компонентов, контролировать износ режущего инструмента, перегрузку металлорежущего станка. Это

свидетельствует о пригодности данного сигнала для создания системы управления механической обработкой деталей.

При резании материалов на контактных поверхностях часто возникают процессы, которые необходимо учитывать и рассматривать отдельно. Эти точки являются первыми переменными энергетического состояния, а также приемниками (возбудителями) виброакустических сигналов (ВАС).

Для измерения ВАС используются специальные стандартные промышленные датчики. Датчик устанавливается на режущего инструмента. Данные принимаются в виде силы резания и мощности для контроля состояния режущего инструмента и процесса резания. Эта информация является общедоступной и может быть извлечена из них по мере необходимости, а для этого требуется специальное оборудование.

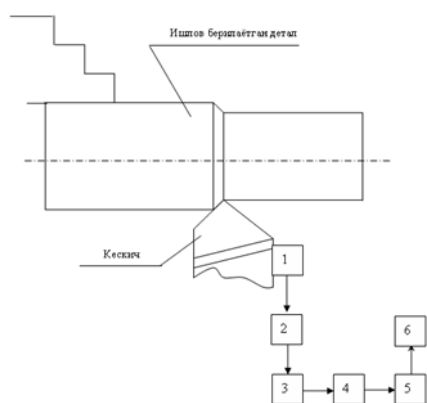


Рисунок 10. Схема электронного измерительного прибора. Здесь: 1-пьезоэлектрический датчик; 2-стабилизаторы; 3-фильтр; 4- АЦП; 5-ЭВМ; 6 -Устройство вывода данных;

Измерение выполняется с помощью 2-канального цифрового осциллографа PeakTech 1240. Запись информационных параметров компоненты сил резания  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$  и эффективная мощность  $N_e$ , амплитуда ВАС.



Рисунок 11. Установка для измерения ВАС.



В процессе исследования определена взаимосвязь между амплитудой виброакустических сигналов, генерируемых в процессе резания и точностью обработки.

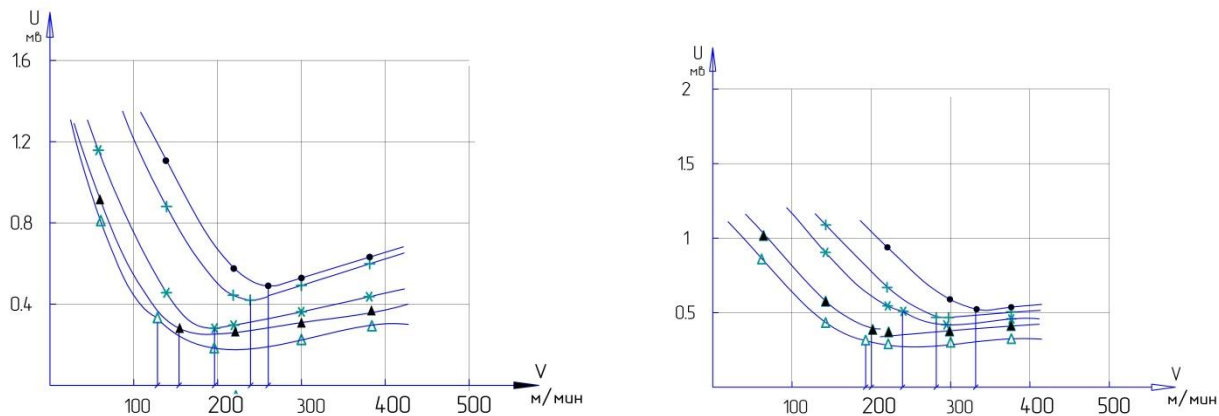


Рисунок 12. Изменение V-U с изменением глубины резания.

а-Сталь X18H10T. S=80 мм/мин.,  $\Delta t=0,1$ ;  $\blacktriangle t=0,2$ мм;  $\times=0,3$ мм;  $+t=0,4$ мм;  $\bullet t=0,5$ мм. б- Сталь 45X. S=80 мм/мин.,  $\Delta t=0,1$ ;  $\blacktriangle t=0,2$ мм;  $\times=0,3$ мм;  $+t=0,4$ мм;  $\bullet t=0,5$ мм.

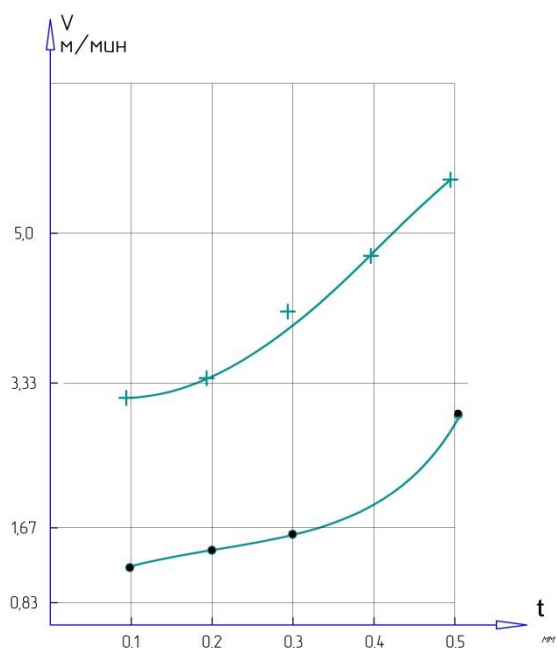


Рисунок 13. График изменения минимальных значений силы резания от изменения t и V

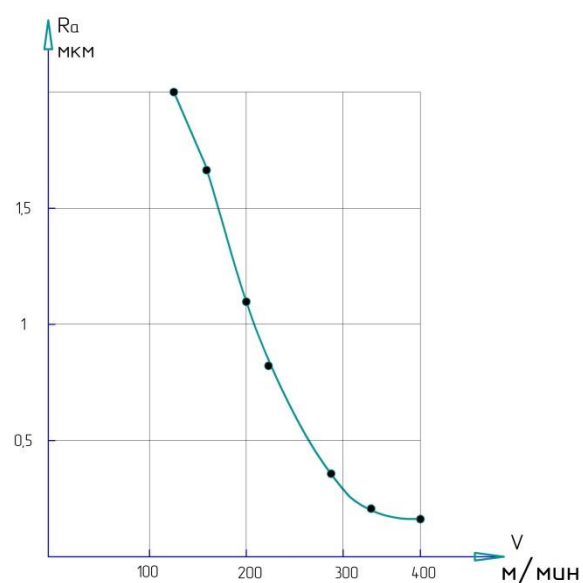


Рисунок 14. Изменение шероховатости поверхности от изменения скорости резания при обработке стали 45X

Минимальный уровень виброакустического сигнала наблюдался для обрабатываемых материалов и проверяемой глубины резания. По мере увеличения глубины резания  $t$  скорость исследуемых сигналов перемещается с возрастающими значениями. На рисунке 13 показано минимальное состояние амплитуды сигналов в зависимости от исследуемых материалов. Силы сдвига в этих точках также были минимальными. Для стали 45X шероховатость также была измерена с помощью параметра  $R_a$ , результаты показаны на рисунке 14. Шероховатость уменьшается до минимального виброакустического уровня, слегка повышаясь с увеличением скорости.

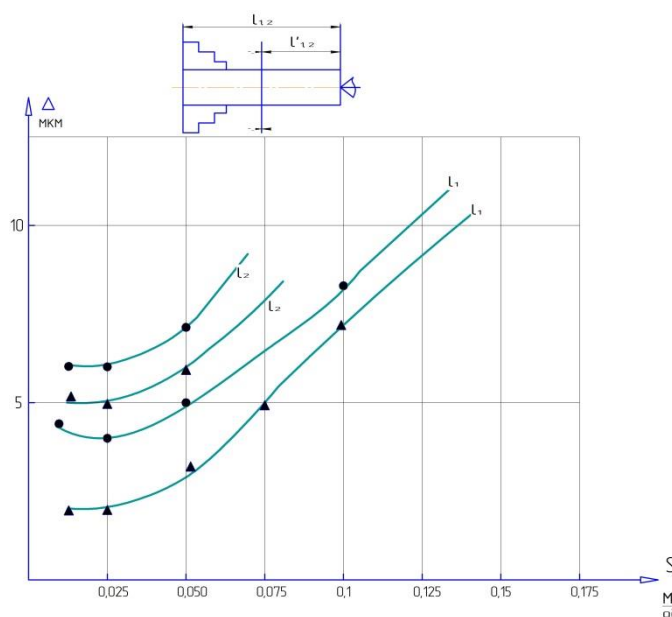


Рисунок 15. Зависимость точности обработки от величины подачи. .  
 $L_1=100\text{мм}$ ;  $L_2=200\text{мм}$ ;  $V=200\text{м/мин}$ ;  
 $t=0,1\text{ мм}$ ; ●-СтальX18Н10Т;  
▲ - Сталь45X

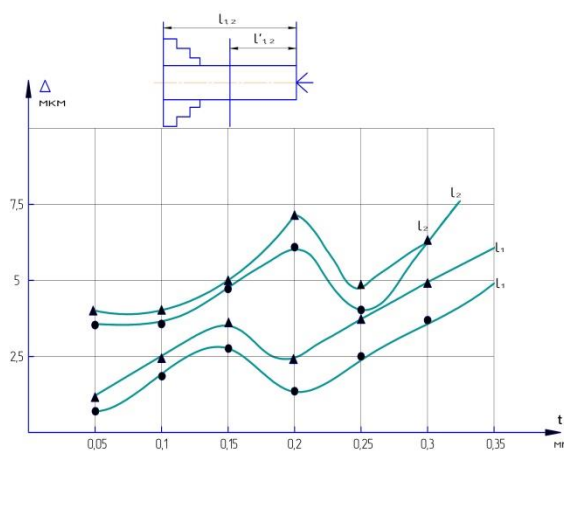


Рисунок 16. Зависимость точности обработки от глубины резания.  
 $L_1=100\text{мм}$ ;  $L_2=200\text{мм}$ ;  $V=200\text{м/дак}$ ;  
 $S=0,025\text{ мм/ айл}$ ; ●-СтальX18Н10Т;  
▲ - Сталь45X

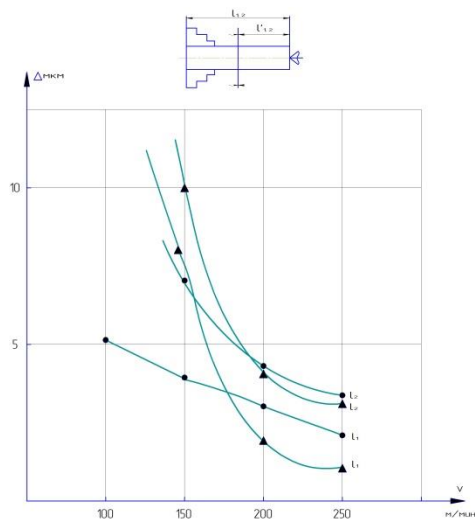


Рисунок 17. Зависимость точности обработки от скорости резания.  
 $L_1=100\text{мм}$ ;  $L_2=200\text{мм}$ ;  $t=0,1\text{ мм}$ ;  
 $S=0,025\text{ мм/об}$ ; ●-Сталь X18Н10Т;  
▲ - Сталь45X;

Как видно из графиков на рисунках 15,16,17, значение погрешности увеличивается с увеличением длины заготовки, поскольку ее чистота уменьшается при тех же диаметрах. Однако свойства материала отражаются на прецизионных свойствах получаемых изделий, как видно из приведенных выше графиков для обработанной стали. Повышение прочностных свойств стали 45Х по сравнению с Х18Н10Т приводит к увеличению усилий сдвига и, как следствие, к увеличению деформации и погрешностей обработки обработанной поверхности. Следует отметить, что для некоторой комбинации качество обработанной поверхности было очень низким и получало большие значения погрешности  $\Delta$ . Низкое качество поверхности объясняется нестабильной работой системы определения геометрических параметров поверхности детали, что может служить первым признаком несовершенства выбранных режимов резания в реальных условиях.

Наибольшее влияние на погрешность обработки оказывает подача из рассмотренных параметров  $s$ ,  $v$ ,  $t$ . Такая реакция системы может быть объяснена на основе теории, которая связана с объемом деформируемого материала. По результатам экспериментальной части делаем вывод, что общей погрешностью обработки можно управлять, выбирая  $p$  значения режимов резания  $s$ ,  $v$ ,  $t$ . На выбор оптимальных режимов резания в значительной степени влияют характеристики станка и самой заготовки. Очень низкая жёсткость технологической системы приводит в процессе резания к изменению глубины резания  $t$  и потере устойчивости. Выбор факторов, которые следует учитывать при чистовой обработке, зависит от состояния технологического оборудования и установленных режимов резания. В реальных производственных условиях мы можем контролировать точность изделия, изменяя параметры процесса резания. Управление точностью конкретного технологического объекта в производственных условиях - гораздо более сложный и дорогостоящий процесс, чем предложенный метод. Когда мы комбинируем оба варианта, мы добиваемся максимальной точности. Исследования показали, что целесообразно использовать этот подход и предположить, что комбинированный метод компенсации возможных ошибок путем настройки параметров обработки только тогда, когда требуются небольшие разрешения для чистовой резание в условиях одиночного, мелкосерийного производства, даст ожидаемый эффект.

На основе этого подключения было создано «Вибрационное» устройство. Устройство предназначено для определения величины вибрации, возникающей при механической обработке резанием деталей на металлорежущих станках и для подачи сигнала о выходе из строя режущего инструмента. Технические

характеристики: обнаруживает и сигнализирует вибрационные сигналы от 100 до 400 кГц. Размеры 300x200x100 мм, вес 500 гр.

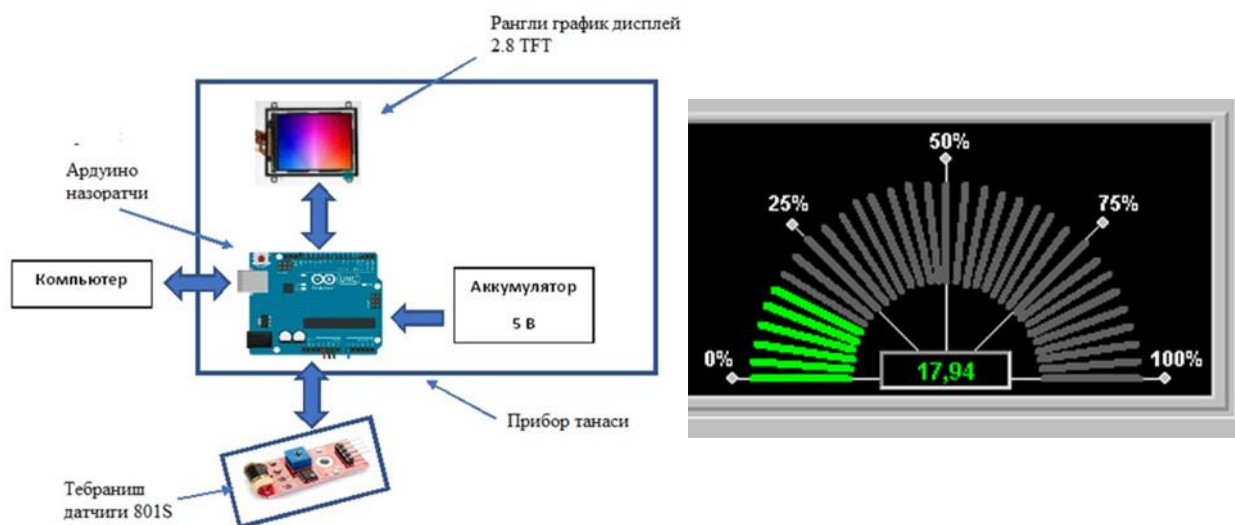


Рисунок 18. Блок-схема вибрационного устройства.

График в процентах величины вибрации на экране дисплея появляется в представлении. Вибрация режущего инструмента в каждом случае поломки или предварительной поломки будет варьироваться в зависимости от порядка резание. Устройство разработана так, чтобы быть универсальной. Регулятор устанавливает этот предел отдельно для каждого материала.

Наиболее распространенным и эффективным процессом обработки поверхности является обработка деталей поверхностный пластической деформацией (ППД). Однако обработка ППД увеличивает вероятность перенаклёпа поверхности. Для повышения эффективности ППД необходимо использовать метод неразрушающего контроля для обеспечения точности качества поверхностного слоя. Однако этот метод должен быть легко применим в производстве. Основными величинами качества поверхности являются твердость  $NV$ , глубина пластической деформации  $h$ , остаточная деформация  $h_1$ , шероховатость поверхности  $Rz$ .

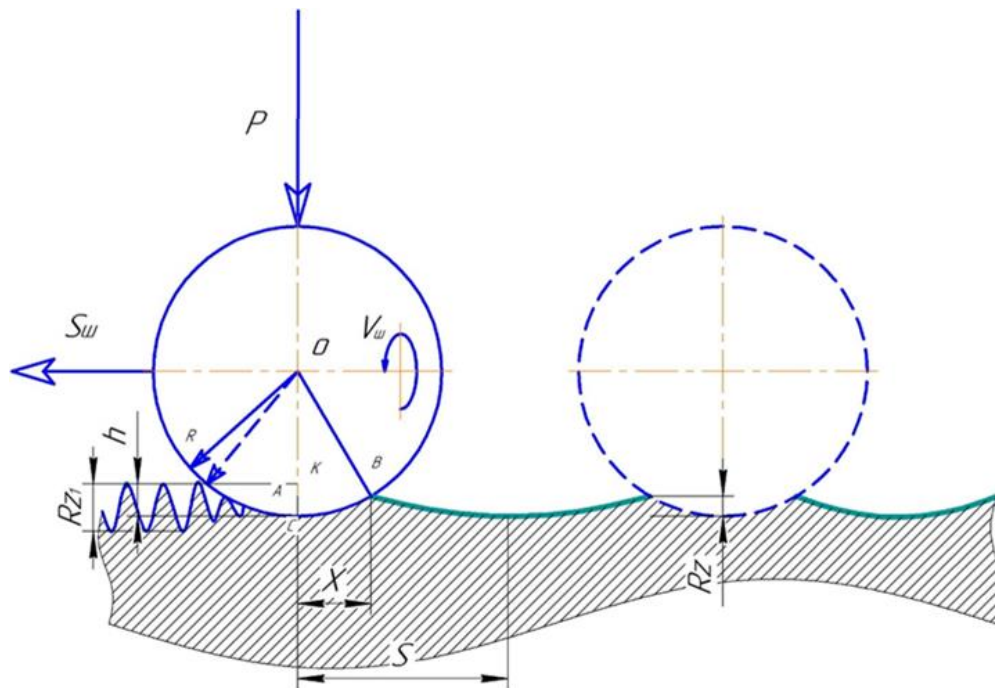


Рисунок 19. Контактная схема для определения величины  $Rz$  при работе с шариками в методе ППД. К- уровень исходной поверхности ; АВ-уровень микронеровностей обкатанной поверхности; R1-радиус впадин обкатанной поверхности; h- глубина внедрения инструмента;  $Rz_1$ - исходной шероховатость;

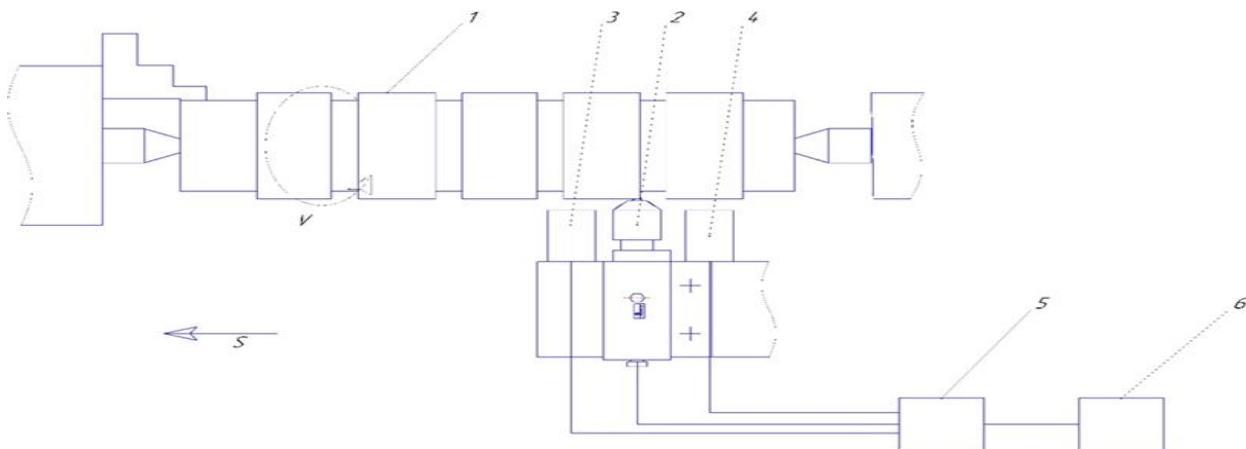


Рисунок 20. Схема автоматизированного экспериментального устройства.1- деталь; 2 инструмент для обработки; 3 -первый оптический датчик; 4-второй оптический датчик; 5 аналогово-цифровой преобразователь; 6 электронно-вычислительных машин.

Основным технологическим параметром при работе с ППД является давление обкатывания на поверхности заготовки. Шероховатости поверхности зависит от давления обкатывания. Эта сила имеет отдельную оптимальную величину размер для каждого режима обработки с минимальной шероховатостью.

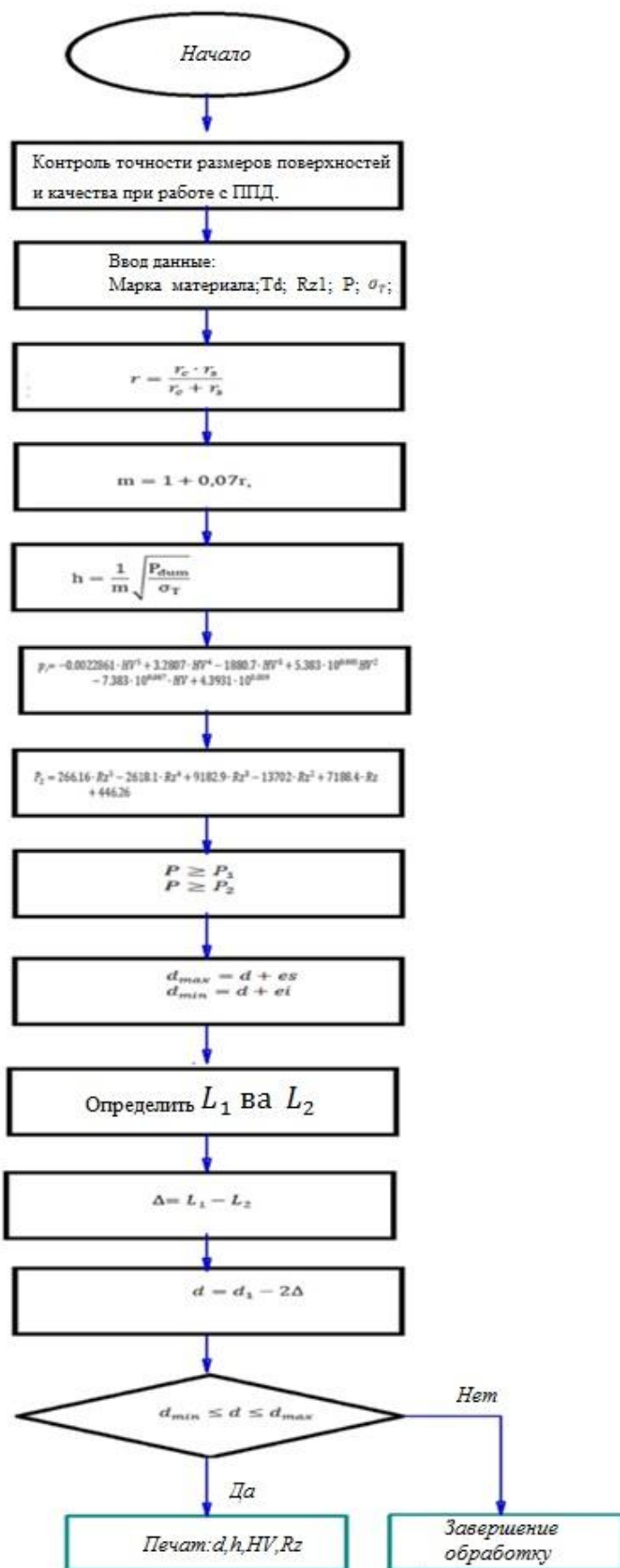


Рисунок 21. Алгоритм контроля точности размеров поверхности и качества при работе с ППД.

Используя программу, основанную на алгоритме, представленном на рисунке 19, мы контролируем основные значения качества поверхности: твердость NV, h- глубина внедрения инструмента, остаточная деформация h1, шероховатость поверхности Rz. Активно контролируя точность размеров обрабатываемой поверхности, мы предотвращаем выпуск неподходящей продукции.

## ВЫВОД

В результате исследования диссертации доктора философских наук на тему «Диагностика и контроль точности механической обработки резанием и пластической деформацией» были сделаны следующие выводы:

1. Разработан метод диагностики качества и точности, основанный на исследовании технологических параметров процесса механической обработки резанием и пластического деформирования с помощью виброакустического сигнала. Это служит для диагностики процесса механической обработки.

2. На основании измерения эффективных значений силы резания, позволяющего прогнозировать износ и поломку резцов в процессе обработки, была разработана программа для контроля точности обработки и метод определения силы  $P_z$  с погрешностью 15%. Это позволяет уменьшить погрешности обработки.

3. Разработан метод позволяющий с высокой точностью определять период стойкости режущего инструмента по виброакустическому сигналу, что способствует снизить расходы на эксплуатацию режущего инструмента. Это способствует увеличению производительности и периода стойкости режущего инструмента.

4. Разработана программа управления токарной обработкой с оптимальной мощностью резания, позволяющая обеспечить энергоэффективность обработки. Это помогает снизить потребление энергии.

5. Разработан метод определения режимов резания с помощью алгоритма учитывающего особенности технологической системы. Это служит для выбора оптимального режима резания.

6. Разработан новый метод диагностики точности детали при пластической деформации и управляющая программа, позволяющая повысить эффективность механической обработки деталей. Это способствует повышению эффективности обработки.

7. Разработан простой и универсальный метод определения обрабатываемости резанием конструкционных металлов и критериев износа режущего инструмента. Это позволяет повысить эффективность обработки на универсальных и станках с ЧПУ.

8. Установлено, что изменение амплитуды виброакустического сигнала по времени в результате износа режущего инструмента в начале процесса резания соответствует адаптации режущего инструмента к процессу обработки. В зависимости от интенсивности этого сигнала можно сделать выводы об интенсивности изменения геометрической формы и состояния режущего инструмента, что позволяет контролировать процесс обработки деталей.

9. Впервые разработан вибрационное устройство , который можно использовать на станках счпу и универсальных станках для определения степени износа режущего инструмента что позволяет зараниее прогнозировать время замены инструмента.

10. Результаты исследовани внедрены на Навоийском машиностроительном заводе при Навоийском горно-металлургическом комбинате, что позволило увеличить производительность производства в 1,4 раза, снизить выпуск бракованной продукции на 40-50%.



**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL DSc03/12.2019.T.03.04 ON THE  
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE  
TECHNICAL UNIVERSITY**

---

**FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE**

**ULUGKHOJAEV RUZIKHUJA SOLIYEVICH**

**DIAGNOSIS AND CONTROL OF THE ACCURACY OF MECHANICAL  
PROCESSING WITH CUTTING AND PLASTIC DEFORMATION**

**05.02.05 – Technologies and processes of mechanical and physic-technical processing.  
Machines and tools.**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent - 2021**

**The theme of dissertation of Doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of Republic of Uzbekistan under number B2021.1 PhD/12101**

The dissertation has been prepared at Fergana polytechnic institute

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council website [www.ferpi.uz](http://www.ferpi.uz) and on the website of “Zoyonet” Information and educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Research supervisor:**

**Fayzimatov Shuxrat Numanovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Kenjaboev Shukurjon Sharipovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Pulatov Toxir Rustambekovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)

**Leading organization:**

**Navoi State Mining Institute**

The defense will take place “5” November 2021 at 11<sup>00</sup> at the one-off meeting of Scientific council No. DSc.03/12.2019.T.03.04 at Tashkent state technical university named after Islam Karimov of Uzbekistan, (Address: 100095, Tashkent city, Universitetskaya street, 2. Tel.fax: (99871) 246-06-00 / (99871) 227-10-32, e-mail:[tstu\\_info@edu.uz](mailto:tstu_info@edu.uz)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of Tashkent state technical university (is registered under №224). Address: 100095, Tashkent city, Universitetskaya street, 2. Tel.fax: (99871) 246-06-00 / (99871) 227-10-32, e-mail:[tstu\\_info@edu.uz](mailto:tstu_info@edu.uz).

Abstract of dissertation sent out on “19” october 2021 y.  
(mailing report No127 on “19” october 2021 y.)

**K.A. Karimov**

Chairmen of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

**N.D. Turakhodjaev**

Scientific secretary of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

**A.A. Muxitdinov**

Chairmen of the scientific seminar of the  
scientific council awarding scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The purpose of the research work** is the creation of a control system for the mechanism of changing physical and mechanical phenomena, the accuracy and quality of products in the process of cutting and plastic deformation.

### **The tasks of research:**

creation of a mathematical model of the influence of physical and mechanical phenomena in the process of processing on the accuracy and quality of the part;

study of the influence of the parameters of the cutting and deformation process on the surface quality and accuracy of parts;

synthesis and modeling of a system for controlling the accuracy of parts during machining;

development of a new method and algorithm for diagnosing the accuracy of a part during plastic deformation;

development of a method for determining the durability period of a cutting tool based on a vibroacoustic signal;

creation of a simple and universal method for determining the machinability by cutting of structural materials and criteria for the wear of the cutting tool.

The object of research work are steel grades 25, 50, 40X, 45X, X18H10T.

### **Scientific novelty of the research work:**

on the basis of changes in vibroacoustic signals arising due to the roughness of the processed surface, a method for determining the indicators of machining has been developed;

on the basis of the dynamics of changes in the quantitative indicators of the power of processing parts by cutting, a program for controlling the accuracy of processing parts was developed;

based on the intensity of quantitative indicators of amplitude damping, a method was developed for determining the simple period of the cutting tool;

on the basis of graphs of stress forces arising in vibroacoustic signals, a method for selecting cutting modes, properties of technological systems and determining the dynamics of model values has been developed;

based on the nature of the residual forces in the deformed area, a technology has been developed that provides control of a continuous technological process using a program for control and diagnostics of accuracy during plastic deformation.

### **Implementation of research results.**

According to the results of scientific research on the diagnosis and control of the accuracy of machining by cutting and plastic deformation:

The method for determining the quality of the process by a vibroacoustic signal has been introduced at the Navoi Machine-Building Plant at the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" dated October 28, 2019 No. 02-06 -04 / 13689). As a result, production productivity increased 1.2-1.4 times;

The program for controlling the accuracy of turning has been introduced at the Navoi Machine-Building Plant at the Navoi Mining and Metallurgical Combine (certificate of the State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" dated October 28,

2019 No. 02-06-04 / 13689). As a result, the yield of scrap in production decreased by 40-50%;

The method for determining the period of life of the cutting tool by a vibroacoustic signal was introduced at the Navoi Machine-Building Plant at the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference from the State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" dated October 28, 2019 02-06-04 / 13689).

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим**

1. Fayzimatov Sh.N., Ulukhozhaev R.S. A new method for determining the influence of rigidity of a technological system on the accuracy of mechanical processed parts. International Journal Advanced Research in Science, Engineering and Technolu. Of IJARSET, Volume6, Dekember 2019 (05.00.00.)
2. Ulukhozhaev R.S. Control of Accuracu of Machine Parts Mashining bu Effective Power Expended on Cutting. International Journal Advanced Research in Science, Engineering and Technolu. Of IJARSET, Volume7, Dekember 2020(05.00.00.).
3. Мирзаев А.А. Улуғхожаев Р.С. Ишлов берилаётган деталнинг аниқлигини таъхислаш. ФарПИ илмий техника журнали . №1 сони. 2006 й 23-26б. (05.00.00. №23).
4. Мирзаев А.А. Улуғхожаев Р.С. Технологик тизимнинг ишлов бериш аниқлигига таъсирини аниқлашнинг янги усули. ФарПИ илмий техника журнали. №3 2007 й. 6-10б. (05.00.00. №23).
5. Улуғхожаев Р.С. Мамуров Э.Т. Кесувчи асбобнинг мослашиш даврини топиш усули. ФарПИ илмий техника журнали. №3 2009й. 20-26 б. (05.00.00. №23).
6. Улуғхожаев Р.С. Юриткичлардаги сарфланаётган кувватнинг ўзгаришини кесиш жараёни боришига боғлиқлиги. ФарПИ илмий техника журнали 4 сони. 2018й 189-192 б. (05.00.00. №23).
7. Улуғхожаев Р.С. Эффеktiv кесиш куввати бўйича машина деталларига механик ишлов бериш жараёнини бошқариш. ФарПИ Илмий техника журнали 2019й Том23. №1 142-146 б. (05.00.00. №23).
8. Файзиматов Ш.Н., Улуғхожаев Р.С. Деталларга кесиб ишлов беришни таъхислаш имкониятини энергетик тахлили. Нам МТИ илмий техника журнали. Том4. Махсус сон №3 176-182 б. (05.00.00. №4).

**II бўлим**

1. Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги томонидан берилган электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурий таъминот гувоҳномаси. DGU 06970. 30.09.19. “Полимер композицион материаллардан тайёрланган деталларни пармалашда тешикни сифатини ошириш имконини берувчи , пармани кириш ва чиқишдаги суриш тезлигини бошқариш усулининг дастурий таъминоти”. Авторлар: Б.Н. Файзиматов, Ш.Н. Файзиматов, Ю.Ю. Хусанов, А.Х. Шокиров, Р.С. Улуғхожаев.
2. Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги томонидан берилган электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурий таъминот гувоҳномаси. DGU 10022. 19.01.21. “Кесиш кучларини

- автоматик бошқариш билан ишлов бериш аниқлигини ошириш учун дастур”  
Авторлар: Р.С. Улуғхожаев, Ш.Н.Файзиматов, Ю.Ю. Хусанов.
3. Улуғхожаев Р.С. Металларни кесиш жараёнида сарфланаётган энергияни тежаш усули. “Энергия тежамкорлиги, электр энергетикаси таъминоти узлуксизлигини таъминлашконцепциясини долзарб муаммолари ҳамда уларнинг ечимлари самарадорлигини ошириш” мавзусидаги республика илмий–техник анжумани. Фарғона политехника институти. 2016й. 2-3 декабр. II қисм. 19-20 б.
  4. Улуғхожаев Р.С. “Кесувчи асбобнинг турғунлик даврига таъсир этувчи омиллар” “Машинасозликда замонавий материаллар, техника ва технологиялар”, Халқаро илмий-техникавий анжуман тўплами. Андижон машинасозлик институти, 2016 йил. 486-489 б., 593-595 б.
  5. Улуғхожаев Р.С. “Кесувчи асбобларни турғунлигини синашнинг тезкор усули” “Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации” номдаги X Халқаро илмий амалий интернет анжуман (Украина) да чоп этилган илмий мақолалар, 2016 йил, 593-595б.
  6. Улуғхожаев Р.С. “Кесувчи асбобларнинг турғунлигини оширишнинг янги усули” “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари”, Республика илмий-техник анжуманда чоп этилган тезислар. 2018 й. Фарғона, 41-43 б.
  7. Улуғхожаев Р.С. “Кесувчи асбобни мослашиш даврини топишнинг янги усули”, “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготежамкор ва инновацион ечимлари”, Республика илмий-техник анжуманда чоп этилган тезислар. 2017й. Фарғона. 41-43б.
  8. Улуғхожаев Р.С. “Кесиш жараёнларини тадқиқот қилиш учун замонавий қурилма” Ўзбекистон Республикаси мустақиллигининг йигирма олти йиллигига бағишланган профессор ўқитувчилар илмий амалий анжумани материаллари. 2017йил 26-27май. Фарғона. 18-20 б.
  9. Улуғхожаев Р.С. , Ўлмасов А. Кесувчи асбобнинг ҳолатини баҳолашни автоматлаштириш. “Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар” Илмий-амалий анжумани материаллари 2017 йил 28-29 апрел, 34 б.
  10. Улуғхожаев Р.С. Муҳаммаджонов О.У. Кесувчи асбобнинг ҳолатини автоматлашган баҳолаш критериялари. “Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар”, Илмий-амалий анжумани Материаллари, 2017 йил 28-29 апрел, 34 б.
  11. Улуғхожаев Р.С. Автоматлашган ишлаб чиқариш қўлланилаётган адаптив тизимлар таҳлили. Ўзбекистон Республикасида “2018 йил- фаол тадбиркорлик, инновацион ғоялар ва технологияларни қўллаб-қувватлаш йили” га бағишланган Профессор-ўқитувчилар Илмий-амалий анжумани материаллари 2018 йил 7-8 ноябрь 43-44б.
  12. Улуғхожаев Р.С. “Металларга ишлов беришда қўлланиладиган мойлаш – совитиш технологик воситаларини таснифи” ФарПИ Илмий техника журнали №3, 182-185 б.

13. Улуғхожаев Р.С. Ишлов бериләтган деталнинг аниқлигини виброакустик сигнал ёрдамида ташхислаш. XXXIII Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» 28 февраля 2018 года. Сборник научных трудов. Переяслав-Хмельницкий – 2018. 546-549б.
14. Улуғхожаев Р.С. Определения влияния жёсткости технологической системы на точность механической обработки. Материалы международной конференции «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых микро- и наноструктурах». Фергана, 2018. 207-211б.
15. Улуғхожаев Р.С. Кесувчи асбобларнинг турғунлик даврини синашнинг тежамкор усули. “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энергоресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуман. 3-4 октябрь 2018 йил, Андижон. 1059-1063 б.
16. Улуғхожаев Р.С. Ботиров Я.А. Кесиш жараёнида кесувчи асбобни назорат ва ташхис қилишнинг замонавий усуллари таҳлили. “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энергоресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидаги Халқаро илмий-амалий анжуман. 3-4 октябрь 2018 йил, Андижон. 757-760 б.
17. Файзиматов Ш.Н Улуғхожаев Р.С. Юзаларга пластик деформациялаш билан ишлов беришда юза тозаллигини назорат қилиш қурилмаси. Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим муаммолар ва инновацион ечимлар. Республика илмий – техник анжумани Материаллари. 2019 йил 19-20 сентябрь. 226-227 б.
18. Файзиматов Ш.Н., Улуғхожаев Р.С. М.А.Мирзаев. “Виброакустик ва электромагнит сигналлархосил бўлиш жараёнининг таҳлили”. Андижон машинасозлик институти. “Илм фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар” мавзусида халқаро илмий амалий онлайн конференция. Андижон 2019, 13-15 май. 413-418 б.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз тилларидаги матнлар мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди: 19.10.2021 йил.

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табағи: 3,75. Адади 70. Буюртма № 66.

“ТТЕСИ” босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100100, Тошкент ш., Яккасарой тумани,

Шохжаҳон кўчаси, 5-уй.









