

Экскаватордың қосымша жұмыс мүшесін математикалық үлгілеу

Аңдатпа. Мақалада қосымша жұмыс жабдықтарын орнату арқылы экскаватордың жұмыс мүшесін модернизациялау шаралары қарастырылған. Осы мақсатқа жету үшін осы саладағы әлемдік тәжірибенің жағдайы зерттелді. Монтаждау мен алудың ыңғайлылығын қамтамасыз ететін стандартты аспалы жабдықтың орнына экскаватор негізінде асфальтбетон жабынын жөндеуге арналған жұмыс жабдығының жаңа түрі ұсынылған. Қосымша кескіштен тұратын жұмыс мүшесі асфальтбетон жабынын кесуге арналған және негізімен біріктірілген топсалы жабдық түрінде жасалған. Қосымша фрезасы бар көп мақсатты гидравликалық экскаватордың математикалық моделі жасалды. Solidworks бағдарламасында кескішті сипаттайтын моделі ұсынылған және диск модельденген. Solidworks-та диск үлгісі Simulation көмегімен сыналды және егжей-тегжейлі зерттеулер жүргізілді. Жұмыс мүшесіне әсер ететін күштер қарастырылып, компьютерлік зерттеулер жүргізілді. Нәтижесінде, кескішпен жабдықталған жаңа жұмыс мүшесінің тиімділігін көрсететін жүктемелер алынды. Жұмыс мүшесі кескен топырақтың көлемін есептеу үшін математикалық модельдер жасалды, ал фрезерлеу процесі Сант-Венан моделімен сипатталған.

Оның негізінде ығысу деформациясы ұсынылған реологиялық модель алынды. Экскаватордың жұмыс мүшесінің математикалық моделі жасалды, оған сәйкес эквиваленттік күш анықталды. Математикалық модель деформацияның кеңістіктік сипатын және беріліс элементтерінің өзара әрекеттесуін ескереді. Мақалада мұндай дискілерді пайдалану әртүрлі кесу параметрлерінің кесу дискісінің кернеулі күйіне әсерін нақтылауға, кесу дискісінің ені бойынша кернеудің таралуын алуға мүмкіндік беретіні зерттелген. Solidworks компьютерлік бағдарламасында әзірленген және сыналған математикалық модельдер нәтижелерінің сәйкестігі бағдарламалық жасақтама жүйесінің жұмысын, оны қолданудың тиімділігін растауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: Экскаватор, фреза, жол төсемі, асфальтбетон жабыны.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2021-136-3-74-83

Кіріспе

Жол желісін және көлік инфрақұрылымын дамыту экономикалық байланыстардың қарқындылығын айқындайды және ел экономикасын дамытудың маңызды шарттарының бірі болып табылады. Мемлекет экономикасының белсенді өсуі жол сапасының төмен болуына және жол желісінің инфрақұрылымдық объектілерінің өткізу қабілетінің төмен болуына негізделген инфрақұрылымдық шектеулермен шектелуі және тіпті тоқтатылуы мүмкін.

Асфальтбетонды фрезерлік жұмыс мүшелері жол төсемін қалпына келтіру үшін кеңінен қолданылады. Әдетте, асфальтбетон төсемдеріне температураның ауытқуы, көлік жүрісінің жүктемелері, негіз бен жер төсемінің төменгі қабаттарының өзгеруі, жолдардың қысқы күтіп ұсталуы, сондай-ақ көшелер мен магистральдардың асфальтбетон жол төсемдерінің қартаю процестері әсер етеді. Көшелер мен жолдардың асфальтбетон жабындарының деформациясы, жарықтарға, ығысуларға (толқындардың пайда болуына) және абразивті тозуына ықпал етеді [1,2].

Зерттеу әдістемесі

Қосымша жұмыс мүшесін енгізу арқылы жер қазатын, жол-құрылыс машиналарының, соның ішінде, бір шөмішті экскаваторлардың жұмыс мүшесін жетілдіру жөніндегі осы

міндеттерді шешуге бағытталған іздестіру және ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізудің тұрақты қажеттілігін ескере отырып, осы бағытта белгілі бір жұмыстар жүргізілді.

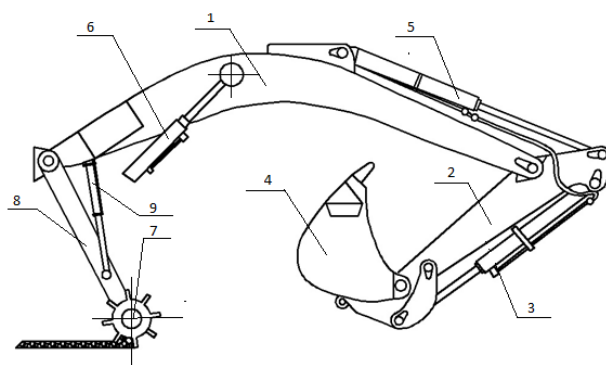
Әлемдік тәжірибеде жол жамылғысының кесілген қабаттарының материалын пайдалана отырып, жол жамылғысын қалпына келтірудің екі әдісі қолданылады. Бірінші әдіспен кесілген қабаттардың материалы стационарлық араластыру қондырғысында қайта қолданылады [3-5].

Екінші тәсіл бойынша кесілген жол жамылғысының материалдары мобильді жол машинасының көмегімен қайта өңделіп төселеді.

Іс жүзінде құрылыс жол машиналарының базалық шассийінің негізінде бір-біріне тәуелді емес, яғни әр түрлі жұмыстарды орындауға мүмкіндік беретін машиналар жиі қолданылады: бульдозерлер-экскаваторлар, тиегіштер-экскаваторлар, бульдозерлер-рипперлер және т.б. мұндай машиналар жұмыс жабдықтарын алмастырмай екі жұмыс түрін орындайды.

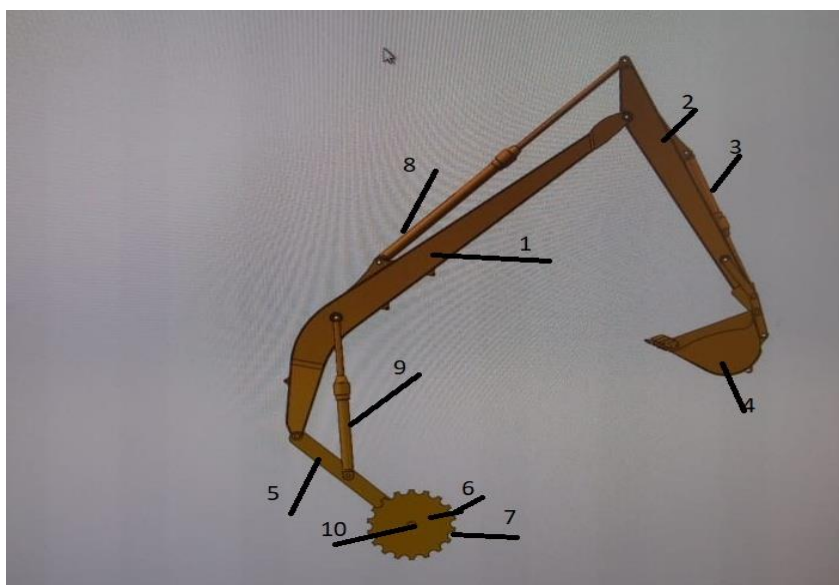
Талқылау

Жоғарыда көрсетілген машиналардың әмбебаптылық қасиетін ескере отырып, бір шөмішті экскаватордың құрылымына жаңғыртулар енгізу арқылы, 1-суретте көрсетілген жұмыс жабдығы ұсынылады. Бұл жабдықты қолдану арқылы ескі асфальтбетон тротуарларын ашу, тау жыныстарын бұзу, мұздатылған топырақты кесу, ескі ғимараттарды бөлшектеу және т. б. үшін пайдалануға болады.



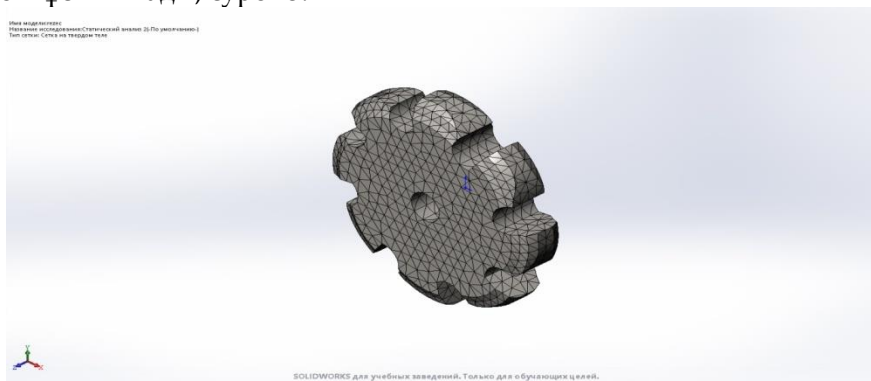
Сурет 1. Гидравликалық экскаватордың көп функциялы жұмыс жабдығы

Құрылымда асфальттағы немесе қатты топырақтағы жарықтарды механикалық кесуге қызмет ететін 1 жебе орнатылған. Жебені көтеру түсіру үшін гидроцилиндр 9 орнатылған. Тұтқаға 8 бекітілген жалпы қозғалтқышпен немесе жеке жетекпен басқарылатын айналмалы тістері бар 7 кескіш орналасқан. Экскаватордың негізгі жұмыс жабдығы шөміш болып табылады: Жебенің бойымен тұтқаны 2 басқару гидроцилиндрі 5 және шөмішті 4 басқару үшін гидроцилиндр 3 орнатылған. Кескіш жұмыс мүшесін іске қосу үшін гидравликалық қозғалтқыш қолданылады. Жұмыс мүшесі іске қосылған кезде, топырақтың немесе асфальт жамылғысының бойымен кесіктер жасалынады. Құрылымда қолданылатын гидравликалық қозғалтқыштың көмегімен жұмыс мүшесінің реверсивті қозғалысы қамтамасыз етіледі. Құрылымдық жағынан, мұндай жабдықтың жұмыс циклі экскаватордың жұмыс циклімен сипаттас, бірақ жұмыс қозғалыстарының сипатымен ерекшеленеді. Топырақ бетінде немесе асфальт жамылғысында саңылауды кесіп тастағаннан кейін, фрезерлі жұмыс мүшесі гидравликалық цилиндр 9 көмегімен, тұтқамен бірге көлік жағдайына айналады. Тұтқа шөміштің жұмысына кедергі келтірмес үшін жебенің ішкі қуысына көтеріледі (сурет. 2).



Сурет 2. Диск тәріздес қосымша жұмыс мүшесі бар гидравликалық экскаватордың жабдығы

Ұсынылатын жаңа жұмыс жабдығының сандық есептеуін орындау үшін кесу дискісінің қатты күйдегі моделі ұсынылады, сурет 3.



Сурет 3. Қатты күйдегі кескіш диск моделі

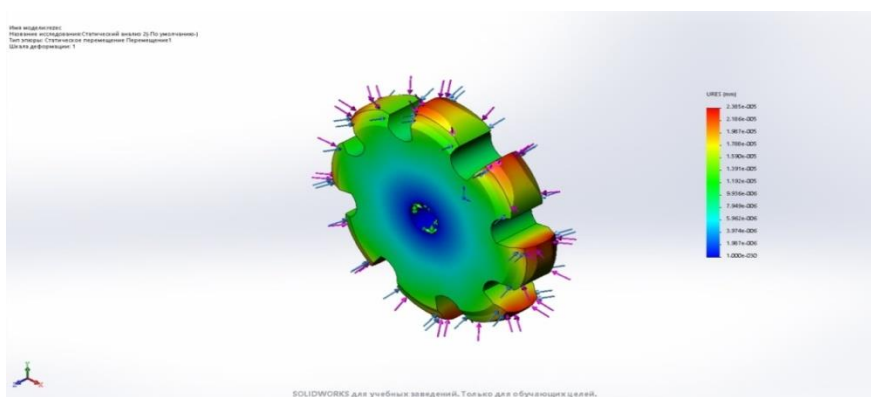
Соңғы элементтер әдісімен есептеуге арналған есептік жүктемелердің жиынтық көрсеткіштері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

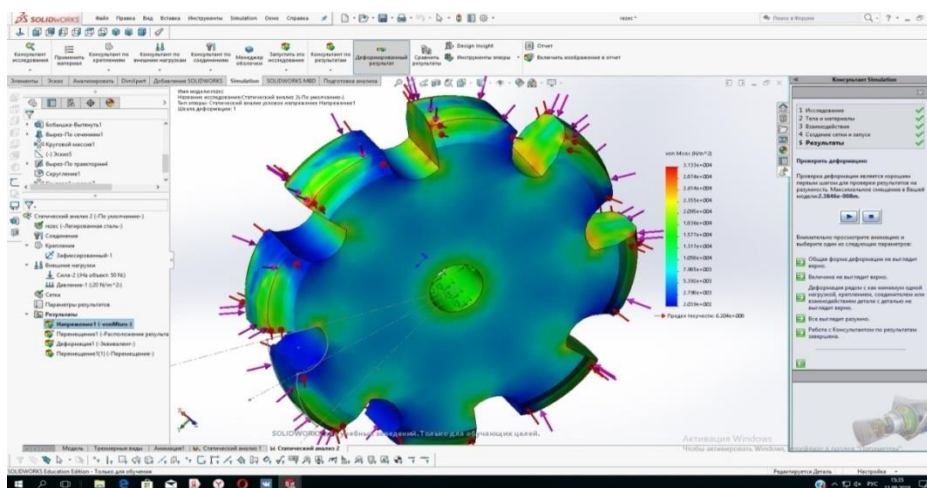
Есептелген жүктемелердің қысқаша сипаттамасы

№	Көрсеткіш атауы	Сандық мәні
1	Барлық түйіндер саны, бірлік	14342
2	Сыртқы жүктеме N, H	290
3	Максималды арақатынасы	41.751
4	Арақатынасы бар элементтер %	98.6
5	аспект қатынасы > 10% элементтер	0.0664
6	% бұрмаланған элементтер	0,487

Кесу күштерін қолдану және әртүрлі жүктеме күштері кезінде кесу дискісінің тістерін тарту карталарын анықтау сұлбалары 4 және 5 суреттерде келтірілген.



Сурет 4. Сыртқы жүктеме кезінде кескіш пышақтың тістерінің кернеуін статикалық талдау $P=290$ Н



Сурет 5. Түйіндік кернеуді статикалық талдау $P = 290$ Н сыртқы жүктеме кезіндегі кесу тістерінің дискісі

Сандық есептеулер мен модельдеу нәтижесінде алынған күштердің мәндері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Нәтижелік күштер және реакция күштері

Таңдалған жиын	Бірлік	X сомасы	Y сомасы	Z сомасы	нәтижесі
бүкіл модель	Н	63,4899	51,56788	70,1456	85,20338
Таңдалған жиын	Бірлік	X сомасы	Y сомасы	Z сомасы	нәтижесі
бүкіл модель	Н. м	63,45899	45,6321	78,4598	187,5509

Нәтижелер

Кескіштің кеңістіктегі орны келесі қозғалыстардың үйлесімімен анықталады: оны жебе қуысынан шығару, кесу жазықтығында тоқтату, жебенің бекітілген бөлігін өзінің бойлық осіне қатысты бұру, кескішті тік жазықтықта бұру, асфальт жамылғысына немесе топыраққа енгізу және кесу.

Кескіш түріндегі қосымша жұмыс жабдықтарының жұмысы кезінде кесілген топырақтың көлемін келесідей анықтауға болады:

$$V = \frac{SLk_p k_b}{Lv}, \quad (1)$$

мұндағы S -кесу станогымен кесілген топырақтың көлденең қимасы, m^2

L -кесу учаскесінің ұзындығы, m ;

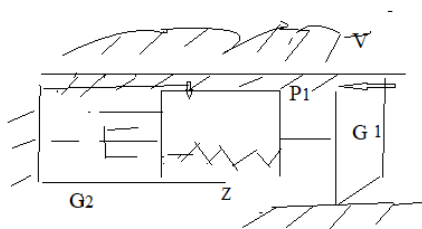
k_p -топырақтың жоғалу коэффициенті;

k_b -уақыт өте келе пайдалану коэффициенті;

v - кескіштің айналу жылдамдығы.

Қосымша жұмыс мүшесінің - кескішін талдау нәтижесінде, оның жұмысының салдарынан кесу дискісінің шаршау күшімен шектелгенін көрсетеді. Зерттеулер көрсеткендей, бұл салада шаршаулы тозу, пышақтың дискіге бекіту түйісінде немесе өтпелі бөліктің қуыстары бетімен түйісуінде пайда болуы мүмкін [6-8]. Осыған байланысты есептеу жүргізілді.

Асфальтобетон бетін массивтен кесілген кезде және жұмыс мүшесінің алдында сымдау призмасы түрінде жылжу кезінде, қабатты фрезерлеу процесі күрделі реологиялық модельмен ұсынылуы мүмкін екендігі белгілі. Бірінші модель-Сент-Венанның классикалық моделі, екіншісі G_2 , Z параметрлері бар және серпімді пластикалық модель болып табылады (сурет 3). Бұл модель кескішпен жұмыс істеу кезінде бөлшектер ортасының элементін массивтен кесу процесін модельдейді [9].



Сурет 6. Асфальтобетон жабынының серпімді пластикалық моделі

Мұндай жүйедегі кернеу келесі арақатынаспен анықталады:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_z + \tau_{G1} + \tau_{G2} + \tau_{tc} \quad (2)$$

Жүйенің деформациясы келесі теңдеумен сипатталады:

$$Y_{\Sigma} = Y_z + Y_t \quad (3)$$

Асфальт бетінің бөлінуі кезінде ұсақтау да жүреді, оны серпімді талшықты модель түрінде ұсынуға болады, оның элементтері жүктеме кезінде материалдың лезде серпімді деформациясын еліктейді.

С және Г элементтері материалдың қатты пластикалық және тұтқыр қасиеттерінің көрінісін еліктейді. Сынғыш материалдар үшін модель демпферлік элементін жүйеден шығару арқылы қатты пластикке айналады.

Асфальтбетонды 3 суретте көрсетілген реологиялық модель негізінде ұсынуға болады. Тұтқырлығы μ бар қатты пластикалық элемент, тік бұрышты тіс түріндегі босату элементінің ортаға әрекеттесуі кезінде ығысу кернеуінің пайда болуына әкеледі:

$$\tau = \tau_{\varepsilon} + \tau_{\mu} \quad (4)$$

Біз тығыздау процесін келесі модель ретінде ұсынамыз:

$$\gamma = \gamma_{\varepsilon} - \gamma_{\mu} \quad (5)$$

Тығыздау процесі статикалық жүктеме кезінде ығысу деформациясы түрінде ұсынылуы мүмкін. Байланыстырылған орта үшін ығысуға төзімділік тепе-теңдігі бұзылған жағдайда, шекті тепе-теңдік теориясына негізделген кесу мүшесінің бетіндегі кернеу келесі теңдеумен сипатталады:

$$\sigma = \sigma_n \tau \rho + c_w, \quad (6)$$

қарастырылған нүктеде ығысу кернеуі қайда;

мұндағы σ_n - қалыпты кернеу;

τ - ішкі кернеу бұрышы;

c_w -адгезия коэффициенті.

Белгілі сыртқы жағдайларда контур арқылы кесу денесіне қажетті орта қысымын анықтауға болады.

Өз кезегінде, дамыған орта кесу денесіне қысым жасайды, жартылай жазықтықты алады және z осімен шектеледі, оның бойымен P қысымы бөлінеді. беттің горизонтқа көлбеу бұрышы аз болған кезде қалыпты кернеу мен ығысу кернеуі тең болады:

$$\begin{aligned} \sigma_n &= A_1 [\gamma x + c \omega \operatorname{ctg} \rho (1 - 1/A_1 + P)] \\ \tau_n &= A_2 [\gamma x + C \omega * \operatorname{ctg} \rho (1 - 1/A_1) + P]; \\ A_1 &= \frac{1 - \sin \rho \cos 2\alpha \rho}{1 - \sin \rho} \gamma \end{aligned} \quad (7)$$

Мұндағы x-ағымдағы тік координат;

P-сыртқы бетіне біркелкі бөлінген қысым;

α – жер бетіндегі ортамен жанасатын кескіштің кесу элементінің көлденеңге (кесу бұрышы);

Кескіш дененің қоршаған ортамен өзара әрекеттесуі кезінде пайда болатын қарсылықтардың қосындысы N және белгіленген заңдылықтар негізінде есептелуі мүмкін.

Регрессиялық тәуелділік түріндегі математикалық модель келесідей:

$$a_n = a_0 + a_1 x + \dots + a_n x^n \quad (8)$$

мұнда $a_1=0; a_2=0;$

$$\sigma_n = a_0 + a_1 x \text{ at } a_1 = A_1 \gamma; a_0 = A_1 (1 - 1/A_1) C \omega \operatorname{ctg} \rho \quad (9)$$

Теңдеу орта мен жұмысшы дененің шекті күйінен шығатын тәуелділік түрін алады. $A_i = A_1$ болғанда

$$\sigma_{n=A_1}[\gamma x + C \omega \operatorname{ctg}(1-1/A_1) \rho]; \quad (10)$$

Кесетін дененің пышағының фронтальды бетімен қозғалуына төзімділігі қалыпты компоненттері теңдеулермен анықталады:

$$dN = \sigma_n dldy;$$

$$dQ = dN / \cos \delta_1; \quad (11)$$

$$dl = dx / \sin \alpha \rho \quad (12)$$

мұндағы δ_1 - дамыған беттің кескіш тістің бетіне үйкеліс бұрышы [1].
Фронтальды бетке тарту күшінің көлденең компоненті:

$$dP_{\rho 1} = dQ \cos \beta_1 \quad (13)$$

$$\beta_1 = 90^\circ - (\alpha \rho + \delta_1) \quad (14)$$

Жоғарыда айтылғандар негізінде:

$$dP_{\rho 1} = \frac{\cos \beta_1}{\sin \alpha \rho \cos \delta_1} \sigma_n dx dy \quad (15)$$

Бірінші жақындаудағы шеттік әсердің жұмысы кескіштің кесілген денесінің бір бөлігіне әсер ететін эквиваленттік күштің мәнімен анықталады, ені кескіштің дамыған бетіне екі есе тереңдігіне тең, $i_{eb} = B + 2c$.

N және b мәндерін dP анықтау формуласына қойып, оны интегралдау арқылы аламыз:

$$P_{\rho 1} = (1 + \operatorname{ctg} \alpha \rho \operatorname{tg} \delta_1 A_1) \int_0^{B+2h} \left\{ \int_0^n [\gamma x + c \omega \operatorname{ctg} \rho (1 - 1/A_1) dx] dy \right. \quad (16)$$

немесе

$$P_{\rho 1} = A \alpha A_1 (B + 2h) h \left[\frac{\gamma h}{2} + c \omega \operatorname{ctg} \alpha \rho \left(1 + \frac{1}{A_1} \right) \right], \quad (17)$$

мұнда: $A_\alpha = (1 + \operatorname{ctg} \alpha \rho \operatorname{tg} \delta_1)$.

Қорытынды

Ұсынылып отырған математикалық модель деформацияның кеңістіктік сипатын және беріліс элементтерінің өзара әрекеттесуін ескереді. Осындай модельдерді компьютерлік зерттеулер математикалық модельдеудің сәйкестігін, бағдарламалық қамтамасыз ету жүйесінің өнімділігін, оны қолданудың тиімділігін растауға мүмкіндік берді.

Әдебиеттер тізімі

1. Beletsky, B.F. Construction machines and equipment / B.F. Beletsky, I.G. Bulgakov. - Sankt-Peterburg: Panorama, - 2012. - 608p.
2. Vetrov Yu.A. Construction, road machines and equipment. -Kiev: higher school, -2010. -370p.
3. Halperin M.I., Dombrovsky N.G. Construction machines Moscow: automobile constructing, 2000. -342p.
4. Dzhenkulov S.A., Sazambaeva B.T., Sarguzhin M.Kh., Khadeev N.T. Excavation machines. - Almaty. -2014. -257p.
5. Gavrilov, K. L. Road-building machines of foreign and domestic production: device, diagnostics and repair / K.L. Gavrilov, N.A. Zabara, A.I. Osipenko.- Moscow. - 2006. - 480 p.
6. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Kenzhebaeva A.S. Patent for utility model No. 3767. Working equipment of the excavator Application date (21) 2018 / 0454.2, published (22) 22.06.2018.
7. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Masanov G.K., Balabekova K.G. Utility model patent, No. 5564. IPC class E02F3 / 40, application number (21) 2020 / 0616.2 (22) 13.11.2020. Model of a working body with a mechanical drive for cutting asphalt.
8. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M. On the issue of computer modeling of the process of cutting the soil with a cutter of a hydraulic excavator // Scientific journal "Mechanics and Technologies". -2018. -vol. 3. -P.71-74.
9. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M., Aimanbetov N. Computer modeling of the working equipment of a single-bucket excavator // Bulletin of modern research. - 2019. - vol. 10-3 (25). - P.154-158.
10. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov, Sarsenbaev B. To the calculation of multipurpose working bodies of hydraulic excavators // Computer modeling of multipurpose working equipment of a single bucket excavator // Scientific journal "Mechanics and Technologies". - 2018. -vol. 3. -P. 60-63.

**Б.Д. Сулеев, А.Б. Кенесбек, Б.Т. Сазамбаева,
Б.Б. Тогизбаева, К.Г. Балабекова**

Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан

Математическое моделирование дополнительного рабочего органа экскаватора

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы по модернизации рабочего органа экскаватора путем установки дополнительного рабочего оборудования. Для достижения заданной цели изучено состояние мировых практик в этой области. Вместо стандартного навесного оборудования, обеспечивающего удобство монтажа и снятия, предложен новый вид рабочего оборудования для ремонта асфальтобетонного покрытия на базе экскаватора. Рабочий орган, состоящий из дополнительной фрезы, предназначен для разрушения асфальтобетонного покрытия и выполнен в виде навесного оборудования, совмещенного с основным. Разработана математическая модель многоцелевого гидравлического экскаватора с дополнительной фрезой. Предложена имитационная модель работы фрезы в программе Solidworks и смоделирован диск. В Solidworks образец диска был протестирован с помощью Simulation, и были проведены подробные исследования. Рассмотрены силы, воздействующие на рабочий орган, проведены компьютерные исследования. В результате были получены нагрузки, которые показали эффективность нового рабочего органа, оснащенного резцом. Для расчета объема грунта, срезаемого рабочим органом, разработаны математические модели, а процесс фрезерования описан моделью Сант-Венана. На ее основе была получена реологическая модель, по которой

была предложена деформация сдвига. Была разработана математическая модель рабочего органа экскаватора для определения силы эквивалентности. Математическая модель учитывает пространственный характер деформации и взаимодействия элементов передачи. Использование таких дисков позволяет уточнить влияние различных параметров резания на напряженное состояние режущего диска, получено распределение напряжений по ширине режущего диска. Соответствие результатов разработанных и апробированных математических моделей в компьютерной программе Solidworks позволило подтвердить эффективность ее применения.

Ключевые слова: экскаватор, фреза, дорожное покрытие, асфальтобетонное покрытие.

B.D. Suleev, A.B. Kenesbek, B.B. Togizbayeva, K.G. Balabekova
Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

Mathematical modeling of the additional working body of the excavator

Abstract. The article discusses measures to modernize the working body of the excavator by installing additional working equipment. There has been studied the state of world practices in this area to achieve this goal. There is proposed a new type of working equipment for repairing asphalt concrete pavement based on an excavator instead of standard attachments that provide ease of installation and removal. The working body consisting of an additional milling cutter is designed for cutting asphalt concrete pavement and is made in the form of attachments combined with the main one. There has been developed a mathematical model of a multipurpose hydraulic excavator with an additional milling cutter. The article proposes a simulation model of the milling cutter operation in the Solidworks program. The authors modeled a disk. In Solidworks, there was tested a sample disk using Simulation. The authors conducted detailed studies. The article considers forces acting on the working body. The authors carried out computer studies. As a result, there were obtained loads that showed the effectiveness of the new working body equipped with a cutter. There have been developed mathematical models to calculate the volume of soil cut by the working body, and the milling process is described by the Sant – Venan model. On this basis, there was obtained a rheological model, according to which there was proposed shear deformation. The authors developed a mathematical model of the excavator working body, according to which there was determined the equivalence force. The mathematical model takes into account the spatial nature of deformation and the interaction of transmission elements. The article investigates that the use of such discs makes it possible to clarify the influence of various cutting parameters on the stress state of the cutting disc, to obtain a stress distribution over the width of the cutting disc. The correspondence of the results of the developed and tested mathematical models in the Solidworks computer program allowed us to confirm the performance of the software system, the effectiveness of its application.

Keywords: Excavator, milling cutter, road surface, asphalt concrete pavement.

References

1. Beletsky, B.F. Construction machines and equipment / B.F. Beletsky, I.G. Bulgakov. (Panorama, Sankt-Peterburg, 2012, p.608).
2. Vetrov Yu.A. Construction, road machines and equipment. (Higher school, Kiev, 2010, p. 370).
3. Halperin M.I., Dombrovsky N.G. Construction machines automobile constructing, Moscow, 2000, 342p.
4. Dzhenkulov S.A., Sazambaeva B.T., Sarguzhin M.Kh., Khadeev N.T. Excavation machines. Almaty, 2014, 257p.
5. Gavrilov, K. L. Road-building machines of foreign and domestic production: device, diagnostics and repair / K.L. Gavrilov, N.A. Zabara, A.I. Osipenko. Moscow, 2006, 480 p.

6. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Kenzhebaeva A.S. Patent for utility model No. 3767. Working equipment of the excavator Application date (21) 2018 / 0454.2, published (22) 22.06.2018.

7. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Masanov G.K., Balabekova K.G. Utility model patent, No. 5564. IPC class E02F3 / 40, application number (21) 2020 / 0616.2 (22) 13.11.2020. Model of a working body with a mechanical drive for cutting asphalt.

8. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M. On the issue of computer modeling of the process of cutting the soil with a cutter of a hydraulic excavator // Scientific journal "Mechanics and Technologies". 3, 71-74 (2018).

9. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov M., Aimanbetov N. Computer modeling of the working equipment of a single-bucket excavator. Bulletin of modern research. 10-3(25), 154-158 (2019).

10. Sazambaeva B.T., Togizbaeva B.B., Makhanov, Sarsenbaev B. To the calculation of multipurpose working bodies of hydraulic excavators. Computer modeling of multipurpose working equipment of a single bucket excavator. Scientific journal "Mechanics and Technologies". 3, 60-63 (2018).

Авторлар жайлы мәлімет:

Сүлеев Б.Д. – Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, PhD доктор, Қарағанды, Қазақстан, culeev_bahtiyar@mail.ru.

Кенесбек А.Б. – Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан, kenesbek_anuar@mail.ru.

Тогизбаева Б.Б. – Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының профессоры, техника ғылымдарының докторы, Қарағанды, Қазақстан, baglan099@mail.ru.

Балабекова К.Г. - Қарағанды техникалық университетінің «Көлік техникасы және логистикалық жүйелер» кафедрасының доценті, PhD доктор, Қарағанды, Қазақстан, 06_03_92@mail.ru.

Suleev B.D. - Ph.D., Senior Lecturer, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, culeev_bahtiyar@mail.ru.

Kenesbek A.B. - teacher, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, kenesbek_anuar@mail.ru.

Togizbayeva B.B. – Doctor of Technical Science, Professor, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, baglan099@mail.ru.

Balabekova K.G. – Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, Department of "Transport Engineering and Logistics Systems", Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, 06_03_92@mail.ru.