

**КӨЛІК, КӨЛІКТІК ИНЖЕНЕРИЯ
TRANSPORT, TRANSPORT ENGINEERING
ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ**

ӘОЖ 621.878.25

DOI 10.52167/1609-1817-2025-136-2-18-28

К.А. Жусупов¹, Р.А. Козбагаров¹, Ш.Д. Ахметова², Е.Б.Калиев¹, Н.С. Камзанов²

¹Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

E-mail: ryctem_1968@mail.ru

**КЕСУ БҰРЫШЫНЫҢ ҚОЗҒАЛМАЙТЫН МАШИНАДА БУЛЬДОЗЕР
ПЫШАҒЫНЫҢ ТЕРЕҢДЕТУ КЕДЕРГІСІНЕ ӘСЕРІ**

Аңдатпа. Бульдозер пышағының қозғалмайтын машинада тереңдету кедергісін зерттеу жұмыс органына оны жерге енгізу процесінде әсер ететін күш факторларын талдауға бағытталған. Қозғалмайтын машинада пышақты тереңдету оның алдыңғы және артқы беттеріне қарсылық көрсететін топырақтың пассивті қайтарылуының жоғарылауымен бірге жүреді. Тереңдету тереңдігінің артуымен бұл қарсылық тереңдеу мөлшеріне пропорционалды түрде өседі, бұл жұмыс органын жерге одан әрі жылжыту үшін көп күш салу қажеттілігіне әкеледі.

Қозғалмайтын машинадағы қарсылықтың ерекшелігі-пышақты жерге енгізудің бастапқы кезеңдерінде пышақтың алдыңғы жағындағы пассивті тойтарыс айтарлықтай артып, жұмыс істеуге қажетті күш-жігерді арттырады. Сонымен қатар, пышақтың артқы жағында, тереңдеген сайын, қарсылық та артады. Кесу бұрыштары қарсылықты өзгертуде маңызды рөл атқарады: кесу бұрышы үлкен болған кезде пышақтардағы қарсылық төмендейді, бұл жұмыс механизмдеріне жүктемені азайтады.

Зерттеу нәтижелері пышақты қозғалмайтын машинада тиімді тереңдету үшін жоғары кесу бұрыштарын қолдану қажет екенін көрсетеді. Бұл топырақтың пассивті кедергісін азайтады және бульдозердің өнімділігін жақсартады, энергия шығындарын азайтады және процестің тұрақтылығын арттырады.

Түйінді сөздер. Бульдозер, жұмысшы жабдығы, кесу бұрышы, қайырма күрек, пышақ, топырақ

Кіріспе.

Базалық машинаның қуатын арттырмай, жер жұмыстарына арналған машиналарды пайдалану тиімділігін арттыру және қолдану саласын кеңейту бағыттарының бірі технологиялық операцияларды орындауға жұмсалатын энергия шығынын азайту болып табылады.

Қолданыстағы машиналарды, атап айтқанда бульдозерлерді (1-сурет) жетілдіру кезінде ұтымды конструктивті және режимдік параметрлерді іске асыруға негізделген бұл бағыт неғұрлым қолайлы болып көрінеді.



1 сурет – ТМ-10 бульдозері

Топырақты кесу теориясына сәйкес, қайырма типті жұмыс органдары рационалды кесу бұрышында қажетті күшті жүзеге асыратын бульдозерлік жабдықты жасауы керек.

Осылайша, әртүрлі санаттағы топырақты дамыту үшін ауыспалы кесу бұрышы бар бульдозерлік жабдықтың болуы ұсынылады.

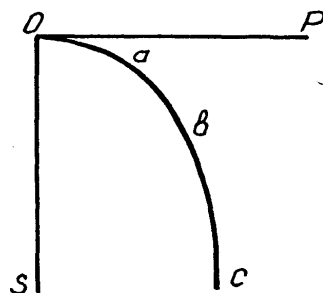
Қазіргі уақытта бульдозерлік жабдықтың аспалары белгілі, онда топырақты кесу бұрышын өзгерту гидравликалық цилиндрмен жүзеге асырылады, бірақ олар қосымша қуат жетегін пайдаланумен байланысты құрылымның айтарлықтай күрделілігіне байланысты кеңінен қолданылмады.

Жоғарыда айтылғандар ауыспалы кесу бұрышы бар бульдозерлік жабдықтың аспалы құрылымын жақсартуға бағытталған жұмыс тақырыбының өзектілігін анықтайды. Сондықтан, ауыспалы кесу бұрышы бар бульдозердің жұмыс жабдығын тоқтата тұрудың ұтымды кинематикалық параметрлерін негіздеу өзекті мәселе болып табылады.

Материалдар мен тәсілдер.

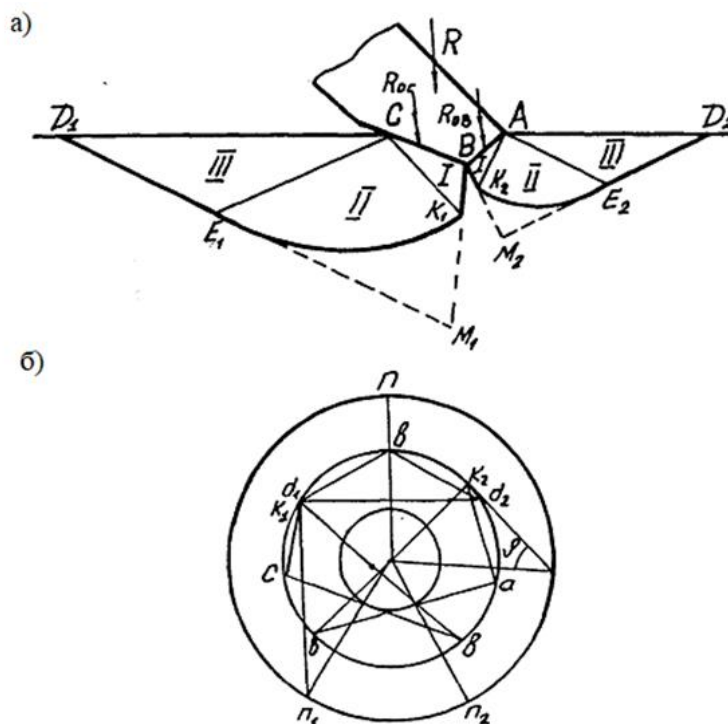
Бульдозердің жұмыс органын қозғалмайтын машинамен жерге енгізу [1] жетек механизмі дамытатын күш әсер ететін күрделі пішінді штамптың массивіне басу ретінде елестетуге болады. Жұмыс органының ауырлық күші мен жетек арқылы дамыған күштің әсерінен кернеулер пышақтың астындағы топырақ массивінде пайда болады, олардың мөлшері мен таралуы жүктемеге, пышақтың геометриялық параметрлеріне және топырақ параметрлеріне байланысты болады. Егер біз жер бетіне штамп механикасында деп аталатын шектеулі мөлшердегі платформаны алсақ және әр жүктеме қосымшасынан кейін S шөгіндісін өлшеу арқылы оған жүктемені біртіндеп арттыратын болсақ, онда штамптың жүктемеге түсетін графигі 2-суретте көрсетілген [1, 2]. Графикте дәйекті түрде жүретін және деформацияланатын топырақтың қозғалу сипатымен ерекшеленетін үш фазаны бөлуге болады. Бірінші фазада жүктеме кезінде топырақтың ерекше тығыздалуы орын алады, ал топырақ бөлшектері негізінен төмен түседі. Түсетін штамп қисығының сәйкес учаскесі $0-a$ тығыз топырақта түзу сызыққа жақын. Бірінші фазаға – тығыздау фазасына сәйкес келетін түсетін штамп әдетте аз болады. Жүктеме одан әрі артқан кезде, топырақтың тығыздалуымен қатар, топырақтың жеке нүктелерінде ығысулар мен пластикалық ағынның пайда болуымен байланысты штамптың астынан топырақты сығу құбылысы маңызды бола түседі. Деформацияның екінші фазасы $a-b$ қисығының учаскесіне сәйкес келеді. Жүктеме өскен сайын түсетін штамп біркелкі болмайды. Жүктеме белгілі бір критикалық мәнге жеткенде, топырақта біртіндеп пайда болатын ығысу аймақтары біріктіріліп, қатты сырғанау бетін құрайды, оның бойымен топырақ мөртабанның астынан ығыстырып, оның күрт батырылуымен бірге жүреді ($b-c$ қисығының бөлігі). Штамптың астында тығыздалған ядро пайда болады, штамп түскен

кезде топырақты итереді. Шөгу бірден дерлік болады. Деформацияның бір кезеңінен екіншісіне, әсіресе екіншісінен үшіншісіне ауысу күрт байқалмайды. Сондықтан олардың арасындағы айырмашылық шартты түрде жасалады. Топырақтағы пластикалық деформация аймақтарының айтарлықтай дамуы және деформацияның үшінші фазасына өту жағдайындағы топырақ массивінің жұмысы [1] бойынша шекті тепе-теңдік жағдайындағы жартылай кеңістіктің есептік схемасымен бағалануы мүмкін.



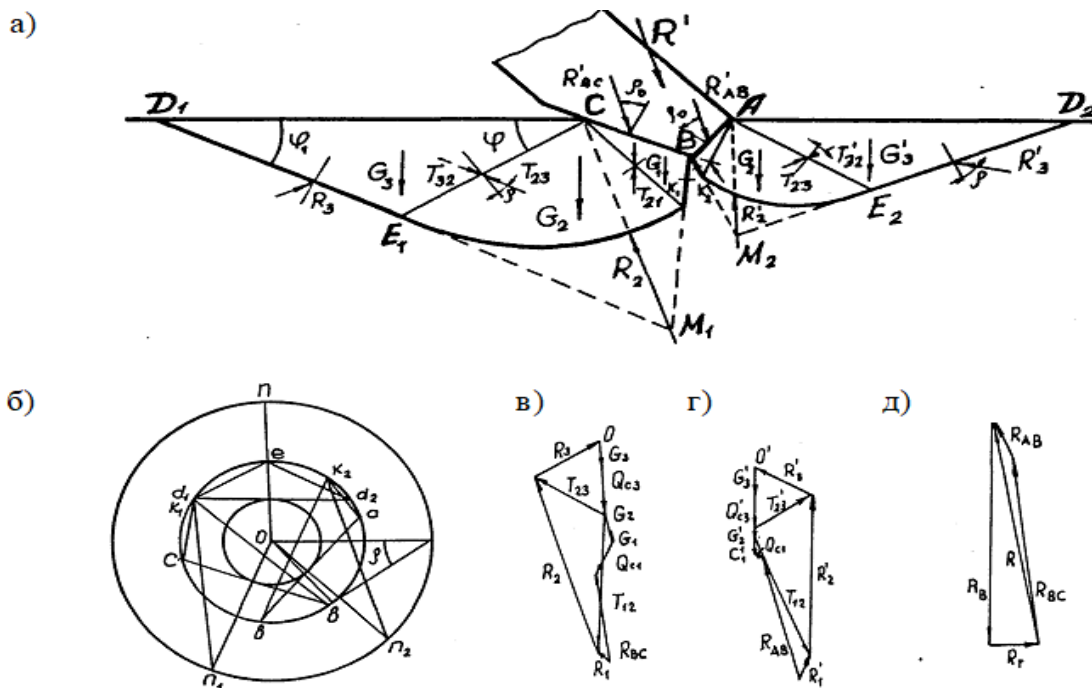
2 сурет - Штамп түсімінің жүктемеге тәуелділігі

Штамптың астындағы ығысумен қамтылған топырақ массивінде үш тән кернеу аймақтары мен аймақтарын ажыратуға болады (3 - сурет): I - ең үлкен кернеулер аймағы; II – арнайы аймақ; III-ең кіші кернеулер аймағы. Жылжу жүретін сырғанау беттерінің бағыттарын С.С. Голушкевичтің сипаттамалық шеңберлері [3] арқылы анықтауға болады. Өздеріңіз білетіндей, бұл құрылыс осы алаңның ұштары арқылы өтетін топырақтағы сырғанау алаңдарының бағытын табуға мүмкіндік береді, егер белгілі болса: топырақтың ішкі үйкеліс бұрышы p , меншікті С адгезиясы және осы алаңға әсер ететін толық кернеу немесе қысым бағыты R.



а – схема; б – сипаттамалық шеңберлер жүйесі.

3 сурет - Пышақ астындағы топырақтағы сырғанау сызықтары



а – схема; б – сипаттамалық шеңберлер жүйесі; в, г, е – күштік көпбұрыштар.

4 сурет - Пышақты топыраққа енгізу

Пышақты тереңдетудің белгілі бір сәтінде топырақ өте кернеулі күйде екенін ескере отырып, топырақтың көтергіштігіне сәйкес келетін пышақтың беттері жағынан массивке шекті жүктеменің (қысымның) мөлшерін анықтауға болады. Пышақты басқан кезде оның жиектері массивке еніп, топырақта шиеленісті жағдай жасайды. Пышақтың беттерін жер массивіне жақындаған тіреу қабырғалары ретінде қарастыра отырып және топырақтың пассивті кері қайтарылуына топырақтың қысылуына төзімділігін салыстыра отырып, біз пышақтың бетіне әсер ететін топырақтың пассивті кедергісінің мөлшерін анықтаймыз.

Қатты сырғанау беттерінің пайда болуының бастапқы сәтінде оны сусымалы денеге қарай жылжитқан кезде тірек қабырғасына әсер ететін қысым пассивті қарсылық немесе топырақтың қайтарылуы деп аталады. Көлемді сырғанау бетімен шектелген топырақ призмасы дөңес призма деп аталады [4]. Тірек қабырғаға әсер ететін топырақтың пассивті қайтарылуының ең қарапайым және көрнекі әдісі - С.С. Голушкевичтің графикалық әдісі. Топырақ пен пышақтың параметрлерін біле отырып, біз сипаттамалық шеңберлер жүйесін құрамыз және топырақтағы сырғанау алаңдарының бағыттарын және әр бет үшін пышақтың бетіндегі қысымды анықтаймыз (4-сурет). AB және BC пышағының шетінде әрекет ететін топырақтың пассивті тойтарысының шамасын анықтағаннан кейін, пышақты массивке тереңдету үшін қажетті сыртқы күштің, R шамасын анықтаймыз.

Нәтижелер.

Топырақтағы сырғанау алаңдарының бастапқы бағытын B және BC беті үшін топырақтағы пассивті тойтарыс мөлшерін анықтайық (4-суретті қараңыз). Біз тікбұрышты үшбұрыштың ерікті өлшемдерін саламыз, оның бұрыштарының бірі p , және осы үшбұрыштың көмегімен біз сипаттамалық шеңберлер жүйесін бейнелейміз (4, б - сурет). Біз BC -ге параллель алаңдар шеңберіне тангенс жүргіземіз. Алаңдар шеңбері бар BC сызығының жанасу нүктесі және O шеңберінің ортасы арқылы n_1 нүктесіндегі полюстер шеңберімен қиылысқанға дейін түзу сызамыз. Пышақтың бетіне әсер ететін сил R'_{bc} үшін

параллель нүктеден біз $n_1 k_1$ түзуін шыңның шеңберімен қиылысқанға дейін жүргіземіз. BC бетіне топырақтың пассивті тойтарысы әсер ететіндіктен R'_{BC} BC күшінің әрекет ету сызығы нормалдан BC бетіне топырақтың сыртқы үйкеліс бұрышына ρ_o ауытқиды. I аймақ шегінде ең кернеулі күй болғандықтан, c және ϕ нүктелерін k_1 нүктесімен байланыстыра отырып, біз ck_1 сырғанау сызықтарының бағытын аламыз және bk_1 (4, б-суретті қараңыз). Тікелей сызу арқылы CK_1 және BK_1 , түзуге параллель BK_1 және CK_1 біз ең үлкен кернеулер аймағын аламыз BK_1C (4, а - сурет).

III аймақ шегіндегі топырақ бетіне тек біркелкі бөлінген қалыпты жүктеме қолданылады - q_c байланысының қысымы

$$q_c = \frac{C}{\operatorname{tg} \rho}. \quad (1)$$

Содан кейін осы аймақтағы сырғанау сызықтары топырақтың бетіне бұрышпен қисайып, түзу болады

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}. \quad (2)$$

C нүкте арқылы түзу бұрышпен жүргізгеннен кейін φ және топырақ бетіне, біз ондағы нүктенің орнын анықтаймыз E_1 , кесіндінің ұзындығын белгілей отырып CE_1 арқылы r_2 . E_1 нүктесінің орнын анықтайтын R_1 радиус-векторының ұзындығы өрнектен тұрады

$$r_2 = r_1 e^{\theta \operatorname{tg} \rho}, \quad (3)$$

мұндағы r_1 - CK кесіндінің ұзындығы;

θ - CK_1 және CE_1 түзулерінен құрылған бұрыш K_1CE_1 ;

e - натуралды логарифмдердің негізі.

r_1 ұзындығы мен θ бұрышы 4-суретке сәйкес салынған диаграммада тікелей өлшеу арқылы есептеледі. Осылайша, E_1 нүктесінің орнын анықтай отырып, ол арқылы m бұрышымен топырақ бетіне еңкейтілген E_1D_1 түзуін жүргізіңіз. II арнайы аймақ логарифмдік спиральмен анықталған E_1K_1 қисығымен жабылады. Есептелген сырғанау сызығының құрылысы осымен аяқталады.

Пышақтың кесу элементінің CB бетінен пайда болған $CBK_1E_1D_1$ призмасына қолданылатын күштерді қарастырыңыз. Облыс шегінде 4, а-суретте қатты сызықтармен көрсетілген күштер қолданылады: R'_{BC} пышағының бетіне әсер ететін сыртқы күштің құрамдас бөлігі; I аймақ топырағының G_1 ауырлық күші, оны анықтау үшін CBK_1 призмасының көлемін есептеу қажет,

$$G_1 = \gamma g V_{CBK_1},$$

мұндағы γ - топырақтың көлемдік массасы; g – еркін түсу үдеуі; V_{CBK_1} - CBK_1 аунатпа призмасының көлемі.

CK_1 бетіне қолданылатын T_{21} топырақ реакциясы белгісіз және p -ден нормальға дейінгі бұрышта еңкейтілген; R_1 топырақ массивінің мөлшері бойынша белгісіз

реакциясы, BK_1 жазықтығына ρ бұрышында еңкейтілген; Q_{C1} байланыс қысымы, CB жазықтығына қалыпты және тең

$$Q_{C1} = q_c b |BC|,$$

мұндағы b - қайырма күректің ұзындығы.

II аймақ шегінде 4, а - суретте нүктелі сызықпен көрсетілген күштер қолданылады: II аймақтың G_2 топырағының ауырлық күші, оны анықтау үшін K_1CE_1 призмасының көлемін есептеу қажет

$$V_{K_1CE_1} = bF = \frac{(r_2^2 - r_1^2)b}{4tg\rho}, \quad (4)$$

мұндағы F – логарифмдік спираль секторының ауданы; I және III аймақтармен өзара әрекеттесу күштерінің шамасы бойынша белгісіз, суретте T_{12} және T_{32} арқылы көрсетілген, CK_1 , CE_1 беттеріне қолданылатын және тиісті нормальдарға ρ тең бұрыштармен қисайған; бағыты CM_1 түзуімен сәйкес келетін R_2 топырақ массивінің шамасы бойынша белгісіз реакциясы [5].

III аймақ шегінде келесі күштер қолданылады: III аймақтың G_3 топырағының ауырлық күші, оны анықтау үшін CE_1D_1 призмасының көлемін есептеу керек,

$$G_3 = \lambda g V_{CE_1D_1};$$

мұндағы $V_{CE_1D_1}$ - CE_1D_1 призма көлемі.

II және III аймақтардың өзара әрекеттесу күші болып табылатын T_{23} шамасы бойынша белгісіз күш, ол ρ бұрышында нормальға еңкейтілген; R_3 топырақ массивінің шамасы бойынша белгісіз реакциясы, ρ -ден нормальға дейін еңкейтілген; Q_{C3} байланыс қысымы, қалыпты түрде CD_1 жазықтығына қолданылады және тең

$$Q_{C3} = q_c b |CD_1|.$$

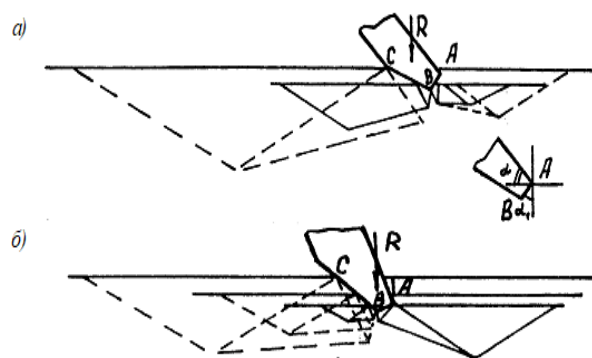
Жоғарыда аталған күштердің шамасы мен бағытын анықтағаннан кейін біз III аймақ үшін күштер көпбұрышын саламыз, содан кейін II аймақ үшін, содан кейін I аймақ үшін күштер көпбұрышын саламыз (3, в - суретті қараңыз). Құрылымның нәтижесінде біз $BC - R_{BC}$ пышағының шетіне әсер ететін топырақтың пассивті тойтарысының шамасын аламыз.

Талқылау.

AB қыры үшін сырғанау алаңдарының бағытын және топырақтың пассивті тойтару шамасын анықтау жылжымалы сызықты салудан басталады. AB -ға параллель алаңдар шеңберіне жанамалы жүргізейік (4, б - суретті қараңыз). Алаңдар шеңбері бар av сызығының жанасу нүктесі және O шеңберінің центрі арқылы біз полюстер шеңберімен қиылысқанға дейін түзу сызамыз - n_2 нүктесі. AB бетіне параллель әрекет ететін n_2 нүктесінен R'_{AB} күшіне n_2k_2 түзуін шындар шеңберімен қиылысқанға дейін жүргіземіз. Топырақтың пассивті тойтарысы AB бетіне әсер ететіндіктен, R'_{AB} күшінің әрекет ету сызығы қалыптыдан AB бетіне ρ_o бұрышына ауытқиды. v және a нүктелерін k_2 нүктесімен байланыстыра отырып, біз сырғанау сызығының бағытын аламыз. vk_2 және ak_2 түзулеріне

параллель AE_2 және D_2E_2 түзулерін жүргізгеннен кейін: біз ең үлкен кернеулер аймағын аламыз AK_2B (4, а - суретін қараңыз). d_1e және d_2e түзулеріне параллель AE_2 және D_2E_2 түзулерін жүргізе отырып, біз III аймақтың сырғанау сызықтарының бағытын табамыз. E_2 нүктесі - r_2 радиусының векторының соңы (3) өрнегінен табылған. Бұл жағдайда бұрыш $\theta = E_2AK_2$, $r_1 = AK_2$. Логарифмдік спиральмен анықталған K_2E_2 қисығының II арнайы аймағын жауып, біз AK_2E_2 арнайы аймағын аламыз.

$AD_2E_2K_2B$ шығын призмасына қолданылатын күштер $CBK_1E_1D_1$ шығын призмасына қолданылатын күштерге ұқсас. Күшті анықтау тәртібі. R_{AB} және R_{BC} күшін анықтау тәртібіне ұқсас. Біз күштік көпбұрыштар саламыз және AB - R_{AB} бетіне әсер ететін топырақтың пассивті реакциясының мөлшерін анықтаймыз (4, г - суретті қараңыз). R_{AB} және R_{BC} топырақ тойтару күштерінің шамасы мен бағытын біле отырып, біз көлденең R_r және тік R_b компоненттеріне ыдырауға болатын R (4, е-суретті қараңыз) топырақ тойтару күштерінің бағытын табамыз. Пышаққа R күшіне тең және қарама-қарсы бағытталған R' сыртқы күшін қолдану арқылы пышақты жерге белгілі бір мөлшерде басуға болады. Егер $R' < R$ болса, онда массивте өте шиеленісті жағдай жасалмайды және пышақ тереңдетілмейді.



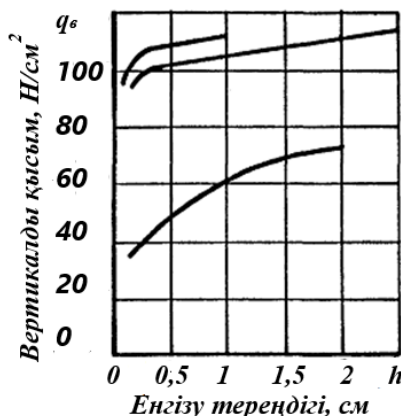
5 сурет – Кесу бұрышы $\alpha = 45^0$ (а) және $\alpha = 70^0$ (б) пышақты енгізген кезде топырақтағы сырғанау беттері

BC бетінің топырақпен жанасу аймағы басылған сайын біртіндеп ұлғаяды, ал AB беті $h = AB \sin \alpha$ тереңдігінен бастап тұрақтанады (5-сурет). Бетінің топырақпен жанасу аймағының ұлғаюымен дөңес призманың көлемі, демек, топырақта шекті кернеу күйін құру үшін қажетті күш мөлшері артады. Тік қысымның мөлшері тәуелділікпен анықталады:

$$q_B = \frac{R_B}{F_r}, \quad (5)$$

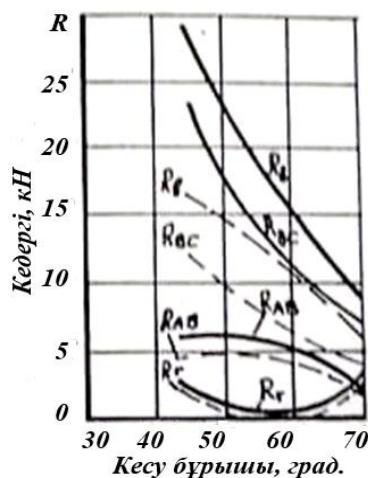
мұндағы R_B - пышақтың шетінде әрекет ететін топырақты қайтарып алу күшінің тік компоненті; F_r - топырақпен жанасатын пышақтың төменгі бетінің көлденең жазықтыққа проекциясы.

Енгізу процесінде h жоғарылауымен q_b шамасының өзгеруі шамалы өзгереді. Ерекшелік - $h = 0,003$ м дейінгі бастапқы учаске, бұл R_b және R_r күштерінің өзгеру сипатымен түсіндіріледі (6 сурет).



6 сурет - Пышақты енгізу мөлшерінен тік енгізуді өзгерту

Қолда бар деректерді талдау [4, 5] кесу бұрышы пышақтың тереңдеуіне төзімділікке де әсер етеді деп айтуға мүмкіндік береді. α бұрышының 45° -тен 70° - қа дейін ұлғаюымен R_{AB} және R_{BC} пышақтарының шетінде әрекет ететін пассивті тойтарыс сызықты емес азаяды және қырлы шетінде қарқынды әрекет етеді (6-сурет). Егер $\alpha=45^\circ$ және $h=0,01\text{ м}$ $R_{BC}=24350\text{ Н}$, $R_{AB}=5530\text{ Н}$ болса, онда $\alpha=70^\circ$ және $h=0,01\text{ м}$ $R_{BC}=7953\text{ Н}$, $R_{AB}=2100\text{ Н}$.



R_{AB} - AB қырына әсер ететін күш; R_{BC} - BC қырына әсер ететін күш; R_v - вертикалды компоненттен алынған күш; R_r - көлденең компонент алынған күш.

7 сурет – Пышақты енгізу тереңдігі кесу бұрышының топырақтың ығыстыру компоненттеріне әсері $0,01\text{ м}$ (-----) және $0,005\text{ м}$ (- - -)

Осылайша, кесетін бұрышының 45° -тен 70° - қа дейін ұлғаюы (1,56 есе) R_{BC} -ны 3,06 есе, ал R_{AB} - 2,63 есе азайтты. Бұл AB және BC бетінің горизонтқа α көлбеу бұрышы ұлғайған сайын өзгертіндігімен, бетінің топырақпен жанасу аймағы, дөңес призманың көлемі өзгертіндігімен және нәтижесінде пышақтың бетіне әсер ететін топырақтың пассивті тойтарысының мөлшері азаятындығымен түсіндіріледі. Кесу бұрышының ұлғаюымен пышақтың жерге меншікті тік қысымы q_b өзгереді, ол қарастырылып отырған жағдай үшін $h=0,01\text{ м}$ кезінде 1,78 есе азайды.

R_{BC} 3,6 есе, ал R_{AB} 2,63 есе азайды. Бұл α ұлғаюымен AB және BC бетінің горизонтқа көлбеу бұрышы өзгеретіндігімен, бетінің топырақпен жанасу аймағы, дөңес призманың көлемі өзгеретіндігімен және нәтижесінде пышақтың бетіне әсер ететін топырақтың пассивті тойтарысының мөлшері азаятындығымен түсіндіріледі. Кесу бұрышының ұлғаюымен пышақтың q_b топырағына меншікті тік қысымы да өзгереді, ол қарастырылып отырған жағдай үшін $h=0,01$ м кезінде бір есе азайды.

Қорытынды.

Жүргізілген талдаудан бульдозер пышағын қозғалмайтын машинада жерге енгізу пышақтың жұмыс бетіне әсер ететін топырақтың пассивті кері қайтарылуының жоғарылауымен байланысты екендігі шығады. Тереңдеудің бастапқы кезеңдерінде пышақтың алдыңғы жағындағы топырақтың пассивті тойтарысы едәуір артады, бұл жұмыс органын одан әрі ілгерілету үшін көп күш жұмсауды қажет етеді. Тереңдіктің тереңдігі артқан сайын, пышақтың артқы жағына әсер ететін пассивті тереңдеу мөлшеріне пропорционалды түрде өсетінін атап өткен жөн.

Кесу бұрышы ұлғайған кезде пышақтың бетіне әсер ететін топырақтың пассивті реакциясы айтарлықтай төмендейді. Бұл пышақты жерге көму үшін қажет күш-жігердің азаюына және машинадағы жүктеменің төмендеуіне әкеледі. Алайда, осыған қарамастан, қозғалмайтын машинада жұмыс органын жерге тиімді енгізу үшін үлкен кесу бұрыштарын қолдану қажет. Себебі кесудің үлкен бұрыштарында топырақтың кедергісі бульдозердің жұмысы үшін оңтайлы болады.

Осылайша, пышақты қозғалмайтын машинада тиімді тереңдету үшін жоғары кесу бұрыштарын таңдау керек, бұл жұмыс механизмдеріне жүктемені азайтуға және бульдозердің жалпы өнімділігін жақсартуға көмектеседі.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Козбагаров Р.А., Ерманов С. Е, Оразбаева А.Н Бульдозер жабдығының бейімдемелігі топырақты қазу кезіндегі кесу үрдісіне әсері. «Құрылыс конструкциясының теориялы және экспериментті зерттеулері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары. - Алматы: ҚазБСҚА, №2, 2007. 270-273 беттер.

[2] Козбагаров Р.А., Оразбаева А.Н. Қазу үрдісінде топырақты фонмен бульдозердің жұмысшы жабдығының өзара іс-әрекеті. - Алматы: ҚазККА хабаршысы, №5(60) 2010, - 63-66 беттер.

[3] Козбагаров Р.А., Махабаева А.Т. Бульдозердің жұмысшы органдарының тұтқырлы топырақтармен өзара байланысы. - Алматы: Магистраль №2 (120), 2011, - 58-61 беттер.

[4] Козбагаров Р.А., Жусупов К.А., Кекилбаев А.М., Есенгалиев М.Н. Бульдозердің жұмысшы жабдығымен әр-түрлі санаттағы топырақты қазу үрдісіне кесу бұрышының әсері. - Алматы: ҚазҰТЗУ хабаршысы №3 (133), 2019, 112-118 беттер.

[5] Козбагаров Р.А., Жусупов Ж.К., Жиенкожаев М.С., Шалбаев К.К., Камзанов Н.С. Топырақты кесу процесінің энергия сыйымдылығын төмендету арқылы бульдозердің тиімділігін арттыру. - Алматы: ҚазККА хабаршысы №1 (124), 2023, 16-24 беттер.

REFERENCES*

[1] Kozbagarov R.A., Ermanov S. E, Orazbaeva A.N Bul'dozer zhabdygynyn bejimdemeligi topyrakty kazu kezindegi kesu yrdisine aseri. «Kurylys konstrucijasynyn teorijaly zhane jeksperimentti zertteuleri» atty halykaralyk gylimi-praktikalyg konferencija materialdary. - Almaty:KazBSKA, №2, 2007. 270-273 better.

[2] Kozbagarov R.A., Orazbaeva A.N. Kazu urdisinde topyrakty fonmen bul'dozerdin zhumysshы zhabdygynyn ozara is-areketi. - Almaty: KazKKA habarshysy, №5(60) 2010, - 63-66 better.

[3] Kozbagarov R.A., Mahabaeva A.T. Bul'dozerdin zhumysshы organdarynyn tutkyrly topyraktarmen ozara bajlanysy. - Almaty: Magistral' №2 (120), 2011, - 58-61 better.

[4] Kozbagarov R.A., Zhusupov K.A., Kekilbaev A.M., Esengaliev M.N. Bul'dozerdin zhumysshы zhabdygymen ar-turli sanattagy topyrakty kazu urdisine kesu burushynyn aseri. - Almaty: KazUTZU habarshysy №3 (133), 2019, 112-118 better.

[5] Kozbagarov R.A., Zhusupov K.A., Zhiyenkozhaev M.S., Kalmanbet Sh.K., Kamzanov N.S. increasing the efficiency of the bulldozer by reducing the energy intensity of the soil cutting process. Almaty: KazKKA habarshysy, №1 (124), 2023, 16-24 better.

Kenes Zhussupov, candidate of technical sciences, associate professor, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Rustem Kozbagarov, candidate of technical sciences, associate professor, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, ryctem_1968@mail.ru

Sholpan Akhmetova, candidate of technical sciences, associate professor, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, mergenamir@mail.ru

Yerbol Kaliyev, candidate of technical sciences, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Almaty, Kazakhstan, kaliyev.ye@mail.ru;

Nurbol Kamzanov, PhD, Satbayev university, Almaty, Kazakhstan, n.kamzanov@mail.ru

INFLUENCE OF CUTTING ANGLE ON THE RESISTANCE OF BULLDOZER BLADE BURIAL WHEN THE MACHINE IS STATIONARY

Abstract. The study of the resistance of the bulldozer blade deepening at a stationary machine is aimed at analyzing the force factors acting on the working tool in the process of its penetration into the ground. When the machine is stationary, the deepening of the blade is accompanied by an increase in the passive resistance of the ground, which resists the front and rear edges of the blade. With increasing depth of burial, this resistance increases in proportion to the depth of burial, which leads to the need to make greater efforts for further advancement of the working body into the ground.

The peculiarity of resistance when the machine is stationary is that at the initial stages of penetration of the knife into the ground passive resistance on the front edge of the knife increases significantly, increasing the effort required for work. At the same time, the resistance also increases at the rear edge of the knife as it goes deeper. Cutting angles play an important role in the change in resistance: at higher cutting angles, the resistance on the knives decreases, reducing the load on the working mechanisms.

The results of the study emphasize that higher cutting angles must be used for effective knife burial when the machine is stationary. This reduces passive ground resistance and improves dozer performance by minimizing energy input and increasing process stability.

Keywords. Bulldozer, working equipment, cutting angle, blade, knife, soil.

Кенес Жусупов, к.т.н, ассоциированный профессор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru

Рустем Козбагаров, к.т.н., ассоциированный профессор, Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан, rystem_1968@mail.ru

Шолпан Ахметова, к.т.н., ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, mergenamir@mail.ru

Ербол Калиев, к.т.н., Mukhametzhan Tynyshbayev ALT University, Алматы, Казахстан, kaliyev.ye@mail.ru;

Нурбол Камзанов, PhD, Satbayev University, Алматы, Казахстан, n.kamzanov@mail.ru

ВЛИЯНИЕ УГЛА РЕЗАНИЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАГЛУБЛЕНИЯ НОЖА БУЛЬДОЗЕРА ПРИ НЕПОДВИЖНОЙ МАШИНЕ

Аннотация. Исследование сопротивления заглаблению ножа бульдозера при неподвижной машине направлено на анализ силовых факторов, действующих на рабочий орган в процессе его внедрения в грунт. При неподвижной машине заглабление ножа сопровождается увеличением пассивного отпора грунта, который оказывает сопротивление на переднюю и заднюю грани ножа. С увеличением глубины заглабления это сопротивление растёт пропорционально величине заглабления, что приводит к необходимости приложить большие усилия для дальнейшего продвижения рабочего органа в грунт.

Особенность сопротивления при неподвижной машине заключается в том, что на начальных этапах внедрения ножа в грунт пассивный отпор на передней грани ножа значительно возрастает, увеличивая усилия, необходимые для работы. При этом на задней грани ножа, по мере углубления, сопротивление также увеличивается. Углы резания играют важную роль в изменении сопротивления: при большем угле резания сопротивление на ножах снижается, что уменьшает нагрузку на рабочие механизмы.

Результаты исследования подчеркивают, что для эффективного заглабления ножа при неподвижной машине необходимо использовать более высокие углы резания. Это снижает пассивное сопротивление грунта и улучшает производительность работы бульдозера, минимизируя затраты энергии и увеличивая стабильность процесса.

Ключевые слова. Бульдозер, рабочее оборудование, угол резания, отвал, нож, грунт.

Редакцияға түсті / Поступила в редакцию / Received 11.10.2024

Жариялауға қабылданды / Принята к публикации / Accepted 17.02.2025