КАМАЛ АЗИЗ НҰТПУЛЛА-ОГЛИ

Аспалы сымарқанды параллельді роботты әзірлеу және зерттеу

8D07117 – Робототехникалық жүйелер білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған диссертация

АННОТАЦИЯ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Соңғы бірнеше жыл ішінде әлемдік нарықта параллель құрылымды механизмдерге негізделген жабдықтарды енгізу үрдісі байқалуда, олар жоғары техникалық және пайдалану сипаттамаларымен ерекшеленеді. Параллель құрылымды механизмдерде жұмыс органы негізбен бірнеше кинематикалық тізбектер арқылы байланысқан, олардың әрқайсысы бірнеше жетектерден тұрады немесе оның қозғалысына байланыстар енгізеді. Дәстүрлі механизмдерден айырмашылығы, бұл механизмдер тұйық кинематикалық тізбектерге ие және жүктемені кеңістіктік фермалар сияқты қабылдайды, бұл дәлдіктің, жылдам әрекет етудің және жүк көтергіштіктің артуына алып келеді.

Осы диссертацияда жүргізілген аспалы сымарқанды параллельді роботтарды зерттеу ресейлік, неміс, жапон және басқа да елдердің ғалымдарының еңбектерімен байланысты. Бұл зерттеулер аспалы сымарқанды параллельді роботтардың әртүрлі конфигурацияларын жаңа талдау және синтез әдістері арқылы жетілдіруді; өнімділікті арттыру және траекторияны дәл қадағалау үшін жетілдірілген басқару жүйелері мен атқарушы механизмдерді әзірлеуді; құрылымдық синтез арқылы қаттылық пен жүк көтергіштікті арттыруды; қатты буындары бар параллельді роботтарда қолданылатын қайта конфигурацияланатын және модульдік құрылым принциптерін тиімді аспалы сымарқанды параллельді роботтарды әзірлеуде пайдалануды қамтиды. Аспалы сымарқанды параллельді роботтардың аз инерциялылығы мен кең қызмет көрсету аймағы сияқты артықшылықтарын ескере отырып, жаңа құрылымдық және функционалдық мүмкіндіктері бар аспалы сымарқанды параллельді роботтарды әзірлеу және практикалық қолдану осы диссертациялық зерттеудің өзекті ғылыми міндеті болып табылады және осы бағыттағы ғылымның дамуы үшін үлкен маңызға ие.

Жұмыстың мақсаты. Жұмыстың мақсаты – әртүрлі салаларда одан әрі практикалық қолдану мүмкіндігі бар аспалы сымарқанды параллельді роботты әзірлеу және зерттеу.

Зерттеу нысаны. Сымарқанды параллельді робот.

Зерттеу пәні. Аспалы сымарқанды параллельді роботты әзірлеу және зерттеу.

Зерттеу міндеттері

- әлемде аспалы сымарқанды параллельді роботтарды зерттеудің қазіргі жағдайына шолу жасау;
- аспалы сымарқанды параллельді роботтың құрылымдық синтезін жүргізу;
- аспалы сымарқанды параллельді роботтың жұмыс аймағын зерттеу;

- аспалы сымарқанды параллельді роботтың кинематикалық талдауын жүргізу;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың кинематикасын, статикасын және динамикасын математикалық модельдеу;
- SimulationX бағдарламалық кешенінде аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот моделін әзірлеу;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың басқару жүйесін синтездеу;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботты әзірлеу және дайындау;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот прототипіне эксперименттік зерттеулер жүргізу;

Зерттеу әдістері. Теориялық зерттеулер механизмдер мен машиналар теориясының классикалық әдістеріне (кинематика, күштік талдау, динамика) және күрделі механикалық жүйелерді математикалық модельдеу әдістеріне негізделді. Сымарқанды параллельді роботтың динамикалық моделін әзірлеу SimulationX бағдарламалық кешенін қолдану арқылы жүзеге асырылды. Аспалы сымарқанды параллельді роботтарды басқару жүйесін синтездеу есептері Maple аналитикалық есептеулер пакеті мен Python бағдарламалау тілін қолдану арқылы шешілді. Эксперименттік зерттеулер заманауи тензометриялық әдістерді және тензодатчиктерді пайдалану арқылы жүргізілді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы

- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың кинематикасы, статикасы және динамикасының математикалық модельдері әзірленді;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың басқару жүйесі әзірленді;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың прототипі жобаланып дайындалды;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот негізінде мина іздегіш жобаланып дайындалды.

Теориялық және практикалық маңызы. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтарды әзірлеу үшін теориялық және практикалық маңызға ие. Кинематика, статика және динамика математикалық модельдері мен басқару жүйесі әртүрлі практикалық міндеттерді шешуге арналған сымарқанды параллельді роботтарды жобалауға мүмкіндік береді. Әзірленген аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот прототипі коммерциялық қолдануға дейін жеткізілуі мүмкін, бұл өнертабысқа берілген Еуразиялық патентпен расталған. Аталған патент негізінде аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот негізінде мина іздегіш әзірленіп дайындалды. Зертханалық сынақтар мина іздегіштің миналарды анықтауда жоғары тиімділігін көрсетті.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми қағидалар:

- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың кинематикасы, статикасы және динамикасының математикалық модельдері;
- SimulationX бағдарламалық кешенінде жасалған аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот моделі;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың басқару жүйесі;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың прототипі;
- аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот негізінде жасалған мина іздегіш.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми нәтижелерінің дұрыстығы мен негізділігі. Диссертацияда алынған ғылыми қағидалар, қорытындылар мен нәтижелер механика және механизмдер мен машиналар теориясының апробациядан өткен әдістерін қолданумен, сондай-ақ Maple, SimulationX бағдарламалық кешендері мен Python бағдарламалау тілін пайдаланумен дәлелденген. Нәтижелердің дұрыстығы аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот прототипін әзірлеу және дайындау арқылы, сондай-ақ эксперименттік зерттеулер нәтижелерінің теориялық нәтижелермен жақсы сәйкестігі арқылы расталды.

Диссертациялық жұмыстың басқа ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы. Аталған диссертациялық жұмыс 2021–2023 жылдарға арналған ҚР ҒЖБМ іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру аясында орындалған «Сымарқанды параллельді роботтарды модельдеу және басқару әдістерін әзірлеу» ғылыми жобасы шеңберінде жүзеге асырылды (МР № 0121РК00443, жоба ИРН: AP092259339).

Жұмыстың апробациясы. Диссертацияның негізгі нәтижелері мен қағидалары келесі ғылыми іс-шараларда баяндалып, талқыланды:

- «Хаос және сызықтық емес жүйелердегі құрылымдар. Теория және эксперимент» атты XII Халықаралық ғылыми конференциясында, Павлодар, 2022 ж.;
- ҚР ҒА корреспондент-мүшесі А.Ж. Машановтың 115 жылдығына және ҚР ҒА академигі Ж.С. Ержановтың 100 жылдығына арналған Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда, Алматы, 2022 ж.;
- ВСГУТУ-дың 60 жылдығына арналған «Қазіргі заманғы машиналар механикасының мәселелері» атты VIII Халықаралық конференцияда, Улан-Удэ, 2022 ж.;
- «The 16th IFToMM World Congress» халықаралық конгресінде (2023 ж., Токио, Жапония);

Жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша автордың 11 ғылыми еңбегі жарияланған. Оның ішінде 2 мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Жоғары білім беру сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған ғылыми басылымдарда жарияланған [1,2]; Scopus деректер базасына кіретін шетелдік ғылыми журналдарда 3 жарияланым бар [3-5]; шетелдік және отандық ғылыми конференциялар еңбектерінде 4 жарияланым жарық көрген [4, p. 53-62; 6-8]. Сонымен қатар,

Қазақстан Республикасының 1 өнертабыс патенті [9] және 1 Еуразиялық өнертабыс патенті [10] алынған.

Автордың жеке үлесі. Диссертациядағы негізгі ғылыми нәтижелер мен қорытындылар автордың өз бетінше орындауы нәтижесінде алынған. Бірлескен авторлықпен жарияланған [1, 202-209-бб.; 2, 174-183-бб.] жұмыстарда ізденуші аспалы тросты параллельді роботтардың теориялық және эксперименттік зерттеулеріне шолу жасады. [3, 67-74-бб.; 4, 53-62-бб.; 5, 1-9-бб.] жұмыстарда ізденуші аспалы тросты параллельді роботты басқару жүйесін әзірлеуге үлес қосты. [4, 53-62-бб.; 6, 633-638-бб.; 7, 454-463-бб.; 8, 132-137-бб.] жұмыстарда ізденуші аспалы тросты параллельді роботтардың құрылымдық сұлбаларын әзірлеуге қатысты. [9] жұмыста ізденуші миналарды іздеу және залалсыздандыруға арналған тросты параллельді роботтың құрылымдық сұлбасын әзірлеуге қатысты. [10, 1-2-бб.] жұмыста ізденуші жер сілкінісі симуляторын басқарудың блок-сұлбасын әзірледі.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация титулдық беттен, мазмұннан, белгілеулер мен қысқартулар тізімінен, кіріспеден, алты бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 93 бет, оның ішінде 78 иллюстрация және 7 кесте қамтылған.

Диссертацияның негізгі мазмұны.

Кіріспеде диссертациялық жұмыстың өзектілігі негізделіп, зерттеу міндеттерінің қойылымы және оларды шешу кезеңдері көрсетілген.

Бірінші бөлімде әлемдегі аспалы сымарқанды параллельді роботтарды зерттеудің қазіргі жағдайы қарастырылған. Аспалы сымарқанды параллельді роботтардың кинематикасын, статикасын, динамикасын және басқаруын талдау әдістеріне шолу берілген.

Екінші бөлімде аспалы сымарқанды параллельді роботтардың құрылымдық синтез әдісі қарастырылған. Аспалы сымарқанды параллельді роботтардың жіктелуі көрсетіліп, олардың құрылымдық сұлбалары келтірілген.

Үшінші бөлімде аспалы сымарқанды параллельді роботтың жұмыс аймағы зерттелген. Жұмыс аймақтарының әртүрлі түрлері ұсынылып, күрделілігі арта түсетін типтік жұмыс аймақтарының модельдері келтірілген.

Төртінші бөлімде аспалы сымарқанды параллельді роботтың кинематикалық және статикалық талдау әдістері қарастырылған. Аспалы сымарқанды параллельді роботтың тура және кері кинематика есептерінің шешімдері көрсетілген.

Бесінші бөлімде аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың кинематикасын, динамикасын және басқару жүйелерін математикалық модельдеу жүргізілген. Аспалы нүктелік сымарқанды параллельді роботтың тура және кері кинематика есептері шешілген. Статикалық талдау жүргізіліп, динамикалық және математикалық модельдері әзірленген. SimulationX бағдарламалық кешенінде аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот моделі жасалып, басқару жүйесінің синтезі жүзеге асырылған.

Алтыншы бөлімде аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот прототипін әзірлеу қарастырылған. Прототиптің 3D моделі жасалып, соның негізінде жобалық-конструкторлық құжаттама (ЖҚҚ) дайындалған. Прототип дайындалып, эксперименттік зерттеулер жүргізілген.

Жетінші бөлімде аспалы нүктелік сымарқанды параллельді робот негізінде мина іздегішті әзірлеу және эксперименттік зерттеу нәтижелері келтірілген. Миналарды анықтауға арналған қолданыстағы роботтарға шолу жасалып, мина іздегіштің конструкциясы әзірленген. Мина іздегіш дайындалып, эксперименттік зерттеулер жүргізілген.