

«6D060300-Механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған Р.А. Кайыровтың «**Жаңа трипод түрдегі 3-PRRS параллель манипулятордың кинематикалық талдауы**» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ғылыми кеңесші, т.ғ.д., профессор ҚР ҰҒА және ИА академигі Ж.Ж. Байгунчековтің

### ПІКІРІ

Қазіргі заманғы робототехниканың қалпын талдау заманауи роботтардың атқарушы механизмдары ашық (антропоморфты) кинематикалық тізбектен тұратын сериялық манипуляторлар болып табылатындығын көрсетіп отыр. Сериялық манипуляторлар әмбебапты, үлкен жұмыс аймақты және қозғалыс оңтайлылығы жоғары болғанымен, құрылымының арыстығына байланысты қатандығы мен беріктігі және орналастыру дәлдігі төмен болып келеді.

Роботтардың кинематикалық сұлбаларын жасаудағы баламалы әдіс ретінде тұйық кинематикалық тізбекті параллель манипуляторлар қолданылады. Олар сериялық манипуляторларға қарағанда құрылымы қатаң, жүккөтергіштігі мен жайғастыру дәлдігі жоғары және елеулі тезәрекеттілікке ие болады.

Р.А. Кайыровтың диссертациялық жұмысы жаңа трипод түрдегі 3-PRRS параллель манипулятордың кинематикалық талдауына арналған аяқталған ғылыми зерттеу жұмысы болып табылады. Жұмыста бұрыннан белгілі үш еркіндік дәрежелі 3-RRS трипод түрдегі параллель роботтың әр аяғына бекітілген платформа жазықтығымен қозғалатын аралары  $120^\circ$  бұрышпен орналасқан үш бағыттағы ілгерілемелі қозғалыстары гидроцилиндрлер арқылы жүзеге асырылатын жаңа алты еркіндік дәрежелі 3-PRRS параллель манипулятор қарастырылған. Кіріс айналмалы кинематикалық жұптар гидроцилиндрлердің штоктарымен бірге қозғалатын үш сервопривод арқылы жүзеге асырылады.

Белгілі Денавит – Хартенберг әдісіне қарағанда трипод түрдегі параллель манипулятордың геометриясы мен кинематикасын зерттеу үшін әр кинематикалық жұпта бір декарттық координаттар жүйесі емес, екі декарттық координаттар жүйесі қолданылды. Әр декарттық координаттар жүйесі кинематикалық жұптың әр элементімен қатаң түрде байланысады. Сонда таңдалған координаттар жүйесінің түрлендіру матрицасы Денавит – Хартенберг матрицасы сияқты төрт емес, алты параметрге ие болады. Осы алты параметрді пайдалана отырып жаңа трипод түрдегі 3-PRRS параллель манипулятордың бинарлық түйіндер мен кинематикалық жұптар матрицалары және жергілікті координаттар жүйелері анықталды.

Жұмыстың негізгі нәтижелері:

1. Трипод түрдегі 3-PRRS параллель роботтың 3D моделі жасалды, тура және кері кинематикалық есептері шығарылды. Параллель манипуляторлардың тура кинематикасы полиномдар әдісі бойынша есептелді және алынған нәтижелер кері кинематикалық есеп бойынша тексерілді.
2. Жұмыс аймағы манипулятордың аяқтарының қозғалу жазықтықтарын ескере отырып сандық таңдау жасау арқылы кинематиканың тура және кері есептері бойынша анықталды. Қозғалмалы платформаның центрі сфераға тиісті шеңбер доғасы бойынша қозғалатындығы дәлелденді. Ілгерлемелі кинематикалық жұптар параллель манипулятордың вертикал бағыттағы жұмыс аймағының ұлғаюына әсер ететіндігі көрсетілді. Қозғалмалы платформаның центрі кеңістіктегі бір нүктеге екі бағдарда бара алатындығы және ол бағдарларға Эйлер бұрыштарының  $\psi, \theta$  және  $-\psi, -\theta$  мәндері сәйкес келетіндігі анықталды.
3. Контурлардың тұйықталу теңдеулері негізінде Якоби матрицалары құрылды, қосымша теңдеулерді пайдалану арқылы ол матрицаларға толықтыру жасай отырып жылдамдықтың тура және кері кинематикалық есептері шешілді. Якоби матрицаларына сингулярлық талдау жасалды, «Жартылай бөлу» әдісін пайдалану арқылы Якоби матрицаларының нөлге айналғандағы параллель манипулятордың орналасулары анықталды және

жасалған сингулярлық талдаудың дұрыстығы сандық түрде дәлелденді. Манипулятордың әр түрлі биіктіктердегі ( $Z_p$  мәніне байланысты) сингулярлық конфигурациялары тексерілді және сингулярлық конфигурациясыз жұмыс аймағы анықталды. Ілгерлемелі кинематикалық жұптардың ара қашықтығын өзгерту арқылы сингулярлық конфигурациясыз жұмыс аймағын ұлғайтуға болатындығы дәлелденді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы болып бұрыннан бар үш еркіндік дәрежелі 3-RRS параллель манипуляторға платформа жазықтығымен қозғалатын ілгерлемелі кинематикалық жұптарды қосып, верикал бағыттағы жұмыс аймағы ұлғайтылған алты еркіндік дәрежелі жаңа 3-PRRS параллель манипуляторды алу және оның кинематикасын зерттеу болып табылады.

Диссертациялық жұмысты жасау барысында Р.А. Кайыров өзін қалыптасқан ғылыми қызметкер ретінде көрсетіп, есепті шығару әдістерін таңдау және алынған нәтижелерге қорытынды жасауда жеткілікті деңгейдегі ғылыми біліктілігін көрсете білді. Өзіне қойылған есептің шешімін және ғылыми жұмыстың бағдарламасын толық және уақытында орындады.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде «Жаңа трипод түрдегі 3-PRRS параллель манипулятордың кинематикалық талдауы» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы докторлық диссертацияға қойылатын барлық талаптарды қанағаттандырады, ал оның авторы Р.А.Кайыров философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Ғылыми жетекші,

т.ғ.д., профессор

ҚР ҰҒА және ИА академигі  - Ж.Ж. Байгунчиков

РАСТ...  
өл-Фараби атындағы Қазан ұлттық университетінің кадрларды  
дәйрлеу және аттестаттау басқармасының басшысы

ЗАВЕРЯЮ

Начальник управления подготовки и аттестации  
научных кадров КазНУ им. аль-Фараби

Р.Е. Кудайбергенова 

« \_\_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ ж./г.

