



ХҒТАР 73.41.25
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-153-4-235-246>

Экскаватор шөмішінің тістеріне түсетін жүктемені зерттеу

К.Г.Балабекова , А.Б.Забиева* , А.М. Арпабекова ,
О Абдирашев 

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

*E mail: balabekovakyrmyzy@gmail.com, aliya.zhakupovazabieva@mail.ru,
aيمانasholpana@mail.ru, abdirashev_ok@enu.kz*

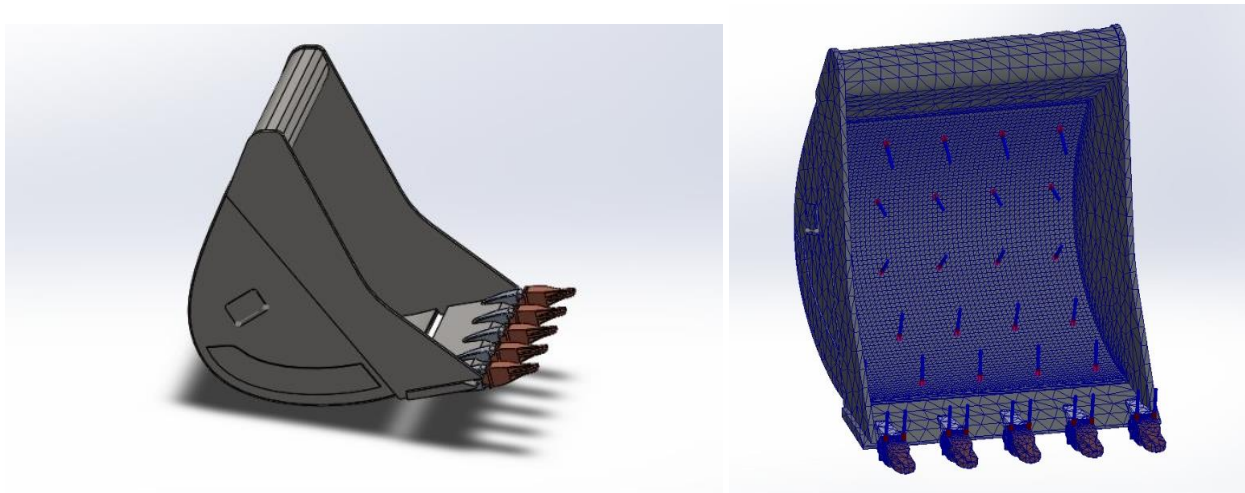
Аңдатпа. Мақалада экскаватор шөмішінің ұзын және қысқа тістерінің жұмыс тиімділігіне әсері қарастырылған. Патенттік шешімдерді талдау және SolidWorks Simulation бағдарламасында сандық модельдеу негізінде зерттелді. Зерттеудің өзектілігі әртүрлі топырақ түрлеріне бейімделген тіс ұзындығын дұрыс таңдаудың маңыздылығымен байланысты екенін көрсетті. Зерттеудің мақсаты – ұзын және қысқа тістердің беріктік сипаттамаларын, кернеу-деформация күйін және топыраққа ену қарсылығын салыстырмалы түрде бағалау болып табылады. Әдістеме ретінде қазуға қарсы кедергі күшін есептеуді, АҚШ, Еуропа, Қытай және Ресей патенттерін талдауды, 3D-модельдер құруды және SolidWorks бағдарламасында статикалық модельдеуді қамтыды. Сонымен қатар, есептеу жұмыстары жүргізілді. Негізгі нәтижелер көрсеткендей, ұзын тістер тығыз топырақтарға ену қабілетін арттырып, шөміште туындайтын шындық жүктемелерді азайтады, бірақ олардың түбінде кернеулер жоғары болады. Қысқа тістер кернеудің бірқалыпты таралуын қамтамасыз етеді және орташа немесе жұмсақ топырақта ұзақ қызмет етеді. Зерттеудің өзектілігі заманауи жер қазу машиналары әмбебап шешімдерді қажет ететін ауыспалы топырақ тығыздығы жағдайында жұмыс істейтіндігімен күшейтіледі. Тістердің ұзындығын оңтайландыру энергия шығынын азайтуға, өнімділікті арттыруға және жабдық ресурсын арттыруға мүмкіндік береді. Соған байланысты ұсыныстар жасалған.

Түйін сөздер: экскаватор, шөміш, экскаватор тістері, жүктеме, қазу ені, SolidWorks.

Кіріспе

Экскаватор шөміші (сурет 1) - жер жұмыстарын орындау кезіндегі негізгі жұмысты атқаратын құрал. Экскаваторлардың тістері жұмыс жабдықтарының ең көп жүктелген элементтерінің бірі болып табылады. Қазу процесінде олар айтарлықтай байланыс қысымын, иілу уақытын, абразивті тозуды және циклдік динамикалық жүктемелерді сезінеді. Тістің құрылымдық параметрлері - материалы, геометриясы, ұзындығы және шабуыл бұрышы - оның беріктік сипаттамалары мен қызмет ету мерзімін анықтайды.

Шөміш тістерінің ұзындығы ерекше маңызды, өйткені ол күш қолдану иығына және тіс адаптерінің ауысу аймағындағы кернеулердің сипатына тікелей байланысты. Тістердің әртүрлі түрлерін кеңінен қолдануға қарамастан, тіс ұзындықтарының әсері туралы мәселе жеткілікті терең зерттелмеген [1].



1-сурет. Экскаватор шөміші

Мақаланың мақсаты - бұл мақаланың мақсаты-әртүрлі ұзындықтағы экскаватор тістерінің кернеулі деформацияланған күйін зерттеу және тістің ұзындығының өзгеруі (қысқа және ұзартылған дизайн) кернеудің таралуына, деформация мөлшеріне және жұмыс жүктемелерінің жалпы тұрақтылығына қалай әсер ететінін анықтауға бағытталған салыстырмалы талдау жүргізу [2].

Дәстүрлі жұмыс органдарының функционалдық шектеулеріне қосымша талдау көрсеткендей, тістердің бекітілген ұзындығы оңтайлы енгізу бұрышын және өзгермелі даму жағдайында топырақпен байланыс өзара әрекеттесуінің тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді. Нәтижесінде кесу күштерінің айтарлықтай ауытқуы байқалады, бұл қазу процесінің тұрақтылығының төмендеуіне және жұмыс циклінің сапасының нашарлауына әкеледі. Бұл әсіресе траекторияны болжауды және гидравликалық жетек жүктемесінің тұрақтылығын қажет ететін жоғары дәлдіктегі операцияларды орындау кезінде өте маңызды.

Топырақты бұзу механикасы саласындағы зерттеулер кесу құралының геометриялық бейімделуі экскавациялық процестердің энергия тиімділігін арттырудың ең тиімді әдістерінің бірі екенін растайды. Тістердің ұзындығының басқарылатын өзгеруі оңтайлы кесу тереңдігін сақтауға және жер асты ортасының паразиттік деформацияларын азайтуға

мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде нақты энергия шығынын азайтуға және шөміш құрылымындағы ең жоғары жүктемелерді азайтуға көмектеседі [2].

Әдіснама

Қазуға төзімділікті бағалау жер қазу жабдықтарын жобалаудың негізгі кезеңі болып табылады, өйткені дәл осы көрсеткіш экскаватордың қажетті қуатын, шелектің құрылымдық элементтерінің беріктігін және технологиялық процестің тиімділігін анықтайды. Қарсыласу күші Шелек тістері мен кесу жиегінің топырақ массасымен өзара әрекеттесуінен туындайды және оның мөлшері топырақтың физикалық-механикалық қасиеттеріне, енгізу жылдамдығына, тістердің пішініне, кесу бұрышына және батыру тереңдігіне байланысты.

Жалпы алғанда қазу кедергісін үш негізгі компонентке бөлуге болады [3]:

- Тістерді енгізу кезінде бөлшектердің жарылуы мен ығысуына байланысты топырақты кесу төзімділігі.

- Шөмішті топырақпен толтырған кезде пайда болатын шөміштің бүйір қабырғаларына әсер ететін үйкеліс.

- Әзірленетін материалды жеделдетуге байланысты инерциялық кедергі.

Есептеу үшін түрдің жалпыланған формуласы қолданылады [3]:

$$F = C \cdot b \cdot h + \mu \cdot G + F_{in}$$

мұнда:

C -топырақты кесуге меншікті қарсылығы, Н/см²;

b -кесу жиегінің ені немесе тістердің жалпы ені, см;

h - тереңдігі, см;

μ - шелек қабырғаларына әсер ететін топырақтың үйкеліс коэффициенті;

G - шелектегі топырақтың салмағы;

F_{in} - инерциялық компонент.

Топырақ түрі: тығыз ылғалды топырақ (орташа қаттылық).

Кесуге меншікті қарсылық: $k_p = 180 \dots 240 \text{ кН/м}^2$ - 200 кН/м^2 деп қабылдаймыз.

Топырақтың меншікті салмағы: $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$.

Металдың топыраққа үйкелу коэффициенті $\mu = 0,55$

Топырақты кесудің күштік есептемесі:

$$R_{kesu} = k_p \cdot A,$$

Кесу ауданы:

$$A = b \cdot h = 1,1 \cdot 0,20 = 0,22 \text{ м}^2.$$

$$R_{kesu} = 200 \cdot 0,22 = 44 \text{ кН}.$$

Кесу күші: 44 кН.

Шөміш қабырғаларына үйкеліс күшін есептеу:
Топырақтың щөміштегі салмағы:

$$G = \gamma \cdot V = 18 \text{ кН.}$$

Үйкелу:

$$R_u = \mu \cdot G = 9,9 \text{ кН}$$

Үйкелу күші 10 кН.

Жерді тереңдету және жинау кезіндегі инерциялық күш. Инерциялық компонент топырақ массасының үдеуі:

$$F_{in} = m \cdot a$$

басып алу аймағындағы топырақ массасы: $m=600...800$ кг, $m=700$ кг аламыз
қазу кезінде тістердің орташа үдеуі: $a=1,2 \text{ м/с}^2$

$$F_{in} = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 10^3 = 0,84 \text{ кН.}$$

Инерциялық күш: 0,8-1,0 кН.
Толық қарсылық күші:

$$R_{ж} = 55 \text{ кН.}$$

Тісті 120 мм созсақ.

$$A' = b \cdot h' = 1,1 \cdot 0,14 = 0,154 \text{ м}^2.$$

$$R'_{kesu} = 200 \cdot 0,154 = 30,8 \text{ кН.}$$

$$\epsilon = \frac{44 - 30,8}{44} \cdot 100\% = 29,9\%$$

Талдау Solidworks бағдарламасында соңғы - элементер әдісімен (СЭӘ) әдісімен жүзеге асырылады. Бірдей қимасы бар, бірақ ұзындығы әртүрлі екі-үш өлшемді тіс моделі жасалды:

Қысқа тіс - 120 мм;

Ұзын тіс - 180 мм.

Екі модель үшін бірдей жүктеме шарттары берілген:

Тістің ұшына қолданылатын 35-45 кН жұмыс күші;

Орнату аймағында қатты бекіту;

Материал-жоғары беріктігі бар болат ($\sigma = 1500 \text{ МПа}$, $E = 210 \text{ ГПа}$).

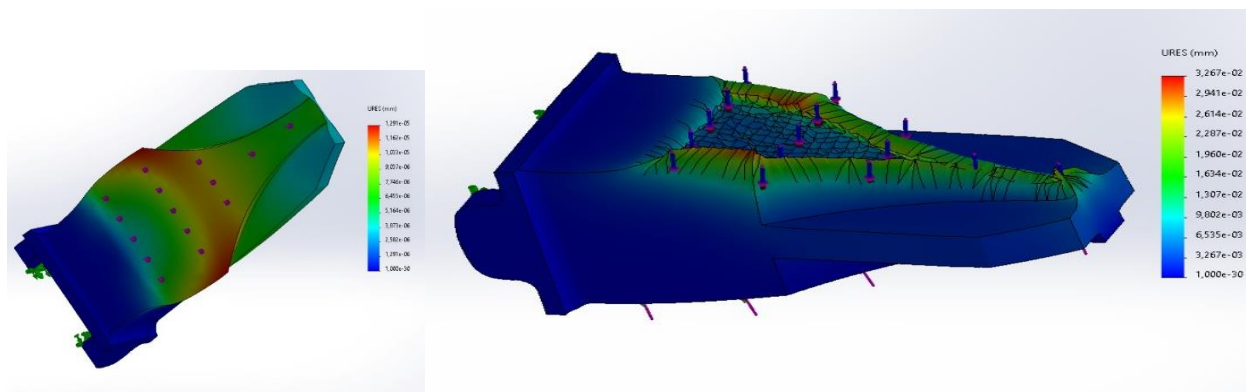
Мизес формуласы бойынша максималды эквивалентті кернеулерді, ауытқуларды және кернеу шоғырлану аймақтарын бағалай отырып, статикалық жүктемеге жүргізілді (сурет 2).

Нәтижелер мен талқылау

1. Кернеудің таралуы

Ұзын тіс - Иілу бұрыштарының тіктігі аз, кернеудің біркелкі таралуы. Максималды кернеу қысқа тіспен салыстырғанда 10-15%-ға жоғарылайды, бұл үлкен иілу моментіне байланысты. Кернеу концентрациясының аймақтары негізге жақындайды.

Қысқа тіс - Қаттылық жоғары, деформация аз. Максималды кернеулер төмен, бірақ ұшындағы байланыс жүктемелері жоғары. Жергілікті кернеудің жоғарылауы мұрынға жақын жерде пайда болады.



2-сурет. Жүктелген тістер

2. Иілу және деформация

Ұзын тістің иілісі 30-40% - ға артады. Бұл қазу дәлдігінің төмендеуіне әкеледі, бірақ соққы жүктемелерін азайту қабілетін арттырады.

Қысқа тіс аз деформацияланады, сондықтан жұмыс органының тұрақты және болжамды әрекетін қамтамасыз етеді.

Шөміштің құрылымын зерттеу барысында келесі патенттік шешімдер қарастырылды: US 4,238,896; US 4,052,803; EP 2644786 A3; US 10,066,371 B2; RU 2107779 C1; RU 2048255 C1; CN 105484313 A; EP 2235269 B1; US 3,238,646 A; CN 111411657 B; CN 210946949 U; CN 103603386 B; CN 114482159 A; US 5,692,855 B1; US 5,332,353.

Аталған патенттерді талдау нәтижесінде экскаватор шөміштері мен олардың тіс жүйелерін жетілдіруге бағытталған бірнеше репрезентативті инженерлік шешімдер анықталды. Олардың ішінде:

Ауыстырылатын және қайтымды кесу жиектері – жұмыс органының ресурсын арттыруға мүмкіндік береді (US 4,238,896; US 4,052,803);

Модульдік тозуға төзімді сегменттер – құрылымды жұмыс жағдайларына икемді бейімдеуді қамтамасыз етеді (EP 2644786 A3; US 10,066,371 B2);

Шөміш пішінін алгоритмдік оңтайландыру – топырақпен өзара әрекеттесу тиімділігін арттырудың перспективалы бағыты (CN 111411657 B);

Жылдам ауыспалы қосылу механизмдері – техникалық қызмет көрсетуді жеделдетеді және құралды ауыстыру уақытын азайтады (CN 210946949 U; US 5,692,855 B1; US 5,332,353);

Интеллектуалды басқару жүйелері – нақты уақыттағы жұмыс процесін бейімдеу мүмкіндігін ашады (CN 114482159 A). Жүргізілген салыстырмалы талдау көрсеткендей, тозуға төзімділік, модульдік құрылым және қызмет көрсетудің технологиялылығы бағыттарында айтарлықтай прогресс болғанымен, топырақтың өзгермелі сипаттамаларына бейімделетін адаптивті геометриялық шешімдер жеткілікті дамымаған. Бұл экскаватордың жұмыс тиімділігін арттыру үшін тістердің геометриясын өзгерту қағидатына негізделген жаңа тәсілдерді қажет ететінін көрсетеді.

Осыған байланысты зерттеу жұмысы екі түрлі тіс конфигурациясын — қысқа және ұзын тістерді — салыстырмалы талдауға бағытталды. Бұл тістердің әрқайсысы топырақтың әртүрлі түрлерінде және қазу режимдерінде ерекшеленетін артықшылықтарға ие болуы мүмкін. Патенттік материалдарды талдау нәтижелері шөміштің жұмыс процесін оңтайландыру үшін тіс геометриясын дұрыс таңдаудың маңыздылығын растады.

Пайдаланылған патенттердің қысқаша мазмұны мен техникалық сипаттамалары 1-кестеде келтірілген

1-Кесте. Патенттерді зерттеу кестесі

№	Патент нөмері	Негізгі шешім	Артықшылықтары	Шектеулер
1 – 4	US 4,238,896; US 4,052,803; EP 2644786; US 10,066,371	Тозуға төзімді және ауыстырылатын кескіш жиектер	Төзімділік, тұрақтылық	Жиектің пішіні мен жұмысы реттелмейді
5 – 7	RU 2107779; RU 2048255; CN 105484313	Жақсартылған тістер мен бекіткіштер	Жеңіл кіру	Шөміштің жерге бейімделуіне әсер етпейді, Жоғары күрделілік
9	US 3,238,646	Дірілдейтін пышақ	Кіріс кедергісін азайту	Шектеулі қолдану мүмкіндігі
10	CN 111411657	Шөміш пішінін оңтайландыру	Тиімділікті арттыру	Жұмыс кезінде бекітілген пішін
11,14, 15	CN210946949U; US5692855; US5332353	Қосылымдарды жылдам өзгерту	Орнату уақытын қысқарту	Қазу үрдісіне әсер етпейді
12 – 13	CN103603386B; CN114482159A	Жұмысты интеллектуалды басқару	Үрдісті автоматтандыру	Басқарылатын шөміш жоқ

Қолданыстағы шешімдер шөміш элементтерін жақсартады, бірақ қазу процесінде жұмыс геометриясын өзгертуге мүмкіндік бермейді.

Патенттік көздерді қосымша салыстырмалы талдау қолданыстағы құрылымдық шешімдердің көп бөлігі жұмыс органының жекелеген элементтерінің сипаттамаларын жергілікті арттыруға бағытталғанын көрсетеді, бірақ ол негізгі проблеманы — жұмыс процесінде жұмыс геометриясын белсенді түрде өзгерту мүмкіндігін қозғамайды. Сегменттелген және ауыстырылатын кесу жиектері жабдықтың беріктігін арттырса да, ауыспалы қазу жағдайларында енгізу тереңдігі мен шабуыл бұрышының бейімделуін қамтамасыз етпейді. Модульдік тозуға төзімді жүйелер де негізінен пассивті болып қалады және конфигурацияны өзгерту үшін оператордың немесе қызмет көрсету персоналының қатысуын талап етеді [9].

Алгоритмдік оңтайландырылған шөміш конструкцияларын талдау (CN 111411657B) цифрлық дизайнның перспективасын растайды, бірақ бұл шешімдерде де құрал геометриясы өндірістен кейін тұрақты болып қалады. Осылайша, математикалық оңтайландыру дизайнның бастапқы кезеңіне ғана әсер етеді, бірақ нақты уақыттағы параметрлердің өзгергіштігін қамтамасыз етпейді. Жылдам ауыспалы байланыс механизмдері (CN210946949U; US5692855 B1; US5332353), технологиялылығына қарамастан, негізінен қазу процесін бейімдеу емес, қызмет көрсету уақытын қысқарту мәселесін шешеді.

Интеллектуалды басқару жүйелері (CN114482159A) ерекше назар аударатын жүктеме параметрлерін, тербелістерді немесе топырақ сипаттамаларын талдау қолданылады. Бұл әзірлемелер сенсорлық технологиялар мен автоматты реттеу алгоритмдерін біріктіру әлеуетін көрсетеді. Алайда, қолданыстағы патенттерде басқару негізінен экскаватордың жалпы жұмыс режимдеріне — жылдамдыққа, қуатқа, жебе қозғалысының траекториясына бағытталған және шөміштің геометриясын атқарушы буын ретінде өзгертуді қарастырмайды.

Патенттік талдаудың нәтижелерін қорытындылай келе, әлемдік тәжірибеде бірыңғай жүйеде келесі негізгі функцияларды біріктіретін шешімдер жоқ деп қорытынды жасауға болады:

1. Нақты уақыт режимінде өзгертуге қабілетті кескіш құралдың адаптивті геометриясы;
2. Топырақ қасиеттерін талдау негізінде тіс сегментінің орнын автоматтандырылған басқару;
3. Қолданыстағы экскаватор шөміштерінің конструкцияларымен құрылымдық үйлесімділік;
4. Біркелкі тозуды қамтамасыз ету және кесу күштерін оңтайландыру мүмкіндігі.

Осылайша, жылжымалы тіс сегменті бар басқарылатын шөміштің дамуы тікелей аналогтары ғана емес, сонымен қатар статикалық құрылымдар мен интеллектуалды басқару жүйелері арасындағы маңызды технологиялық алшақтықты жабады. Ұсынылған шешім жоғары ғылыми және практикалық маңыздылыққа ие, өйткені ол жабдықтың тиімділігін, энергия үнемділігін және ұзақ мерзімділігін арттыра отырып, жұмыс процесінің параметрлерін дербес реттей алатын адаптивті жер қазу машиналарының жаңа буынына көшудің алғышарттарын жасайды.

Тығыз сазды және тасты топырақтар меншікті қарсылықтың жоғары мәндерімен сипатталады, сондықтан жалпы қарсылық күші құмды немесе құмды сазды негіздермен

салыстырғанда 2-4 есе артуы мүмкін. Тістердің шабуыл бұрышы да айтарлықтай әсер етеді: оңтайлы 25-35° бұрышта енгізу күші төмендейді және массивтің жойылу тиімділігі артады.

Маңызды ерекшелігі шөміш толған сайын қарсылық күші артады. Бастапқы кезеңде кесу күші басым болады, ал соңғы кезеңде топырақтың шөміш бетіне үйкелісі басым болады. Сондықтан инъекция бұрышын өзгертуге немесе тістердің ұзындығын реттеуге мүмкіндік беретін конструктивті шешімдер ең жоғары жүктемелерді айтарлықтай азайтады және машинаның өнімділігін арттырады.

Жүргізілген есептеулер көрсеткендей, тартылатын тіс сегментін қолдану кесу тереңдігін оңтайландыру және үйкеліс шығындарын азайту арқылы қазуға төзімділіктің максималды күшін 12-18% төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл басқарылатын шөміштердің жоғары тиімділігін және олардың ауыр топырақ жағдайында жұмыс істеудегі маңызды артықшылықтарын растайды.

Тістердің ұзындығы қалай реттелетіні 2-ші кестеде толық көрсетіліп зерттелген.

2-Кесте. Тістердің орналасуы

Жағдайы	Тістердің орналасуы	оңтайлы	Қорытынды
Жұмсақ немесе борпылдақ топырақ (құм, қара топырақ)	Тістер қысқарады		Қазуға төзімділік төмендейді, шелекті толтыру жылдамдығы артады
Қатты немесе мұздатылған топырақ, саз	Тістер ұзартылған		Кесу жиегінің ену қабілеті артады, топырақтың бұзылуы жақсарады
Байланыс (кабельдер, құбырлар) туралы жұмыс	Тістер минималды түрде шығады		Жер астындағы объектілердің зақымдану қаупі азаяды
Карьер және тау жыныстары	Динамикалық реттеу		Күш-жігерді оңтайландыру және тіс пен жетектің тозуын азайту

Реттелетін құрылыстың артықшылықтары:

- әмбебаптық: бір шөміш әртүрлі топырақтарға арналған шөміштердің бірнеше түрін ауыстырады.

- қазу кедергісін азайту арқылы энергия шығыны мен отынды азайту.

- тістердің қызмет ету мерзімін ұзарту-олар оңтайлы режимде жұмыс істейді.

- жұмыс барысында нақты жағдайларға бейімделу мүмкіндігі.

Қорытынды

Талдау барысында экскаватор шөміштерінің дәстүрлі конструкцияларының топырақтың әртүрлі физика-механикалық қасиеттеріне бейімделу мүмкіндігі шектеулі екендігі анықталды. Бұл даму тиімділігінің төмендеуіне, энергия шығындарының артуына және жұмыс құралдарының тозуының артуына әкеледі. Жылжымалы тіс сегменті бар басқарылатын шөміш тұжырымдамасы жұмыс барысында кесу жиегінің геометриясын өзгерту арқылы осы кемшіліктердің бірқатарын жоюға мүмкіндік береді.

Техникалық негіздеме көрсеткендей, тістердің жылжымалы сегментінің болуы тығыз және қабатты топырақтармен жұмыс істеу кезінде деструктивті қабілеттің жоғарылауын қамтамасыз етеді, сонымен қатар жұмсақ жыныстарға ауысқан кезде кесуге төзімділікті төмендетеді. Басқарылатын механизм тістердің оңтайлы орналасуына мүмкіндік береді, бұл дамудың дәлдігін жақсартады және шөміштің қажетсіз бағытта тереңдеуін азайтады.

Гидравликалық немесе электромеханикалық жетекті қолдану дизайнды әмбебап етеді және қолданыстағы экскаватор модельдеріне біріктіруге жарамды етеді. Есептеу нәтижелері жер жұмыстарының өнімділігін арттыру және жұмыс органдарын жөндеу шығындарының төмендеуі инновациялық құрылымды енгізудің жылдам өтелуін қамтамасыз ететіндігін растайды. Қосымша артықшылығы - жүктемелердің біркелкі таралуына байланысты тістердің қызмет ету мерзімін ұзартады. Осылайша, жылжымалы тіс сегменті бар басқарылатын шөміш жасау техникалық тұрғыдан орынды, функционалды түрде негізделген және үнемді. Бұл дизайнды енгізу жер жұмыстарының тиімділігін едәуір арттыруға, отын шығынын азайтуға, топырақты игеру уақытын қысқартуға және экскаватор жабдықтарының әртүрлі пайдалану жағдайларына жоғары бейімделуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Авторлардың қосқан үлесі:

А.М.Арпабекова - мәліметтер жинау, зерттеу жүргізу, жазу.

К.Г.Балабекова - зерттеу нәтижелерін талдау

А.Б.Забиева – Solidworks-та зерттеу.

О. Абдирашев- синтездеу, мақаланы түзету.

Әдебиттер тізімі

1. Н.А.Кузнецов, Строительные машины и оборудование.-Мәскеу: Академия, 2021. -384б.
2. И.П. Бойко, Экскаваторы: конструкция, эксплуатация и обслуживание. — Санкт-Петербург: Питер, 2020- 296 б.
3. А.В.Сергеев, Землеройные машины: учебник для вузов: жоғары оқу орындарына арналған оқулық. - Мәскеу: Машина Жасау, 2019- 448 б.
4. В.Е.Левченко, Строительные и дорожные машины- Ростов-на-Дону: Феникс, 2022-360б.
5. С.В.Жирнов, Техническая эксплуатация строительных машин. - Мәскеу: Юрайт, 2020. - 410 б.
6. К.И.Попов, Экскаваторы и их рабочие органы. -Екатеринбург: УрФУ, 2018- 280 б.
7. М.Л.Голдштейн, Механизация земляных работ. -Новосибирск: Шибак, 2021-230 б.
8. ГОСТ 30000-2013. . Машины землеройные. Требования безопасности.
9. ISO 6016:2008. Earth-Moving Machinery - Methods of Measuring the Masses of Whole Machines.
10. Caterpillar. Excavator Bucket Specifications. - Technical Manual, 2020.
11. Komatsu. Hydraulic Excavator Technical Handbook. - Komatsu Ltd., 2021.
12. Hitachi Construction Machinery. Excavator Attachments and Bucket Guide- Hitachi Corp., 2022.
13. П.П.Солодовников, Расчёт и оптимизация ковшей экскаваторов // Машиностроение и техника. - 2023. -№ 2. - Б. 55-63.

14. Д.Н.Ахметов, Повышение эффективности работы экскаваторных ковшей // Вестник инженерии. – 2022- № 4. - 40-48 Б.

**К. Г.Балабекова, А. Б. Забиева*, А. М.Арпабекова
О. Абдирашев**

Евразийский национальный университет им.Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан.

Исследование нагрузки на зубья ковша экскаватора

Аннотация. В статье рассматривается влияние длинных и коротких зубьев ковша экскаватора на эффективность работы. Исследованы на основе анализа патентных решений и численного моделирования в SolidWorks Simulation. Актуальность исследования показала, что это связано с важностью правильного выбора длины зуба, адаптированного к различным типам почвы. Целью исследования является сравнительная оценка прочностных характеристик длинных и коротких зубьев, состояния напряжения-деформации и сопротивления проникновению в почву. Методология включала расчет силы сопротивления копания, анализ патентов США, Европы, Китая и России, создание 3D-моделей и статическое моделирование в SolidWorks. Кроме того, были проведены расчетные работы. Основные результаты показывают, что длинные зубы увеличивают способность проникать в плотные почвы и уменьшают пиковые нагрузки, возникающие в ковше, но имеют более высокие напряжения на дне. Короткие зубцы обеспечивают равномерное распределение напряжения и служат дольше на средней или мягкой почве. Актуальность исследования усиливается тем, что современные землеройные машины работают в условиях переменной плотности почвы, требующих универсальных решений. Оптимизация длины зубьев позволяет снизить энергозатраты, повысить производительность и увеличить ресурс оборудования. В связи с этим были сделаны рекомендации.

Ключевые слова: экскаватор, ковш, зубья экскаватора, нагрузка, ширина копания, SolidWorks.

K. G. Balabekova, A. B. Zabieva*, A.M.Arpabekova, O.Abdirashev

Eurasian National University named after L.N.Gumilov, Astana, Kazakhstan.

Study of the load on the teeth of the excavator bucket

Abstract. The article discusses the influence of the long and short teeth of the excavator bucket on the efficiency of work. It was studied based on the analysis of patent solutions and numerical modeling in SolidWorks Simulation. The relevance of the study has shown that it is associated with the importance of choosing the right tooth length, adapted to different types of soil. The purpose of the study is a comparative assessment of the strength characteristics of long and short teeth, the state of stress – deformation and resistance to penetration into the soil. As a methodology, it included the calculation of the anti-excavation resistance force, the analysis of patents from the United States, Europe, China and Russia, the creation of 3D models and static modeling in

SolidWorks. In addition, the calculation was carried out. The main results showed that long teeth can increase their ability to penetrate dense soils, reducing the peak loads that arise in the scoop, but their bottom stresses are higher. Short teeth provide a smooth distribution of tension and last longer on medium or soft soil. The relevance of the study is reinforced by the fact that modern earthmoving machines operate in conditions of variable soil density, which requires universal solutions. Optimizing the length of the teeth allows you to reduce energy consumption, increase productivity and increase the resource of equipment. In this regard, recommendations have been made.

Keywords: excavator, bucket, excavator teeth, load, digging width, SolidWorks.

References

1. N.A. Kuznetsov, *Stroitel'nye mashiny i oborudovanie*. – Moskva: Akademiya, 2021. - 384 s.
2. I.P. Boiko, *Ekskavatory: konstruktsiya, ekspluatatsiya i obsluzhivanie*. — Sankt-Peterburg: Piter, 2020. — 296 s.
3. A.V. Sergeev, *Zemleroinye mashiny: uchebnik dlya vuzov: zhogary oku oryndaryna arnalgan oulyq*. – Moskva: Mashina Zhasau, 2019. — 448 s.
4. V.E. Levchenko, *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*. — Rostov-na-Donu: Feniks, 2022. — 360 s.
5. S.V. Zhirnov, *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya stroitel'nykh mashin*. – Moskva: Yurait, 2020. – 410 s.
6. K.I. Popov, *Ekskavatory i ikh rabochie organy*. — Ekaterinburg: UrFU, 2018. — 280 s.
7. M.L. Goldshtein, *Mekhanizatsiya zemlyanykh rabot*. — Novosibirsk: Shibak, 2021. -230 s.
8. GOST 30000-2013. *Mashiny zemleroinye. Trebovaniya bezopasnosti*.
9. ISO 6016:2008. *Earth-Moving Machinery — Methods of Measuring the Masses of Whole Machines*.
10. Caterpillar. *Excavator Bucket Specifications*. — Technical Manual, 2020.
11. Komatsu. *Hydraulic Excavator Technical Handbook*. — Komatsu Ltd., 2021.
12. Hitachi Construction Machinery. *Excavator Attachments and Bucket Guide*. — Hitachi Corp., 2022.
13. P.P. Solodovnikov, *Raschet i optimizatsiya kovshei ekskavatorov // Mashinostroenie i tekhnika*. — 2023. — № 2. — S. 55–63.
14. D.N. Akhmetov, *Povyshenie effektivnosti raboty ekskavatornykh kovshei // Vestnik inzhenerii*. — 2022. — № 4. — S. 40–48.

Авторлар туралы мәлімет:

Қ.Г.Балабекова - PhD философия докторы, «көлік инженериясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «көлік - энергетика» факультеті, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан.

А.Б. Забиева – техника ғылымдарының кандидаты, «көлік инженериясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «көлік - энергетика» факультеті, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан.

А.М.Арпабекова - «көлік инженериясы» кафедрасының докторанты, «көлік - энергетика» факультеті, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ,

Астана, Қазақстан;

Абдирашев О.- PhD доктор философии, и.о. доцента кафедры "Космическая техника и технологии », институт "Физико- технических наук", НАО "Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева", Астана, Казахстан.

Балабекова К. Г.- PhD доктор философии, ассоциированный профессор кафедры "Транспортная инженерия», факультет "Транспортно- энергетический", НАО "Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева", Астана, Казахстан.

Забиева А. Б.-кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры "транспортная инженерия», факультет «транспортно - энергетический», НАО "Евразийский национальный университет им.Л. Н. Гумилева", Астана, Казахстан.

Арпабекова А.М.- автор корреспонденции, докторант кафедры "Транспортная инженерия», факультет "Транспортно – энергетический", НАО "Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева", Астана, Казахстан;

Абдирашев О-

K.G.Balabekova - PhD Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Department of Transport Engineering, Faculty of Transport and Energy, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

A. B. Zabieva - correspondence author, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Transport Engineering, Faculty of Transport and energy, NJS L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Arpabekova A.M. - doctoral student of the Department of Transport Engineering, Faculty of Transport and Energy, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

O. Abdirashev - PhD, Doctor of Philosophy, Acting Associate Professor of the Department of Space Engineering and Technology, Institute of Physical and Technical Sciences, L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).