

## РЕСМИ РЕЦЕНЗЕНТТІҢ ЖАЗБАША ПІКІРІ

Техника ғылымдарының докторы, профессор Джомартов Асылбек  
Абдразаковичтың

6D071600 – «Аспап жасау» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған

«Тобық экзоскелетін жасанды бұлшық етті қолдану арқылы жасау» тақырыбындағы

Жетенбаев Нұрсұлтан Талғатұлына

№ п/п	Критерийлер	Критерийлерге сәйкестік (жауап нұсқаларының бірін атап өту керек)	Ресми рецензенттің позицияны негіздеуі
1	Диссертация тақырыбы (оны бекіту кезінде) ғылымның даму бағыттарына сәйкес келеді және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға	1.1 Ғылымды дамытудың басым бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі: 3) <u>Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылымды дамытудың басым бағытына сәйкес келеді</u>	Диссертация тақырыбы (оны бекіту кезінде) Қазақстан Республикасы Үкіметінің 28 наурызындағы қаулысына сәйкес Қазақстан Республикасының Білім және ғылымды дамытудың 2023-2029 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасының бағытына сәйкес келеді. 2023 жылғы № 248. Ғылыми зерттеуді жүзеге асыру 6D071600 – «Аспап жасау» мамандығы бойынша ғылымды дамытудың бекітілген «4.1 Жасанды интеллект және акпараттық технологиялар; 4.1.6 Зияткерлік роботты техникалық жүйелер;» бағыты бойынша ғылымды дамытудың 2021-2023 жылдарға арналған басымдықтарына сәйкес жүзеге асырылады.
2	Ғылым үшін маңыздылығы	Жұмыс ғылымға айтарлықтай үлес қосады және оның маңыздылығы жақсы ашылған/ашылмаған	Бұл зерттеу жасанды бұлшықетті қолдану арқылы тобық экзоскелеттері саласындағы инновациялық тәсілді ұсынуға бағытталған. Бұл үлес ғылым мен оналту технологиялары саласына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Диссертация сызықтық электр жетегінің тиімділігін арттырумен аяқталатын теориялық және қолданбалы салаларды қамтитын кең ауқымды зерттеулер сериясы болып табылады. Осы зерттеудің нәтижесінде жаңа идеяларды алу мінсіз функционалдылыққа кепілдік беріп қана қоймайды, сонымен қатар инновациялық оналту құрылғыларын құруға мүмкіндік береді.
3	Тәуелсіздік принципі (жеке жұмыс атқаруы)	Жеке жұмыс атқару деңгейі: 1) <u>Жоғары;</u>	Жұмыс келесі негізгі кезеңдері қамтиды: бұл бастапқы кезеңде тобық буын экзоскелеттерінің, жасанды бұлшықеттердің оналту технологияларының қазіргі жағдайын түсіну үшін бар әдебиеттерге кең шолу жасалынған. Бұл кезең оққылықтарды және зерттеуге айтарлықтай үлес қоса алатын салаларды анықтауға негіз береді. Сызықтық электр жетектер арқылы басқарылатын тобық буын экзоскелетін сынау үшін эксперименттерді жоспарлауды және прототиптерді әзірлеуді қамтиды. Эксперименттік жоспар теориялық негізді тексеру және сызықтық электр жетегінің тиімділігін бағалау үшін қажетті эмпирикалық деректерді жинау үшін мұқият жасалған. Бұл кезең зерттеу нәтижелерінің

			<p>маңыздылығын, олардың осы саладағы маңыздылығын және ғылым мен оңалту технологияларын дамыту әлеуетін анықтау үшін өте маңызды.</p> <p>Ізденуші жоғары аналитикалық деңгей мен дербестікті көрсетті, бұл 1 патентпен, 4 мақаламен халықаралық конференцияда, ҚР БҒМ БҒСҚК ұсынған басылымдарда 3 мақала, ҚР өнертабысқа арналған 1 патентте, басқа басылымдарда 1 мақала жарияланып материалдардың толық баяндалуымен расталады.</p>
4	Ішкі бірлік принципі	<p>4.1 Диссертация өзектілігін негіздеу: 1) <u>Негізделген;</u></p>	<p>Диссертацияның өзектілігі тобық экзоскелеті қозғалғыштығы шектеулі адамдарды оңалту процесін жақсартудың перспективасы технологиясын ұсынады. Сызықтық электр жетектерін біріктіру арқылы бұл зерттеу оңалту құрылғыларының тиімділігін арттыра алады. Бұл әсіресе халықтың қартаюы және ұтқырлыққа байланысты жағдайлардың көбеюі оңалту үшін инновациялық шешімдерді қажет ететін әлемде байқалады. Демек, сызықтық электр жетегінің тиімділігін оңтайландыру тобық экзоскелетін өнімділігін арттыру үшін ғана емес, сонымен қатар олардың экономикалық тиімділігін арттыру үшін де өте маңызды. Тиімділікті арттыру энергияны тұтынуды азайтуы мүмкін, бұл оңалту жабдықтарының жалпы құнын төмендетеді және оны пациенттердің кең ауқымы үшін қолжетімді етеді.</p>
		<p>4.2 Диссертацияның мазмұны диссертация тақырыбын көрсетеді: 1) <u>Көрсетеді;</u></p>	<p>Диссертацияның мазмұны оның тақырыбын толық көрсетеді.</p>
		<p>4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) <u>сәйкес келеді;</u></p>	<p>Жұмыста алынған теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері жалпы мақсатқа жетуге бағытталған. Мақсаты мен міндеттері дұрыс негізделген және тақырыпқа сәйкес келеді.</p>
		<p>4.4 Диссертацияның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық тұрғыдан өзара байланысты: 1) <u>толығымен өзара байланысты;</u></p>	<p>Диссертациялық жұмысты орындау кезінде ішкі бірлік қағидаты сақталды. Оның барлық бөлімдері мен ережелері логикалық реттілікке ие. Қорғауға шығарылған ережелер жұмыстың мәнін жеткілікті түрде көрсетеді.</p>
		<p>4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (принциптер, әдістер) дәлелді және белгілі шешімдермен салыстырғанда бағаланады: 1) <u>сыни талдау бар;</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыста жасанды бұлшықетті тобық экзоскелетіне біріктіру оңалту технологиясы саласындағы парадигманың ауысуын білдіреді. Бұл диссертацияның нәтижелері осы инновациялық тәсілдің орындылығын көрсетіп қана қоймайды, сонымен қатар оңалту құрылғыларының функционалдық нәтижелерін жақсарту әлеуетіне жарық түсіреді. Сызықтық электр жетегі жүйесінің жоғары тиімділігіне қол жеткізу арқылы бұл әзірлемелер емдік мақсатта тобық экзоскелеті тиімділігін айтарлықтай арттыруға уәде береді.</p>

5	Ғылыми жаңашылдық принципі	<p>5.1 Ғылыми нәтижелер мен ережелер жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа;</u></p>	<p>Жұмыстың негізгі ғылыми нәтижелері мен ережелері толығымен жаңа болып табылады және ҚР өнертабыстарға 1- патентпен қорғалған, оның ішінде: - № 6672 «Сызықты электр жетектерімен басқарылатын тобық экзоскелеті»;</p>
		<p>5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа;</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыстың қорытындылары жаңа болып табылады және өзіндік теориялық, қолданбалы және эксперименттік зерттеулер кешеніне негізделген.</p>
		<p>5.3 Техникалық, технологиялық экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) <u>толығымен жаңа;</u></p>	<p>Ізденуші жүргізген зерттеулердің негізінде алғаш тобық буын экзоскелеті әзірленді. Тиімділікті арттыру энергияны тұтынуды азайтуы мүмкін, бұл оңалту жабдықтарының жалпы құнын төмендетеді және оны пациенттердің кен ауқымы үшін қолжетімді етеді.</p>
6	Негізгі тұжырымдардың дұрыстығы	<p>Барлық негізгі тұжырымдар ғылыми тұрғыдан маңызды дәлелдерге негізделген немесе жеткілікті түрде негізделген</p>	<p>Диссертацияда келтірілген тұжырымдар теориялық және қолданбалы механика, роботты жүйелер теориясы, есептеу математикасы және басқару жүйелері әдістерін қолдану арқылы шешіледі және эксперименттік зерттеулерінің нәтижелері негізінде жасалады.</p>
7	Қорғауға шығарылған негізгі ережелер	<p>Әрбір ереже бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет: 7.1 Ереже дәлелденген бе? 1) <u>дәлелденген;</u></p>	<p>Қорғауға ұсынылған барлық ғылыми ережелер теориялық және эксперименттік зерттеулермен толық дәлелденген.</p>
		<p>7.2 Тривиальды ма? 2) <u>жоқ</u></p>	<p>Диссертацияның алға қойған міндеттерін шешуде барлық нәтижелерге тривиальды емес тәсілмен қол жеткізген. Барлық анықталған заңдылықтар жеңілдетілген түрде қарастырылмай, сонымен қатар, тобық буын экзоскелетін оңалту аясындағы қазіргі заманауи білім мен мәлімет тұрғысынан қарастырылды.</p>
		<p>7.3 Жаңа ма? 1) <u>ия;</u></p>	<p>Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелерінің жаңалығы ҚР 1 патентімен қорғалған.</p>
		<p>7.4 Қолдану деңгейі: 3) <u>ауқымды;</u></p>	<p>Қорғауға шығарылған ережелер қолданудың кең деңгейіне ие, өйткені әзірленген тобық буын экзоскелеті оңалту жүйесінде тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.</p>

		<p>7.5 Мақалада дәлелденген бе?</p> <p>1) <u>ия</u>;</p>	<p>Қорғауға ұсынылған барлық ережелер диссертацияның жарияланымдарында көрініс тапты.</p> <p>Жұмыстың негізгі тұжырымдары 18 жарияланымда ұсынылған, соның ішінде SCOPUS деректер қорына кіретін журналда 1 мақала (процентиль 38%), SCOPUS деректер қорына кіретін халықаралық конференцияларда 4 мақала, ҚР БҒМ БҒСҚК ұсынған басылымдарда 3 мақала, ҚР өнертабысқа арналған 1 патентте, басқа басылымдарда 1 мақала жинағында дәлелденген.</p>
8	Сенімділік принципі Дереккөздермен ұсынылған ақпараттың дұрыстығы	<p>8.1 Әдістемені таңдау – негізделген немесе әдістеме жеткілікті егжей-тегжейлі сипатталған</p> <p>1) <u>ия</u>;</p>	<p>Зерттеу әдістемесін таңдау қолданыстағы нарықтағы тобық буын экзоскелеттер жағдайын ескере отырып негізделген. Тобық буын экзоскелеті қатысты биомеханиканың принциптерін қолдану оларды пайдалану тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді.</p>
		<p>8.2 Диссертациялық жұмыстың нәтижелері ғылыми зерттеулердің заманауи әдістерін және компьютерлік технологияларды қолдана отырып деректерді өңдеу және түсіндіру әдістерін қолдана отырып алынды:</p> <p>1) <u>ия</u>;</p>	<p>Диссертациялық жұмыстың нәтижелері озық сенсорлық технологиялар, соның ішінде акселерометрлер, гироскоптар, күш датчиктері және электромиографиялық датчиктер (ЭМГ) пайдаланушының қозғалысына, бұлшықет белсенділігіне және экзоскелеттік мінез-құлыққа қатысты нақты уақыттағы деректерді жинау үшін пайдаланылды. Бұл сенсорлар экзоскелеттің өнімділігі мен оның пайдаланушыға әсерін бағалау үшін маңызды ақпарат берді тәжірибелік үлгілерін эксперименттік зерттеулерді қамтиды, заманауи ғылыми зерттеу әдістерін пайдалана отырып алынды.</p>
		<p>8.3 Теориялық тұжырымдар, модельдер, анықталған қатынастар мен заңдылықтар эксперименттік зерттеумен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша дайындық бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді):</p> <p>1) <u>ия</u>;</p>	<p>Теориялық зерттеулердің барлық нәтижелері мен ұсынылған жаңа техникалық шешімдер диссертацияның эксперименттік зерттеулерімен расталды.</p> <p>Эксперименттік деректерді толықтыру үшін модельдеу қолданылды. Бұл модельдеу әртүрлі сценарийлерді сынауға және оларды жүзеге асырмас бұрын өнімділіктің теориялық мүмкіндіктерін зерттеуге мүмкіндік берді. Компьютерлік модельдеу дизайнды оңтайландырудың құнды құралы болды және прототип жасау үшін 3D басып шығару және жылдам прототиптеу технологияларымен біріктірілген компьютерлік дизайн (CAD) бағдарламалық құралы пайдаланылды. Бұл экзоскелет дизайнының дамуын жеңілдетті.</p>
		<p>8.4 Маңызды мәлімдемелер өзекті және сенімді ғылыми әдебиеттер сілтемелерімен расталады</p>	<p>Диссертациялық жұмыстың негізгі маңызды мәлімдемелері осы жұмыста ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен расталған.</p>
		<p>8.5 Пайдаланылған әдебиеттер көздері әдеби шолу үшін жеткілікті</p>	<p>Диссертацияның әдеби көздерінің тізімінде 155 ғылыми жұмыстар бар, олардың саны диссертация тақырыбы бойынша аналитикалық әдеби</p>

			шолу жасауға жеткілікті.
9	Практикалық құндылық принципі	<p>9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар: 1) <u>ия</u>;</p> <p>9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада қолдану ықтималдылығы жоғары: 1) <u>ия</u>;</p> <p>9.3 Тәжірибеге ұсыныстар жаңа ма? 1) <u>толығымен жаңа</u>;</p>	<p>Диссертацияның зерттеу бөлімінде жасанды бұлшықет тобық буын экзоскелетіне интеграциясы туралы ғылыми түсінікке ықпал етеді. Ол осы инновациялық технологияның теориялық негізіне үлес қоса отырып, іске қосу, биомеханика және басқару жүйелерінің принциптерін тереңдетеді.</p> <p>Жаңа тұжырымдамалық негіз зерттеу робототехника, биомеханика және материалтану тұжырымдамаларын біріктіретін жаңа тұжырымдамалық негізді ұсынады. Бұл негіз осы саладағы қосымша зерттеулер үшін теориялық негіз бола алады және әртүрлі байланысты салаларда қолдану мүмкіндігіне ие.</p> <p>Жұмыстың практикалық маңыздылығы оңалту технологияларын дамыту, зерттеулер оңалту саласында тікелей қолданылатын жасанды бұлшықеті бар тобық буын экзоскелетін дамытуға бағытталған. Бұл құрылғылар ұтқырлығы шектеулі адамдарға олардың ұтқырлығы мен өмір сүру сапасын жақсарту үшін практикалық шешімдер ұсына отырып көмектесе алады.</p> <p>Жасанды бұлшықет интеграциясы - бұл озық және инновациялық технология. Жаңа нұсқаулар бұл технологияны осы аймақтың ландшафтын түбегейлі өзгерту арқылы мүлдем жаңа тұжырымдамалар мен қолданбаларды әзірлеу үшін пайдалана алады.</p>
10	Жазу және безендіру сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) <u>жоғары</u> ;	Диссертациялық жұмыс логикалық тұрғыдан құрылған зерттеу құрылымын құра отырып, қол жетімді кәсіби ғылыми-техникалық тілде жазылған. Барлық тұжырымдар түсінікті және мазмұнды анық.

**ҚОРЫТЫНДЫ.** Сапалы ғылыми-зерттеу жұмысы жүргізілді, оның нәтижелері бойынша сызықтық электрлік жетек арқылы басқарылатын оңалтуға арналған тобық буын экзоскелеті туралы жаңа теориялық нәтижелер алынды. Бұл процессті басқару мүмкіндігі негізделген және дәлелденген.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде Жетенбаев Нұрсұлтан Талғатұлына 6D071600 – «Аспап жасау» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін беруді ұсынамын.

Ө.А. Жолдасбеков атындағы механика және машинатану институты

Техника ғылымдарының докторы, профессор



Джомартов Асылбек Абдразақович

Подпись

Заверяю

