

Мырзахмет Балғали

8D071 – «Инженерия және инженерлік іс» бағыты, D103 – «Механика және металдарды өңдеу» білім беру бағдарламаларының тобы,
8D07105 – «Механикалық инженерия» білім беру бағдарламасы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған
«Ауылшаруашылық машиналарының гидравликалық жүйелерінің екі остік қосылысқа ие тістегерішті сорғыларының сапалық көрсеткіштерін арттыру»
тақырыбындағы диссертациясына
АНДАТПА

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі. Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамытудың негізгі бағыттары мен бағдарламаларында, атап айтқанда АӨК-ті дамытудың жаңа ұлттық жобасында (2024-2028 жж.) және 2021-2030 жылдарға арналған агроөнеркәсіптік кешенді дамыту тұжырымдамасында ауыл шаруашылығы машиналарын жасау саласының ауыл шаруашылығының жалпы өнім көлемін арттырудағы және жоғары әлеуметтік-экономикалық нәтижелерге қол жеткізудегі ерекше рөлі атап көрсетілген.

Ауыл шаруашылығы машиналары пайдалану жағдайларының ең ауыр, қатаң және қолайсыз ортасында жұмыс істейді. Бұл жағдайлар климаттық факторлардың кең ауқымымен, ауаның жоғары шаңдылығымен және топырақтағы абразивті бөлшектердің көп мөлшерімен, сондай-ақ топырақ кедергілерінің жоғары және тұрақсыз болуына әрі жүктеменің кездейсоқ сипатына байланысты агрегаттарға түсетін жоғары динамикалық жүктемелермен сипатталады. Осы факторлардың әсерінен ауыл шаруашылығы машиналарының гидравликалық құрылғылары, агрегаттары мен тораптары бөлшектерінің тозуы күрт артады, сынулар мен істен шығулар саны көбейеді, сондай-ақ отын шығыны жоғарылайды. Осындай күрделі жағдайларда ауыл шаруашылығы машиналарының жұмыс қабілеттілігін арттыру және оларды тиімді пайдалану тек гидравликалық құрылғылардың, агрегаттар мен тораптардың құрылымы мен дайындау технологиясын жетілдіру арқылы мүмкін болады. Осыған байланысты екі остік қосылысы бар жаңа тістегерішті сорғының (ЕОҚ бар ТС) құрылымы әзірленді.

ЕОҚ бар ТС-тың сапалық көрсеткіштерін арттыру мақсатында жекелеген бөлшектердің, атап айтқанда тірек төлкелерінің салыстырмалы орын ауыстыруларын ішінара шектеу ұсынылды. Осы мақсатта тірек төлкелерінің арасына жылжымалы элементтер орнатылды, олар тірек төлкелерін тірек төлкенің цилиндрлік беті мен сорғы корпусының цилиндрлік тесігінің беті тікелей жанасқанға дейін жылжытатын болды. Алайда ЕОҚ бар ТС жұмыс процесінде жылжымалы элементтердің тұрақсыз жұмысына байланысты өнімділіктің және пайдалы әсер коэффициентінің төмендеуі сияқты кемшіліктер анықталды. Жылжымалы элементтер ретінде серіппелер пайдаланылды. Серіппелерді тірек төлкелерінің арасына орнату үшін оларда жоғары дәлдікпен тесіктер жасау қажет болды. Мұндай тесіктері бар тірек

төлкелерін технологиялық дайындау белгілі бір қиындықтар туғызады, олар әртүрлі тірек төлкелерінде орналасқан тесіктердің осьтестігін және осьаралық арақашықтықтарының дәлдігін қамтамасыз ету қажеттілігімен байланысты.

Осыған байланысты жылжымалы элементтер мен тірек төлкелерінің құрылымын жетілдіру арқылы ЕОҚ бар ТС-тың сапалық көрсеткіштерін арттыруға бағытталған ғылыми зерттеулер **өзекті міндет** болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты – жылжымалы элементтер мен тірек төлкелерінің конструкциясын жетілдіру арқылы екі остік қосылысы бар тістегерішті сорғының сапалық көрсеткіштерін арттыру.

Зерттеу объектісі – ауыл шаруашылығы машиналарының гидравликалық жүйелерінде қолданылатын екі остік қосылысы бар тістегерішті сорғының жұмыс процесі.

Зерттеу пәні – жылжымалы элементтер мен тірек төлкелерінің конструкциясы, материалы және кернеулі-деформацияланған күйінің тістегерішті сорғының сапалық көрсеткіштеріне, оның ішінде жұмыс қысымына, ішкі ағып кетулерге, көлемдік ПӘК-ке, температуралық режимге және жұмыс ресурсына әсер ету заңдылықтары.

Зерттеу әдістері: зерттеуді жүргізу үшін тістегерішті сорғылардың (ТС) және ЕОҚ бар ТС-ның конструкциясын талдау; эксперименттік зерттеу; сондай-ақ серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтерді, пластик материалдан дайындалған тірек төлкелерін пайдалана отырып, ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін математикалық және компьютерлік модельдеу әдістері қолданылды.

Зерттеу міндеттері:

1. Тістегерішті сорғылардың, атап айтқанда ЕОҚ бар ТС-ның конструкциясын талдау және жұмыс процесін зерттеу.

2. ЕОҚ бар ТС-ның жылжымалы элементтерді дайындауға серпімді қасиеттері бар резеңке және болат материалдарды таңдау. Аддитивті технологиялар әдісімен ТС-ның тірек төлкелерін басып шығару мүмкіндігін және оларды қолдануды зерттеу.

3. Жылжымалы элементтер мен тірек төлкелерінің конструкциясын әзірлеу.

4. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін эксперименттік зерттеу.

5. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін компьютерлік модельдеу.

6. Ұсынылған ЕОҚ бар ТС конструкциясының техникалық-пайдалану және экономикалық тиімділіктерін есептеу және өндіріске арналған ұсынымдар әзірлеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы төмендегідей:

1. Алғаш рет серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтерді, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелерін қолдана отырып, ЕОҚ бар ТС-ның сапалық көрсеткіштері эксперименттік түрде зерттеліп, келесілер анықталды:

- серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтерді қолдану кезінде қалыптасатын жұмыс қысымының шамасы стандартты ТС жұмыс қысымының шамасына сәйкес келеді және саңылаудың «ашылуына» жол бермейді, бұл стандартты сорғылардан айырмашылығы жоғары жүктемелер кезінде жоғары ПӨК-ті сақтауға мүмкіндік береді;

- 65Г болатынан жасалған жылжымалы элементтер 24 МПа дейінгі жүктемеге төтеп береді, бұл ретте радиалдық саңылау 0,05-0,15 мм аралығында болады;

- PLA пластикінен дайындалған төлке үшін қауіпсіз жүктеме диапазоны 12 МПа дейін, ал жұмыс қысымы стандартты ТС 50У3 сорғысымен салыстырғанда 1,5-2,0 есе төмен екені анықталды.

2. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтердің айдау қысымының әсерінен тірек төлкелерін тістегеріштердің шеткі беттеріне қысып, ағып кетулерді азайту процесін сипаттайтын математикалық модельдер ұсынылды.

3. Алғаш рет ANSYS WB және SolidWorks бағдарламалық кешендерін пайдалана отырып, серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін модельдеу орындалып, келесілер анықталды:

- 65Г болатынан жасалған серпімді жылжымалы элемент деформация кезінде өзінің профилі мен механикалық қасиеттерін сақтайды;

- жүктеме артқан сайын материалдың зақымдану қаупі өседі, бұл ретте 12 МПа кезінде кернеу мәндері PLA пластиктері үшін рұқсат етілетін шек деңгейінде болады.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

1. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтерді, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелерін қолдану арқылы ЕОҚ бар ТС-ның сапалық көрсеткіштерін эксперименттік зерттеу нәтижелері.

2. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтердің, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелерінің жұмыс процесін сипаттайтын математикалық модельдер.

3. ANSYS WB және SolidWorks бағдарламалық кешендерін қолдану арқылы серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі

жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін модельдеу нәтижелері.

Ғылыми қағидалардың, қорытындылар мен нәтижелердің **негізділігі** және **дұрыстығы** зерттеу міндетінің дұрыс қойылуымен, теориялық және эксперименттік зерттеулердің сәйкестілігімен расталады. ЕОҚ бар ТС конструкциясына (№6789, №11069) және токарь станогы базасында тістегерішті сорғыларды сынауға арналған құрылғыға (№6642) Қазақстан Республикасының (ҚР) патенттері алынды. ANSYS Workbench бағдарламалық ортасында PLA материалынан FDM әдісімен басып шығарылған тістегерішті сорғы төлкесінің кернеулі-деформацияланған күйін ақырлы элементтер әдісімен есептеу әдістемесіне зияткерлік меншік объектісіне авторлық құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы ҚР куәлігі алынды.

Практикалық маңыздылығы төмендегілерді әзірлеумен айқындалады:

- серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС конструкциясы;
- ANSYS Workbench бағдарламалық ортасында PLA материалынан FDM әдісімен басып шығарылған тістегерішті сорғы төлкесінің кернеулі-деформацияланған күйін ақырлы элементтер әдісімен есептеу әдістемесі;
- кәсіпорындарда қолдануға ұсынылатын практикалық ұсынымдар.

Автордың жеке үлесі зерттеу міндеттерін қоюдан және зерттеу әдістемесін әзірлеуден; серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС-ның арнайы конструкцияларын әзірлеу мен дайындаудан; серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін эксперименттік зерттеуді ұйымдастыру мен жүргізуден; серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған әртүрлі жылжымалы элементтері бар, сондай-ақ пластик материалдан дайындалған тірек төлкелері бар ЕОҚ бар ТС жұмыс процесін компьютерлік модельдеуден тұрады.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамыту бағдарламасының негізгі міндеттерін, атап айтқанда АӨК-ті дамытудың жаңа ұлттық жобасын (2024-2028 жж.), сондай-ақ 2021-2030 жылдарға арналған агроөнеркәсіптік кешенді дамыту тұжырымдамасын орындауға **бағытталған**.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті қаржыландыратын және қаржыландырған АР23489364 «Модельдеу және эксперименттік зерттеу арқылы процесті оңтайландыра отырып, ауыл шаруашылығы машиналарын жөндеуде

аддитивті технологияларды қолдану» (2024-2026 жж.) және АР09562459 «Екі остік қосылыс негізінде ауыл шаруашылығы машиналарына арналған тістегерішті сорғының тәжірибелік үлгісін жасау» (2021 ж.) гранттық жобалары аясында орындалды.

Диссертацияның негізгі нәтижелері «Керуен Тек Трейд» ЖШС өндірісіне (Астана қ., 2025 ж.) енгізілді.

Жұмыстың апробациясы. Докторлық диссертацияның негізгі қағидалары С. Сейфуллин атындағы ҚазАТЗУ-дың «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының отырыстарында (2021-2026 жж.), сондай-ақ халықаралық деңгейдегі конференцияларда баяндалып, талқыланды:

- халықаралық ғылыми-теориялық конференция «Сейфуллин оқулары-18: «Жастар және ғылым – болашаққа бағдар» (Астана, 2022);
- халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Сейфуллинские чтения-18(2): «Наука XXI века – Эпоха трансформации» (Астана, 2022).

Жарияланымдар. Докторлық диссертация нәтижелері бойынша орыс, қазақ және ағылшын тілдерінде 14 ғылыми жұмыс жарияланды, оның ішінде Web of Science немесе Scopus базасына кіретін халықаралық ғылыми басылымдарда 4 мақала, 1 монография, ҚР Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала жарияланған. Ұсынылған жұмыс бойынша баяндамалар 2 халықаралық конференцияда қаралды. Пайдалы модельге 3 ҚР патенті және авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы 1 куәлік алынды.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. Докторлық диссертация кіріспеден, 5 тараудан және қорытындыдан тұрады, машинкамен терілген 119 бет мәтінде баяндалған, 78 суретпен, 17 кестемен, 87 атаудан тұратын әдебиеттер тізімімен және 4 қосымшамен толықтырылған.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмысты орындау барысында жылжымалы элементтер мен тірек төлкелерінің конструкциясын әзірлеу есебінен ЕОҚ бар НШ-тың сапалық көрсеткіштерін арттыруға бағытталған кешенді зерттеу жүргізілді.

Нәтижесінде келесі нәтижелерге қол жеткізілді:

1. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтердің конструкциялары әзірленіп, тәжірибелік үлгілері дайындалды, сондай-ақ пластик материалдан тірек төлкелері жасалды.

2. Эксперименттік түрде келесілер анықталды:

- серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтерді қолданған кезде қалыптасатын жұмыс қысымының шамасы стандартты НШ жұмыс қысымының шамасына сәйкес келеді және

саңылаудың «ашылуына» жол бермейді (стандартты сорғылардан айырмашылығы), осылайша жоғары жүктемелер кезінде жоғары ПӘК-ті сақтайды;

- 65Г болатынан жасалған жылжымалы элемент 24 МПа-ға дейінгі жүктемеге төтеп береді және бұл кезде радиалдық саңылау 0,05-0,15 мм аралығында болады;

- PLA пластикінен жасалған төлке үшін қауіпсіз жүктеме диапазоны 12 МПа-ға дейін, ал жұмыс қысымы стандартты НШ-50У3 сорғысымен салыстырғанда 1,5-2,0 есе төмен.

3. Серпімді резеңке және болат материалдардан жасалған жылжымалы элементтердің айдау қысымының әсерінен тірек төлкелерін шестернялардың шеткі беттеріне қысып, ағып кетулерді азайтатынын сипаттайтын математикалық модельдер ұсынылды.

4. ANSYS WB және SolidWorks бағдарламалық кешендерін пайдалана отырып жүргізілген модельдеу нәтижесінде келесілер анықталды:

- 65Г болатынан жасалған серпімді жылжымалы элемент деформация кезінде өзінің профилін және механикалық қасиеттерін сақтайды;

- жүктеменің артуымен материалдың зақымдану қаупі өседі, ал 12 МПа кезінде кернеу мәндері PLA пластиктері үшін рұқсат етілген шекке жақындайды.

5. Өндіріске арналған ұсынымдар әзірленді. 65Г болатынан жасалған жылжымалы элементтерді қолдану кезіндегі техникалық-экономикалық нәтижелер жұмыс қысымының 42,9%-ға, көлемдік ПӘК-тің 8-12%-ға, ал жөндеуаралық ресурстың 1,5-1,8 есе артатынын көрсетті.

Зерттеу нәтижелері «Керуен Тек Трейд» ЖШС өндірісіне енгізілуге ұсынылды (Астана қ.).