АХМЕТОВА БАЛЖАН ИБРАГИМҚЫЗЫ

ТӨРТБУЫНДЫ ТОПТЫҢ НЕГІЗІНДЕ ЖАҢА ҚҰРЫЛЫМДЫ ҚОСИІНДІ БАСПАҚТЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ДИНАМИКАЛЫҚ РЕЖИМДЕРІН ЗЕРТТЕУ

6D060300 – “Механика” мамандығы бойынша
Философия докторы (PhD) дәрежесіне арналған диссертацияның

АҢДАТПАСЫ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қосиінді ұсталық-қалыптау машиналарының негізгі басты атқарушы механизмі қосиінді-сырғақты механизм болып табылады. Қосиінді баспақтардың артықшылықтары мен кемшіліктері олардың жұмыс режимдерінде кері бағытталмаған электромаховиктің негізгі жетегінің иінтіректі (немесе жұдырықшалы-иінтіректі немесе тісті-иінтіректі) басқару механизмімен үйлесуіне негізделген жұмыс принципімен алдын-ала анықталған. Жаппай және ауқымды өндірістің машина жасау циклінің ұсталық-баспақтау және қалыптау машиналары паркінде олардың іс жүзінде монополиялық жағдайды қамтамасыз ететін артықшылықтарға мыналар жатады: қалыптармен немесе кескіштермен жұмыс істейтін машиналар арасындағы ең жоғары өнімділік; қалыптау мен серпімді-пластикалық бөлудің барлық түрлерін жүргізу мүмкіндігі; «баспақ – құрал» жүйесінің серпімді деформациясы шегінде жылжымалы құралдың бекітілген экстремалды жұмыс жағдайына байланысты алынған бұйымдардың жоғары дәлдігі; басты жұмыс механизмі қозғалысының циклдік сипатына байланысты қол жетімді автоматтандыру [1,2].

Бұл артықшылықтар қосиінді баспақтарды олардың кемшіліктерінен арылуға болатын дәрежеде қолданудың тиімділігін қамтамасыз етеді. Қосиінді баспақтардың тиімділігін келесі бағыттар бойынша арттыру: өнімділік пен дәлдікті арттыру, қолдану аясын кеңейту (шағын сериялы өндіріске, аса ірі бұйымдарды өндіруге, төмен (балғалы) соғуларды ыстық қалыптауға және т. б.) - универсал атқарушы механизмдер, қорғау әдістері мен құрылғылары болмаған кезде мүмкін емес, себебі қалыптау және орнату кезінде шамадан тыс жүктемелердің жиілігі мен деңгейі оң экономикалық нәтижелерге қол жеткізуді болдырмайды. Сонымен қатар, ғылым мен техниканың қол жеткізілген деңгейі қосиінді баспақтарды шамадан тыс жүктемелерден, оның ішінде атқарушы механизмдер құрылымының функционалдық ерекшелігі есебінен қорғау тәсілдерін құру мәселесін шешуге мүмкіндік береді [1,2,3].

Көлемдік қалыптаудың технологиялық процестерінің ерекшеліктері сырғақтың салыстырмалы түрде аз жұмыс жүрісін қажет ететіндігі; қалыптардың қалыпталған бөлігінің салыстырмалы түрде шағын габариттік өлшемдерімен деформацияға төзімділігі жоғары; ыстық қалыптауда соғуды суытып алмау үшін баспақтың жылдамдығын қамтамасыз ету қажет; соғудың жоғары дәлдігін алуға деген ұмтылыс баспақтарды өте қатты етуге әкеледі. Бұл талаптарға қосиінді-буынды механизмінің құрылымдық-функционалдық сипаттамасы жұмысшы сырғақтың технологиялық кідірісімен сәйкес келеді.

Қосиінді баспақтарға арналған басылымдарға шолу зерттеушілердің сандық технологиялардың құралдарын кеңінен қолдана отырып, машиналардағы динамикалық процестерді практикалық талдауға және механизмдердің құрылымын жетілдіруге деген қызығушылығын көрсетеді.

Жұмыс идеясы көлемді және ыстық қалыптаудың технологиялық процесінің ерекшеліктерін ескере отырып, көп тізбекті иінтіректі механизм негізінде қосиінді-буынды баспақтың кинематикасы мен динамикасын модельдеудің жаңа құрылымдарын, әдістерін әзірлеу болып табылады. Модельдеу кезінде жоғары жүктелген буындардың серпімділігін

және кинематикалық жұптардың үйкелісін ескере отырып, қосиінді баспақ динамикасының мәселелері шешіледі. Модельдеу нәтижелері қазіргі заманғы АЖЖ құралдарын қолдана отырып, жаңа қосиінді қалыптаушы баспақты жобалау (дизайнының) кезіндегі бастапқысы болып табылады.

Ю.А. Бочаров пен Е.Н. Ланскаяның жетекшілігімен жасалынған ғалымдардың жұмыстары қосиінді баспақтардың бөлшектері мен түйіндерін жобалауға, динамикалық жүктемелер мен машина құрылымының ерекшеліктерін ескере отырып, технологиялық процесті модельдеуге арналған. Соңғы жылдары (2000 жылдан бастап) ғалымдар Л. Дворникова, В.В. Ковалев, А.Т. Крук, П.Н. Быкова, Ю.А. Дибнер, А.Г. Матвеева, А.Г. Никитина, А.В. Корнилова, И.В. Таловир, Н.С. Большакова және басқа да шетелдік ғалымдардың диссертациясы қосиінді баспақтарды зерттеуге арналып, басылымдарында (1 бөлім) шолу жасап өткен. Осы жұмыстардың барлығында негізгі жұмыс механизмі қосиінді-сырғақты механизм және оның екібуынды топтарға негізделген түрлері болып табылады. Олар функционалды және техникалық сипаттамалары бойынша осы жобада ұсынылған төртбуынды топтарға негізделген қосиінді механизмнен төмен[2,4]. Тулешов А.К. басшылығымен 2018-2020 жылдары №AP05134959 "Жаңа қосиінді атқарушы механизмдер негізінде күштік баспақты-автоматтарды жобалау әдістері мен технологияларын әзірлеу" жобасы бойынша ҒЗЖ жүргізілді. Бұл жобаның зерттеу нысаны Стефенсон II-нің тікелей қосиінді-сырғақты механизмі болды [4].

Зерттеу пәні - көп буынды қосиінді-буынды иінтіректі баспақтардың кинематикасы мен динамикасының жаңа әдістері, технологиялық процестерді талдау және модельдеу негізінде жобалау әдістері.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты деформацияға төзімділіктің үлкен күшін тиімді игеруге, сырғақ кідірісі мен соғудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін кинематика мен динамиканы модельдеу әдістерін әзірлеу, технологиялық процесті талдау және қалыптауға арналған жаңа қосиінді баспақ конструкцияларының синтезі мен дизайнын құру.

Жұмыстың мақсатына сәйкес **зерттеудің** келесі **міндеттері** қойылды:

- көлемді қалыптаудың технологиялық процесін және көп буынды екі бұлғақты қосиінді баспақтардың күштік сипаттамаларын талдау; қалыптау кезіндегі жұмыс жүктемелерінің графиктерін талдау.
- жұмыс буынының кідірісі бар қосиінді-буынды баспақтарының көп буынды екі бұлғақты атқарушы механизмдерін кинематикалық талдау және синтездеу әдістерін әзірлеу; механизм буындарының жылдамдығы мен үдеуін талдау;
- қосиінді-буынды баспақтардың көп буынды екі бұлғақты атқарушы механизмдерінің кинетостатикасы мен динамикасын талдау әдістерін әзірлеу;
- сызықтық емес байланыстар теңдеулерін ескере отырып, көп буынды екі бұлғақты қосиінді және қосиінді-буынды баспақтарының динамикасын талдау әдістерін әзірлеу, жоғары жүктемелі буындарды және соғуды серпімді талдау;
- қосиінді баспақтардың екі бұлғақты атқарушы механизмдерінің негізгі бөлшектері мен түйіндерін жобалау (дизайн).

Зерттеу әдістері: Көп буынды екі бұлғақты қосиінді баспақтардың күрделі құрылымы кинематикалық синтез және талдау әдістерін құруды қажет етеді. Механизмнің кинематикалық талдауы “жабық контур” әдісіне негізделген теңдеулерді шығаруды және “жетекші буынды ауыстыру (Инверсия)” әдісін (қажет болған жағдайда) қолдана отырып, аналитикалық түрлендірулер арқылы оларды шешу әдісін әзірлеуді қамтиды. Иінтіректі механизмінің кинематикалық синтезі блокталған аймақ әдісін қолдана отырып, жуықтау тәсілімен жүзеге асырылады. Қосінді баспақты синтездеу міндетінің ерекшелігі (критерийі) қалыптау

процесінің циклограммасына сәйкес қажетті уақыт аралығына жұмыс сырғағының технологиялық тоқтау (кідіріс) режимдерін қамтамасыз ету болып табылады.

Қосінді баспақты динамикалық зерттеу екі этаптан тұрады: біріншісі – динамикалық модельдерді құрастыру, динамика теңдеулерін шығару және алынған қозғалыс теңдеулерін модельдеу, соның ішінде Maple аналитикалық есептеу платформаларында, SimulationX бағдарламасында; екіншісі – беріктікті жобалау және талдау және материал сыйымдылығын оңтайландыру және цифрлық платформаларда виртуалды модельдеу арқылы өнімділікті бағалау. Қосиінді баспақтың динамикалық моделі кинематикалық жұптардағы үйкелісті, ең көп жүктелген бөлшектер мен түйіндердің серпімді иілгіш қасиеттерін ескереді. Үйкеліс күштерін ескере отырып, қосиінді буынды механизмді (ҚБМ) күштік талдау векторлық әдіс негізінде жүргізіледі. Динамикалық теңдеулерді шығару Лагранж теңдеулерін анықталмаған коэффициенттермен (артық байланыстарды есепке алу үшін), Даламбер принципін, Кулон-Амонтон және Гук заңдарын және теориялық механиканың басқа заңдарын, механизмдер мен машиналар теориясының әдістерін және ықтималдық пен статистиканың математикалық теориясын қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Зерттеу нысаны - қо**с**иінді иінтіректі баспақ.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

- кідірісі бар жұмыс бөлігінен (сырғақтан) тұратын қосиінді баспақ-автоматтың негізгі жұмыс механизмдерінің жаңа үлгілері;
- екі жұмыс буыны бар қосиінді баспақтардың сегізбуынды атқарушы механизмін құрылымдық-кинематикалық синтездеу әдістері;
- техникалық және технологиялық шешімдердің болуын қамтамасыз ететін тұрақты параметрлердің өзгеру аймағын анықтай отырып, алтыбуынды механизмді сапалы синтездеудің аналитикалық әдісі;
- жұмыс буынының ұзақ кідірісі бар қосиінді баспақтардың сегізбуынды буынды-қосиінді механизмін кинематикалық синтездеу әдісі және жұмыс сырғағының эксцентриситетінің өзгеруіне байланысты механизм схемаларын сандық модельдеу нәтижелері;
- динамикалық талдаудың аналитикалық әдістері және төрт буынды құрылымдық топтарға негізделген қосиінді және қосиінді-буынды баспақтарды жобалау және оларды Maple және т.б. аналитикалық есептеу пакетін қолдана отырып сандық жүзеге асыру;
- қосиінді баспақтардың төртбуынды құрылымдық топтары негізінде атқарушы механизмдер конструкцияларының жұмысқа қабілеттілігін дәлелдейтін кинематикалық және динамикалық параметрлерді бағалау критерийлерін әзірлеу;
- технологиялық жүктемені және үдеріс динамикасын (жоғары жылдамдықтағы баспақты), сондай-ақ сервожетектің статикалық сипаттамасын ескере отырып, баспақ механизмдерін динамикалық талдау әдістері;
- Maple және т.б. аналитикалық есептеу пакетін қолдана отырып, төртбуынды топтарға негізделген қосиінді және қосиінді-буынды баспақтардың атқарушы механизмдерінің кинематикасы мен динамикасын талдау бағдарламалары;
- алтыбуынды қосиінді баспақты эксперименттік зерттеу және негізгі нәтижелерді тексеру.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы: Механизмдер мен машиналар теориясы Қазақстандағы дамыған ғылыми бағыттардың бірі болып табылады, оның жетістіктері бүкіл әлемде мойындалған. Әсіресе жазықтық және кеңістіктік иінтіректі механизмдер, параллель манипуляторлар теориясы дамып, оның негізінде агрегат машиналар мен роботтардың атқарушы механизмдерінің көптеген түпнұсқалы және сұранысқа ие конструкциялары (схемалары) жасалған. Бұл конструкцияларды практикалық қолданудағы негізгі кедергі конструктор - жобалаушыға дайын құралдың жоқтығы болып табылады.

Осыған байланысты қазіргі заманғы цифрлық технология (қазақстандық ғалымдардың цифрлық технологияларды игеруі және дамытуы) негізінде функционалдық иінтіректі конструкцияларды жобалау және оларды өндіріске енгізу жөніндегі құралдар жасау жазықтық және кеңістіктік иінтіректі механизмдер, параллель манипуляторлар теориясын және тұтастай машинажасау саласын дамытудың жаңа кезеңіне шығаруға мүмкіндік береді. Бұдан басқа, кең функционалдық мүмкіндіктері бар атқарушы механизмдердің жаңа конструкцияларын енгізу есебінен ұсталық-қалыптау машиналары мен жабдықтарының техникалық және технологиялық базасы кеңейтілетін болады.

Кеңістіктікті иінтіректі механизмдерді және параллель манипуляторларды зерттеу, қосиінді баспақтарды иінтіректі механизмдер негізінде жетілдірумен ресейлік, неміс, жапон, қытай және басқа елдердің ғалымдары айналысады. Сондықтан бұл жағдайда қосиінді баспақтарды жетілдіру мәселесін әзірлеу әлемде өзекті болып табылады және осы саладағы ғылымды дамыту үшін үлкен маңызға ие.

Автордың жеке үлесі. Әдістемелерді, алгоритмдерді және сандық модельдеу бағдарламаларын өңдеуге қатысты диссертациялық зерттеудің нәтижелерін автор өз бетінше алды. Зерттеу мақсатына жету үшін міндеттерді бекіту, зерттеу әдістерін талдау және ұсынылған жүйені енгізу, ғылыми зерттеулердің нәтижелерін талдау автордың, оның ғылыми жетекшісінің және шетелдік ғылыми жетекшінің басшылығымен жүргізілді. Зерттеу барысында пайдаланылған басқа зерттеушілердің нәтижелері тиісті әдебиеттерге сілтемелермен көрсетілген.

Зерттеу жұмысының басқа ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы. Зерттеу жұмысының тақырыбы бойынша профессор Тулешов А.Қ. жетекшілігімен 2018-2020 жылдарға арналған “AP05134959 Жаңа қосиінді атқарушы механизмдер негізінде күшті баспақ-автоматтарын жобалау әдістері мен технологиясын әзірлеу” жобасы және 2022-2024 жылдарға арналған «Жас ғалым» жобасы аясында жас ғалымдардың зерттеулерін гранттық қаржыландыру бойынша «AP14972874 Жұмыс сырғағының технологиялық кідірісі (тұруы) бар қосиінді-буынды баспақты зерттеу әдістерін әзірлеу және жобалау» жобасы орындалуда.

Диссертацияның ғылыми ережелерінің, тұжырымдары мен нәтижелерінің дұрыстығы мен негізділігі келесі негізгі кезеңдерді қамтиды: математикалық модельдеу және баспақ автоматтың, бөлшектер мен түйіндердің негізгі жұмыс механизмінің негізгі кіріс параметрлерін анықтау; қолданыстағы автоматтандырылған жобалау жүйесі (АЖЖ) және жаңа БЖМ үлгілері негізінде жобалауға құрал жасау; баспақтау-автоматын жобалау және құрастыру (БАЖҚ); технологиялық жағдайларды ескере отырып, баспақты-автоматтың БЖМ тәжірибелік үлгісін сынау. Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институтының базасында қосиінді баспақтарды сынауға арналған эксперименттік стенд пен қондырғылар бар.

Жарияланымдар. Зерттеу жұмысының нәтижелері бойынша 9 ғылыми мақала, Scopus деректер базасына енетін нөлдік емес импакт-факторы бар халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда 3 мақала (процентиль 36%, 75%), ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала, басқа халықаралық конференцияларда 4 мақала жарияланды.

Зерттеу жұмысының нәтижелерін апробациялау. Диссертациялық зерттеу жұмысының негізгі нәтижелері Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институтының және әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің “механика” кафедрасының семинарларында баяндалып, талқыланды; "GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019: Central ASIA"VI Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясына", Қазақстан, Нұр-сұлтан; студенттер мен жас ғалымдардың "ФАРАБИ ӘЛЕМІ" Халықаралық ғылыми конференциясына, Алматы, Қазақстан; “Іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеулер: өзекті мәселелер, жетістіктер мен инновациялар XXXIII

халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның мақалалар жинағына", Ресей, Пенза, ұсынылып, нәтижелер баспаға жарияланды.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыстың жалпы көлемі 107 беттен, 46 суреттен, 4 кестеден, пайдаланылған әдебиеттер тізімі 73 атаудан тұрады.

Диссертацияның негізгі мазмұны.

Жұмыстың кіріспесінде диссертациялық жұмыстың өзектілігі келтірілген, тапсырманы қою және оларды шешу кезеңдері көрсетілген.

Бірінші бөлімде қосиінді баспақтардың атқарушы механизмдерінің конструктивті және технологиялық ерекшеліктеріне, сондай-ақ, кинематика мен динамикасын зерттеу әдістеріне шолу жасалынды. Ғылыми жұмыстарды талдау негізінде төрт буынды қосиінді - сырғақты механизммен салыстырғанда кең функционалдығы бар қосиінді баспақтардың атқарушы механизмдерін дамыту үрдісі белгіленді.

Екінші бөлімде Стефенсонның екі бұлғақты кинематикалық тізбегіне негізделген қосиінді баспақ механизмдерін геометриялық (орнын талдау) және кинематикалық талдау жасалынды. Сондай-ақ, буынды-қосиінді баспақ қозғалтқышының жетілдірілген орналасуы бар Стефенсонның кинематикалық тізбегіне негізделген екі бұлғақты механизмдердің кинематикасына сандық және функционалды талдау жүргізілді.

Үшінші бөлімде қысым бұрышының экстремум шартынан Стефенсонның алтыбуынды механизмін синтездеудің аналитикалық әдісі әзірленді. Лагранж көбейткіштерімен квадраттық жуықтау негізінде алтыбуынды қосиінді баспақтау механизмін синтездеу әдісі әзірленді. Ұзақ кідірісі, орташа жылдамдықтың өзгеру коэфициенті және мүмкін болатын беріліс бұрышы бар қосиінді-буынды баспақтың екі бұлғақты сегізбуынды механизмінің құрылымдық-кинематикалық синтезі орындалды. Сонымен қатар, баспақ механизмдері алдын ала динамикалық критерийлер бойынша бағаланды.

Төртінші бөлімде қосиінді-буынды баспақтың қалыптау механизміне күштік талдау әдісі құрылып, технологиялық күштерге талдау жүргізілді. Қосиінді баспақтардың орныққан режимінің орташа жылдамдығы, қозғалыстың бірқалыпсыздық коэффициенті, маховиктің инерция моменті анықталды. Сондай-ақ, бұлғақтар мен соғылмалардың серпімділігін ескере отырып, қосиінді баспақтың екі бұлғақты алтыбуынды механизмінің қалыптау үдерісі жобаланды. Алтыбуынды механизм негізінде қосиінді баспақтың эксперименттік зерттеулері құрылды және жүргізілді.

Қорытындыда диссертациялық зерттеу бойынша жұмыста алынған негізгі нәтижелер мен қорытындылар келтірілген.

Алғыс. Автор өзінің ғылыми кеңесшілері профессор Тулешов Амандық Қуатұлына және профессор Гуськов Александр Михайлович-ке олардың жетекшілігі, құнды кеңестері, сыны, қолдауы және зерттеу барысында көрсеткен қолдаулары үшін алғысын білдіреді.

Автор сонымен қатар доктор Жомартов Асылбек Абдразақұлына тәжірибие жүргізу әдістерімен таныстырып, қолдау көрсеткеніне және де профессор Пановко Григорий Яковлевич-ке тағылымдамадан өткен уақыттарда берілген пайдалы ұсыныстары мен түсініктемелеріне алғыс білдіреді.