

Рустембаев А. Б., философия докторы (PhD), негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-1250-8034>
«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, rustem.arman88@gmail.com
Нукешев С.О., техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР АШҒА академигі, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, <https://orcid.org/0000-0003-3525-6228>
«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, snukeshev@mail.ru
Есхожин Д. З., техника ғылымдарының докторы, профессор, <https://orcid.org/00000001-9681-6634>
«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, deshojin@mail.ru
Амантаев М.А., философия докторы (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>
«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ-сы, А.Байтұрсынова к-сі, 47, 110000, Қазақстан, amantaevmaxat.kz@mail.ru
Мұстафин Ж. Ж., техника ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0009-0009-2015-5388>
«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, mustafin_j80@mail.ru
Золотухин Е.А., философия докторы (PhD), <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>
«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ-сы, А.Байтұрсынова к-сі, 47, 110000, Қазақстан, zolutukhine17@mail.ru
Танбаев Х. К., философия докторы (PhD), <https://orcid.org/0000-0002-6378-3247>
«Ш. Уәлиханов атындағы Кокшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау қ-сы, Абай к-сі, 76, 020000, Қазақстан, khozhakeldi@shokan.edu.kz
Сайдалин Е.Н., техника ғылымдарының магистрі, <https://orcid.org/0009-0002-2364-1372>
«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ-сы, Жеңіс д-лы, 62, 010011, Қазақстан, erlan_saidalin@mail.ru

Rustembayev A. B., PhD, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-1250-8034>
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, rustem.arman88@gmail.com
Nukeshev S.O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0003-3525-6228>
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, snukeshev@mail.ru
Yeskhozhin D.Z., Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0001-9681-6634>
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, deshojin@mail.kz
Amantayev M.A., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-4838-9487>
NJSC "Akmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, amantaevmaxat.kz@mail.ru
Mustafin Z.Z., c.t.s., <https://orcid.org/0009-0009-2015-5388>
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, deshojin@mail.kz
Zolutukhin Ye.A., PhD, <https://orcid.org/0009-0008-1305-5138>
NJSC "Akmet Baitursynuly Kostanay Regional University", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, zolutukhine17@mail.ru
Tanbaev K. K., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-6378-3247>
NPLC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov», Kokshetau, str. Abay 76, 020000, Kazakhstan, nkakabayev@shokan.edu.kz
Saidalin E.N., Master of Technical Science, <https://orcid.org/0009-0002-2364-1372>
NCJSC «S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University», Astana, Zhenis Ave., 62, 010011, Kazakhstan, erlan_saidalin@mail.ru

**ТОПЫРАҚТЫ ӨНДЕУ КЕЗІНДЕГІ ЖҰМЫС ОРГАНЫНЫҢ ТАРТУ КҮШІН
ТЕОРИТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕУ
THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE TRACTION FORCE OF THE WORKING PART
DURING SOIL CULTIVATION**

Түйін

Минералды тыңайтқыштарды қолданудың қабатты технологиясымен машинаны практикалық іске асырудың құнын төмендетуге болатындығы және оның құрылымдық шешімін жеңілдетуге болатындығы анықталды. Минералды тыңайтқыштарды қабатты енгізу үшін әзірленген қопсытқыш-тыңайтқыштың анықтаушы элементтерінің бірі – жұмыс органының қозғалуы үшін қажет тартылыс күші көптеген факторларға байланысты, оларға топырақ сферасының физикалық-механикалық сипаттамалары, жұмыс органының құрылымдық сипаттамалары және топырақты өңдеудің жұмыс процесінің технологиялық сипаттамалары жатады. Осыған байланысты, әзірленіп жатқан жұмыс органының құрылымдық параметрлері және оның жұмысының технологиялық параметрлері ретінде физика-механикалық қасиеттер арасындағы өзара байланысты орнату мақсатында теориялық зерттеулер жүргізілді. Теориялық зерттеулер нәтижесінде барлық негізгі конструктивті және технологиялық параметрлерді байланыстыратын өрнек алынды: жұмыс органының тарту күші лемехтің ұзындығына, өңдеу тереңдігіне және табан мен ерітіндінің кесу бұрыштарына және трансляциялық жылдамдықтың квадратына тура пропорционал. Есептеу көрсеткендей, қабылданған технологиялық және құрылымдық параметрлердегі жұмыс органының тарту күші $P = 124.3$ кг/с құрайды, бұл белгілі бір нәтижеге толық сәйкес келеді. Зерттеудің келесі кезеңінде алынған нәтижелерді зертханалық эксперименттерде топырақ каналындағы тәжірибелі жұмыс органын сүйреп апару және тарту күшін динамометриялау арқылы тексеру қажет.

ANNOTATION

It is revealed that with layered technologies for applying mineral fertilizers, the cost of practical implementation of the machine can be reduced, and its design solution can be simplified. One of the defining elements of the cultivator-fertilizer being developed for the layered application of mineral fertilizers is the traction force required to move the tillage tool depends on many factors, these include the physical and mechanical characteristics of the soil sphere, the constructive characteristics of the tillage tool and the technological characteristics of the working process of tillage. In this regard, theoretical studies have been conducted in order to establish a mutual relationship between the physical and mechanical properties, as the design parameters of the tillage tool being developed and the technological parameters of its operation. As a result of theoretical research, an expression has been obtained that connects all the main design and technological parameters: the pulling force of the tillage tool is directly proportional to the length of the ploughshare, the depth of processing and the angles of cutting and mortar of the paw, as well as the square of the translational velocity. The calculation showed that the traction force of the tillage tool with the accepted technological and design parameters is $P = 124.3$ kg / s, which fully corresponds to a certain result. At the next stage of the study, the results obtained must be verified in laboratory experiments, by dragging an experimental working organ in a soil channel and dynamometry of the traction force.

***Түйін сөздер:** топырақ өңдеу, қабатқа енгізу технологиясы, тыңайтқыштар, тарту күші, өңдеу тереңдігі*

***Key words:** soil cultivation, layered application technology, fertilizers, traction force, cultivation depth*

Кіріспе. Ауыл шаруашылығында минералды және органикалық тыңайтқыштарды дақылдардың өнімділігін арттырудың негізгі факторы ретінде пайдалануға үлкен мән берілуде [1-3]. Ғылым мен тәжірибе негізінде жүргізілген іздестірулер тыңайтқыштардың егінді екі еседен астам арттыра алатынын дәлелдеді [4-6]. Жоғары және тұрақты өнімділікті қамтамасыз етуде минералды тыңайтқыштар маңызды рөл атқарады, олардың тиімді және сапалы қолданылуы жоғары өнім алудың маңызды факторы болып табылады [6,7]. Қазіргі уақытта нарықтық экономика жағдайында тыңайтқыштардың әр килограммынан максималды кірісті қамтамасыз ету қажет. Дегенмен, қазіргі тыңайтқыш жүйесінің бірқатар кемшіліктері бар. Қолданыстағы жабдық пен тыңайтқыш технологиясының кемшіліктеріне және агротехникалық артықшылықтардың аз

насихатталуына байланысты азотты пайдалану коэффициенті небәрі 0,60-0,65, ал фосфор тек 0,15-0,20 құрайды [6].

Қолданылатын минералды тыңайтқыштардың тиімділігінің төмендігінің себептерінің бірі, жоғарыда айтылғандардан басқа, топырақты егін егуге дайындаудың қолданыстағы технологиясы мен техникалық құралдарының және жергілікті тыңайтқыштардың кемшіліктері болып табылады [6].

Топырақты егін егуге дайындаудың дәстүрлі технологияларымен еңбек өнімділігі төмендейді, еңбек пен қор шығындары артады, топырақ тығыздалады, топырақты дайындау уақыты кешіктіріледі және топырақ қарқынды кебеді, бұл өнімділіктің төмендеуіне әкеледі [8-10]. Топырақты егін егуге дайындайтын және тыңайтқышты бір өткелде қолданатын технологиялар анағұрлым перспективалы екендігі анықталды.

Көптеген ғалымдардың зерттеулері бойынша топырақ құнарлылығының әртүрлілігі барлық жерде тек ауданы бойынша ғана емес, сонымен қатар оның пайда болу тереңдігінде де байқалатындығы анықталды. Ғалымдар топырақтағы фосфор қосылыстарының аз қозғалушылығын дәлелдеді және вегетативті кезеңде оның кеңістіктік таралуы 1,0 см-ден аспайтынын анықтады. Сондықтан, 75 жыл ішінде белгілі бір учаскеде фосфор тыңайтқыштарын үнемі қолданған кезде оның заттарының деңгейінің иллювиалды көкжиекте жоғарылауы болған жоқ, қазіргі уақытта шаруашылықтарда дәнді дақылдарды өсірудің агротехнологиясы алуан түрлі – экстенсивтіден қарқындыға дейін.

Ф.И. Решетников Р32 түріндегі радиоизотопты қолданған таңбаланған атомдар әдісімен фосфор қосудың әртүрлі әдістерін зерттеді. Бұл әдіс арқылы егін егу және ерте тыңайтқыштандыру кезінде жас мақта өсімдіктеріне арналған тыңайтқыштардағы фосфордың қажетті позициялық сіндімділігіне қол жеткізілмейтіні анықталды. Ең жақсы нәтижелер зертханалық эксперименттерде фосфордың аз мөлшері көлденең экрандарға топырақ бетінен 10-15 см тереңдікте қолданылған кезде алынды. Бұл жағдайда өсімнің тұқымының өнуінен бастап қолданылған фосфорды тұтынудың басталуына дейінгі кезең 10-15 күнді құрайды, ал фосфор тыңайтқыштарын тұтынатын өсімдіктердің үлесі 78-90% құрайды.

И.А. Баранов пен В.А. Писемскийдің мәліметінше, суперфосфатты қолданудың жергілікті әдістерінде фосфор қышқылы тыңайтқыштардан тез бөлініп, олардың айналасында шоғырланып, қаныққан аймақты немесе өсімдіктерге оңай еритін және оңай қол жетімді қосылыстары бар шоғырланған аймақтарды құрайды. Мұндай фокустар өте ұзақ сақталады. Сонымен қатар, топырақта фосфор қышқылының айтарлықтай қозғалысы байқалмайды. Алайда, жергілікті әдіспен майды бір қабатқа шоғырланған қолдану жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін, нәтижесінде тұздануға ең сезімтал тамыр жүйесінің ең жұқа түктері зақымдалуы мүмкін.

Алдыңғы зерттеулерді талдау тамыр жүйесі үшін қоректік заттардың қолжетімділігін арттыру үшін оларды тамырлардың әсер ету аймағында қабаттарда тарату қажет екенін көрсетеді. Тыңайтқыштарды қабатты қолданған кезде оларды қажетті арақатынаста қабаттарға таратуға болады. Бұл өте маңызды жағдай. Бұл өсімдіктердің тамыр жүйесінің даму ерекшеліктерін, топырақ ылғалдылығының динамикасын және топырақтағы қоректік заттарды сіндіру процестерін ескеруге мүмкіндік береді [11,12].

Минералды тыңайтқыштарды қолданудың қабатты технологиясымен машинаны практикалық орындауға кететін шығындар азаяды және оның құрылымдық шешімі жеңілдетілуі мүмкін. Осылайша, минералды тыңайтқыштарды қабатты қолданудың технологиялық сұлбалары негізделген, мақсатты жұмыстың келесі кезеңі оларды орындау үшін машинаның құрылымдық әзірлемелері болуы мүмкін [13-15].

Материалдар және зерттеу әдісі. Зерттелетін жұмыста анықтаушы элементтердің бірі – тәжірибелі культиватор-тыңайтқыш енгізгіштің жұмыс органының топырақта жылжуы үшін қажетті тарту күші көптеген факторларға байланысты, оларға топырақ сферасының физикалық-механикалық сипаттамалары, жұмыс органының құрылымдық сипаттамалары және топырақты өңдеудің жұмыс процесінің технологиялық сипаттамалары жатады [16, 17].

Топырақтың физика-механикалық сипаттамаларын тікелей далада анықтауға болады. Оларға өлшемдер бойынша топырақтың сыртқы немесе ішкі үйкеліс коэффициенттері, көлемдік салмақ және ылғалдылық жатады. Сипаттық топырақтарға арналған бұл көрсеткіштерді әдеби көздерден де анықтауға болады. Құрылымдық параметрлер мысалы, жұмыс органының алып ені, ашылу мен орнату бұрыштарын конструктор тағайындайды және әзірленіп жатқан машинаның сипаттамаларына байланысты. Технологиялық параметрлерге жұмыс органының жұмыс жылдамдығы мен тереңдігі жатады [18].

Олар агротехникалық талаптарға және топырақты өңдеуге және тарту машинасының мүмкіндіктеріне байланысты. Өзірленіп жатқан жұмыс органының құрылымдық параметрлері және оның жұмысының технологиялық параметрлері ретінде физика-механикалық қасиеттер арасындағы өзара байланысты орнату мақсатында теориялық зерттеулер жүргізілді. Оларды басқару және олардың оңтайлы комбинациясын анықтау мүмкіндігі [19].

1-суретте тыңайтқыш енгізгіштің жұмыс органы, ол екі жақты жалпақ табан болып табылады. Жұмыс органы V жылдамдығымен қозғалады және нәтижелі күшпен Q топырақ сферасына әсер етеді. Топырақ сферасы келесі күштермен қарсы тұрады.

R_1 – әлі деформацияланбаған топырақ қабатының алдыңғы тірегі;

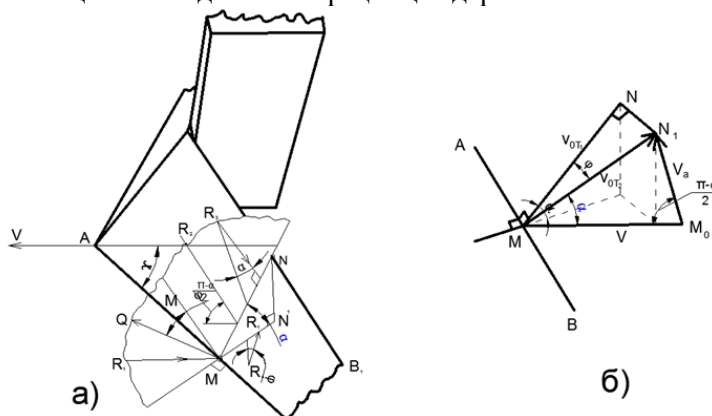
R_2 – жұмыс органының инерциялық әсерінен топырақ алатын импульс күші;

R_3 – AA_1, BB_1 бетіндегі топырақ плаерінің реакциясы;

R_4 – AA_1, BB_1 бетінің табанына қарықша түбінің реакциясы;

F_3 – AA_1, BB_1 жоғарғы бетіндегі топырақтың кедергісі.

F_4 – AA_1, BB_1 бетінің табанындағы топырақтың кедергісі.



а – екі жақты жалпақ табан; б – жалпақ табанның бағыттары

Сурет 1 – Культиватор-тыңайтқыш енгізгіштің тәжірибелі жұмыс органының топырақпен өзара әрекеттесуі

Топырақ бөлшектері ең үлкен MN көлбеу сызығының жоғарғы жағында қозғалады, ал қарсы күш болмаған кезде немесе үйкеліс болған қалыпты топырақтың табанға қысымы NV сызығына бағытталған. Қарсы күштің болуы немесе үйкелістің болуы оны бұрышқа бұрады, топырақ реакциясы R_3 бойымен топырақ бөлшектерінің ықтимал қозғалысына қарама-қарсы бағытта бағытталған. Ал импульс немесе R_2 бұл бағытта ауытқиды, тек нормальдан емес, еркін құлау сызығынан.

R_2 импульсивті күштері жұмысшы органының топыраққа әсер етуінің бастапқы сәтінде пайда болады, өйткені бұл кезде топырақтың беткі қабаты бұзылады, оның бөлшектері лезде үдеуді және сызықпен сәйкес келмейтін кейбір абсолютті жылдамдықты алады.

Әлбетте, бұл сұлба бөлшектердің абсолютті жылдамдық сызығы бойынша, тек кері бағытта бағытталады.

Ықтималдығы өте жоғары, бөлшектер жұмыс органының бетінен оған енетін жылдамдықпен түседі деп болжауға болады. Шындығында, олар, әрине, тең болмайды, өйткені топырақтағы газ қуыстарының арқасында және оның қысылуы мен сығылуы арқылы топырақтың жылдамдығы жұмыс органының жылдамдығынан артта қалады. Сонымен қатар, абсолютті мәндермен салыстырғанда бұл айырмашылық шамалы болуы мүмкін. Алайда, қарастырылып отырған контексте біз үшін олардың мағынасы емес, олардың бағыттары маңызды.

Суретте көрсетілгендей, топырақ бөлшектерінің салыстырмалы жылдамдығы қарсы күш болмаған немесе үйкеліс кезінде MN сызығына бағытталады. Топырақ бөлшегі мен жұмыс органы металының арасында пайда болатын үйкеліс күштері, t_c уақыты өте келе бөлшекті $N1$ нүктесіне жылжытады. Бұл жағдайда бөлшектің салыстырмалы жылдамдығы келесідей болады:

$$v_{от2} = \frac{V_{от1}}{C \cdot L \cdot \varphi} \quad (1)$$

Жұмыс органының лемех жүзінің көтерілу бұрышы шамалы мәнге ие. Сондықтан оларды теңестіруге болады: $V_{от2} = V$

Механикадан белгілі, жылдамдық үшбұрышының ережесіне сәйкес салыстырмалы жылдамдық абсолютті жылдамдықпен жабылуы керек. Бұл жағдайда синустар теоремасын қолдануға болады:

$$V_a = V_{от2} \frac{\sin M}{\sin M_0}. \quad (2)$$

Сондықтан $MN_0 N_1 < N_1 = < M_0$ үшбұрышында:

$$M_0 = \frac{\pi - \alpha}{2}. \quad (3)$$

(1) және (2) формулаларын (3) ауыстыру арқылы келесіні аламыз:

$$V_a = 2V \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}. \quad (4)$$

Өрнектен (4) келесідей топырақ бөлшектерінің абсолютті жылдамдығы $V_a(\pi - \alpha)/2$ бұрышпен жұмыс органының жылдамдық бағытына және бағытталған қозғалысқа сәйкес келетін жаққа бағытталған. Осы жерден жұмыс органының әсерінен топырақ бөлшектерін алатын импульсивті күштер де V_a сызығына бағытталған деген қорытынды жасауға болады. Тек артқа бағытталған.

Культиватор-тыңайтқыш енгізгіштің жұмыс органына топырақ ортасының кедергісін көлденең және тік бағытта барлық күштердің тепе-теңдік теңдеулерін құру арқылы жазуға болады.

$$\begin{aligned} & Q \cos \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right] \\ & = R_2 \cos \frac{\pi - \alpha}{2} \cos \left(\frac{\pi}{2} - \gamma \right) + R_3 \cos \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right] + R_4 \sin \varphi + \cos \left(\frac{\pi}{2} - \gamma \right) \\ & Q \sin \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right] R_2 \sin \frac{\pi - \alpha}{2} \sin \left(\frac{\pi}{2} - \gamma \right) + R_3 \sin \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi) \right] - R_4 \cos \varphi \\ & Q \sin(\alpha + \varphi) = R_2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \gamma + R_3 \sin(\alpha + \varphi) + R_4 \sin \varphi + R_1 \sin \gamma \\ & Q \cos(\alpha + \varphi) = R_2 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \gamma + R_3 \cos(\alpha + \varphi) - R_4 \cos \varphi \end{aligned} \quad (5)$$

(5) теңдеулерде жұмыс органының алдындағы әлі деформацияланбаған қабаттың фронтальды қысымын жұмыс органы арқылы әлі деформацияланбаған қабаттың көлденең ауданымен көрсетуге болады:

$$R_1 = v \cdot h \cdot \sigma_{сж} \quad (6)$$

мұндағы v – жұмыс органының бір ашылу жағының алып ені;

h – топырақты өңдеу тереңдігі;

$\sigma_{сж}$ – топырақтың сығылуға шекті кедергісі.

Теңдікте (v) табанның бір ашылу жағының алып ені лемехтің ұзындығына L байланысты:

$$R_1 = L \cdot \sin \gamma \cdot h \cdot \sigma_{сж} \quad (7)$$

Жұмыс органының төменгі табанындағы қарықша түбінің реакциясы:

$$R_4 = h \cdot v_{\tau} \cdot \sigma_{сж} \quad (8)$$

мұндағы v_{τ} – топырақпен жанасатын лемехтің төменгі кескінінің ені.

(6) және (7) мәндерін (5) теңдеуіне ауыстырамыз:

$$\begin{aligned} & Q \sin(\alpha + \varphi) - R_2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \gamma - R_3 \sin(\alpha + \varphi) = L \cdot v_{\tau} \sigma_{сж} \cdot \sin \varphi + L \cdot h \sin \gamma \sigma_{сж} \\ & Q \cos(\alpha + \varphi) - R_2 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \gamma - R_3 \cos(\alpha + \varphi) = -L \cdot v_{\tau} \cdot \sigma_{сж} \end{aligned} \quad (9)$$

(9) түрлендірулер жасайық:

$$\begin{aligned} & \frac{Q \sin(\alpha + \varphi) - R_2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \gamma - R_3 \sin(\alpha + \varphi)}{v_{\tau} \sin \varphi + h \sin^2 \gamma} \\ & = \frac{Q \cos(\alpha + \varphi) - R_2 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \gamma - R_3 \cos(\alpha + \varphi)}{-v_{\tau}}; \\ & -Q v_{\tau} \sin(\alpha + \varphi) + R_2 v_{\tau} \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \gamma + R_3 v_{\tau} \sin(\alpha + \varphi) = \\ & Q v_{\tau} \cdot \sin \gamma \cdot \cos(\alpha + \varphi) - R_2 v_{\tau} \sin \varphi \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \gamma - R_3 v_{\tau} \cdot \sin \varphi \cdot \cos(\alpha + \varphi) + \\ & + Q h \cdot \sin^2 \gamma \cdot \cos(\alpha + \varphi) - R_2 h \sin^2 \gamma \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \gamma - R_3 h \sin^2 \gamma \cdot \cos(\alpha + \varphi); \end{aligned}$$

Теңдеудің барлық мүшелерін Q , R_2 , R_3 бойынша топтастырамыз:

$$Q[-v_\tau \sin(\alpha + \varphi) - v_\tau \varphi \cdot \cos(\alpha + \varphi) - h \cdot \sin^2 \gamma \cos(\alpha + \varphi)] = R_2$$

Бұл ретте алдыңғы теңдеу келесі формаға түрленеді:

$$\begin{aligned} Q(C + A) &= R_2 \\ Q &= \frac{R_2}{C+A} \end{aligned} \quad (10)$$

R_1 тарту күші оны дәл анықтау үшін соңғысын екі рет, басында MN бағытына, екінші кезекте жұмыс органының ілгерілемелі жылдамдығының V бағытына жобалаймыз:

$$P = Q \sin(\alpha + \varphi) \cdot \sin \gamma \quad (11)$$

(8) теңдеуді шешу үшін оған Q мәнін ауыстыру қажет. Алайда (10) формуласында екі күш - R_2 және R_3 белгісіз болып қалады.

R_2 импульсі, классикалық механикаға сәйкес, оны алатын топырақтың массасымен және топырақ элементінің қозу үдеуімен анықталады [20].

$$R_2 = k \cdot m, \quad (12)$$

мұндағы k – қозған топырақ элементінің үдеуі

m – қозған топырақ элементінің массасы.

Қозуды алғанға дейін топырақ элементтерінің бастапқы жылдамдығы нөлге тең, $V_0 = 0$. Топырақ элементінің қозуын алғаннан кейін олар V_a жылдамдығына ие болады. Олар уақыт өте келе лемехтің жоғарғы жиегінің MN енінен өтеді:

$$t = v_i / V_{от2},$$

мұндағы v_i – лемехтің жоғарғы жиегінің ені;

$V_{от2}$ – топырақ элементінің салыстырмалы жылдамдығы:

$$u = \frac{v_a \cdot V_{от2}}{v_l} = 2 \frac{v^2}{v_l} \cdot \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}. \quad (13)$$

Қарастырылған уақыт t ішінде лемехтің жоғарғы кесіндісі арқылы массасы бар топырақ қабаты өтеді:

$$m = L \cdot v_i \cdot h \cdot \rho, \quad (14)$$

мұндағы h – топырақты өңдеу тереңдігі;

ρ – топырақтың көлемдік салмағы.

(13) және (14) формулаларын (12) ауыстыру арқылы келесіні аламыз:

$$R_2 = 2Lh\rho V^2 \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}. \quad (15)$$

Лемехтің жоғарғы жағында орналасқан қабаттың көлбеу тірегі оның мөлшерімен сипатталады:

$$R_3 = Lv_l \cdot h \cdot \rho \cdot q \cdot \cos(\alpha + \varphi), \quad (16)$$

мұндағы q - ауырлық күшінің үдеуі.

(15) және (16) ескере отырып, (10) формуласынан келесіні аламыз:

$$Q = \frac{2L \cdot h \cdot \rho V^2 \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}}{A + C}$$

$$Q = Lh\rho \left[\frac{2V^2 \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha^2}{2}}}{A+C} \left(v_\tau \sin \frac{\alpha}{2} \sin \gamma + B \cos \frac{\alpha}{2} \cos \gamma \right) + Lv_l h \cdot \rho \cdot q \cdot \cos(\alpha + \varphi) \right] \quad (17)$$

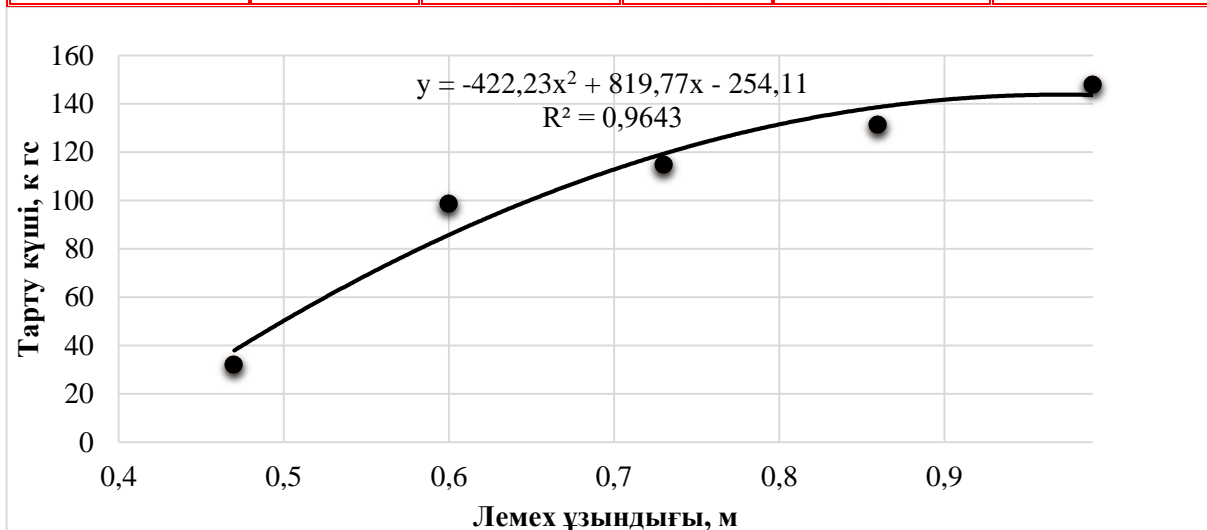
Бұл ретте (11) теңдеуі келесідей түрленеді:

$$P = Lh\rho \cdot \sin(\alpha + \varphi) \sin \gamma \quad (18)$$

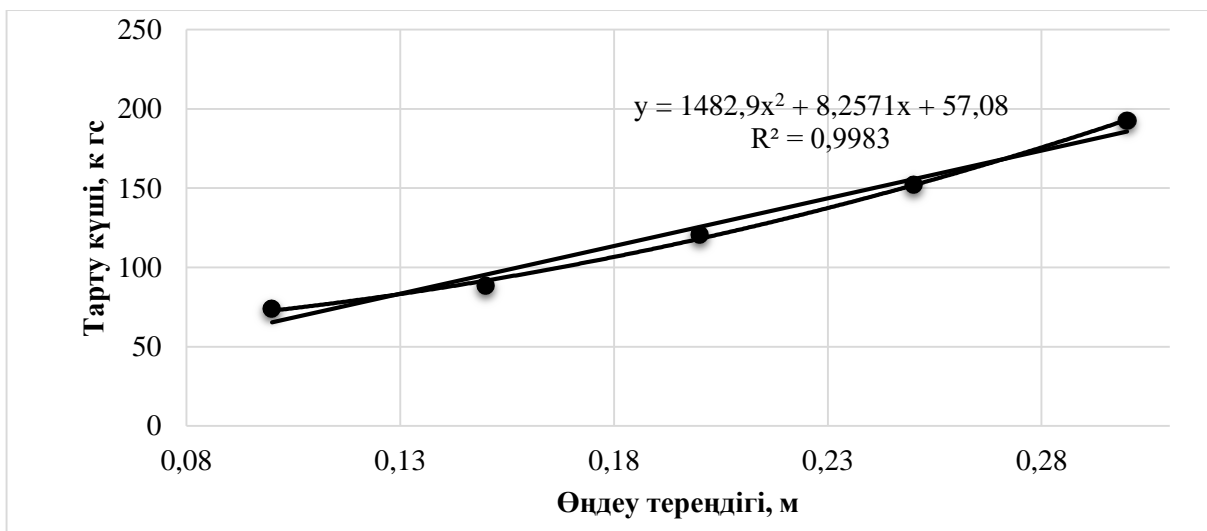
Нәтижелер және оларды талқылау. (18) теңдеуді талдау тарту күшінің топырақ өңдейтін жұмыс органының алып еніне және өңдеу тереңдігіне тікелей тәуелділігін және культиватор-тыңайтқыш енгізгіштің жылдамдығына квадраттық тәуелділікті көрсетеді, соның негізінде топырақ өңдейтін жұмыс органының тарту күшінің тәуелділігінің 1-кестесі жасалды. Содан кейін кестеге сәйкес 2, 3 және 4-суреттерде графиктер жасалды.

Кесте 1 – топырақ өңдейтін жұмыс органының тарту күшінің лемех ұзындығынан, өңдеу тереңдігінен және ілгерілемелі жылдамдықтан тәуелділігі

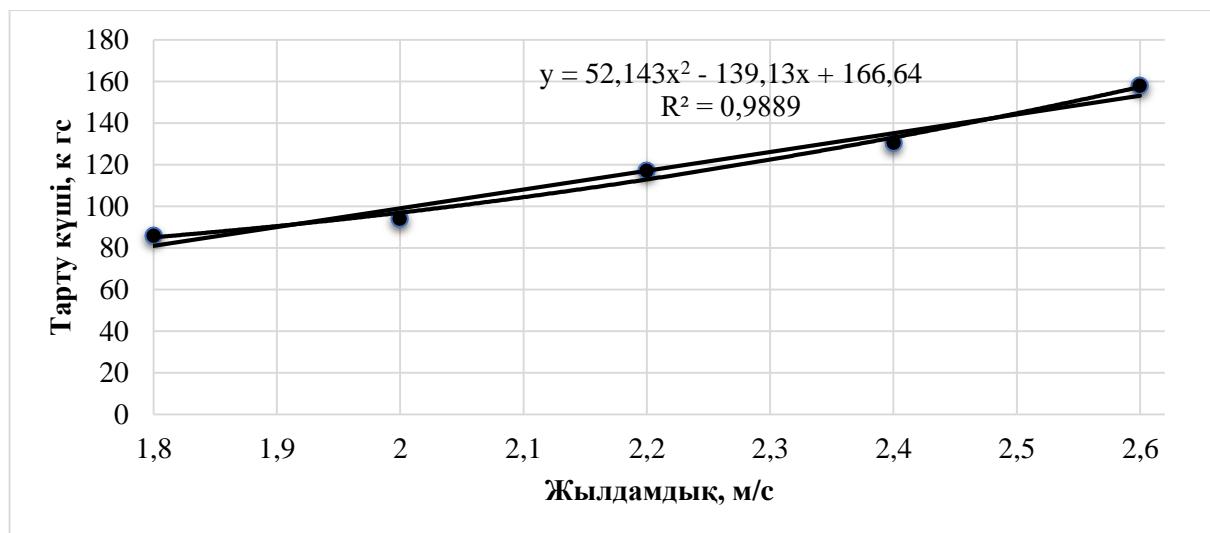
Лемех ұзындығы L (м)	Тарту күші P(кгс)	Өңдеу тереңдігі h(м)	Тарту күші P(кгс)	Ілгерілемелі жылдамдық V(М/с)	Тарту күші P(кгс)
0,47	32,2	0,1	73,9	1,8	86
0,6	98,6	0,15	88,6	2	93,8
0,73	115	0,2	120,3	2,2	117,3
0,86	131,5	0,25	151,9	2,4	130,4
0,99	147,9	0,3	192,6	2,6	158



Сурет 2 – Тегіс кескіш табанның тарту күшінің P (кгс) лемех ұзындығына тәуелділігі L (м)



Сурет 3 – Тегіс кескіш табанның тарту күшінің P (кгс) өңдеу тереңдігіне тәуелділігі h (м)



Сурет 4 – Тегіс кескіш табанның тарту күшінің P (кгс) қозғалу жылдамдығынан тәуелділігі V (м/с)

(18) теориялық нәтижені теңдеу арқылы жұмыс органының тарту күшін есептеп тексереміз. Шамалардың сандық мәндері [18] әдебиеттерден алынған.

$H = 0,3$ м – өңдеу тереңдігі;

$L = 0,73$ м – лемех ұзындығы;

$\alpha = 25^\circ$ – кесу бұрышы, лемех орнату бұрышы;

$V = 8$ км/сағ = $2,22$ м/с – жұмыс органының ілгерлемелі жылдамдығы;

$\gamma = 45^\circ$ – жұмыс органының жартылай ашылу бұрышы;

$V_l = 0,1$ м – лемехтің жоғарғы кесу жиегінің ені;

$V_\tau = 0,01$ м – лемехтің топырақпен жанасып төменгі кесу жиегінің ені;

$\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$ – топырақтың көлемдік салмағы.

Алдымен A , B , C тұрақты мәндерін есептейік:

$$A = (0,01 \cdot \sin 30^\circ \cos 55^\circ + 0,1 \sin^2 45^\circ) = 0,0775;$$

$$B = (0,01 \sin 30^\circ + 0,1 \sin 45^\circ) = 0,099;$$

$$C = 0,01 \sin 55^\circ = 0,082.$$

(18) теңдеуінің ішіндегі мәндерге қойсақ:

$$P = 124,3 \text{ кг/с}$$

Есептеудің нәтижесінде қабылданған технологиялық және конструкторлық параметрлермен жұмыс органының тарту күші $P = 124,3$ кг/с тең екенін көрсетті, бұл белгілі нәтижеге әбден сәйкес келеді. (18) теңдеуінің құрылымы мен сипатына сүйене отырып, сонымен қатар жұмыс органының тарту күші лемех ұзындығына, өңдеу тереңдігіне және табанның кесу және ашу бұрыштарына тура пропорционалды екенін атап өтуге болады, сондай-ақ ілгерлемелі жылдамдығының квадратына. Тарту күшінің есептелген мәндері 1-кестеде және 2, 3, 4-суреттерде көрсетілген. Зерттеудің келесі кезеңінде алынған нәтижелер зертханалық тәжірибелерде, тәжірибелік жұмыс органын топырақ каналында сүйретіліп, тарту күшін динамометрлеу арқылы тексерілуі қажет [20].

Қорытынды. Аудандастырылған бидай сорттарының тамыр жүйесінің дамуын талдау фосфор тыңайтқыштарын бір тереңдікте емес, бірнеше қабатта - қабаттап енгізу керек деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді, себебі бірінші деңгейдегі минералды тыңайтқыштар бір мезгілде өсуге ықпал етеді ол өз жағынан өсімдік көшеттерінің және түйіндік тамырлардың пайда болуына ықпал жасайды. Тыңайтқыштардың бірінші қабатынан қуат алған жас тамырлар тереңірек жылжиды, екінші қабатқа жетіп қосымша қуат алады, оның бір бөлігі өсімдік пен түйін тамырларының дамуына бағытталады, ал екінші бөлігі бүкіл өсімдікті сенімді ылғалмен қамтамасыз ету үшін одан әрі топырақтың төменгі горизонттарына енуге пайдаланылады.

Теориялық зерттеу нәтижесінде барлық негізгі конструктивтік және технологиялық көрсеткіштерді байланыстыратын өрнек алынды: жұмыс органының тарту күші лемех ұзындығына,

өңдеу тереңдігіне және кесу мен табан бұрыштарына тура пропорционал, сондай-ақ ілгерлемелі жылдамдығының квадратына. Есептеудің нәтижесінде қабылданған технологиялық және конструкторлық параметрлермен жұмыс органының тарту күші $P = 124,3 \text{ кг/с}$ тең екенін көрсетті, бұл нәтижеге сәйкес келеді.

Зерттеудің келесі кезеңінде алынған нәтижелер зертханалық тәжірибелерде, тәжірибелік жұмыс органын топырақ каналында сүйретіліп, тарту күшін динамометрлеу арқылы тексерілуі қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Тлеубаев, А.Б. Применение минеральных удобрений в основных зерносеющих регионах Казахстана [Текст] / А.Б. Тлеубаев, Б.Е. Рустембаев, А.М. Рахимов // Проблемы агробизнеса. – 2021. – № 4. – С. 104-112.

2 Campolo, J. Evaluation of soil-dependent crop yield outcomes in nepal using ground and satellite-based approaches [Текст] / J. Campolo, D. Güereña, S. Maharjan, D.B. Lobell // Field Crops Research. – 2021. – Volume 260. – С. 107987

3 Imran, Amanullah M. Carbon sources application increase wheat yield and soil fertility [Текст] / Amanullah M. Imran, A.R. Al-Tawaha // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2021. Volume 52(7). – С. 695-703

4 Izydorczyk, G. Chapter 7 – Granulation as the method of rational fertilizer application. In Smart Ag-rochemicals for Sustainable Agriculture [Текст] / G. Izydorczyk, K. Mikula, D. Skrzypczak, A. Witek-krowiak, K. Chojnacka // Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture. – Wrocław: Aca-demic Press, 2022. – С. 163-184.

5 Dai, X. L. Partial substitution of chemical nitrogen with organic nitrogen improves rice yield, soil biochemical indicators and microbial composition in a double rice cropping system in south China [Текст] / X. L. Dai, D. Song, W. Zhou, G. Liu, G. Liang, P. He, G. Sun, F. Yuan, Z. Liu, Y. Yao, J. Cui // Soil & Tillage Research. – 2021. – Volume 205. – С. 104753

6 Mirzaev, B. A justification of broach-plow's parameters of the ridge-stepped ploughing [Текст] / B. Mirzaev, F. Mamatov, O. Tursunov // E3S Web Conf. 97 05035. – 2019.

7 Lichman, G.I. Assessment of the impact of the quality of fertilization on the yield of agricultural crops [Текст] / G.I. Lichman, A.A. Lichman // Agricultural machines and technologies. – N5, 2017. – С. 16-21.

8 Kunanbayev, K. Influence of Cultivation Technology on the Productivity of Spring Wheat and the Humus State of Southern Carbonate Soils of Northern Kazakhstan [Текст] / K. Kunanbayev, G. Churkina, V. Filonov, M. Utebayev, I. Rukavitsina // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – № 23(3). – С. 49-58.

9 Silva, J.F.G. Are the yield of sunflower and palisadegrass biomass influenced by soil physical quality? [Текст] / J.F.G. Silva, A.J. de Souza Linhares, W.G. Goncalves, K.A. de Pinho Costa, C.A. Tormena, B.M. Silva, G.C. de Oliveira, E. da Costa Severiano // Soil and Tillage Research. – 2021. – Volume 208. – С. 104873

10 Ferreira, C.J.B. Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage [Текст] / C.J.B. Ferreira, C.A. Tormena, E.D.C. Severiano, L. Zotarelli, E. Betioli Júnior // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2020. – Volume 67(3). С. 383-396

11 Antonova, O.I. Effectiveness of liquid nitrogen fertilizers for spring wheat and oilbearing crops [Текст] / O.I. Antonova // Rural Sibiri. – 2018. – No. 4 (07). – С. 66–67.

12 Zavalin A.A. Utilization by plants of nitrogen fertilizer and its Regulation [Текст] / A.A. Zavalin, O.A. Sokolov // International Agricultural Journal. – 2019. – Volume 4(370). – С. 71-75

13 Tanabayev, K. Flat spray nozzle for intra-soil application of liquid mineral fertilizers [Текст] / K. Tanabayev, S. Nukeshev, T. Engin, B. Saktaganov // Acta Technologica Agriculturae. – 2023. – № 26(2). – С. 65-71.

14 Rustembayev, A. The theoretical rationale for traction effort experienced working part of the cultivator fertilizer [Текст] / A. Rustembayev, D. Eskhozhin, S. Nukeshev, Z. Zhaksylykova, K. Eskhozhin // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2019. – № 1. – С. 424-433.

15 Sugirbay, A. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds [Текст] / A. Sugirbay, K. Zhao, G. Liu, G. Hu, J. Chen, Z. Mustafin, R. Is-kakov, N. kakabayev, M.Muratkhani, V. Khan, Y. Chen // Agriculture. – 2023. – № 13(5).

16 Есхожин, Д.З. Технология послонного внесения минерального удобрения в почву [Текст] / Д.З. Есхожин, С.О. Нукушев, Е.С. Ахметов, К.Д. Есхожин, А.Б. Рустембаев // Издестер, нэтижелер. Исследования, результаты. – 2018. – №2(78). – С. 371-376.

17 Amantayev, M.A. Soil body formation in front of the rotary tillage tools [Текст] / M.A. Amantayev, G.Z. Gaifullin, V.G. Kushnir, S.Z. Nurushev, R.I. Kravchenko // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2016. – 13(4). – С. 1983-1988

18 Nukeshev, S. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Site-Specific Application in Precision Farming [Текст] / S. Nukeshev, K. Yeskhozhin, D. Karaivanov, M. Ramaniuk, E. Akhmetov, Saktaganov, K. Tanbayev // International Journal of Technology. – 2023. – 14(1). – С.109-118

19 Nukeshev, S. Justification of design and parameters of seeding unit for fertilizers [Текст] / S. Nukeshev, K. Eskhozhin, D. Eskhozhin, D. Syzdykov // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2017. – Vol. 39. Issue 4. – С. 1139-1149.

20 Nukeshev, S. Substantiation of the constructive and technological scheme of the machine for intra soil differentiated three application of mineral fertilizers [Текст] / S. Nukeshev, K. Eskhozhin, R. Kusainov // Agricultural machinery 2016: materials of IV scientific congress. 22-25 june. – Varna, 2016 – С.3-6.

REFERENCES

1 Tleubaev, A.B. Primenenie mineral'nyh udobrenij v osnovnyh zernosejushhih regionah Kazahstana [Текст] / A.B. Tleubaev, B.E. Rustembaev, A.M. Rahimov // Problemy agrorynka. – 2021. – № 4. – С. 104-112.

2 Campolo, J. Evaluation of soil-dependent crop yield outcomes in nepal using ground and satellite-based approaches [Текст] / J. Campolo, D. Güereña, S. Maharjan, D.B. Lobell // Field Crops Research. – 2021. – Volume 260. – С. 107987

3 Imran, Amanullah M. Carbon sources application increase wheat yield and soil fertility [Текст] / Amanullah M. Imran, A.R. Al-Tawaha // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2021. Volume 52(7). – С. 695-703

4 Izydorczyk, G. Chapter 7 – Granulation as the method of rational fertilizer application. In Smart Ag-rochemicals for Sustainable Agriculture [Текст] / G. Izydorczyk, K. Mikula, D. Skrzypczak, A. Witek-krowiak, K. Chojnacka // Smart Agrochemicals for Sustainable Agriculture. – Wroclaw: Aca-demic Press, 2022. – С. 163-184.

5 Dai, X. L. Partial substitution of chemical nitrogen with organic nitrogen improves rice yield, soil biochemical indicators and microbial composition in a double rice cropping system in south China [Текст] / X. L. Dai, D. Song, W. Zhou, G. Liu, G. Liang, P. He, G. Sun, F. Yuan, Z. Liu, Y. Yao, J. Cui // Soil & Tillage Research. – 2021. – Volume 205. – С. 104753

6 Mirzaev, B. A justification of broach-plow's parameters of the ridge-stepped ploughing [Текст] / B. Mirzaev, F. Mamatov, O. Tursunov // E3S Web Conf. 97 05035. – 2019.

7 Lichman, G.I. Assessment of the impact of the quality of fertilization on the yield of agricultural crops [Текст] / G.I. Lichman, A.A. Lichman // Agricultural machines and technologies. – N5, 2017. – С. 16-21.

8 Kunanbayev, K. Influence of Cultivation Technology on the Productivity of Spring Wheat and the Humus State of Southern Carbonate Soils of Northern Kazakhstan [Текст] / K. Kunanbayev, G. Churkina, V. Filonov, M. Utebayev, I. Rukavitsina // Journal of Ecological Engineering. – 2022. – № 23(3). – С. 49-58.

9 Silva, J.F.G. Are the yield of sunflower and paiaguas palisadegrass biomass influenced by soil physical quality? [Текст] / J.F.G. Silva, A.J. de Souza Linhares, W.G. Goncalves, K.A. de Pinho Costa, C.A. Tormena, B.M. Silva, G.C. de Oliveira, E. da Costa Severiano // Soil and Tillage Research. – 2021. – Volume 208. – С. 104873

10 Ferreira, C.J.B. Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term notillage [Текст] / C.J.B. Ferreira, C.A. Tormena, E.D.C. Severiano, L. Zotarelli, E. Betioli Júnior // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2020. – Volume 67(3). С. 383-396

11 Antonova, O.I. Effectiveness of liquid nitrogen fertilizers for spring wheat and oilbearing crops [Текст] / O.I. Antonova // Rural Sibiri. – 2018. – No. 4 (07). – С. 66–67.

12 Zavalin A.A. Utilization by plants of nitrogen fertilizer and its Regulation [Текст] / A.A. Zavalin, O.A. Sokolov // International Agricultural Journal. – 2019. – Volume 4(370). – С. 71-75

13 Tanabayev, K. Flat spray nozzle for intra-soil application of liquid mineral fertilizers [Tekst] / K. Tanabayev, S. Nukeshev, T. Engin, B. Saktaganov // *Acta Technologica Agriculturae*. – 2023. – № 26(2). – S. 65-71.

14 Rustembayev, A. The theoretical rationale for traction effort experienced working part of the cultivator fertilizer [Tekst] / A. Rustembayev, D. Eskhozhin, S. Nukeshev, Z. Zhaksylykova, K. Eskhozhin // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. – 2019. – № 1. – S. 424-433.

15 Sugirbay, A. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds [Tekst] / A. Sugirbay, K. Zhao, G. Liu, G. Hu, J. Chen, Z. Mustafin, R. Is-kakov, N. kakabayev, M. Muratkhan, V. Khan, Y. Chen // *Agriculture*. – 2023. – № 13(5).

16 Eshozhin, D.Z. Tehnologija poslojnogo vnesenija mineral'nogo udobrenija v pochvu [Tekst] / D.Z. Eshozhin, S.O. Nukeshev, E.S. Ahmetov, K.D. Eshozhin, A.B. Rustembaev // *Izdenister, nətizheler. Issledovanija, rezul'taty*. – 2018. – №2(78). – S. 371-376.

17 Amantayev, M.A. Soil body formation in front of the rotary tillage tools [Tekst] / M.A. Amantayev, G.Z. Gaifullin, V.G. Kushnir, S.Z. Nurushev, R.I. Kravchenko // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. – 2016. – 13(4). – C. 1983-1988

18 Nukeshev, S. A Chisel Fertilizer for In-Soil Tree-Layer Site-Specific Application in Precision Farming [Tekst] / S. Nukeshev, K. Yeskhoszin, D. Karaivanov, M. Ramaniuk, E. Akhmetov, Saktaganov, K. Tanbayev // *International Journal of Technology*. – 2023. – 14(1). – C.109-118

19 Nukeshev, S. Justification of design and parameters of seeding unit for fertilizers [Tekst] / S. Nukeshev, K. Eskhozhin, D. Eskhozhin, D. Syzdykov // *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. – 2017. – Vol. 39. Issue 4. – C. 1139-1149.

20 Nukeshev, S. Substantiation of the constructive and technological scheme of the machine for intra soil differentiated three application of mineral fertilizers [Tekst] / S. Nukeshev, K. Eskhozhin, R. Kusainov // *Agricultural machinery 2016: materials of IV scientific congress. 22-25 june*. – Varna, 2016 – C.3-6.

РЕЗЮМЕ

Установлено, что при послойной технологии внесения минеральных удобрений стоимость практическая реализации машины может быть снижено, а ее конструктивное решение может быть упрощено. Одним из определяющих элементов разрабатываемого культиватора-удобрителя для послойного внесения минеральных удобрений является тяговое усилие, которое необходимо на перемещение рабочего органа зависит от многих факторов, к ним можно отнести физико-механические характеристики почвенной сферы, конструктивные характеристика рабочего органа и технологические характеристики рабочего процесса обработки почвы. В связи с этим, проведены теоретические исследования с целью установки взаимной связи между физико-механическими свойствами, как конструктивными параметрами разрабатываемого рабочего органа и технологическими параметрами его работы. В результате теоретических исследований получено выражение, связывающее все основные конструктивные и технологические параметры: тяговое усилие рабочего органа прямо пропорционально длине лемеха, глубине обработки и углам резания и раствора лапы, а также квадрату поступательной скорости. Расчет показал, что тяговое усилие рабочего органа при принятых технологических и конструктивных параметрах равно $P = 124.3$ кг/с, что вполне соответствует определенному результату. На следующем этапе исследования полученные результаты необходимо проверить на лабораторных экспериментах, путем протаскивания опытного рабочего органа в почвенном канале и динамометрированием тягового усилия.