Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын
Машина таануу жана автоматика институту

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик
техникалык университети

Диссертациялык кеңеш Д 05. 21.642

Кол жазма укуктарында
УДК 62-572:681.5.01:621.0(043.3)

Турусбеков Бактыбек Сагындыкович

Машина куруу технологиялык жараяндарды автоматтык башкаруу гидравликалык тутумдары менен түзүлүштөрүн куруу теориясы, усулдарынын негиздерин иштеп чыгуу

05.02.08 – машина куруу технологиясы

Техникалык илимдердин доктору окумуштуулук даражасын изденип алууга карата жазылган диссертациянын автореферату.

Бишкек - 2022

Иш К.И. Скрябин атындагы Кыргыз Улуттук Агрардык Университетинин «Колдонмо механика, физика жана инженердик педагогика» кафедрасында **аткарылган.**

Илимий кеңешчиси: Темирбеков Жээнбек Темирбекович. техника илимдеринин доктору, профессор, К.И. Скрябин атындагы Кыргыз Улуттук Агрардык Университетинин инженердик-техникалык факультетинин деканы.

Расмий оппоненттери:
техника илимдеринин доктору, профессор Муслимов Аннас Поясович, Россия Федерациясынын биринчи Президенти Б.Н. Ельцин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин ЖКББ МББМ, профессор;

техника илимдеринин доктору, профессор Шеров Карибек Тагаевич, С.Сейфуллин атындагы Казак агротехникалык университети;

техника илимдеринин доктору, профессор Мардонов Бахтиёр Тешаевич, Навои Мамлекеттик тоо-технологиялык университети, ректор.

Жетектөөчү уюм: «К.И. Сатбаев атындагы КазУИТУ» УББА, Энергетика жана машина куруу институту, «Машина куруу, стандарттоо, сертификаттоо жана метрология» кафедрасы, 050013, Казакстан Республикасы, Алматы ш., Сатпаев көч., 22 а.

Коргоо 2022-жылдын 30-июнунда саат 14:00дө Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина куруу жана автоматика институтуна (Бишкек ш., Скрябин көч., 23, http://imash.kg) жана И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетине (Бишкек ш., Ч.Айтматов пр., 66, https://kstu.kg) караштуу техника илимдеринин доктору илимий даражасын изденип алууга карата жазылган диссертацияларды коргоо боюнча Д 05.21.642 диссертациялык кеңешинин отурумунда: Бишкек ш., Скрябин көч., 23, конференцзал дареги боюнча өтөт. Дипломдук ишти коргоонун онлайн трансляциясынын идентификациялык коду: https://vc 1. vak.kg/b/052-ajg-cwq-kco.

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Машина таануу жана автоматика институтунун, И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин китепканаларынан жана http://imash.kg сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 2022-жылдын 28-майында жөнөтүлгөн.

Диссертациялык кеңештин илимий катчысы, т.и.к. Дресвянников С.Ю.

ИЗИЛДӨӨНҮН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Көйгөйдүн актуалдуулугу. Машина куруу технологиясы экономиканын артыкчылыктуу багыттарынын бири болуп саналат, себеби анын өнүгүү даражасынан өнөр жайдын башка тармактарындагы прогресс көз каранды болот, б.а. продукциянын жана өндүрүмдүүлүктүн сапатын жогорулатуу боюнча маселелер чечилет.

Механикалык иштетүүдө кесүүчү күчтөр иштетилип жаткан материалдын түзүлүшүнүн бир өңчөй эместигинен, иштетүүгө түшүрүүнүн термелүүсүнөн жана иштетүү узундугу боюнча материалдын катуулугунан, инструменттердин эскиришинен жана иштетилген тетиктин геометриялык өлчөмдөрүнүн так эместигине алып келген башкалардан улам дайыма өзгөрүп тургандыктан, инструменттин берилишин, кесүү ылдамдыгын, ошондой эле иштетилүүчү тетиктин материалына жараша иштетүү процессин автоматтык түрдө кайра жөнгө салууга жана башкарууга мүмкүндүк берген программалык камсыздоонун өзгөрүүсүнүн эсебинен башка кубаттуулук параметрлеринин кесүүчү күчүн турукташтыруу максатында станоктордун иштөө режимдерин жөнгө салуучу автоматтык системаларды иштеп чыгуу чечүүнү талап кылган актуалдуу көйгөй болуп саналат.

Диссертациянын темасынын ири илимий программалар (долбоорлор) жана негизги илимий-изилдөө иштери менен байланышы. Диссертациялык иш Кыргыз Республикасын 2018-2022-жылдарга болгон «Биримдик, ишеним, жаратмандык» аталышындагы өнүктүрүү программасына негизги түрдө киргизилген жана анын 5.5.5-пунктунда өнөр жай өндүрүшүнүн 47-структурасын, анын ичинде машина куруу өндүрүшүн толуктаган жана чыңдоочу жаңы өндүрүштөрдү ишке киргизүү үчүн зарыл болгон ресурстарды мобилизациялоо каралган.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери. Диссертациялык иштин максаты буюмдарды даярдоонун сапатын жогорулатуу (геометриялык өлчөмдөрдүн тактыгы жана беттин тазалыгы) үчүн инструментти берүү жана кесүү ылдамдыгы сыяктуу параметрлер боюнча гидравликалык тутумдарды жана технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык түзүлүштөрүн куруу ыкмаларын иштеп чыгуу болуп саналат.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкү милдеттерди аткаруу зарыл.

1. Илимий, техникалык жана патенттик адабияттарды карап чыгуу жана талдоо жана изилдөөнүн милдеттерин коюу.

2. Кесүүчү күчкө механикалык иштетүүнүн ар кандай түрлөрү үчүн инструменттердин берилишинин жана кесүү ылдамдыгынын технологиялык параметрлеринин таасирин аныктоо үчүн эксперименталдык изилдөөлөр.

3. Станоктордо механикалык иштетүүдө технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумдарын куруунун жана изилдөөнүн теорияларынын негиздерин, ыкмаларын иштеп чыгуу.

4. Машина куруунун буюмдарын сапаттуу даярдоону камсыздаган технологиялык процесстерди башкаруунун универсалдуу автоматтык тутумдарынын комплексин иштеп чыгуу.

5. Гидравликалык иштеткини натыйжалуу пайдалануу мүмкүнчүлүктөрүн жана жабдуулардын иштөө режимдерин башкаруунун автоматтык тутумдарында анын ылдамдыгын башкаруу жолдорун изилдөө.

6. Металл кесүүчү тутумдар боюнча технологиялык процесстерди автоматтык башкаруунун түзүлгөн тутумдарына карата колдонуу үчүн ар турдүү типтеги маалыматтык түзмөктөрдү иштеп чыгуу.

7. Тажрыйбалык стенддерди жана тажрыйбаларды жүргүзүү ыкмаларын иштеп чыгуу, алардын натыйжаларын иштетүү.

8. Диссертациялык иштин жыйынтыктарын окуу процессинде жана машина куруу ишканаларында практикалык колдонуу боюнча сунуштарды иштеп чыгуу.

Алынган натыйжалардын илимий жаңычылдыгы:

Машина куруу технологиясынын жаатында төмөнкү натыйжаларды камтыган жаңы илимий багыт иштелип чыкты:

– долбоорлоо жана даярдоо үчүн зарыл болгон масса-геометриялык жана режимдик параметрлерди эсептөөгө мүмкүндүк берүүчү элементтердин жана тутумдардын тиешелүү математикалык моделдерин иштеп чыгуу менен технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумдарын куруу жана изилдөө ыкмаларынын жаңы теориялары;

– иштетүүлөрдүн эки – таза жана жумушчу түрүндө колдонмолуу токардык, көзөөчү станоктордо буюмдарды иштетүүнүн технологиялык процесстерин башкаруунун универсалдык автоматтык тутумдарынын комплекси.

а) тескери гидравликалык жана электр-гидравликалык байланыштары бар универсалдуу гидроавтоматтык тутумдар;

б) эки – кесүү ылдамдыгы жана инструментти берүү технологиялык параметрлер боюнча токардык станоктун иштөө режимдерин жөнгө салуучу универсалдуу автоматтык тутум;

в) эки – кесүү ылдамдыгы жана инструментти берүү технологиялык параметрлер боюнча тешикчелерди көп миздүү инструмент менен

иштетүүнүн технологиялык процессин башкаруучу универсалдуу автоматтык тутум;

г) жаңычылдыгы Кыргыз Республикасынын патенттери менен тастыкталган амплитудалык-импульстук жөнгө салгычы бар станоктун гидросуппортунун инструментин берүүсүн программалык башкаруунун автоматтык тутуму.

– ар кандай максаттарга арналган станокторду конструкциялоодо аларды рационалдуу пайдалануу критерийи боюнча гидравликалык иштеткинин кыймылынын ылдамдыгын жөнгө салуу ыкмаларынын классификациясы иштелип чыккан;

– универсалдуу автоматтык тутумдарда: дифференциалдык жана пьезоэлектрдик датчиктери, ошондой эле тензометриялык датчиги бар динамометриялык кескичти кармагычтарда өлчөө элементтери катары колдонулуучу жаңы өтө сезгич маалыматтык түзмөктөр иштелип чыккан.

Алынган натыйжалардын практикалык маанилүүлүгү металл кесүүчү станоктордун иштеп жаткан паркын модернизациялоо, ошондой эле өнөр жайдын заманбап талаптарына жооп берген жаңы жогорку өндүрүмдүү жабдууларды долбоорлоо үчүн сунуштамаларды иштеп чыгууда жатат.

2. Диссертациялык иштин жыйынтыктары технологиялык процесстерди автоматташтыруу маселелерин изилдеген бакалаврларга, магистранттарга жана аспиранттарга атайын сабактарды өтүүдө колдонулат, ошондой эле негизги продукцияны өндүрүүдө технологиялык процесстерди автоматташтыруу үчүн Бишкек шаарындагы тоо-чалгындоо техникасынын тажрыйбалык-эксперименталдык заводуна киргизилген. Киргизүү акты диссертациянын тиркемесинде көрсөтүлгөн.

Алынган натыйжалардын экономикалык маанилүүлүгү. Металлды иштетүүдө технологиялык процесстерди башкаруунун универсалдуу автоматтык тутумунун иштелип чыккан комплексин колдонуу тетиктердин геометриялык өлчөмдөрүнүн тактыгын, беттин тазалыгын жогорулатууга; буюмдарды кемчиликсиз даярдоого; инструменттин туруктуулугун жогорулатууга жана буюмдардын баасын төмөндөтүүгө мүмкүндүк берет.

Токардык иштетүүгө карата жасалган эсептөөлөр өндүрүштүн эмгек сыйымдуулугунун 25%га төмөндөшүн; өндүрүмдүүлүктүн 30%га өсүшүн; өздүк нарктын 20% га кыскаруусун көрсөтөт.

Коргоого алынып чыгарылып жаткан диссертациянын негизги жоболору

1. Тажрыйбалык изилдөөлөрдүн натыйжалары: токардык иштетүүдө кесүү ылдамдыгынын жана инструментти берүүнүн кесүү

күчүнүнө болгон таасири, тешикчелерди көзөөдө кесүү ылдамдыгынын октук күчкө жана толгоо моментине болгон таасири, фрезанын туруктуулугунун кесүү ылдамдыгынан көз карандылыгы.

2. Механикалык иштетүүдө технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумдарынын теорияларынын негиздерин, куруу жана изилдөө ыкмаларын иштеп чыгуунун натыйжалары:

а) буюмдарды иштетүүнүн таза жана жумушчу түрүндө колдонмолуу токардык станоктун гидросуппортунун инструментин берүүнү башкаруунун универсалдык автоматтык тутумдарынын принциптүү түзүмдүк схемалары, ошондой эле тутумдарды долбоорлоодо жана даярдоодо зарыл болгон салмактык-геометриялык жана режимдик параметрлерди эсептөө үчүн, өзүнчө элементтердин жана бардык тутумдун иштелип чыккан математикалык моделдери;

б) биринчи жана экинчи тартиптеги инерциясыз жана инерциялуу жөнгө салгычтар менен жөнгө салуу объектисин теориялык изилдөөнүн жыйынтыктары.

3. Гидравликалык иштеткинин кыймылынын ылдамдыгын жөнгө салуунун ар кандай ыкмаларын изилдөөнүн натыйжалары, аларды турукташтыруу маселелери жана ар кандай максаттарга арналган станоктордо аткарылуучу технологиялык процесстердин конкреттүү түрлөрүнө ар кандай схемаларды колдонуу боюнча сунуштамаларды иштеп чыгуу.

4. Станоктун гидравликалык органдарынын кыймылынын ылдамдыктарын жөнгө салуу ыкмаларын классификациялоо.

5. Суюктуктун чыгымын жыштык-импульстук жана амплитудалык-импульстук жөнгө салуу менен гидросуппорттун инструентин берүү ылдамдыгын дискреттик жөнгө салуунун принциптик схемалары жана аларды изилдөөнүн натыйжалары.

6. Технологиялык процесстерди башкаруунун универсалдуу автоматтык тутумунун иштелип чыккан комплекси жана аларды изилдөөнүн натыйжалары:

а) токардык иштетүүдө кесүү күчүнүн радиалдык түзүүчүсүн турукташтыруунун гидравликалык автоматтык тутуму;

б) тескери гидравликалык жана электр-гидравликалык байланыштары бар универсалдуу гидравликалык автоматтык тутумдар;

в) токардык станоктун эки – кесүү ылдамдыгы жана инструментти берүү параметрлери боюнча иштөө режимдерин жөнгө салуучу универсалдуу автоматтык тутум;

г) көп миздүү инструмент менен көзөнөктөрдү иштетүүнүн технологиялык процессин башкаруунун универсалдуу автоматтык тутуму;

д) чыгымды амплитудалык-импульстук жөнгө салгычы менен токардык станоктун гидросупортунун инструментин берүүнү программалык башкаруусу бар автоматтык тутум.

7. Башкаруу объектилеринин – ар кандай максаттарга арналган металл кесүүчү станоктордун чыгуучу жөнгө салынуучу параметрлерин өлчөө үчүн иштелип чыккан жана изилденген оригиналдуу маалыматтык түзмөктөр: дифференциалдык жана пьезоэлектрдик датчиктери бар динамометриялык кескичтерди кармагычтар; тензометриялык басым датчиги.

8. Технологиялык процесстерди башкаруунун иштелип чыккан универсалдуу автоматтык тутумдарын изилдөө үчүн тажрыйбалык стенддер жана тажрыйбалык иштерди жүргүзүүнүн усулу.

9. Технологиялык процесстерди башкаруунун иштелип чыккан автоматтык тутумдарын тажрыйбалуу изилдөөлөрдүн натыйжалары жана аларды өндүрүштө колдонуу боюнча сунуштар.

Изденүүчүнүн жеке салымы. Теориялык тажрыйбалык изилдөөлөрдүн негизги натыйжалары автор тарабынан өз алдынча алынган. Изилдөөнүн көйгөйүн жана милдеттерин коюу, тажрыйбаларды жүргүзүүнүн усулдарын тандоо, алынган натыйжаларды иштетүү авторго таандык.

Иштелип чыккан автоматтык тутумдарды тажрыйбалык изилдөө т.и.к. Неженко О. В. менен биргелешип жүргүзүлгөн.

Изилдөөлөрдүн натыйжаларын апробациялоо. Иштин жыйынтыктары изденүүчү тарабынан төмөндөгү илимий-техникалык конференцияларда жана семинарларда көрсөтүлгөн: И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университетинин 65 жылдыгына арналган илимий-техникалык конференцияда (Бишкек, 2019-ж.), Липецк мамлекеттик техникалык университетинин Автоматика жана компьютердик илимдер факультетинин кафедраларынын юбилейине арналган 1-эл аралык конференциясында (Липецк, 2019-ж.), SUMMA2021 «Башкаруу тутумдары, математикалык моделдөө, автоматташтыруу жана энергиялык майнаптуулук» III Эл аралык илимий-практикалык конференциясында (Липецк, 2021-ж.).

Диссертациянын натыйжаларын жарыялоолордо чагылдыруунун толуктугу. Диссертациянын материалдары 21 илимий макалада чагылдырылган, 9 макала чет өлкөлүк журналдарга, 7 макала нөлдөн жогору импакфактору менен РИНЦ илимий жарыялоолорду индекстөө базасына кирген журналдарга, 2 макала SCOPUS маалымат базасы менен индекстелген журналга чыгарылган. 9 макала КР ЖАК тарабынан сунушталган басылмалардын тизмесине кирген журналдарда жарыяланган, ойлоп табууларга Кыргыз Республикасынын 3 патенти алынган.

Диссертациянын түзүмү жана көлөмү. Диссертациялык иш киришүүдөн, жети баптан, жалпы корутундудан жана сунуштамалардан, 220 аталыштан жана 4 тиркемеден турган колдонулган адабияттардын тизмесинен турат. Иш 242 беттен турган машинкага басылган текстте баяндалган, 135 сүрөттү жана 20 таблицаны камтыйт.

ИШТИН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүү диссертациянын темасынын актуалдуулугун негиздейт, изилдөөнүн максаттарын жана милдеттерин белгилейт, коргоого чыгарылуучу негизги жоболорду аныктайт, илимий жаңычылдыгын, практикалык маанисин жана автордун жеке салымын калыптандырат.

«Адабияттардын обзору» аталышындагы **биринчи бапта** машина куруу технологиясы жана станокторду башкаруунун адаптивдик тутумдары жаатындагы профессорлор, техника илимдеринин докторлору А.П. Соколовскийдин, Г. Трояновскийдин, Б.С. Балакшиндин, Ю.М. Соломенцевдин жана башка 1970-2008-жж. Технологиялык процесстерди автоматтык башкаруу тутумдарын иштеп чыккандардын белгилүү эмгектеринин обзору, алардын талдоосу берилген жана алар төмөнкү корутундуларды жасоого мүмкүндүк берет:

1. Станокторду башкаруунун колдонуудагы адаптивдик тутумдары төмөнкү түрлөргө бөлүнөт:

а) статикалык жана динамикалык ырастоолордун өлчөмүнө өзгөртүүлөрдү киргизүү жолу менен серпилгич кыймылдарды башкаруу;

б) станок – курал – буюм – тетик (СКБТ) тутумун тактык параметрлери боюнча тетиктин өлчөмүнүн бир түрүнөн экинчисине өлчөмдүү кайра ырастоону башкаруу.

2. Станокторду автоматтык башкаруу тутумдары бир параметрлүү болуп саналат, б.а. продукциянын сапатын автоматтык түрдө жөнгө салуу технологиялык процесстин бир параметринин маанисин өзгөртүү менен камсыздалат.

Кесүү күчтөрүнүн, инструментти берүү менен толгоо моментинин жана кесүү ылдамдыгынын функционалдык байланышын аныктоо үчүн механикалык иштетүүдө: кайроодо – токардык станокто; көзөөдө - көзөөчү станокто; жылмалоодо – жылмалоочу станокто тажрыйбалык изилдөөлөр жүргүзүлгөн.

Кесүүнүн түзүүчү күчтөрүнө инструмент берүүнүн таасирин изилдөөлөр 1К62 токардык станогунда жүргүзүлгөн. Иштетилүүчү дайындаманын материалы 45 болот, кесүүнүн түзүүчү күчтөрү ДСР-1 күч өлчөөчү метрдик датчиги менен өлчөнгөн, кесүүчү инструмент – түптүз кесүүчү жээги бар тез кесүүчү болоттон жасалган Т15К6 катуу

кошундулуу кескичи. Кесүү параметрлери: ылдамдыгы 22 м/мүн, тереңдиги t=2 мм, t = 3мм, айлантууга берүү s= 0.3 мм/айл.

Диссертацияда көрсөтүлгөн кесүү ылдамдыгынын кесүү күчүнө тийгизген таасирин тажрыйбалык изилдөөнүн натыйжалары кесүү күчү кесүү ылдамдыгын 60м/мүн чейин көбөйтүү менен өсүп, андан кийин 240 м/мүн чейин азаярын көрсөткөн: P_z күчү болжол менен 20 %га, ал эми P_y жана P_x күчү – болжол менен 30 %га.

Көзөөдөгү $M_{кр}$ толгоо моментин жана P_0 кесүүнүн октук күчүн аныктоо үчүн тажрыйбалык изилдөөлөр 2Н135 вертикалдуу көзөөчү станогунда жүргүзүлгөн. Иштетилүүчү тетиктин материалы - болот 20Х, диаметри d = 20 мм көзөөч, геометриялык параметрлери: $\varphi = 58^\circ$, $\alpha_n = 15^\circ$, $\gamma = 0$. Берүү s = 0.15 мм/айл., майлоочу-муздатуучу суюктук – 5÷6 л/мүн чыгымы менен 10% эритме. Жүргүзүлгөн тажрыйбанын натыйжалары көрсөткөндөй, кесүү ылдамдыгын 3төн 20 м/мүн чейин жогорулатууга жараша октук күч P_0 көбөйөт, ал эми ылдамдык 20дан 80 м/мүн чейин жогорулаганда октук күч тез төмөндөйт. Ушундай эле көз карандылык, кесүү ылдамдыгынын таасири өтө маанилүү эмес болсо да, толгоо моментинин өзгөрүүсү менен кесүү ылдамдыгынын жогорулашына жараша байкалат.

Биз инструменттин туруктуулугуна жана 45 болотту диаметри D=90 мм тез кесүүчү болоттон жасалган Т15К6 катуу кошундулуу пластиналары цилиндрлик фреза менен фрезерлөө ылдамдыгына жараша арткы бети менен жешилүүнүн чоңдугун аныктоо үчүн тажрыйбалар жүргүздүк. Кесүү параметрлери: – берүү s_z = 0, 25 мм, s_z = 0.16 мм; – кесүү тереңдиги t = 5 мм. Тажрыйбалык иштер инструментти муздатуу менен өткөрүлгөн. Тажрыйбалардын натыйжалары $T = f(v)$ көз карандылыгын аныктоого мүмкүндүк берди.

Жүргүзүлгөн тажрыйбалар төмөнкү корутундуларды жасоого мүмкүндүк берди:

1. Кайроо учурунда инструменттин берилишинин көбөйүшү кесүүчү күчтөрүнүн көбөйүшүнө өбөлгө түзөрү далилденген, бул СКБТ тутумунун серпилгич кыймылдарынын чоңдуктарынын өзгөрүлүшүнө жана иштетилүүчү тетиктин геометриялык өлчөмдөрүнүн каталыктары көбөйүшүнө алып келгендиктен, инструменттин берилишин жөнгө салуунун жардамы менен кесүү күчтөрүн автоматтык түдө турукташтыруу милдети келип чыгат.

2. 80ден 240 м/мүн чейин кайроодо кесүү ылдамдыгынын көбөйүшүндө кесүү күчү азаяры жана белгилүү бир даражада алардын маанилери турукташары көрсөтүлгөн жана бул талап кылынган сапатты бир учурда камсыздоодо жогорку өндүрүмдүүлүк менен тетиктерди иштетүүгө мүмкүндүк берет.

3. 25тен 80 м/мүн диапазонунда көзөө ылдамдыгын көбөйтүү менен октук күч акырындык менен азаят жана аларды салыштырмалуу турукташтыруу аткарылат.

Ошондой эле 25 м/мүн÷80 м/мүн чектеринде көзөө ылдамдыгын көбөйтүү толгоо моментин азайтууга алып келет.

4. Ферезерлөөдө инструменттин арткы кыры боюнча жешилүүсүнүн чоңдугу тилкелик эмес түрдө фрезерлөө ылдамдыгына жана иштетүү убактысына жараша болору далилденген: жешилүү фрезерлөөнүн төмөнкү ылдамдыктарында интенсивдүүрөөк болот, ал эми инструменттин туруктуулугу фрезерлөөнүн ылдамдыгын көбөйтүү менен төмөндөйт.

Ошентип, машина курууда продукциянын сапатын жана өндүрүмдүүлүктү мындан ары жогорулатуунун зарылдыгын эске алуу менен инструменттин берилишин же кесүү ылдамдыгын өзүнчө өзгөртүүнүн же бул эки параметрди бир учурда өзгөртүүнүн эсебинен кесүү күчүн турукташтыруу жолу менен токардык иштетүүгө карата технологиялык процесстерди башкаруунун автоматташтырылган тутумун иштеп чыгуу милдети келип чыгат, мында тутумга болгон төмөнкү талаптар аткарылышы керек.

1. Башкаруу тутумунун жөнөкөйлүгү, иштеги ишенимдүүлүгү.

2. Иштетүүнүн бардык түрү үчүн аны колдонуунун универсалдуулугу (таза, жарым жартылай таза жана жумушчу).

3. Жогорку динамикалык сапаттар: өткөөл процесстин алгылыктуу түрү, тез аракеттенүүнүн жогорулугу, жөнгө салуу катасынын кичинекей мааниси жана режимдеринин бардык диапазонунда туруктуу иштөө.

Жогоруда келтирилгендерге байланыштуу изилдөөнүн төмөнкү милдеттери калыптанды

1. жогоруда айтылган талаптарга жооп берген кесүү ылдамдыгынын жана инструмент берүүнүн технологиялык процессинде жаңы жөнгө салуу ыкмаларын иштеп чыгуу;

2. иштеп чыгуу:

а) токардык станоктун машина куруу продукцияларынын сапатын бир кыйла жогорулатуучу иштөө режимдерин автоматтык башкаруунун дээрлик жаңы схемаларын;

б) алардын негизги параметрлерин эсептөө үчүн өзүнчө элементтердин жана бүтүн автоматтык тутумдун математикалык моделдерин;

в) тутумдун оригиналдуу элементтеринин конструкцияларын жана аларды даярдоону;

г) тажрыйбалык стенддерди жана тажрыйбаларды жүргүзүү усулдарын, алынган натыйжаларды иштетүү жана аларды өндүрүштө жана окуу процессинде колдонуу боюнча сунуштамалар.

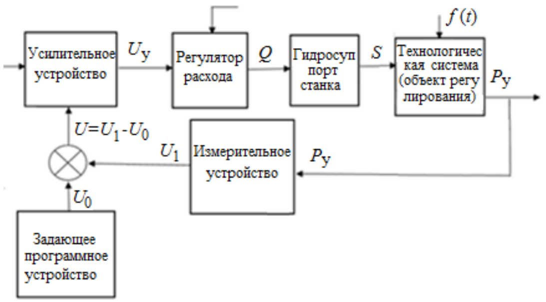
«Изилдөөлөрдүн материалдары жана усулдары» аталган **экинчи бапта** металл иштетүүдөгү технологиялык процесстерди башкаруунун автоматташтырылган тутумдарынын принциптүү схемаларынын жана математикалык моделдеринин иштелип чыккан теориялык негиздери көрсөтүлгөн.

Инструментти берүү боюнча технологиялык процессти автоматтык башкаруунун принциптүү схемасы 1-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Бул схемада башкаруу объектиси болуп гидросуппорту – инструментти берүүнүн гидравликалык иштеткиси бар токардык станоктун СКБТ технологиялык тутуму саналат.

Кесүү процессинде технологиялык тутум таасир $f\ (t)$ алат, натыйжада бир учурда өзгөрткүч болуп саналган өлчөөчү түзмөк менен чоңдугу үзгүлтүксүз өлчөлүп турган кесүү күчүнүн радиалдык абалы $P_у$ өзгөрөт.

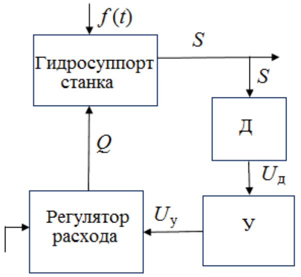
Мында бул түзмөктүн чыккысында электр сигналын алабыз жана ал, салыштыруу элементине келип түшүп, берилген сигнал U_0 менен жана дал келбестик сигналы $U = U_1 - U_0$ менен салыштырат да, андан кийин күчөткүчтөн $U_у$ маанисине чейин күчөтүлөт. Күчөтүлгөн сигнал $U_у$, чыгымды жөнгө салгычка таасир берүү менен станоктун гидросуппортунун күч цилиндрине келип түшүүчү чыгымдын чоңдугун, $P_у$ чоңдугу инструментти берүү чоңдугунун өзгөрүүсүнүн эсебинен туруктуу болгудай кылып өзгөртөт. $P_у$ көбөйгөндө берүү S автоматтык түрдө азаят, ал эми азаюуда тескеринче – көбөйөт. Тапшыруучу сигналдын U_0 чоңдугу боюнча маалымдамалар боюнча иштетилүүчү тетиктин жана инструменттердин материалдарына жараша инструментти берүүнүн чоңдугу орнотулат.



Күчөткүч түзмөк; Чыгымды жөнгө салгыч; Станоктун гидросуппорту; Технологиялык тутум (жөнгө салуу объектиси); Өлчөөчү түзмөк; Тапшыруучу программалык түзмөк

1-сүрөт – Инструментти берүү боюнча технологиялык процессти автоматтык башкаруунун принциптүү схемасы

Технологиялык процессти башкаруунун иштелип чыккан автоматтык тутуму универсалдуулугу менен айрымаланат, ал тетиктерди жумушчу да, таза да иштетүүгө арналган станоктордо колдонулушу мүмкүн. Жумушчу иштетүүдө инструментти берүү ылдамдыгын төмөндөтүүнүн эсебинен жүктөмдү жогорулатууда автоматтык тутум кесүү күчтөрүн төмөндөтөт. Таза иштөөдө бул процессте негизги болуп иштетилүүчү беттин бодурдугун азайтуу үчүн инструментти берүү чоңдугунун туруктуулугун камсыздоо саналат.



Станоктун гидросуппорту; Чыгымды жөнгө салгыч

2-сүрөт – Гидросуппорттун инструментин берүүнү турукташтыруучу түзүмдүк схема

Турукташтыруу тутумунун түзүмдүк схемасы 2-сүрөттө көрсөтүлгөн. Гидросуппорттун инструмент берүүсүн турукташтыруучу тутум төмөнкүчө камсыздалат: кесүү күчтөрүнүн жогорулашында $f(t)$ гидросуппорттун күч цилиндринин жумушчу көңдөйүндөгү басым өсүп, андагы ички агып чыгууларга алып келип, S берүү азаят. Мында *Д*-индукциялык датчик $U_д$ сигналын берет, кийин ал, инструментти берүүнү турукташтыруу максатында күч цилиндриндеги ички агып чыгуулардын ордун толуктоого чейин күч цилиндрине келип түшкөн Q чыгымын көбөйтүү үчүн, жөнгө салгычтын кыймылдуу элементин жылдыруу үчүн зарыл болгон $U_у$ маанисине чейин көбөйөт. Гидросуппорттогу жүктөмдү азайтууда бардык процесстер тескеринче жүрөрү анык.

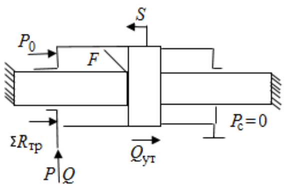
Кайра байланышы бар же жок гидросуппорттун тутумун салыштырмалуу баалоо жүргүзүлдү.

Гидросуппорттун эсептик схемасы 3-сүрөттө көрсөтүлгөн. P басымында Q чыгымы бар суюктукту берүүдө цилиндр оңдон солго жылат.

Статиканын теңдемеси төмөнкүдөй:

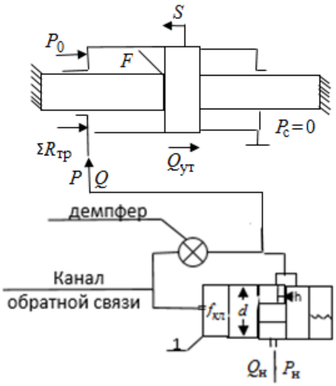
$$S = \frac{Q}{F} - K_{ут}\frac{P_0 + \Sigma P_{тр}}{F}. \qquad (1)$$

анда S – гидросуппорттун кыймылынын ылдамдыгы; F – поршендин эффективдүү аянты; $K_{ут}$ – тыгыздоонун сапатына көз каранды болгон агып чыгуулардын коэффициенти; P_0 – берүүнү күчөтүү; $\Sigma P_{тр}$ – суммалык күч.



3-сүрөт – Гидросуппорттун эсептик схемасы

4-сүрөттө гидравликалык кайра байланышы бар станоктун гидросуппортунун принциптүү эсептик схемасы көрсөтүлгөн.



Демпфер; кайра байланыш каналы

4-сүрөт – Кайра байланышы бар гидросуппорттун эсептик схемасы

Берүү күчү P_0 жогорулаганда цилиндрдин жумушчу көңдөйүндөгү басым жогорулайт, жана бул ички агып чыгуулардын $Q_{ут}$ күчөөсүнө жана гидросуппорттун кыймылынын ылдамдыгынын төмөндөшүнө алып келет. Бир учурда өскөн басым, жөнгө салгычтын чыгымынын клапанынын чүркөсүнө таасирин тийгизип, агым өзгөртмөнү жылдырып, өтмө жылчыкты чоңойтуп, аны менен бирге чыгым берүү ылдамдыгын төмөндөтүүнүн ордун толтургудай болуп өзгөрөт.

Мында гидросуппорттун инструмент берүү ылдамдыгынын формуласы төмөнкүдөй:

$$S=\frac{Q}{F}-K_{ут}\frac{P_0\pm\Delta P_0+\Sigma P_{тр}}{F^2}\pm\frac{\Delta Q}{F}, \qquad (2)$$

мында: ΔP_0 – берүү күчүнүн өсүндүсү; ΔQ – чыгымдын өсүндүсү; $\Delta Q=K_p\Delta h$, Δh – жөнгө салгычтын жылчыгын кошумча ачуу; $K_p=\mu\pi d\sqrt{2g/(\gamma\cdot\Delta p)}$ – чыгымды жөнгө салгычтын күчөтүү коэффициенти; $\mu=0{,}65$ – чыгым коэффициенти; d – клапандын диаметри; g – эркин түшүүнүн ылдамдоосу; γ – суюктуктун салыштырма салмагы; $\Delta P=P_н-P$ = *const*, эгер редукциялык клапанды чыгымды жөнгө салгычка параллелдүү туташтырса.

Басымды кайра байланыш каналына өстүрүү төмөнкүгө барабар $\Delta p_0 = \Delta P_0 / F$, демек

$$\Delta h = \frac{\Delta P_0 f_{\text{кл}}}{C}, \tag{3}$$

мында $f_{\text{кл}}$ – клапандын чүркөсүнүн аянты; C – серпилгинин катуулугунун коэффициенти.

(2) формулада «+» белгилерин жүктөм көбөйгөндө жана «-» белгисин, тескеринче, жүктөм азайганда алуу керек.

(3) формула чыгымды жөнгө салгычтын конструктивдүү параметрлерин $f_{\text{кл}}$, C, Δh туура тандоого мүмкүндүк берет.

Инерциялык жөнгө салгычы бар станоктун гидросуппортунун математикалык модели. Өсүүлөрдөгү станоктун гидросуппортун жөнгө салуучу объектисинин дифференциалдык теңдемеси төмөнкүдөй:

$$T_0 \frac{d\Delta S}{dt} + \Delta S = K_0 \Delta Q + f(t), \tag{4}$$

мында T_0 – гидросуппорттун убактысынын туруктуу чоңдугу; K_0 – гидросуппорттун күчөтүү коэффициенти.

Инерциялык жөнгө салгычтын дифференциалдык теңдемеси төмөнкүдөй:

$$T \frac{d\Delta Q}{dt} + \Delta Q = -K_0 \Delta S, \tag{5}$$

мында T – жөнгө салгычтын инерциялыгын мүнөздөөчү, анын убактысынын туруктуу чоңдугу.

(4) (5) теңдемелерди бирге чыгаруу менен, бүтүн жөнгө салуу тутумунун динамикасынын теңдиктерин табабыз:

$$T_0 T \frac{d^2 \Delta S}{dt^2} + (T_0 + T)\frac{d\Delta S}{dt} + (1 + K_0 K_{\text{рег}})\Delta S = T\frac{df}{dt} + f(t). \tag{6}$$

Жөнгө салуу процесси өтмө жана орнотулган процесстерден түзүлөт:

$$\Delta S = \Delta S_{\text{пер}} + \Delta S_{\text{уст}}.$$

Автоматтык тутумдун мүнөздөмө теңдемесин түзөбүз:

$$T_0 T p^2 + (T_0 + T)\, p + (1 + K_0 K_{\text{рег}}) = 0.$$

Мүнөздөмө теңдеменин тамырлары төмөнкүдөй көрсөтүлгөн:

$$p_{1,2} = \frac{-(T_0 + T) \pm \sqrt{(T_0 - T)^2 - 4T_0TK_0K_{\text{рег}}}}{2T_0T}. \qquad (7)$$

Мүнөздөмө теңдеменин тамырлары төмөнкү шарттарда анык же терс болот:

$$K_{\text{рег}} < \frac{(T_0 - T)^2}{4T_0TK_0}. \qquad (8)$$

Анда өтмө процесс экинчи тартиптин апериоддук мыйзамы боюнча болот, жана ал убакыттын ар башка туруктуусу бар эки экспоненттен турат:

$$\Delta S_{\text{пер}} = C_1e^{p_1t} + C_2e^{p_2t},$$

же

$$\Delta S_{\text{пер}} = C_1e^{-t/T_a} + C_2e^{-t/T_b}, \qquad (9)$$

мында

$$\left.\begin{aligned} T_a &= \frac{2T_0T}{(T_0 + T) - \sqrt{(T_0 - T)^2 - 4T_0TK_0K_{\text{рег}}}}, \\ T_b &= \frac{2T_0T}{(T_0 + T) + \sqrt{(T_0 - T)^2 - 4T_0TK_0K_{\text{рег}}}}. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

Мында (10) теңдемесинен көрүнүп тургандай, $T_a > T_b$.

Белгилей кетсек, C_1 жана C_2 – баштапкы шарттардан аныкталуучу эркин туруктуу.

Мисалы,

$$\Delta S_{\text{пер}} = C \ \text{ при } \ t = 0; \ D = d\Delta S_{\text{пер}}/dt \ \text{ при } \ t = 0. \qquad (11)$$

(9) теңдемеден көрүнгөндөй, өтмө процесс убактысынын туруктуулары T_a жана T_b төмөнкү чектерге өзгөргөн эки экспоненттен турат:

$$T_0 > T_a > \frac{2T_0T}{T_0 + T}; \quad T < T_b < \frac{2T_0T}{T_0 + T}. \qquad (12)$$

Жөнгө салгычтын күчөтүүчү коеффициентин көбөйтүү жагдайын карап чыгалы:

$$K_{\text{рег}} > \frac{(T_0 - T)^2}{4T_0TK_0}, \qquad (13)$$

анда (7) теңдеменин мүнөздөмө тамырлары комплекстүү байланшытуу болот:

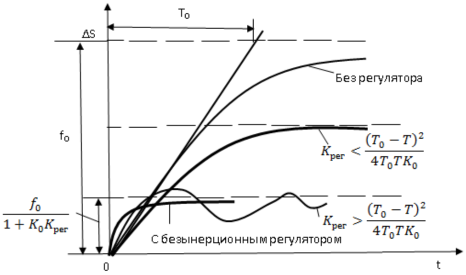
$$p_{1,2} = -\frac{1}{T_a} \pm j\omega, \tag{14}$$

мында $$j = \sqrt{-1};\ T_a = \frac{2T_0T}{T_0 + T};\ \omega = \sqrt{\frac{K_0K_{\text{рег}}}{T_0T} - \left(\frac{T_0 - T}{2T_0T}\right)^2}. \tag{15}$$

Бул тамырларда өтмө процесс термелүүчү болот:

$$\Delta S_{\text{пер}} = C_1e^{-t/T_a}\sin\left(\omega t + C_2\right). \tag{16}$$

5-сүрөттө ар кандай катыштыктарда $K_{\text{рег}}$ жөнгө салгычсыз объектинин инерциясыз жөнгө салгыч менен жана инерциялуу жөнгө салгычы бар объектинин өтмө процессинин графиктери түзүлгөн.



Жөнгө салгычсыз; Инерциясыз жөнгө салгычы менен

5-сүрөт – Жөнгө салгычсыз жана инерциясыз жана инерциялуу жөнгө салгычы бар объектинин өтмө процесстери

5-сүрөттө көрсөтүлгөн графиктерди талдоого ылайык, объект – T убакыттын туруктуусу менен инерциялык жөнгө салгыч тутумунда, инерциясыз жөнгө салгыч менен болгон жагдайдагыдай, жөнгө салуунун кичинекей статикалык катасына жетишүү мүмкүн, бирок мында өтмө процесс термелүүчү болот.

Инерциялык жөнгө салгычы бар объектинин туруктуу иштөө шарттары:

1. (6) тутумдун дифференциалдык теңдемесинин коэффициенттеринин оңдугу, б.а.:

$$T_0T > 0;\ T_0 + T > 0;\ \left(1 + K_0K_{\text{рег}}\right) > 0.$$

2. Мүнөздөмө теңдеменин терс анык тамырлары.

3. Эгер мүнөздөмө теңдеменин тамырлары комплекстүү байланыштуу болсо, анын анык бөлүгү терс болушу зарыл.

Ошондуктан жөнгө салгычты объектиге карата долбоорлоодо анын параметрлерин тутум туруктуу болгудай кылып тандоо жана андан кийин түрдүн өтмө процессинин сапатына жана статикалык катанын аз маанисине жетишүү зарыл.

f (t) = f_0 болгондогу статикалык ката (6) дифференциалдык теңдеменин жеке чечими болуп саналып, 0гө барабар болот:

$$\Delta S_{\text{ст}} = \frac{f_0}{1 + K_0 K_{\text{рег}}} \tag{17}$$

(17) формуладан жөнгө салуу тутумунун статикалык катасын азайтуу үчүн $K_{\text{рег}}$ – жөнгө салгычтын күчөтүүчү коэффициентин жогорулатуу зарыл, экинчи жагынан динамикалык процесстердин сапатына белгилүү чектөөлөр бар экендигин көрүүгө болот.

Дифференциалдык теңдемеси жалпы түрдө (сол жагы) сүрөттөлгөн Гаусс-Гурвицтин үчүнчү тартиптеги тутум үчүн туруктуулук критерийлери белгилүү:

$$a_0 \frac{d^3x}{dt^3} + a_1 \frac{d^2x}{dt^2} + a_2 \frac{dx}{dt} + a_3 x \tag{18}$$

1. Өзгөрмөлөрдөгү коэффициенттердин оңдугу:

$$a_0 > 0;\ a_1 > 0;\ a_2 > 0;\ a_3 > 0. \tag{19}$$

2. Ортоңку коэффициенттердин көбөйтүндүсү четки коэффициенттердин көбөйтүндүсүнө салыштырмалуу көп болушу керек:

$$a_1 a_2 > a_0 a_3, \tag{20}$$

(19) жана (20) шарттарын аткарган учурда гана мүнөздөмө теңдеменин бардык тамырлары терс анык мааниге ээ болот, же бир тамыр анык терс, ал эми эки тамыр терс анык бөлүгү бар комплекстүү болот.

Гидросупорттун инструментин берүүнү турукташтыруунун автоматтык тутуму үчүн, диссертацияда көрсөтүлгөн дифференциалдык теңдемелерге ылайык төмөнкүнү алдык:

$$a_0 = T_0 T_k^2;\ a_1 = T_0 T_{\text{д}} + T_k^2;\ a_2 = T_0 + T_{\text{д}};\ a_3 = \left(1 + K_0 K_{\text{рег}}\right). \tag{21}$$

Буга чейин белгиленгендей, туруктуулуктун биринчи шарты (19) чыгымды жөнгө салгычты объектиге туура туташтыруу менен камсыздалат.

Экинчи шарт (20) теңдемеге ылайык чыгарылат:

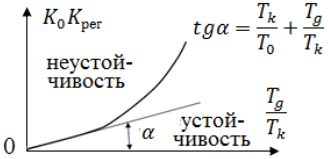
$$\left(T_0 T_{\text{д}} + T_k^2\right)\left(T_0 + T_{\text{д}}\right) > T_0 T_k^2 \left(1 + K_0 K_{\text{рег}}\right).$$

Мындан $K_{\text{рег}}$ жөнгө салгычынын күчөтүүчү коэффициентин көбөйтүүгө чектөө теңдемеси аныкталат

$$K_{\text{рег}} < \left(\frac{1}{T_0} + \frac{T_0 + T_{\text{д}}}{T_k^2} \right) \frac{T_{\text{д}}}{K_0}. \tag{22}$$

(22) теңсиздигинен туруктуулук чегин алса болот

$$K_0 K_{\text{рег}} < \left(\frac{T_k}{T_0} + \frac{T_0}{T_k} \right) \frac{T_{\text{д}}}{T_k} + \left(\frac{T_{\text{д}}}{T_k} \right)^2. \tag{23}$$



Туруксуздук; туруктуулук

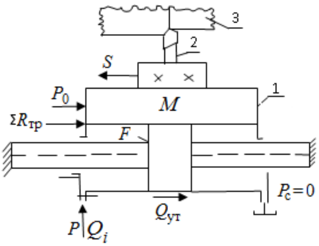
6-сүрөт – Тутумдун туруктуулук чеги

T_k/T_0 экенин билип, (23) боюнча $T_{\text{д}}/T_k$ менен $K_0 K_{\text{рег}}$ көз карандылыгын түзүү мүмкүн (6-сүрөт).

Жогоруда белгиленгендей, токардык станокто тетиктерди жумушчу иштетүүдө кесүү процесси динамикалык шарттарда жүрөт. Ушул себептен улам, гидросуппорттун математикалык модели диссертацияда берилген таза иштетүү үчүн мурда түзүлгөн моделден айырмаланат.

7-сүрөттө гидросуппорттун принциптүү эсептөө схемасы көрсөтүлгөн.

<u>Эскертүү</u>. Бул жерде жана мындан ары бардык математикалык моделдердин чыгаруу диссертацияда процесстерде бар болгон факторлорду эсепке алуу жана барк албоонун тийиштүү негизделмеси менен келтирилген.



7-сүрөт – Токардык станокто жумушчу иштетүүгө арналган гидросуппорттун принциптик эсептөө схемасы

Даламбердин принцибинин негизинде түзүлгөн гидросуппорттун күч цилиндрине таасир берген күч теңдемеси:

$$PF = M\frac{d^2x}{dt^2} + P_0 + \Sigma R_{\text{тр}}. \tag{24}$$

Жумушчу суюктуктун агымынын үзгүлтүксүздүгүнүн теңдемеси:

$$QF = F\frac{dx}{dt} + F\frac{d(y-x)}{dt} + K_{\text{ут}}P, \tag{25}$$

мында: y – жумушчу суюктуктун координатасы; x – гидросуппорттун жылышы (кыймылы).

Байланыш теңдемеси:

$$PF = K_{ж}\left(y - x\right)P, \tag{26}$$

мында $K_{ж}$- жумушчу суюуктуктун катуулугунун коэффициенти.

Гидросуппорттун математикалык моделин алуу үчүн (24), (25) жана (26) теңдемелерин бирге чыгаруу керек

Мында төмөнкүнү алабыз:

$$Q = F\frac{dx}{dt} = \frac{FM}{K_{ж}}\frac{d^3x}{dt^3} + \frac{F}{K_{ж}}\frac{d\left(P_0 + \Sigma R_{тр}\right)}{dt} + \frac{MK_{ут}}{F}\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K_{ут}}{F}\left(P_0 + \Sigma R_{тр}\right).$$

Теңдеменин ар бир мүчөсүн F цилиндрдин эффективдүү аянтына бөлүп, сүрүлүү жүктөмү жана күчү туруктуу деп эсептөө менен, б.а. $\frac{d\left(P_0 + \Sigma R_{тр}\right)}{dt}$=0 жана төмөнкү белгилөөлөрдү киргизүү менен:

$$T_{кц} = \sqrt{\frac{M}{K_{ж}}};\ T_{дц} = \frac{MK_{ут}}{F^2};\ s = \frac{dx}{dt};\ \ S_0 = \frac{Q}{F};\ a_0 = \frac{K_{ут}}{F^2}\left(P_0 + \Sigma R_{тр}\right),$$

мында $T_{кц}$ – өтмө режимде термелүүлөргө өбөлгө түзгөн гидросуппорттун убактысынын туруктуусу; $T_{дц}$ – өтмө режимде термелүүлөрдү басаңдатууга өбөлгө түзгөн гидросуппорттун убактысынын туруктуусу; s – инструментти берүүнүн ылдамдыгы; S_0 – гидросуппортту берүүнүн теориялык ылдамдыгы; a_0 – гидросуппорттогу пайдалуу жүктөмдүн жана сүрүлүү күчүнөн улам ылдамдыктын түшүүсү, станоктун гидросуппортунун математикалык моделин алабыз:

$$T_{кц}^2\frac{d^2s}{dt^2} + T_{дц}\frac{ds}{dt} + s = S_0 - a_0. \tag{27}$$

(27) мүнөздөмө теңдеме төмөнкүдөй көрсөтүлгөн:

$$T_{кц}^2 p^2 + T_{дц}p + 1 = 0. \tag{28}$$

Анын тамырлары:

$$p_{1,2} = \frac{-T_{дц} \pm \sqrt{T_{дц}^2 - T_{кц}^2}}{2T_{кц}^2}.$$

$T_{дц} > 2T_{кц}$ болгон учурда– $p_{1,2}$ тамырлары терс белги менен анык болот, ал эми $T_{дц} < 2T_{кц}$ болгондо – тамырлар терс анык бөлүгү менен комплекстүү байланышкан болот.

Төмөнкү белгилөөлөрдү киргизебиз: $T_{дц} = T_1 + T_2;\ T_{кц}^2 = T_1T_2.$

Анда мүнөздөмө теңдеме төмөнкүдөй болот:

$$T_1T_2p^2+\left(T_1+T_2\right)p+1=0.$$

Анын тамырлары:

$$p_1=-\frac{1}{T_1}=\frac{-T_{дц}+\sqrt{T_{дц}^2-T_{кц}^2}}{2T_{кц}^2},$$

$$p_2=-\frac{1}{T_2}=\frac{-T_{дц}-\sqrt{T_{дц}^2-T_{кц}^2}}{2T_{кц}^2}$$

$T_{дц}>2T_{кц}$ болгондо төмөнкүчө чыгарабыз:

$$s=\left(S_0-\alpha_0\right)\left(1-\frac{T_1}{T_1-T_2}e^{-t/T_1}+\frac{T_2}{T_1-T_2}e^{t/T_2}\right). \quad (29)$$

$T_{дц}<2T_{кц}$ болгондо төмөнкүдөй чыгарылат:

$$s=\left(S_0-\alpha_0\right)\left(1-e^{-t/T}+\left(\cos\omega t+\frac{1}{T\omega}\right)\right), \quad (30)$$

мында: $T=\dfrac{2T_{кц}^2}{T_{дц}}$; $\omega=\sqrt{\dfrac{4T_{кц}^2-T_{дц}^2}{2T_{кц}^2}}$ – тамырлар комплекстүү байланыштуу болот $p_{1,2}=-\dfrac{1}{T}\pm j\omega,$ где $\mathrm{j}=\sqrt{-1}.$

Чыгымды жөнгө салгычтын математикалык моделин иштеп чыгуу. Математикалык модель 7-сүрөттө көрсөтүлгөн гидросуппорттун инструментин берүүнү башкаруу үчүн чыгымды жөнгө салгычтын принциптүү эсептөө схемасынын негизинде түзүлгөн.

Гидросуппортко келип түшкөн чыгым Q, белгилүү болгондой, төмөнкүгө барабар:

$$Q=K_з\cdot h, \quad (31)$$

мында: $K_з=\mu\pi d\sqrt{\dfrac{2g}{\gamma}\Delta P}$ – жөнгө салгычтын чыгымын күчөтүүчү коэффициент; d – агым өзгөртмөнүн диаметри, h – жумушчу жылчыктын ачылуу чоңдугу.

Даламбердин принцибинин негизинде түзүлгөн жөнгө салгычтын агым өзгөртмөсүнө таасир берген күчтөрдүн теңдемеси:

$$m\frac{d^2h}{dt^2}+\alpha\frac{dh}{dt}+ch=R_{уп}, \quad (32)$$

мында m –агым өзгөртмөнүн салмагы; α-жумушчу суюктуктун сортуна жараша илээшкектүү сүрүлүүнүн коэффициенти; c – серпилгинин катуулугунун коэффициенти.

(32) теңдеменин ар бир мүчөсүн c-га бөлүп, төмөнкү белгилөөлөрдү киргизебиз: $T_{\text{кр}} = \sqrt{\dfrac{m}{c}}$; $T_{\text{др}} = \dfrac{\alpha}{c}$; $K_{\text{рег}} = \dfrac{1}{c}$,

мында $T_{\text{кр}}$ – өтмө режимде термелүү процессине өбөлгө түзгөн жөнгө салгычтын убактысынын туруктуусу; $T_{\text{др}}$ – өтмө режимде термелүүлөрдү басаңдатууга өбөлгө түзгөн убактысынын туруктуусу; $K_{\text{рег}}$ – жөнгө салгычты күчөтүүчү коэффициент.

Киргизилген белгилөөлөрдү эске алуу менен (32) теңдеме төмөнкүдөй болот:

$$T_{\text{кр}}^2 \frac{d^2h}{dt^2} + T_{\text{др}} \frac{dh}{dt} + h = K_{\text{рег}} R_{\text{уп}}, \tag{33}$$

(31) жана (33) теңдемелерди бирге чыгаруу менен, чыгымды жөнгө салгычтын математикалык моделин алабыз:

$$T_{\text{кр}}^2 \frac{d^2Q}{dt^2} + T_{\text{др}} \frac{dQ}{dt} + Q = K_{\text{рег}} K_{\text{з}} R_{\text{уп}}. \tag{34}$$

Гидросуппорттун – объектинин өсүндүлөрүндөгү теңдеме төмөнкүдөй болот:

$$T_{\text{кр}}^2 \frac{d^2\Delta S}{dt^2} + T_{\text{др}} \frac{d\Delta S}{dt} + \Delta S = -K_0 \Delta Q + f(t), \qquad 35)$$

ал эми чыгымды жөнгө салгычтыкы төмөнкүдөй:

$$T_{\text{кр}}^2 \frac{d^2\Delta Q}{dt^2} + T_{\text{др}} \frac{d\Delta Q}{dt} + \Delta Q = K_{\text{рег}} \Delta S. \tag{36}$$

Аларды бирге чыгаруу бүтүн тутумдун математикалык моделин алууга мүмкүндүк берет:

$$\begin{gathered} T_{\text{кц}}^2 T_{\text{кр}}^2 \frac{d^4\Delta S}{dt^4} + \left(T_{\text{кц}}^2 T_{\text{дц}} + T_{\text{др}} T_{\text{кц}}^2\right) \frac{d^3\Delta S}{dt^3} + \left(T_{\text{кр}}^2 + T_{\text{дц}} T_{\text{др}} + T_{\text{кц}}^2\right) \frac{d^2\Delta S}{dt^2} + \\ \left(T_{\text{др}} + T_{\text{дц}}\right) \frac{d\Delta S}{dt} + \left(1 + K_0 K_{\text{рег}}\right) = T_{\text{кр}}^2 \frac{d^2 f(t)}{dt^2} + T_{\text{др}} \frac{df(t)}{dt} + T_{\text{кц}}^2 + f(t). \end{gathered} \tag{37}$$

Мындай тутумдун туруктуу иштөөсүнүн шарттарын Гурвиц жана Раус тарабынан иштелип чыккан критерийлер боюнча бааласа болот.

Эгер (37) боюнча мүнөздөмө теңдемени төмөнкүдөй көрсөтсөк:

$$a_0p^4 + a_1p^3 + a_2p^2 + a_3p + a_4 = 0, \qquad (38)$$

мында $a_0 = T_{\text{кц}}^2 T_{\text{кр}}^2;\ a_1 = T_{\text{кц}}^2 T_{\text{дц}} + T_{\text{др}} T_{\text{кц}}^2;\ a_2 = T_{\text{кр}}^2 + T_{\text{дц}} T_{\text{др}} + T_{\text{кц}}^2;$
$a_3 = T_{\text{др}} + T_{\text{дц}};\ a_4 = 1 + K_0 K_{\text{рег}}.$

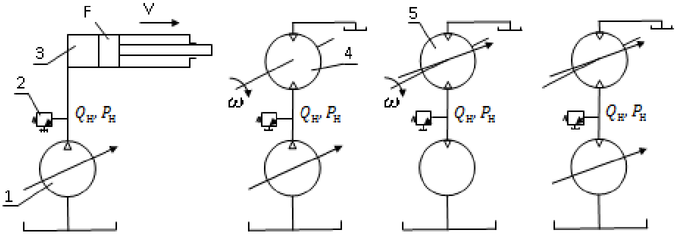
Туруктуулук критерийлери болуп төмөнкүлөр саналат:
а) бардык коеффициенттердин оңдугу:

$$a_0 > 0;\ a_1 > 0;\ a_2 > 0;\ a_3 > 0;\ a_4 > 0. \qquad (39)$$

б) теңсиздикти аткаруу:

$$a_3(a_1a_2 - a_0a_3) - a_1^2 a_4 > 0. \qquad (40)$$

«Өз изилдөөлөрдүн натыйжалары жана аларды талкуулоо» аталган **үчүнчү бапта** гидросуппорттун кыймылынын ылдамдыгын жөнгө салуу ыкмалары көрсөтүлгөн.



а *б* *в* *г*

1 – жөнгө салынуучу насос; 2 – сактагыч клапан; 3 – күч цилиндри; 4 – гидромотор; 5 – жөнгө салынуучу гидромотор

16-сүрөт – Гидрокыймылдаткычтын кыймылынын ылдамдыктарын көлөмдүү жөнгө салуу ыкмалары

8-сүрөттөгү *а* схемасында, күч цилиндринин кыймылынын ылдамдыгын жөнгө салуу насостун өндүрүмдүүлүгүн өзгөртүүнүн эсебинен аткарылат, б.а. $Q_{\text{н}} = \text{var};\ F = const$, күч цилиндринин ылдамдыгы $v = Q_{\text{н}}/F$.

8-сүрөттөгү *б* схемасында, кыймылдаткыч катары гидромотор колдонулган, жумушчу камеранын көлөмү туруктуу, ал эми анын ылдамдыгы насостун өндүрүмдүүлүгүн өзгөртүүнүн эсебинен жөнгө салынат, б.а. $Q_{\text{н}} = \text{var};\ F = const$ жана $n = Q_{\text{н}}/q_{\text{м}}$, мында $q_{\text{м}}$ – гидромотордун бир айлануусуна зарыл болгон жумушчу суюктуктун көлөмү.

8-сүрөттүн *в* схемасында гидромотор жөнгө салынуучу болуп саналат, б.а. анын жумушчу камерасынын көлөмү өзгөрүшү мүмкүн,

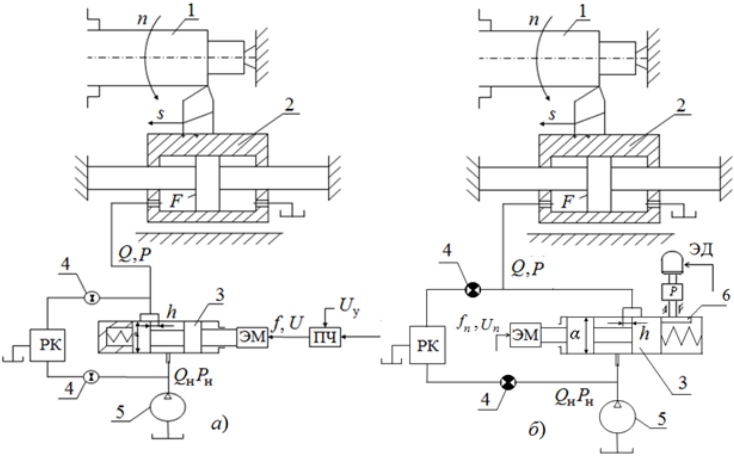
$q_м = \text{var}$, а $Q_н = const$, себеби туруктуу өндүрүмдүүлүктүн насосу колдонулган.

8-сүрөттүн *г* схемасында гидрокыймылдаткычтын кыймылынын ылдамдыгын жөнгө салуу насостун жана гидромотордун жумушчу камераларын өзгөртүүнүн эсебинен бир учурда аткарылышы мүмкүн, б.а. $Q_н = \text{var}$ и $q_м = \text{var}$.

Өткөрмө жылчыкты каптоодон улам үзгүлтүксүз дросселдик жөнгө салууда кичинекей жылыштарды, облитерация кубулушун алуу көйгөйү бар.

Облитерацияны жоюу үчүн чыгымдарды жөнгө салуунун дискреттик ыкмалары бар.

9-сүрөттө анын принциптүү схемалары көрсөтүлгөн. Суюктуктун чыгымын жыштык-импульстук жөнгө салуу менен



9-сүрөт – Суюктугунун чыгымы гидравликалык кайра байланыштын жардамы менен күч цилиндринин *а*) жыштык-импульстук; *б*) амплитуда-лык-импульстук ыкмалары менен жөнгө салынуучу токардык станоктун инструментти берүү гидросуппортунун принциптүү схемалары

инструментти берүүнүн гидросуппорту (9-сүрөт, *а*) төмөнкү элементтерден турат: 1 иштетилүүчү тетик станоктун арткы түйүнүнүн шпинелине жана пинолуна бекитилет. Гидросуппорт 2 күч цилиндринин жардамы менен инструментти берүүнү *s* ишке ашырат жана ага дискреттик жөнгө салгычтан 3 чыгым *Q* келип түшөт. Жөнгө салгычтын агым өзгөртмөсү электромагнитт

ен ЭМ кайтма-илгери адымдаган кыймылды аткарат, термелүү жыштыгы *f* жана чыңалуу *U* башкаруучу чыңалууну $U_у$ өзгөртүү жолу

менен жыштыкты өзгөрткүч ПЧ менен жөнгө салынат. Гидротутумга чыгымды берүүтуруктуу өндүрүмдүүлүгү бар насос 5 менен ишке ашат.

Гидросуппорттун инструментин берүү төмөнкү формула менен аныкталат:

$$S = \frac{\mu\pi d\sqrt{\frac{2g}{\gamma}\Delta P}\cdot h\cdot\frac{\Delta t}{T}}{F} - K_{\text{ут}}\frac{\left(P_x + \Sigma R_{\text{т}}\right)}{F^2}. \qquad (41)$$

(41) формуладан көрүнүп тургандай, инструментти берүү, бардык башка параметрлер туруктуу болгон шарттарда, жүктөмдөн $P_{\text{х}}$ көз каранды болот.

Башка жагынан алганда, инструментти берүү көз каранды болгон күч цилиндрине келип түшкөн чыгым төмөнкүгө барабар:

$$Q = Q_{\max}\cdot\Delta t\cdot f, \qquad (42)$$

мында $Q_{\max} = \mu\pi d\sqrt{\frac{2g}{\gamma}\Delta P}\cdot h = const$ – суюктуктун чыгымынын амплитудалык мааниси; f – электромагниттин термелүүсүнүн жыштыгы.

9-сүрөттө (*б)* төмөнкү элементтерден түзүлгөн токардык станоктун гидросуппортунун инструментти берүүсүн принциптик амплитудалык-импульстук жөнгө салуусу көрсөтүлгөн иштетилүүчү тетик 1; күч цилиндри бар гидросуппорт 2; суюктуктун чыгымынын дискреттүү жөнгө салгычы 3; гидротутумдагы басымдын термелүүсүн өчүрүү үчүн демпферлер 4; туруктуу өндүрүмдүүлүктүн насосу 5; таяныч катары кызмат кылган жана суюктуктун чыгымын жөнгө салгычтын жумушчу жылчыгын ачуучу h чоңдугун түзгөн эксцентрик 6; *ЭД* – редуктору бар электр кыймылдаткыч; *Р* – бурулуучу эксцентрик; *ЭМ* – электрмагнит; 50 ГЦ жыштыгы менен чыгымды жөнгө салгычтын агым өзгөртмөсүнүн кайтма-илгери адымдаган кыймылын ишке ашырган.

Чыгымды жөнгө салгычтан гидросуппорттун күч цилиндрине берүүнү негизинен алдына ала берилген кайсы болбосун мыйзам боюнча өзгөртсө болот.

(42) формуланы төмөнкүдөй көрсөтсө болот:

$$Q = Q_{\max}\frac{\Delta t}{T}, \qquad (43)$$

мында амплитудалык маани төмөнкүгө барабар:

$$Q_{\max} = \mu\pi d\sqrt{\frac{2g}{\gamma}\Delta p}\cdot h, \qquad (44)$$

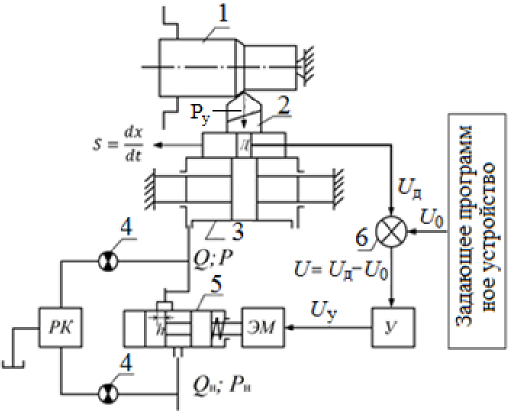
$K_з = \mu\pi d\sqrt{\frac{2g}{\gamma}\Delta p} = const$ – суюктуктун чыгымын дискреттик жөнгө салгычты күчөтүүчү коэффициент, б.а. $Q_{\max} = K_з h$, мындан күч цилиндрине келип түшүүчү суюктуктун орточо чыгымы төмөнкүгө барабар:

$$Q = K_з \cdot h \cdot \frac{\Delta t}{T}. \tag{45}$$

$$S = \frac{Q}{F} - K_{ут}\frac{R_X + R_{тр}}{F^2}. \tag{49}$$

«Механикалык иштетүүдө буюмдарды сапаттуу жасоону камсыздаган технологиялык процесстерди башкаруунун универсалдуу автоматтык тутумдарынын комплексин иштеп чыгуу» аталган **төртүнчү бапта** технологиялык процесстерди жөнгө салуунун автоматтык тутумдарынын комплекси көрсөтүлгөн.

10-сүрөттө кесүү күчүнүн радиалдуу түзүүчүсүнүн маанисин турукташтырууга арналган оригиналдуу гидравликалык тутум көрсөтүлгөн.



Тапшыруучу программалык түзмөк
10-сүрөт – Кесүү күчүнүн радиалдуу түзүүчүсүн турукташтыруунун гидравликалык автоматтык схемасынын принциптик схемасы

Бул төмөнкүчө иштеген автоматтык тутумдун эсебинен жетишилет: тетикти 1 иштетүүдө кесүү күчү жана анын радиалдык түзүүчүлөрү $P_у$ келип чыгат, СКБТ тутумунун серпилгич майышуусун чакырып, кескичтин 2 ырасталган параметрлеринин четтөөсүнө алып келип, ал датчиктин *Д* чыккысында сигналдын $U_д$ өзгөрүүсүнө алып келет.

Датчиктен чыккан сигнеал сумматорго 6 келип түшүп, ал жерден бул сигналдын тапшыруучу – U_0 менен салыштыруу аткарылат. Андан кийин дал келбөө сигналы $U = U_д - U_0$, ал кубаттуулугу боюнча начар

болгондуктан, күчөткүч *У* менен $U_у$ маанисине чейин күчөп, электромагниттин *ЭМ* тартуучу күчү өсүп, чыгымды жөнгө салуунун агым өзгөртмөсү солдон оңго жылып, жөнгө салгычтын жумушчу жылчыгынын *h* ачылуу чоңдугунун кичирейишине алып келип, цилиндрдин 3 жумушчу көңдөйүнө келип түшкөн чыгым *Q* да ошондой эле кичиреет, демек, *S* инструментти берүү да кесүү күчүнүн радиалдуу түзүүчүсүнүн туруктуулугун камсыздагыдай болуп төмөндөйт.

Ошентип, кесүүчү күчтүн радиалдык түзүүчүсү буюмду иштетүүнүн бүткүл технологиялык процессинин жүрүшүндө туруктašат, бул анын геометриялык өлчөмдөрүнүн тактыгын камсыз кылат жана ошол эле учурда туруктуу кесүү шарттарында иштегендиктен кескичтин иштөө мөөнөтүн жогорулатат.

Тапшыруучу программалык түзмөктүн жардамы менен ар кандай материалдардан жасалган жана ар кандай өлчөмдөрдөгү ар түрдүү буюмдарды берилген мыйзамга ылайык U_0 маанисин өзгөртүү менен иштетүүгө болот.

Буюмдарды таза иштетүүгө арналган инструментти берүүнүн гидросуппортунун математикалык моделин чыгаруу диссетациянын экинчи бабында аткарылган:

$$T_{мех}\frac{d\Delta S}{dt}+\Delta S=k_ц\Delta Q. \tag{46}$$

мында: $T_{мех}=\dfrac{k_{ут}M}{F^2}$ – гидросуппорттун инерттүүлүгүн мүнөздөөчү убакыттын туруктуусу; $k_{ут}$ – агып чыгуулардын коэффициенти; M – гидросуппорттун салмагы; F – күч цилиндринин эффективдүү аянты; $k_ц=1/F$ – гидросуппорттун күч цилиндринин күчөтүүчү коэффициент.

Диссертацияда көрсөтүлгөн кесүү күчүнүн радиалдык түзүүчүсүн жөнгө салуунун автоматтык тутумунун түзүмдүк схемасы бүтүн тутумдун бергилик функциясын түзүү мүмкүнчүлүгүн берет:

$$W(p)=\frac{k_уk_эk_рk_зk_ц}{\left(T_{кр}^2p^2+T_{др}p+1\right)\left(T_{мех}p+1\right)\pm k_уk_эk_рk_зk_цk_д}, \tag{47}$$

мында $k_у$ – күчөткүчтү күчөтүү коэффициенти; $k_э$ – электромагниттин күчөтүүчү коэффициенти; $k_р$ – жөнгө салгычтын күчөткүчүнүн коэффициенти; $k_з$ – чыгым боюнча күчөтүү коэффициенти; $k_ц$ – күч цилиндрин күчөтүү коэффициенти; $k_д$ – датчикти күчөтүү коэффициенти; $T_{кр}$, $T_{др}$, $T_{мех}$ – чыгымды жөнгө салгычка жана күч цилиндрине жараша убакыттын туруктуулары.

Тутумдун туруктуулугун эсептөө. Раус-Гурвицтин туруктуулук критерийи туруктуулук үчүн сызыктуу автоматтык тутумду талдоо ыкмаларынын бири жана анын артыкчылыгы – бул анын жөнөкөйлүгү болуп саналат.

(47) теңдемедеги убакыт мүнөздөмөлөрүн тутумдун параметрлеринен эсептөө аркылуу алынган сандык маанилер менен алмаштыралы.

$$3{,}425 \cdot 10^{-5} p^3 + 4{,}25 \cdot 10^{-4} p^2 + 0{,}32 p + 1 = 0.$$

Бул теңдеменин матрицасы жана диагоналдык минорлордун эсептелген маанилери диссертацияда келтирилген:

$$|\Delta 3| = 1{,}107 \cdot 10^{-4};\ |\Delta 2| = 1{,}107 \cdot 10^{-4};\ |\Delta 1| = 4{,}25 \cdot 10^{-4}$$

$\Delta 1 > 0,\ \Delta 2 > 0$ и $\Delta 3 > 0$ болгондуктан, автоматтык тутум туруктуу болуп саналат. Буюмду жумушчу иштетүү үчүн бул автоматтык тутумду колдонууда жумушчу суюктуктун кысылышын эске алуу менен алынган гидросуппорттун күч цилиндринин математикалык моделин эске алуу керек:

$$W(p) = \frac{k_{\text{ц}}}{T_{\text{кц}}^2 p^2 + T_{\text{дц}} p + 1}.$$

Анын бергилик функциясы төмөнкүдө болот:

$$W(p) = \frac{k_{\text{у}} k_{\text{э}} k_{\text{р}} k_{\text{з}} k_{\text{ц}}}{\left(T_{\text{кр}}^2 p^2 + T_{\text{др}} p + 1\right)\left(T_{\text{кц}}^2 p^2 + T_{\text{дц}} p + 1\right) \pm k_{\text{у}} k_{\text{э}} k_{\text{р}} k_{\text{з}} k_{\text{ц}} k_{\text{д}}}. \quad (48)$$

(48)-ден тутумда төртүнчү тартиптеги мүнөздөмө теңдеме бар экенин көрүүгө болот, убакыт мүнөздөмөлөрүн сандык маанилер менен алмаштырып, төмөнкүнү алабыз:

$$2{,}75 \cdot 10^{-7} p^4 + 2{,}865 \cdot 10^{-6} p^3 + 8{,}906 \cdot 10^{-3} p^2 + 0{,}025 p + 1 = 0.$$

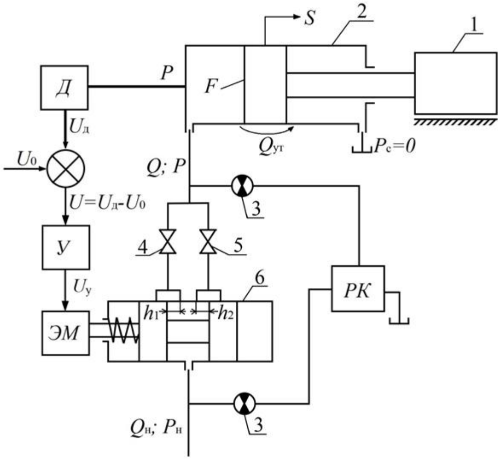
Диагоналдык минорлордун матрицасы жана маанилери диссертацияда берилген:

$$|\Delta 4| = 4{,}265 \cdot 10^{-10};\ |\Delta 3| = 4{,}265 \cdot 10^{-10};\ |\Delta 2| = 2{,}15 \cdot 10^{-8};\ |\Delta 1| = 2{,}865 \cdot 10^{-6}$$

$\Delta 1 > 0,\ \Delta 2 > 0\ \ \Delta 3 > 0$ жана $\Delta 4 > 0$ болгондугуна байланыштуу, токардык станокто буюмдарды жумушчу иштетүү учурунда кесүүчү күчтүн радиалдык түзүүчүсүн жөнгө салуунун автоматтык тутуму туруктуу иштейт.

Өтмө процесстин жана анын узактыгынын каалаанган түрү $T_{кр}$, $T_{др}$, $T_{мех}$, $T_{ку}$, $T_{дц}$ убакыттын туруктууларына кирген салмактык-геометриялык параметрлердин тийиштүү эсептери жана тандоолору менен камсыздалышы мүмкүн.

11-сүрөттө көрсөтүлгөн инструментти берүүнү жөнгө салуу үчүн электр-гидравликалык кайтарым байланышы бар универсалдуу гидравликалык автоматтык тутум өзүнчө башкаруу каналынын болушу менен айырмаланат - төмөнкү элементтерди камтыган электр-гидравликалык кайтарым байланыш: күч цилиндринин жумушчу көңдөйүндөгү басымды өлчөөчү жана аны электр сигналына $U_д$ өзгөртүүчү басым датчиги D.



11-сүрөт – басым боюнча электр-гидравликалык автоматтык тутумдун принциптик схемасы

Сумматордогу 7 датчиктен чыккан сигнал тапшыруучу сигнал U_0 менен салыштырылып, чыккыда дал келбөө сигналын $U = U_д - U_0$ алабыз, ал күчөткүч Y менен күчөп, күчөгөн сигнал $U_у$ тартуучу типтеги электромагнитке таасир этип, анын кыймылдуу элементин жылдырып, натыйжада жумушчу жылчыкты ачуунун тийиштүү чоңдугу h_1 жана h_2 өзгөрөт.

Таза иштетүүдө 4-клапан ачык жана 5-клапан жабык. h_1 маанисинин жогорулашына байланыштуу $Q_{ут}$ жүктүн көбөйүшү менен компенсацияланат жана инструменттерди берүү турукташат.

Жумушчу иштетүүдө 4-клапан жабылып, 5-клапан ачылат, ал эми электромагниттин якору солдон оңго жылганда жумушчу жылчыктын ачылуу чоңдугу h_2 азаят, бул акырында тетиктерди иштетүүдө инструментти берүүнүн азайышына алып келет жана бул аспаптын туруктуулугун жогорулатып,анын бузулушун алдын алат.

Басым боюнча электр-гидравликалык байланышы бар бүтүн автоматтык тутумдун бергилик функциясы диссертацияда көрсөтүлгөн түзүмдүк схемадан аныкталат:

$$W(p)=\frac{k_{у}k_{эм}k_{р}k_{з}k_{ц}}{\left(T_{кр}^{2}p^{2}+T_{др}p+1\right)\left(T_{мех}p+1\right)\pm k_{у}k_{эм}k_{р}k_{з}k_{ц}k_{д}k_{ут}}. \tag{49}$$

мында $k_{д}$ – басым датчигин күчөтүү коэффициенти; $k_{у}$ – күчөткүчтү күчөтүү коэффициенти.

Алынган бергилик функциясы (49) иштелип чыккан өтмө процесстерди куруу, тез аракеттенүүнү жана анын туруктуулугун баалоо сыяктуу тутумдун динамикалык мүнөздөмөлөрүнүн эсебин жана талдоосун жүргүзүүгө мүмкүндүк берет.

Эгерде буюмдардын жумушчу иштетилүүсү каралса, анда түзүмдүк схемасында күч цилиндринин бергилик функциясынын төмөнкүдөй көрсөтүү зарыл:

$$W(p)=\frac{S(p)}{Q(p)}=\frac{k_{ц}}{T_{кц}^{2}p^{2}+T_{дц}p+1}. \tag{50}$$

себеби мында жумушчу суюктуктун кысылышы эске алынат.

Токардык станоктун иштөө режимдерин кесүү ылдамдыгы жана инструментти берүү сыяктуу эки параметр боюнча иштөө режимдерин жөнгө салуунун иштелип чыккан универсалдуу автоматтык тутумун, ошондой эле диссертацияда келтирилген анын түзүмдүк схемасын колдонуу менен, (50)-нү эске алуу менен, инструментти берүүнү таза иштетүүдө бүтүн башкаруу тутуму үчүн бергилик функциясын түзөбүз:

$$W_{п}(p)=\frac{k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{з}k_{ц}}{\left(T_{кр}^{2}p^{2}+T_{др}p+1\right)\left(T_{мех}p+1\right)\pm k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{з}k_{ц}k_{д}k_{ут}}, \tag{51}$$

кесүү ылдамдыгы боюнча:

$$W_{с}(p)=\frac{k_{у2}k_{пч}k_{эд}k_{кс}}{\left(T_{кэ}^{2}p^{2}+T_{дэ}p+1\right)\pm k_{д}k_{у2}k_{пч}k_{эд}k_{кс}}. \tag{52}$$

Жумушчу иштетүүдө берүүнү башкаруу боюнча тутумдун бергилик функциясы төмөнкүдөй болот:

$$W_{п}(p)=\frac{k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{з}k_{ц}}{\left(T_{кр}^{2}p^{2}+T_{др}p+1\right)\left(T_{кц}^{2}p^{2}+T_{дч}p+1\right)\pm k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{з}k_{ц}k_{д}k_{ут}}. \tag{53}$$

Тутумдун туруктуулугун эсептөө. Раустун критерийин колдонобуз, себеби туруктуулукка болгон сызыктуу динамикалык тутумду талдоонун бул ыкмасы башкалардан чегине жеткен жөнөкөйлүгү менен айрымаланат.

Таза иштетүүдө инструментти берүүнү башкаруу тутуму үчүн (51) мүнөздөмө теңдеме үчүнчү тартиптеги теңдемени чагылдырат жана

убакыттын туруктууларынын сандык маанилери $T_{кр}$, $T_{др}$, $T_{мех}$ коюлгандан кийин төмөнкүдөй болот:

$$3,485\cdot10^{-3}p^3+4,55\cdot10^{-4}p^2+0,28p+1=0. \qquad (54)$$

Диагоналдык минорлордун матрицасы жана эсептелген маанилери диссертацияда келтирилген:

$$|\Delta3|=1,108\cdot10^{-4};\ |\Delta2|=1,15\cdot10^{-4};\ |\Delta1|=4,55\cdot10^{-4}$$

$\Delta1>0,\ \Delta2>0$ и $\Delta3>0$ болгондугуна байланыштуу, тутум өтмө процесстер аяктагандан кийин туруктуу иштейт.

Кесүү ылдамдыгын башкаруу тутуму үчүн шпинделди айлантуучу электр иштеткинин мүнөздөмө теңдемеси төмөнкүдөй берилген:

$$T_{кэ}^2p^2+T_{дэ}p+1=0, \qquad (55)$$

мында $T_{кэ}$ – өтмө режимде термелүү процесстерине өбөлгө түзгөн электр кыймылдаткычтын убактысынын туруктуусу; $T_{дэ}$ – маанисинен тутумдун басаңдатуучу жөндөмү көз каранды болгон электр кыймылдаткычтын убактысынын туруктуусу.

Мүнөздөмө теңдеменин тамырлары:

$$p_{1,2}=\frac{-T_{дэ}\pm\sqrt{T_{дэ}^2-4T_{дэ}T_{кэ}^2}}{2T_{кэ}^2}, \qquad (56)$$

$T_{дэ}>2T_{кэ}$ шартын аткарууда, мүнөздөмө теңдеменин тамырлары анык жана терс болот, ал эми $T_{дэ}<2T_{кэ}$ – тамырлары терс анык бөлүгү менен, комплекстүү байланыштуу, мындан тышкары $T_{кэ}>0$ жана $T_{дэ}>0$, бул тутумдун туруктуу иштөөсүн далилдейт.

Жумушчу иштетүүдө инструменттердин берилишин башкаруучу тутумунда (53) боюнча мүнөздөмө теңдеме сандык маанилерди койгондон кийин төмөнкү формада келтирилет:

$$2,22\cdot10^{-7}p^4+2,645\cdot10^{-6}p^3+9,875\cdot10^{-3}p^2+0,03p+1=0. \qquad (57)$$

Диагоналдык минорлордун матрицасы жана эсептелген маанилери диссертацияда келтирилген:

$$|\Delta4|=4,175\cdot10^{-10};\ |\Delta3|=4,175\cdot10^{-10};\ |\Delta2|=2,01\cdot10^{-8};\ |\Delta1|=2,645\cdot10^{-6}.$$

Тутум туруктуу иштейт, себеби: $\Delta1>0,\ \Delta2>0\ \ \Delta3>0$ и $\Delta4>0$.

Өтмө процесстердин түрү жана алардын узактыгы, диссертациянын 2-бабында көрсөтүлгөн усул боюнча, тиешелүү убакыт

константаларына киргизилген тутумдардын параметрлеринин маанилерин тандоо жана эсептөө менен оптималдаштырылат: $T_{рк}$, $T_{др}$, $T_{мех}$, $T_{кэ}$, $T_{дэ}$, $T_{кц}$, $T_{дц}$.

Туташ металлда көзөөнүн технологиялык операциясына колдонууда, диссертациялык иште иштелип чыккан тутум үчүн түзүмдүк схема түзүлгөн.

Түзүмдүк схемада жонуу операциялары үчүн күч цилиндринин бергилик функциясын төмөнкүгө алмаштыруу керек:

$$W(p)=\frac{S(p)}{Q(p)}=\frac{k_{ц}}{(T_{мех}p+1)}. \tag{58}$$

Көзөөдө көзөнөктөрдү иштетүүнү башкаруу тутуму төмөнкүдөй бергилик функцияларына ээ:

1) инструментти берүү боюнча

$$W(p)=\frac{k_{д}k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{ц}}{\left(T_{кр}^2p^2+T_{др}p+1\right)\left(T_{кц}^2p^2+T_{дц}p+1\right)\pm k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{д}k_{м}k_{ут}k_{ц}}, \tag{59}$$

2) көзөө ылдамдыгы боюнча

$$W(p)=\frac{k_{пч}k_{э}k_{шк}}{\left(T_{кэ}^2p^2+T_{дэ}p+1\right)\pm k_{д}k_{пч}k_{э}k_{шк}}, \tag{60}$$

3) көзөнөктөрдү кеңейтүүдө:

$$W(p)=\frac{k_{д}k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{ц}}{\left(T_{кр}^2p^2+T_{др}p+1\right)\left(T_{мэх}p+1\right)\pm k_{у1}k_{эм}k_{р}k_{д}k_{м}k_{ут}k_{ц}}. \tag{61}$$

Төмөнкүчө көрсөтүү мүмкүн болгон шпиндель кутусунун бергилик функциясын кошпогондо, тутумдун айрым элементтеринин бергилик функциялары жогоруда берилгендигин эстен чыгарбоо керек:

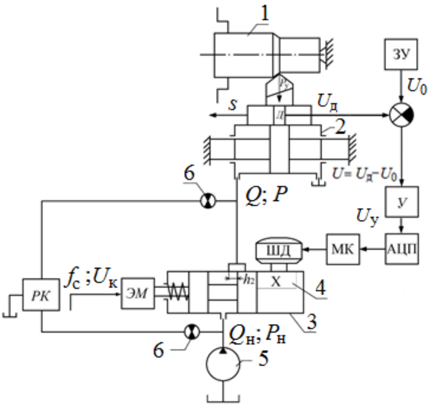
$$W_{шк}(p)=\frac{n_{и}(p)}{n_{дв}(p)}=k_{шк}, \tag{62}$$

мында $n_{и}$ – инструменттин айлануусунун саны; $n_{дв}$ – электр кыймылдаткычтын чыгуучу валынын айлануусунун саны.

Функционалдык басым менен моментти байланыштырган бергилик функция:

$$W(p)=\frac{P(p)}{M_{кр}(p)}=k_{м}. \tag{67}$$

12-сүрөттө амплитудалык-импульстук жөнгө салуучу станоктун гидросуппортунун инструменттерди берүүсүн башкаруунун принциптик схемасы көрсөтүлгөн, ал иштетилүүчү тетикти 1, инструменти бар гидросуппортту 2, чыгымдын жөнгө салгычын 3, эксцентрикти 4, насосту 5, демпферди 6 камтыйт. Сүрөттө төмөнкүлөр белгиленген: $P_у$ – кесүү күчүнүн радиалдык түзүүчүсү, S - инструментти берүү, D – күч өлчөгүч датчик, *ЗУ* – тапшыруучу түзмөк, $U_д$ жана U_0 – датчиктин жана ЗУ сигналдары, *У* – күчөткүч, $U_у$ – күчөтүлгөн сигнал, *АЦП* – аналогдук-санариптик өзгөрткүч, *МК* – микроконтроллер, *ШД* – кадамдык электр кыймылдаткыч, *РК* – редукциялык клапан, *ЭМ* – электромагнит, h – жылчыктын ачылуу чоңдугу, $Q_н$; $P_н$ жана Q; - тиешелүүлүгүнө жараша чыгымдар жана басымдар.



12-сүрөт – Токардык станоктун гидросуппортунун инструмент берүүсүн чыгымды амплитудалык-импульстук жөнгө салуу менен башкаруунун принциптүү схемасы

Автоматтык тутум төмөнкүдөй иштейт. Кесүү күчүнүн радиалдык түзүүчүлөрүнүн көбөйүшү менен күч өлчөгүч датчиктин $U_д$, чыгуучу сигналы өзгөрөт, бул дал келбеген сигналдын $U = U_д - U_0$ өзгөрүшүнө алып келет.

Дал келбеген сигнал U кубаттуулугу боюнча начар болгондугуна байланыштуу күчөткүч *У* колдонулат. Күчөткүчтөн $U_у$ келген сигнал *ЦАП*ка – санариптик-аналогдук өзгөрткүчкө, андан кийин *МК* – кадамдык кыймылдаткычты башкаруучу микроконтроллерге барат.

Кадамдык кыймылдаткыч тиешелүү профилге ээ эксцентрикти бурат. Ошол эле учурда жөнгө салгычтын жумушчу жылчыгынын ачылуу чоңдугу жана күч цилиндринеге кирүүчү чыгым азайып, гидросуппорттун инструмент берүүчүн төмөндөтүүгө алып келип, кесүү күчүнүн радиалдык түзүүчүсү $P_у$ туруктуу болуп калат.

$P_у$ күчүнүн азайышы менен автоматтык тутумдагы бардык процесстер тескери тартипте ишке ашат жана акыр аягында чыгымды жөнгө салуучу жылчыктын ачылуу чоңдугунун чоңоюусунун эсебинен инструменттин берилиши белгиленген мааниге чейин жогорулайт.

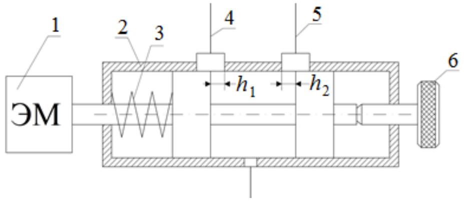
Кайтарым байланыш бар болгон учурда инструментти берүүнү аныктоо үчүн формула төмөнкүдөй болот:

$$S = \frac{Q}{F} - k_{\text{ут}} \frac{\left(P_{\text{х}} \pm \Delta P_{\text{х}}\right)}{F^2} \pm k_{\text{з}} \Delta h, \qquad (64)$$

мында $P_{\text{х}}$ – гидросуппорттогу жүктөм; $\Delta P_{\text{х}}$ – гидросуппорттогу жүктөмдү өзгөртүү; Δh - электр механикалык кайтарым байланыштын таасири алдында чыгымды жөнгө салгычтын жылчыгын өзгөртүү; $k_{\text{з}} = \mu\pi d\sqrt{\left(2g/\gamma\right)} \cdot \left(\Delta t/T\right)$ – чыгымдын жөнгө салгычын күчөтүү коэффициенти.

«Буюмдарды станоктордо механикалык иштетүүдө технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумдарынын маалыматтык-өлчөөчү түзмөктөрүн жана оригиналдуу элементтерин иштеп чыгуу» аталган **бешинчи бапта** төмөнкү маалыматтык түзмөктөр иштелип чыккан: токардык иштетүүдө кесүү күчтөрүнүн түзүүчүлөрүн өлчөөгө арналган пьезоэлектрдик жана дифференциалдык датчиктери бар динамометриялык кескич кармагычтар, диссертацияда алардын конструкцияларын долбоорлоо материалдары түрүндө берилген гидросуппорттун цилиндринин жумушчу көңдөйүндө басымды өлчөөгө арналган тензометриялык датчик жана параметрлерди өлчөө үчүн математикалык моделдер.

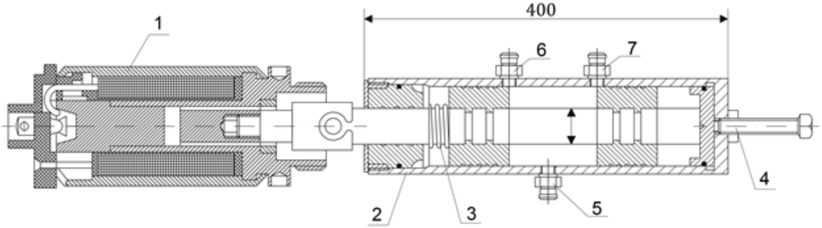
Иштелип чыккан автоматтык тутумдар үчүн чыгымды жөнгө салгычтын принциптүү схемасы 13-сүрөттө көрсөтүлгөн.
Электромагнитти башкаруучу бар чыгымды жөнгө салгычтын конструкциясы 14-сүрөттө көрсөтүлгөн.



13-сүрөт – Электромагниттүү башкаруусу бар чыгымды жөнгө салгычтын коструктивдүү схемасы

Чыгымды жөнгө салгыч төмөнкүчө иштейт. Электромагнитте 1 электр сигналы пайда болгондо жөнгө салгычтын кыймылдуу элементи оңдон солго жылып, серпилгини 3 кысып турат. Мында жумушчу жылчыктын

ачылуу чоңдугу h_2 азайып,



1 – электромагнит; 2 – чыгымды жөнгө салгыч; 3 – серпилги; 4 – жөнгө салуучу бурама

14-сүрөт – Электромагниттик башкаруусу бар чыгымды жөнгө салгычтын конструкциясы

гидросуппорттун күч цилиндрине келип түшкөн чыгым азайып, инструментти берүү ылдамдыгы да төмөндөп, жумушчу иштетүүдө кесүү күчүнүн азайышына алып келет. Мында жылчык h_1 тийиштүү кран менен жабылган.

Таза иштетүүдө электромагнит 1 иштетилгенде, жөнгө салгычтын агым өзгөртмөсү да оңдон солго жылып, өтмө жылчыктын чоңдугун h_1 көбөйтөт жана куч цилиндрдин жумушчу көңдөйүнө кирген чыгым андагы көбөйгөн агып кетүүлөрдүн ордун толтуруу үчүн бир аз жогорулайт жана ошону менен инструментти берүү турукташтырылат.

Диссертациялык иштин «Станоктордо буюмдарды механикалык иштетүүдө технологиялык процесстерди башкаруунун иштелип чыккан тутумдарына стенддерди иштеп чыгуу жана тажрыйбаларды жүргүзүү усулдары» аталган **алтынчы бабында** иштеп жаткадардын негизинде иштелип чыккан стенддер көрсөтүлгөн: кесүүчү күчтөрдү аныктоо үчүн тажрыйбалык стенд, универсалдуу гидравликалык стенд, көзөөдө технологиялык процесстерди изилдөө үчүн стенд.

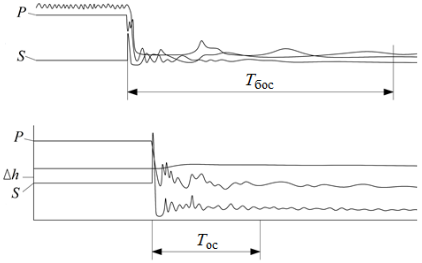
Бул стенддерде тажрыйбаларды жүргүзүүнүн техникалары иштелип чыккан жана алардын баяндалышы диссертацияда толук берилген.

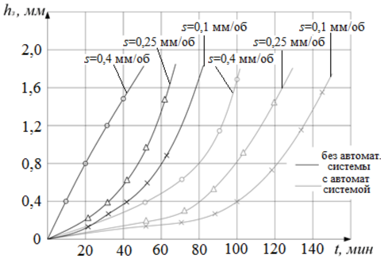
Тажрыйбалар этап менен жүргүзүлөт: иштелип чыккан автоматтык тутумдарды колдонуу менен жана аларсыз даярдалган тетиктердин сапатын изилдөө.

«Технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумдарын тажрыйбалуу изилдөөнүн натыйжалары, рекомендацияларды иштеп чыгуу жана аларды өндүрүштө колдонуу боюнча экономикалык негиздеме» аталган **жетинчи бапта** станоктордо буюмдарды иштетүүнүн технологиялык процесстерин башкаруунун иштелип чыккан автоматтык тутумдарын тажрыйбалуу изилдөөнүн алынган натыйжалары келтирилген:

а) гидросуппорттун гидравликалык кайтарым байланышы бар жана жок инструменттерди берүүсүн изилдөө жана ошол эле учурда диссертацияда тиешелүү таблицаларда берилген төмөнкүдөй жыйынтыктар алынды.

Алынган натыйжаларды салыштыруу, жүктүн кеңири чектерде өзгөрүшүндө гидравликалык кайтарым болгон учурда ылдамдыкты турукташтыруу 0,05-0,4% түзөт жана ошол эле учурда өтмө процесстин узактыгы кыйла кыскарат деген тыянак чыгарууга мүмкүндүк берет. (15-сүрөт);

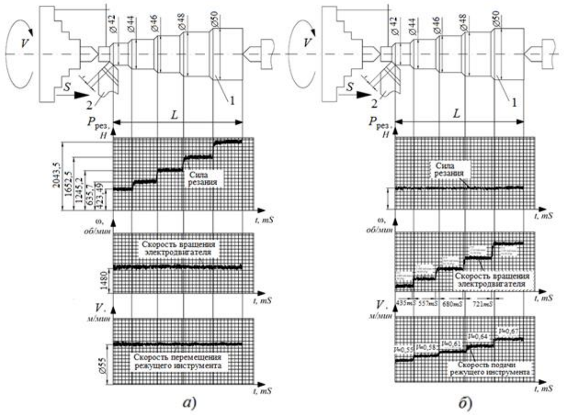




15-сүрөт – Өтмө процесстердин осциллограммалары

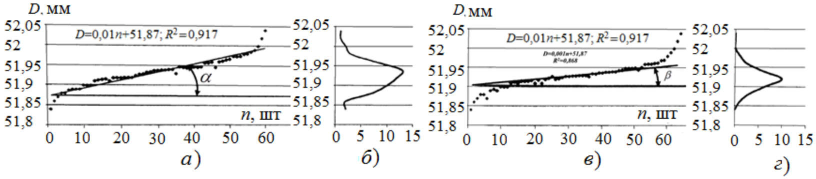
16-сүрөт – Автоматтык тутумдарды колдонууда жана аларсыз көзөөчтүн арткы жээги боюнча жешилүүсү

Иштелип чыккан автоматтык тутумдарды колдонууда көзөөчтүн арткы жээги боюнча жешилүүсүн азайтуу (16-сүрөт). Иштелип чыккан тутумду колдонуунун эффективдүүлүгүн изилдөө боюнча, 17-сүрөттө келтирилген төмөнкү тажрыйбалык натыйжалар алынды.



17-сүрөт – Тепкичтүү тетикти иштетүү:
а) автоматтык тутуму жок;
б) автоматтык тутумду колдонуу менен

Иштетилген буюмдардын алынган өлчөмдөрүнүн чачыранды талаасы 18-сүрөттө көрсөтүлгөн.



18-сүрөт – Кайроодо алынган өлчөмдөрдүн чачыранды талаасы:
а), *б*) автоматтык тутуму жок;
в), *г*) автоматтык тутумду колдонуу менен

Диссертацияда чачыранды талаалардын гистограммалары, ошондой эле өндүрүшкө технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумун киргизүүнүн экономикалык натыйжалуулугу боюнча эсептөөлөр берилген. Диссертацияда машина курууда иштелип чыккан универсалдуу автоматтык тутумдардын комплексин колдонуунун перспективалары жөнүндө маалымат берилген.

ЖЫЙЫНТЫК Диссертациялык иш технологиялык процесстерди автоматтык түрдө башкаруу жолу менен металл кесүүчү станоктордо буюмдарды иштетүүнүн сапатын жогорулатуу үчүн технологиялык процессти башкаруу тармагындагы актуалдуу маселени чечүүгө арналган.

Изилдөөнүн негизги илимий-практикалык натыйжалары болуп төмөнкүлөр саналат:

1. Жүргүзүлгөн тажрыйбалардын негизинде төмөнкү мыйзам ченемдүүлүктөр аныкталды:

а) токардык иштетүүдө: инструменттин берилишинин көбөйүүсүндө кесүүчү күчтөрдүн көбөйүүсү жана кесүү ылдамдыгынын көбөйүүсүндө алардын төмөндөөсү 50 м/мүн 250 м/мүн чейин;

б) тешиктерди көзөөдө кесүү ылдамдыгын жогорулатууда октук күчтүн жана толгоочу моменттин мааниси азаят;

в) фрезерлөөдө фрезанын арткы жээги боюнча жешилишинин көлөмү азаят, ал эми фрезерлөө ылдамдыгы азайган сайын инструменттин туруктуулугу көбөйөт.

2. Жөнгө салуу объектисинен, автоматтык жөнгө салгычтан жана тапшыруучу программалык түзмөктөн турган технологиялык процессти башкаруунун автоматтык тутумдарын куруунун теориялык негиздери иштелип чыкты, алардын элементтеринин жана бүткүл тутумдун математикалык моделдери түзүлдү, аларды чечүү алардын статикалык жана динамикалык мүнөздөмөлөрүн: күчөтүү коэффициенттерин, өтмө процесстин түрүн, анын узактыгын жана туруктуулугун теориялык жактан изилдөөгө жана эсептөөгө мүмкүндүк берди.

3. Гидросуппорттун инструмент берүүсүнүн ылдамдыгын жөнгө салуу ыкмаларынын классификациясы иштелип чыкты, аларды ар кандай критерийлер боюнча талдоонун натыйжалары келтирилди, бул илимий жана инженердик кызматкерлерге конкреттүү жабдуулардын жөнгө салуу ыкмасын туура тандоого мүмкүндүк берет.

4. Токардык жана көзөөчү станоктордо буюмдарды иштетүүнүн технологиялык процесстерин башкаруунун универсалдуу автоматтык бир жана эки контурдуу тутумдарынын комплекси иштелип жана изилденип чыкты. Тутумдардын универсалдуулугу крандарды механикалык иштетүүнүн таза жана жумушчу түрүнө жөнөкөй которуу менен камсыз кылынат жана анын жаңычылдыгы Кыргыз патенттин үч патенти менен тастыкталган.

5. Элементтердин жана универсалдуу автоматтык тутумдардын комплексинин бүтүндөй тутумунун математикалык моделдери иштелип чыккан, бул аларды тандоо, долбоорлоо жана даярдоо үчүн зарыл болгон массалык-геометриялык жана режимдик параметрлерди эсептөөгө мүмкүндүк берет.

6. Программалык камсыздоосу менен амплитудалык-импульстук башкаруусу бар гидросуппорттун инструментти берүүсүн башкаруунун оригиналдуу автоматтык тутуму иштелип чыккан жана ал таза иштетүүдө инструменттерди туруктуу жана бирдей берүүнү камсыздоого мүмкүндүк берет, Кыргыз атенттен патент алуу үчүн арыз берилген.

7. Оригиналдуу маалыматтык приборлор: токардык иштетүүдө кесүү күчтөрүнүн түзүүчүлөрүн өлчөө үчүн жана сигналдарды электр сигналдарына өзгөртүү үчүн пьезоэлектрдик жана дифференциалдык датчиктери бар динамометриялык кескич кармагычтар, ошондой эле басым датчиги иштелип чыккан жана алар үчүн КР патентин алуу максатында арыз берилген.

8. Станоктордо жумушчу жана таза иштетүүнүн технологиялык процесстерин башкаруунун универсалдуу автоматтык тутумдарына карата электромагниттик башкаруусу бар суюктуктун агымын жөнгө салгыч иштелип чыккан жана изилденген.

9. Механикалык иштетүүдө технологиялык процессти башкаруунун автоматтык тутумдарынын иштелип чыккан комплексинин ишке жөндөмдүүлүгүн аныктоо үчүн стенддер модернизацияланып, тажрыйбалык изилдөөлөрдү жүргүзүүнүн методдору түзүлдү.

10. Тажрыйбалык изилдөөлөр станоктордо буюмдарды механикалык иштетүүдө технологиялык процесстерди башкаруунун автоматташтырылган тутумдарынын эффективдүүлүгүн далилдеди: инстру-

ментти берүү ылдамдыгын турукташтыруу 96-98% түздү, өтмө процессинин узактыгы 3 эсеге кыскарды; жешилүүнүн олуттуу кыскарышы жана кесүүчү аспаптын туруктуулугунун жогорулашы байкалган; буюмдун геометриялык өлчөмдөрүнүн тактыгы жогорулаган; тетиктерди даярдоонун эмгек түйшүгү 25%га азайган, өндүрүмдүүлүктүн өсүшү 30%ды түзгөн, тетиктердин өз баасы 20%га төмөндөгөн, шарттуу сарптоонун жылдык үнөмдөлүшү 8276400 сомду тузду.

Ошентип, диссертациялык иштин жыйынтыктарын иштеп жаткан станоктордун паркын модернизациялоодо, ошондой эле ар кандай максаттар үчүн жаңы автоматташтырылган жабдууларды түзүүдө, ошондой эле окуу процессинде натыйжалуу пайдаланууга болот.

ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАР

Диссертацияда алынган натыйжаларды практикалык колдонуу боюнча сунуштар:

1. Теориянын иштелип чыккан негиздерин, технологиялык процессти башкаруунун гидравликалык автоматташтырылган тутумдарын куруунун усулдарын, элементтердин жана бүткүл тутумдун түзүлгөн математикалык моделдерин станоктордун иштеп жаткан паркын жаңыртууда, ошондой эле, инженердик продукциянын жогорку сапатын камсыз кылуу максатында, жаңы жабдууларды долбоорлоодо колдонуу сунушталат.

2. Токарлык станоктун гидросуппортунун инструмент берүүсүн жөнгө салуу ыкмаларынын иштелип чыккан классификациялары жана аларды изилдөөнүн натыйжалары илимий-техникалык кызматкерлерге конкреттүү жабдууларга карата жөнгө салуу ыкмасын туура тандоого жана аларды долбоорлоо үчүн зарыл болгон параметрлердин зарыл болгон эсептөөлөрүн чыгарууга мүмкүндүк берет.

3. Технологиялык процесстерди автоматтык башкаруунун универсалдуу бр контурдуу жана эки контурдуу автоматтык тутумдарынын иштелип чыккан комплексин ар кандай типтеги станоктордо иштетүүнүн жумушчу жана таза түрлөрүндө да иштөө режимдерин оптималдуу башкаруу үчүн пайдалануу сунуш кылынат жана бул продукциянын даярдоонун сапаты боюнча көйгөйдү чечүүгө мумкүндүк берет.

4. Гидравликалык жана электр-гидравликалык байланыштары бар универсалдуу гидравликалык иштеткилерди металл иштетүүдө ар кандай станоктордо, ошондой эле тетиктердин сапатын, өндүрүмдүүлүктү жана кесүүчү инструменттин туруктуулугун бир топ жакшырта ала турган гидравликалык күч бөрктөрдө, агрегаттык станоктордун столдорунда жана автоматтык линияларда колдонуу сунушталат.

5. Электр-гидравликалык кайтарым байланышы бар универсалдуу гидравликалык иштеткинин тетиктерди басым менен иштетүүдө гидравликалык пресстерде колдонуу сунушталат, анткени аны колдонуу металлды деформациялоонун бирдиктүү процессин автоматтык түрдө жүргүзүүгө мүмкүндүк берет жана бул оптималдуу түзүмдүү жана физикалык-механикалык мүнөздөмөлөрү жогору бумдарды алууга мүмкүндүк берет.

6. Тийиштүү түрдө электр сигналдарына өзгөртүү менен токардык иштетүүдө кесүүчү күчтөрдүн түзүүчүлөрүн өлчөө үчүн иштелип чыккан маалыматтык-өлчөө түзмөктөрү жана тензометриялык датчик машина куруу тармагындагы илимий-изилдөө иштерин жүргүзүү үчүн да, технологиялык процесстерди башкаруунун автоматтык тутумдарын иштеп чыгууда да өлчөөчү түзмөктөр катары колдонулат. Диссертацияда берилген математикалык моделдер жана конструкциялар аларды даярдоо маселесин чечет.

7. Диссертацияда алынган жогоруда айтылган бардык жыйынтыктарды технологиялык процесстерди автоматташтыруу жаатындагы атайын дисциплиналарды окутууда жана окуу-изилдөө иштерин жана илимий иштерди аткарууда да, машина куруучу ишканаларда да, сапаттуу продукция алуу маселелерин чечүү үчүн, эффективдүү колдонсо болот.

Диссертациянын темасы боюнча жарыяланган эмгектердин тизмеси

1. **Турусбеков, Б. С.** Экспериментальное исследование влияния технологических параметров на качество изготовления изделия при токарной и шлифовальной обработке [Текст] / И. Ш. Кадыров, Б.С. Турусбеков // Известия КГТУ. – 2019. – 3-чыгарылыш (51). – 11-17-б.

2. **Турусбеков, Б. С.** Анализ достоинств и недостатков гидропривода, применяемого на станках [Текст] / Б. С. Турусбеков // Известия КГТУ. – 2019. – № 3 (51). – 95-105-б.

3. **Турусбеков, Б. С.** Разработка автоматической системы управления технологическим процессом при токарной обработке [Текст] / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б.С. Турусбеков // Вестник КНАУ. 2019. – № 2 (51). – 126-131-б.

4. **Турусбеков, Б. С.** Разработка математической модели гидросуппорта станка с безынерционным регулятором [Текст] / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б. С. Турусбеков и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 12. – 63-67-б.

5. **Турусбеков, Б. С.** Разработка математической модели гидросуппорта станка с инерционным регулятором [Текст] / И. Ш. Кадыров,

Б. С. Турусбеков, У. Р. Давлятов // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 11 (часть 2). – 280-285-б.

6. **Турусбеков, Б. С.** Разработка математической модели гидросуппорта станка с автоматическим регулятором второго порядка [Текст] / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б. С. Турусбеков и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 12. – 115-119-б.

7. **Turusbekov, B.** Development of an automatic system of stabilization thrust force at the turning operations and its mathematical model [Текст] / I. Kadyrov, B. Turusbekov // 1 st international conference on control systems, mahematical modelling, automation and energy efficiency (SUMMA), IEEE – Lipetsk, 2019. – PP. 255-257.

8. **Турусбеков, Б. С.** Методика определения жёсткости технологической системы токарного станка [Текст] / Б. С. Турусбеков, И. Ш. Кадыров // Вестник КРСУ. – 2019. – № 12. Т.19. – 109-112-б.

9. **Турусбеков, Б. С.** Экспериментальное исследование гидросуппорта подачи инструмента токарного станка с обратной гидравлической связью и без нее [Текст] / Б. С. Турусбеков // Вестник КРСУ. – 2019. – № 12, Т. 19. – 103-108-б.

10. **Турусбеков, Б. С.** Динамометрический резцедержатель с индуктивным дифференциальным датчиком для измерения тангенциальной составляющей силы резания [Текст] / Б. С. Турусбеков // Известия КГТУ. – 2019. – № 52. – 21-27-б.

11. **Турусбеков, Б. С.** Исследование способов регулирования и стабилизации скорости движения гидропривода металлорежущих станков [Текст] / Б. С. Турусбеков // Известия КГТУ. – 2019. – № 52. – 28-36-б.

12. **Турусбеков, Б. С.** Разработка автоматической системы управления подачей инструмента гидросуппорта токарного станка [Текст] / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б. С. Турусбеков // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 1. – 10-16-б.

13. **Турусбеков, Б. С.** Экспериментальные стенды для исследования технологических процессов механической обработки деталей на токарном станке [Текст] / Б. С. Турусбеков, И. Ш. Кадыров // Вестник КГУСТА. – 2019. – № 4 (66). – 594-598-б.

14. **Турусбеков, Б. С.** Экспериментальное исследование эффективности системы автоматического управления технологическим процессом на токарном станке [Текст] / Б. С. Турусбеков, И. Ш. Кадыров // Вестник КГУСТА. – 2019. – № 4 (66). 599-604-б.

15. **Турусбеков, Б. С.** Экспериментальное исследование влияния скорости резания на осевую силу и крутящий момент при сверлении и

фрезеровании. [Текст] / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б. С. Турусбеков и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 12 (часть 2). – 212-217-б.

16. **Турусбеков, Б. С.** Разработка универсальной автоматической системы управления технологическим процессом обработки отверстий многолезвийным инструментом [Текст] / Ж. Т. Темирбеков, И. Ш. Кадыров, Б. С. Турусбеков и др. // Аграрный Вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30) – 114-119-б.

17. **Турусбеков, Б. С.** Разработка информационных устройств систем автоматического управления [Текст] / И. Ш. Кадыров, Ж. Т. Темирбеков, Б. С. Турусбеков и др. // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 2. – 25-29-б.

18. Пат. 2208 Кыргыз Республикасы, KG № 2208, C1, кл B 23Q 15/00, 30/09, 2019. Способ регулирования подачи инструмента гидросуппорта с частотно-импульсным регулированием расхада жидкости [Текст] / Б. С. Турусбеков, И. Ш. Кадыров; Бишкек. КНАУ. – № 20190068.1; арыз 30.09.19; жар. 31.07.20, Бюл. №7. – 4-б.: ил.

19. Пат. 291 Кыргыз Республикасы, KG № 291, кл B 23Q 15/00, B 23Q 15/14, 30/09, 2019. Универсальная гидравлическая автоматическая система с обратной гидравлической связью [Текст] / Б. С. Турусбеков, И. Ш. Кадыров; Бишкек. КНАУ. – № 20200015.2; арыз 30.09.19; жар. 31.07.20, Бюл. №7. – 5-б.: ил.

20. Пат. 292 Кыргыз Республикасы, KG № 292, кл B 23Q 15/00, B 23Q 15/14, 30/09, 2019. Гидравлическая автоматическая система стабилизации радиальной составляющей силы резания [Текст] / Б. С. Турусбеков, И. Ш. Кадыров; Бишкек. КНАУ. – № 20200016.2; арыз 30.09.19; жар. 31.07.20, Бюл. №7. – 4-б.: ил.

21. **Turusbekov, B.** Universal automatic process control system for turning machines [Текст] / I. Kadyrov, B. Turusbekov, Zh. Temirbekov, U. Davlatov // 3 st international conference on control systems, mahematical modelling, automation and energy efficiency (SUMMA), IEEE – Lipetsk, 2021. – PP. 1229-1232.

Турусбеков Бактыбек Сагындыковичтин «Машина куруу технологиялык жараяндарды автоматтык башкаруу гидравликалык тутумдары менен түзүлүштөрүн куруу теориясы, усулдарынын негиздерин иштеп чыгуу» деген темадагы 05.02.08 – машина куруу технологиясы адистиги боюнча техника илимдеринин доктору окумуштуу даражасын издеп алуу үчүн жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Түйүндүү сөздөр: теория, автоматтык система, технология, станок иштетүү шарты, гидро жана электрокыймылдаткычтар, маалыматтык түзүлүштөр, иштетүүнүн сапаты, универсалдуу автоматтык тутумдар.

Изилдөөнүн объектиси: металл кесүүчү станоктордон жана тиешелүү автоматтык тутумдардан турган технологиялык тутум.

Изилдөөнүн предмети: металл кесүүчү станоктордо буюм кесүү жараяндарын башкаруунун универсалдуу автоматтык тутумдары.

Иштин максаты: буюмдарды сапаттуу даярдоо технологиялык жараяндарын башкаруунун автоматтык тутум комплексин иштеп чыгуу.

буюмдарды сапаттуу даярдоо технологиялык жараяндарын башкаруунун автоматтык тутум комплексин иштеп чыгуу

Изилдөөнүн усулдары жана аппаратурасы: машина куруу технологиясын, автоматтык башкаруу, гидравлика, физика, электрониканын негизги мыйзамдарында, жана метафизика, статистиканын усулдарында аткарылган.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңылыгы: буюмдарды механикалык иштетүү технологиялык жараяндарын автоматташтыруу жаатындагы жаңы илимий багыт – металл кесүүчү станоктордун колдонмолуу буюмдарды даярдоо технологиялык жараяндарын башкаруу, көп контурлуу жана универсалдуу автоматтык тутумдарын түзүү иштелип чыкты. Иштетүүлөрдүн эки – таза жана жумушчу түрүндө колдонмолуу токардык көзөөчү станоктордо буюмдарды иштетүүнүн, башкаруунун универсалдык тутумдары комплекси иштелип чыкты.

Автоматтык тутумдардын жаңылыгы КРнын Интеллектуалдык менчик жана инновациялар кызматынын патенттери менен тастыкталды.

Колдонуу боюнча сунуштар: диссертациялык иштин натыйжалары технологиялык жараяндарды окуп жаткан бакалавр, магистрант, аспиранттарга атайын дисциплиналарды окууда колдонулат, БМЗ ААК ДАСТАН ААК ишканаларында негизги товарды өндүрүүдө автоматташтыруу технологиясында колдонулат.

Колдонуу аймагы: буюмдарды механикалык иштетүү технологиялык жараяндарын автоматташтыруу, башкаруу, тоо-кен өндүрүшүндө металлдарды басым менен иштетүү.

РЕЗЮМЕ

диссертации Турусбекова Бактыбека Сагындыковича на тему: «Разработка основ теории, методов построения гидравлических систем и устройств автоматического управления технологическими процессами в машиностроении» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения

Ключевые слова: теория, методы построения автоматических систем, технология обработки, станок, инструмент, гидропривод, информационные устройства, качество обработки, стойкость инструмента.

Объект исследования: технологические системы, состоящие из металлорежущих станков и соответствующих автоматических систем, управляющих процессом обработки изделий.

Предмет исследования: универсальные автоматические системы управления технологическими процессами механической обработки изделий.

Цель работы: разработка методов построения гидравлических систем и устройств автоматического управления технологическими процессами по параметрам: подача инструмента и скорость резания для повышения качества изготовления изделий.

Методы исследования и аппаратура: теоретические исследования проводились разработкой математических моделей, экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики с использованием теории корреляции. При проведении экспериментов использовалось оборудование: стенды, электроизмерительная аппаратура.

Полученные результаты и их новизна: разработано новое научное направление в области технологии машиностроения, созданы многоконтурные и универсальные автоматические системы управления технологическими процессами изготовления изделий для различных типов металлорежущих станков, разработан комплекс универсальных автоматических систем управления технологическими процессами обработки изделий на токарном, сверлильном и шлифовальном станках, применительно к двум видам обработок – чистовой и черновой.

Рекомендации по использованию: результаты диссертационной работы используются при чтении специальных дисциплин бакалаврам, магистрантам и аспирантам, изучающих вопросы технологии машиностроения, а также внедрены на предприятиях ОАО БМЗ и ОАО ДАСТАН. Акты внедрения представлены в приложении диссертации.

Область применения: технология машиностроения, процессы механической обработки изделий.

RESUME

Thesis by Turusbekov Baktybek Sagyndykovich "Development of Fundamentals of Theory and Methods for Building of Hydraulic Systems and Devices for Automatic Process Management in Mechanical Engineering" for the academic degree of Doctor of Engineering, specialty 05.02.08 – mechanical Engineering Technology

Key words: theory, methods of building of automatic systems, technology, mechanical conversion, machine tool, processing mode, hydraulic and electrical drives, information equipment, processing quality, tool life, universal automatic systems.

Research object: technological systems consisting of metal-cutting machine tools and related automatic systems managing the conversion process.

Research subject: universal automatic process management systems of product machining using metal-cutting machine tools.

Purpose: to develop a set of universal automatic process management systems for high-quality item manufacturing using metal-cutting machine tools.

Research methods and equipment: the research is performed based main laws and provisions of the cutting theory, mechanical engineering theory, automatic management, hydraulics, physics, electronics, and methods of mathematical physics and statistics.

Results achieved and their novelty:

A new research area has been developed in the field of automatic process management of product machining: development of multiloop and universal automatic process management systems of manufacturing applicable to various types of metal-cutting machine tools ensuring better performance and product quality.

A set of universal automatic process management systems has been designed for turning machine and drilling machine operations applicable to the two types of processing, i.e. finishing and rough machining.

The novelty of the abovementioned automatic systems has been certified by patents issued by the Kyrgyz Republic Patent Agency.

Recommendations for use: the results of the thesis work may be used in the reading of specialized subjects to BE, ME, and post-graduate students studying the aspects of process automation. The results have also been introduced at the BMZ OJSC and Dastan OJSC industrial facilities for core product process automation.

Scope of application includes process automation and management in mechanical machining, pressure metal treatment, and mining operations.