

**«6D071600-Аспап жасау» мамандығы бойынша философия докторы
(PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған
ИСАБЕКОВ Жанібек Назарбекұлының
«Кинематикалық құрылымы ағаш тәрізді роботтың қозғалысын
басқару» тақырыбындағы диссертациясына ресми пікір берушінің
СЫН-ПІКІРІ**

Исабеков Жанібек Назарбекұлының диссертациялық жұмысы ағаш тәрізді кинематикалық құрылымы бар роботты басқарудың теориялық зерттеулеріне, сондай-ақ экзоскелеттің төменгі аяқтарын басқаруға арналған орындаушы механизмін зерттеуге арналған. Жұмыс Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің «Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасында докторант ретінде орындалған.

1. Диссертация тақырыбының өзектілігі

Робототехника мемлекеттің экономикалық әлеуеттілігін арттыруға шешуші ықпал ететін салалардың қатарына жатады. Оның ішінде соңғы жылдары жоғарғы және төменгі қаңқа экзоскелеттерін зерттеу зор қарқынмен дамып, Халықаралық робототехника ассоциациясының дерегі бойынша 2014 жылы 272 экзоскелет сатылса, 2021 жылы 40 мыңнан асып құлады. Экзоскелеттер нарығы пандемия апатына қарамастан қарыштап өсіп, 2025 жылы \$3,3 миллиардқа жетеді деген болжам бар.

Қазіргі жағдайда, Қазақстанда әлеуметтік салаға көп көңіл бөлінуде, оның ішінде медициналық тұрғыдан науқастарды реабилитация жасау үшін экзоскелеттерді қолданумен байланысты ізденушінің диссертация тақырыбы аса өзекті болып табылады.

Ғылыми зерттеулер нәтижесінде алынған есептеулер жарақаттанған бөліктерге байланысты төменгі аяқтың әр буынын қолдануға мүмкіндік береді. Ағаш тәрізді кинематикалық құрылым адамның аяқтарын басқаруда 14 және одан да көп еркіндік дәрежесі бар науқастардың функцияларын толық қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Сондықтан ағаш тәрізді кинематикалық құрылымға ие және адамның аяқтарын толық қалпына келтіретін еркіндік дәрежесі бар экзоскелетті әзірлеу өте өзекті.

2. Ғылымның даму тенденцияларын ескере отырып, диссертацияларға қойылатын талаптар шеңберіндегі негізгі ғылыми және практикалық нәтижелер.

1. Төменгі буындары зақымданып, мүгедектікке ұшыраған адамдарды реабилитациялау үшін пайдаланылатын екі аяқты қадамдаушы роботты басқару бойынша қазіргі таңдағы зерттеулерге аналитикалық шолу жасалып, талданған.

2. Экзоскелеттің кинематикалық сызбасының синтезі және орындаушы механизмдерінің кинематикалық және динамикалық моделі жасалып, САТІА бағдарламалық кешеннің “HumanActivityAnalysis” кіші модулі негізінде зерттеу жүргізілген.

3. Зерттеу нәтижесінде экзоскелеттің төменгі буындарының орындаушы механизмдерінің кинематикалық, күштік және динамикалық сипаттамалары зерттелген.

4. Экзоскелеттің төменгі буындарының орындаушы механизмдерінің гидроцилиндрлердің қуыстарындағы қысымның өзгеруі бойынша кері байланыспен электрогидравликалық қадағалаушы жетегінің тармақталған контурының жиілікті және амплитудалық сипаттамалары зерттелген.

Экзоскелеттің кинематикалық құрылымын талдаудың бастапқы сатысында САТІА бағдарламалық кешеннің “ErgonomicsDesign&Analysis” модулінің “HumanActivityAnalysis” кіші модулінде ұсынылған модель таңдалған. Бұл бағдарлама адамның жеткілікті еркіндік дәрежесін ескереді, жүргізілген антропометриялық зерттеулерге негізделген барлық буындардың жалпыландырылған координаталарындағы өзгеріс диапазондарын ұсынады, сондай ақ эргономикалық жобалауды жүргізуге мүмкіндік береді және басқа да бірқатар пайдалы функцияларға ие.

Автор жұмыс барысында экзоскелеттің орындаушы механизмінің кинематикасын сипаттауда Денавит-Хартенбергтің әдісін қолданған. Бұл әдіс экзоскелеттің орындаушы механизмінің математикалық моделін құрастыруда біртекті түрлендіру матрицаларын пайдадануға негізделген. Өртүрлі зерттеулердің деректерін бастапқы деректер ретінде пайдаланды, дәлелденген және стандартты зерттеу әдістерін қолданды, есептеулерде алынған деректерін компьютерлік өңдеу нәтижелерімен және белгілі элементтер мен экзоскелеттің қозғалысын басқару сипаттамасын талдады.

Ж. Н. Исабековтың диссертациясында ғылым мен практика үшін негізді маңызы бар нәтижелер жеткілікті.

3. Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсынымдардың негізділігі мен анықтығы

Ж.Н. Исабеков робототехника саласындағы отандық және шетелдік авторлардың еңбектерін талдау және жалпылау, теориялық зерттеу әдістерін қолдану және ағаш тәрізді кинематикалық құрылымы бар экзоскелеттің төменгі аяқтарының буындарын есептеу, сандық-аналитикалық есептеу әдістерінің дәлдігін бағалау және оны компьютерлік өңдеу нәтижелерімен салыстыру, белгілі экзоскелеттердің сипаттамаларын автордың алынған нәтижелерімен талдау арқылы расталады.

Жұмыстың негізгі нәтижелері Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті талаптарына сәйкес рецензияланған журналдарда, SciVerse Scopus базасына кіретін журналдарда материалдарды жеткілікті түрде жариялаған.

4. Диссертация мазмұнындағы және рәсімдеуіндегі кемшіліктер мен ұсыныстар

Жұмыста техникалық түрдегі баспадан жіберілген қателіктер кездеседі. Экзоскелеттің табанындағы серіппенің таңдалуы негізсіз. Алынған теориялық және моделдеу нәтижелерін практикалық тұрғыда пайдалану мақсатында экзоскелеттің макеті жасалынса деген ұсыныс бар.

Алайда бұл ескертулер жасалған жұмыстың ғылыми құндылығын төмендетпейді.

5. Диссертация мазмұнының Ғылыми дәреже беру ережелерінің талаптарына сәйкестігі

«Кинематикалық құрылымы ағаш тәрізді роботтың қозғалысын басқару» тақырыбы бойынша орындалған диссертациялық жұмыс «Ғылыми дәреже беру» ережелерінің талаптарын толықтай қанағаттандырады, ал оның авторы Исабеков Жанібек Назарбекұлы 6D071600—«Аспап жасау» мамандығы бойынша философия докторы(PhD) ғылыми дәрежесін алуға толық лайықты деп есептеймін.

ҚР БҒМ ҒК Академик Ө.А. Жолдасбеков атындағы
Механика және машинатану институтының
бас ғылыми қызметкері,
техника ғылымдарының докторы

Ибраев С.М.

