

Бралиев М.К., доцент ЖАК, «Агроинженерия» жоғарғы мектебінің доценті, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-8755-0480>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ, Қазақстан Республикасы, braliyevm@mail.ru

Окас К.К., т.ғ.к., «Агроинженерия» жоғарғы мектебінің аға оқытушысы, <https://orcid.org/0000-0002-7521-0200>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, 090009, Жәңгір хан көш., 51, Орал қ, Қазақстан Республикасы, okas62@mail.ru

Braliyev M. K., associate professor of the Higher School of Agroengineering, the main author <https://orcid.org/0000-0002-8755-0480>

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan, braliyevm@mail.ru

Okas K.K., Candidate of technical sciences, senior lecturer of the Higher School" Agroengineering", <https://orcid.org/0000-0002-7521-0200>

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan, okas62@mail.ru

**АСПАЛЫ, ФРОНТАЛДЫ - СОҚАЛЫ ҚОПСЫТҚЫШ ПАЙДАЛАНУДЫҢ
ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ
TECHNOLOGICAL INDICATORS OF THE OPERATION OF SUSPENDED,
FRONTAL-PLOUGH PLOUGH**

Аннотация

Мақалада аспалы, төрт қатарлы, фронталды қопсытқыш-соқаның принципіалды және конструкторивті технологиялық сұлбалары ұсынылған және чизельді соқаның энерго-сыйымдылығының, тарту кедергісінің, өнімділігінің, қуатының және қамту енін анықтау үшін теңдеулер берілген. Теориялық зерттеулердің нәтижелерін пайдалана отырып, аспалы фронталды қопсытқыш-соқаның негізгі пайдалану көрсеткіштерінің есебі орындалған.

Сонымен қатар, бұл жұмыста топырақты негізгі аудармай өңдеген уақыттағы, тарту кедергісінің, өнімділіктің, жұмсалған қуатының және берілген соқаның қажетті энергия-сыйымдылығының жер жырту агрегатының жылжу жылдамдығына байланыстары көрсетілген.

Берілген байланыстардың талдауы жерді негізгі аудармай өңделуі аспалы фронталды қопсытқыш-соқаның жұмыс істеуі кезінде технологиялық процесстердің жұмыс сыйымдылығы мен қуаты сызықты емес түрде болады. Жер жырту агрегатының жұмыс істеуі кезінде К-701 тракторы мен қарастырылып отырған қопсытқыш-соқадан тұратын 1,6-дан 2,3 м/с жылжу жылдамдығымен жұмыс істегенде, жұмсалған қуаты 80-нен 130 кВт, ал энергосыйымдылығы осы жылдамдықтарда 28-ден 33 кВтсағ/га шегінде болады.

ANNOTATION

The article offers a pre-principal and constructive-technological scheme of a mounted four-row front plow-ripper and gives an expression for determining the width of the grip, the performance of the traction resistance, the power and energy intensity of the chisel plow. Using the results of theoretical studies, the calculation of the main operational parameters of the mounted frontal plough-ripper was made.

The paper also presents the dependences of the traction resistance, productivity, power consumption and the required energy intensity of this plow on the speed of movement of the arable unit during the main non-tillage tillage.

The analysis of the presented dependencies shows that the power and energy intensity of the technological process of the main non-fall tillage during the operation of the mounted front plough-ripper varies according to a nonlinear dependence. When operating an arable unit consisting of a K-701 tractor and a proposed ripper plow operating at a speed of 1.6 to 2.3 m / s, the power consumed is in the range of 80 to 130 kW, and the energy consumption at these speeds is from 28 to 33 kWh/ha.

Түйін сөздер: қопсытқыш-соқа, өнімділік, қуат, жұмыс сыйымдылық, тарту кедергісі, қамту ені, байланыс, чизель, топырақ, теориялық зерттеулер, қашау, жазықкескіш-тереңқопсытқыш.

Keywords: plough-ripper, productivity, power, energy intensity, traction resistance, working width, dependence, chisel, soil, theoretical studies, chisel, plane-cutter-deep-loader.

Кіріспе. Қазақстан қауіп-қатер егіншілік аймағында орналасқан, сондықтан қуаң аймақтардағы егіншілікті қарқындалу үшін топырақты негізгі аудармай өңдеуге арналған эрозияға қарсы жаңа машиналардың әзірленуіне алып келді [1 – 5]. Топырақтың өңделген қабатын жеткіліксіз қопсыту және оның төменгі горизонтының шамадан тыс тығыздалуы топырақты аудармайтын әсерлі жаңа жұмыс органдарының құрылымын жасауды қарқындалды. Жазықкескіш-тереңқопсытқыштардың орнына 40 см тереңдікке дейін топырақ өңдеуге қабілетті чизельді қопсытқыштары мен терең қопсытқыштар пайда болды. Чизельді құралдарды қолдану топырақтың тығыздығының қопсыту эрозиясының барлық түрлерінен қорғауға байланысты кейбір мәселелерді шешуді қамтамасыз етті [5 – 10]. Сонымен қатар, қолданыстағы чизельді соқа-қопсытқыштар энергосыйымдылы және өнімділігі төмен болып келеді, ал ылғалдылығы төмен тығыздалған топырақты өңдеу кезінде оны өңдеудің қажетті сапасына әрдайым қол жеткізілмейді. Сондықтан, жоғары тиімді соқа-қопсытқышпен топырақты аудармай негізгі өңдеудің технологиялық процесін жетілдіру және ілулі фронталды соқа-қопсытқыштың өндірістік және технологиялық көрсеткіштерін негіздеу маңызды ғылыми-актуалды, өзекті шаруашылық мәні бар міндет болып табылады [15 – 23].

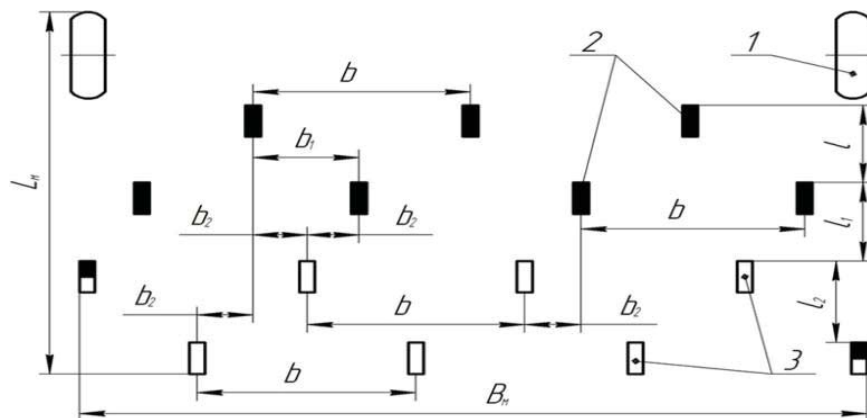
Зерттеу әдістемелері. Зерттеу объектісі төрт қатарлы, чизельді жұмыс органды қисықсыздықты төс (1, 2 қатар) және тік сызықты ағынды (3, 4 қатар) тірекпен өзара әрекеттесу схемасы болып табылады.

Чизельді жұмыс органының тартылыс кедергісін анықтау мақсатында негізгі аудармай өңдеудің рационалды технологиялық процесі орындау үшін тарту 5 класының К-744Р1 тракторынан және эксперименталды фронталды соқа-қопсытқыштан тұратын жирту агрегаты пайдаланды [16].

Сонымен қатар, қосымша тензобалкамен жабдықталған 8 тарту класының К-9430 «Кировец» тракторы қолданылды. Содан соң, К744Р1 тракторын фронталды соқа-қопсытқышымен бірге көліктік жайғдайда К-9430 тракторымен сүйретілді. Бұл ретте, алынған барлық мәндер тензоблоктың датчиктерімен белгіленді және ИП-238 ақпараттық-өлшеу жүйесімен жазылып алынды [17 – 20].

Зерттеу нәтижелері мен оны талқылау.

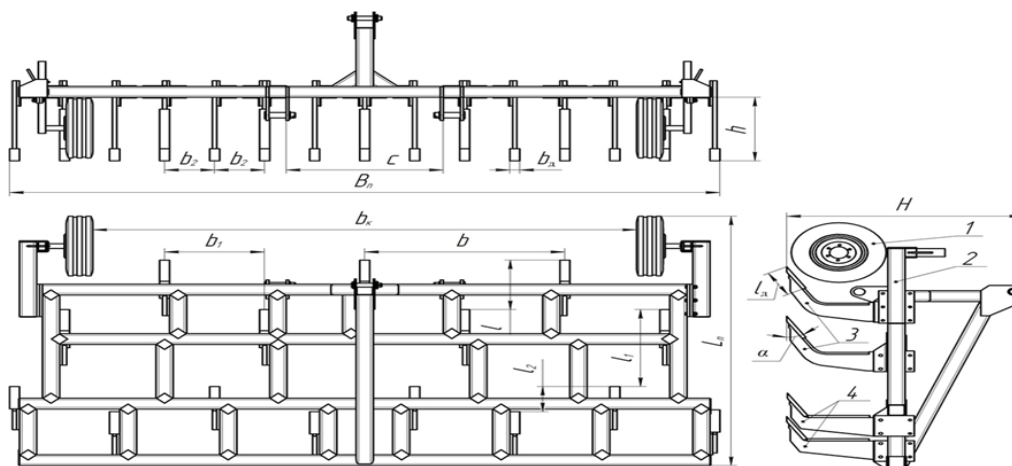
Біз жұмыста аспалы фронталды соқа-қопсытқыштың принципіалды (сурет 1).



Сурет 1 – Аспалы фронталды соқа-қопсытқыштың жұмыс органдарының (2 және 3) және тірек дөңгелегінің (1) орналасуымен принципіалды сұлбасы (Нұсқа 1):

B_M -машинаның қамту ені, м (4,97 м).

Және конструктивтік-технологиялық сұлбасын ұсындық (сурет 2).



Сурет 2 – Аспалы фронталды соқа-қопсытқыштың конструктивті-технологиялық сұлбасы

К-700 және К-744Р1 сериялы 5 тарту класты тракторлар мен агрегатталған: 1-өңдеу тереңдігін реттейтін тетігі бар тірек дөңгелегі, 2-аспалы құрылғысы бар рама, 3-төсті чизельді жұмыс органдары, 4-чизельді жұмыс органдары, B_n -соқаны қамту ені (4,970 м); H -соқаның биіктігі (1,658 м); L_n -соқаның ұзындығы (2,777 м); b_d -чизельді жұмыс органының қашауының ені (0,07 м); b_k -тірек дөңгелектерінің аралық қашықтығы (3, 805 м); b -бірінші қатардағы жұмыс органдарының аралық қашықтығы (1,40 м); b_1 -қатардағы аралас жұмыс органдарының арасындағы қашықтығы (0,7 м); b_2 -жұмыс органдарының аралық қашықтығы (0,35 м); l_1 -бірінші және екінші қатардағы жұмыс органдарының қашықтығы (0,55 м); l_2 -чизельді жұмыс органының қашауының ұзындығы (0,31 м); l_1 -екінші және үшінші қатардағы жұмыс органдарының аралық қашықтығы (0,857 м); l_2 -үшінші және төртінші қатардағы жұмыс органдарының аралық қашықтығы (0,280 м); α -борозданың түбіне қашаудың орналасу бұрышы, град. Аспалы фронталды соқа-қопсытқыштың негізгі параметрлерімен 5 тарту класты тракторларымен агрегатталады.

[1,2,3] тендеулерге сәйкес, соқа-қопсытқыштың негізгі пайдалану көрсеткіштері-топырақты өңдеуге кететін тарту кедергісі, өнімділігі, қуаты, жұмыс сыйымдылығы болып саналады. Соқа табанының мәні топырақ өңдеудің технологиялық параметрінің маңызды бір көрсеткіші, оның мәні келесі тендеумен анықталады:

$$k_t = l_n / l_q \cdot n, \quad (1)$$

мұндағы, l_n – түренді топарық өңдегіш құралдың қамту ені, м;

l_q – чизельді жұмыс органының қашауының ені, м;

n – чизельді жұмыс органдарының саны, дана.

(1) және (2) суреттердің негізінде аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың қамту ені келесі (2) тендеумен анықталады:

$$B_n = 0,25 b (n - 1), \text{ м} \quad (2)$$

мұндағы b – соқа қопсытқыштың бірінші қатардағы жұмыс органдарының аралық қашықтығы, м;

n – жұмыс органдарының саны, дана.

Жырту агрегатының тендеуін пайдалана отыра:

$$W = 0,36 B_n v \quad (3)$$

мұнда: B_n – соқа-қопсытқыштың қамту ені, м;

v – қозғалыс жылдамдығы, м/с;

Параметрлерінің көрсетуі бойынша, соқа-қопсытқыштың агрегаттың максималды өнімділігі 1-нұсқа бойынша 4,09 га/сағ, ал 2-нұсқа бойынша 3,74 га/сағ құрайды, яғни 1-нұсқа бойынша жырту агрегатының өнімділігі, 2-нұсқаға қарағанда, 8,3 % жоғары. Сонымен қатар, [95, 96] сәйкес келесіні атап кетуге болады, яғни, 2-нұсқа бойынша соқа-қопсытқыш агрегаттың

сапалы көрсеткіштері топырақтың үгітілу дәрежесінің төмендеуіне байланысты 1-нұсқа бойынша төмен болады.

(2) теңдеуді пайдалана отырып, фронтальды соқа-қопсытқыштың сағаттық өнімділігі W_n (4) теңдеумен анықталады:

$$W_n = 0,09 b (n - 1) v_n, \text{ га/ч} \quad (4)$$

Аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың (сурет 1) тарту кедергісі R_n (5) теңдеуді пайдалана отырып, табуға болады:

$$R_n = 7R_6 + 2R_n + 6R_c, \text{ кН} \quad (5)$$

Аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың негізгі технологиялық процесі орындауға кететін қуат N_n жерді негізгі аудармай өңдеу (6) теңдеумен анықталады [1,2,3]:

$$N_n = R_{n1} \cdot v_n, \quad (6)$$

Немесе

$$N_n = (7R_6 + 2R_n + 6R_c) \cdot v_n, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (7)$$

Аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың топырақты негізгі аудармай өңдеу технологиялық процесін орындау энергосыйымдылығы \mathcal{E}_n (8) теңдеумен есептеледі [1,2,3]:

$$\mathcal{E}_n = N_n / W_n, \text{ кВт} \cdot \text{ч/га} \quad (8)$$

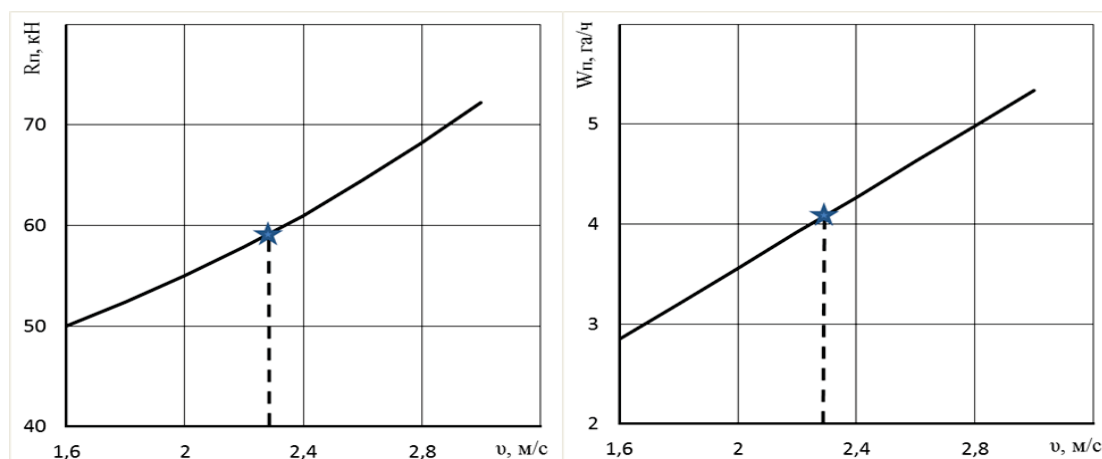
Теориялық зерттеулердің нәтижесін пайдалана отырып, аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың негізгі пайдалану көрсеткіштерінің есебі орындалды.

Кесте 1 – Аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың пайдалану көрсеткіштерінің есептерінің нәтижесі

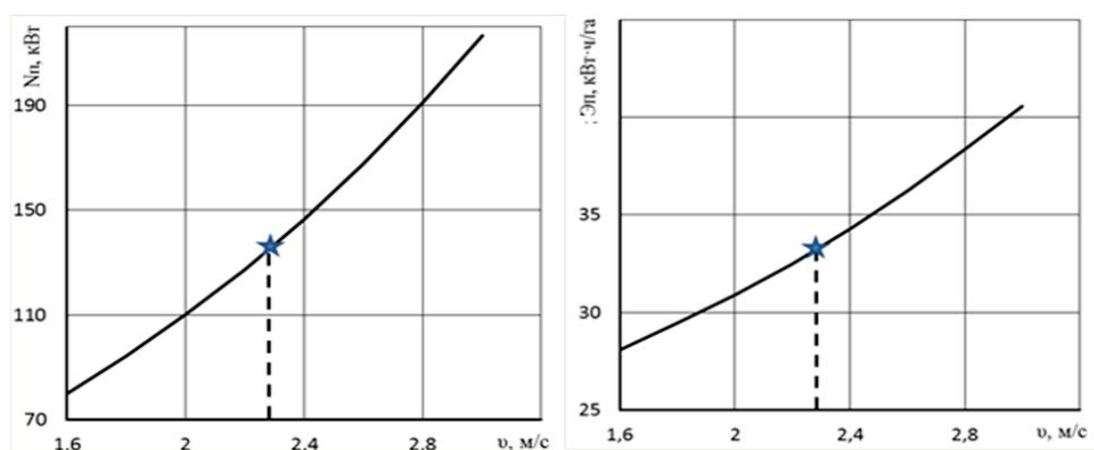
Көрсеткіштердің аталуы	Көрсеткіштің мәні							
	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Соқаның жылжу жылдамдығы, v_n , м/с	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Соқаныуң алым-ені (1нұсқа), м	4,97							
Соқаның өнімділігі, га/сағ	2,85	3,20	3,56	3,92	4,27	4,63	4,98	5,34
Соқаның тарту кедергісі, кН	50	52,4	55	57,9	61	64,5	68,2	72,2
Соқаның қуаты, кВт	80	94,32	110	127,38	146,4	167,7	190,96	216,6
Соқаның энергосыйымдылығы, кВт·сағ/га	28,07	29,47	30,89	32,49	34,28	36,22	38,34	40,56

Суреттерде аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың тарту кедергісінің R_n , өнімділіктің W_n , жұмсалған қуаты N_n және қажетті энергосыйымдылығы \mathcal{E}_n жырту агрегатының жылжу жылдамдығына негізгі аудармай топырақты өңдеу кезіндегі байланысы көрсетілген (3, 4 суреттер).

Берілген байланыстарды талдау барысында көрсеткендей, (3;4 сурет) аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың жұмыс істеу кезінде оның технологиялық процесінің қуаты мен энергиясыйымдылығы негізгі топырақты аудармай өңдеу уақытында сызықтық емес байланыспен өзгереді. Жырту агрегатының жұмыс істеуі кезінде, К-701 трактор және ұсынылған соқа-қопсытқыштан тұратын 1,6-дан 2,3 м/с жылжу жылдамдықпен жұмыс жасағанда, жұмсалатын қуаты 80-нен 130 кВт, ал энергосыйымдылығы осы жылдамдықтарда 28-ден 33 кВтсағ/га шегінде болады.



Сурет 3 – спалы фронтальды соқа-қопсытқыштың тарту кедергісі (а) мен өнімділігі (б) жырту агрегатының жылжу жылдамдығына байланысы көрсетілген (топырақты 30 см тереңдікте өңделгенде), топырақты негізгі аудармай өндеген кезде.



Сурет 4 – Аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың жұмсалған қуаты (а) топырақты негізгі аудармай өндегенде және оның энергиясыйымдылығы (б) жырту агрегатының жылжу жылдамдығына байланысты қатынасы (топырақты өңдеу тереңдігі 30 см).

Технологиялық процесінің орындалу энергосыйымдылығын бағалай отырып, келесі тұжырымдамаға келуге болады, аспалы фронтальды соқа-қопсытқыш жоғарғы пайдалану көрсеткіштеріне ие.

Жетілдірілген аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың технологиялық тиімділігін бағалау (1) теңдеудің негізінде орындауға болады. Егер, жазықкескіш-тереңқопсытқыштың алым-енін немесе түренді аудару соқаның Сиб ИМЭ тірегімен жабдықталған аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың алым-еніне тең деп алсақ, онда, жазықкескіш пен соқаның алым-ені $l_n=0.5$ м осы кезде жетілдірілген соқа-қопсытқыштың қашауының $l_q = 0,07$ м кезінде және жұмыс органдарының 15 дана мөлшерінде «соқа табанының» ұзындығы 1,05 м құрайды. Онда, (1) теңдеуге байланысты $k_r = 0,21$. Бұл коэффициент аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың топырақты өңдейтін құралдың жоғарғы тиімділігін көрсетеді.

Қорытынды Қазақстанда кеңінен қолданылатын қуаты 200-400 кВт болатын тракторларды талдау нәтижесінде, олардың көбі 5 тарту класына жататыны дәлелденген.

Жазықкескіш-тереңқопсытқыштар, чизельды соқалар, соқа-қопсытқыштар, түрен аудару соқалары, СИБИМЭ тіректерімен жабдықталған әртүрлі жырту агрегатының өнімділігіне әсер ететін кинематикалық сипаттамаларының болуы. Жырту агрегатының максималды өнімділігін алу үшін, аспалы соқа-қопсытқыштың кинематикалық ұзындығы 2,0-ден 2,5 м шеңберінде болуы тиіс.

Белгілі топырақ өңдейтін аспаптарды зерттеу нәтижелерін пайдалана отырып, топырақты негізгі аудармай өңдеуге қолданылатын, негізгі аудармай топырақты өңдейтін рационалды-технологиялық процесс жетілдірілді, ал оның өзі аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың принципіальді және конструктивті-технологиялық сұлбаларды жетілдіруге негізі болды.

Жетілдірілген технологиялық процесті іске асыру үшін, чизельді жұмыс органын пайдалану қажеттілігі дәлелденді. Чизельды жұмыс органының тарту кедергісі жұмыс органының өңделетін топырақтың қабаты мен қарама-қарсы сұлбасына байланысты, осы кезде жұмыс органы блокты (тарту кедергісі 100%), жартылай блокты (тарту кедергісі 60-70%) және бос (тарту кедергісі 40-50%) кесуді өткізеді. Анықталған теориялық тендеу (5) чизельды жұмыс органының тарту кедергісін анықтауға арналған, осы жұмыс органының өңделетін топырақтың қабатымен өзара қатынас сұлбасын ескере отырып. (1-нұсқа; 1-сурет) принципті сұлба негізінде аспалы фронтальды соқа-қопсытқыштың конструктивті-технологиялық сұлбасы негізделген, алым-ені 5,0 м (2-сурет) 5 тарту класты тракторымен агрегатталған және осы тракторлармен агрегатталған соқа-қопсытқыштарыдың пайдалану технологиялық жұмыс көрсеткіштері алынды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бойков В.М. Механико-техническое обоснование эффективных способов и технических средств основной обработки почвы. Диссертация доктора технических наук. – Саратов 1998. – 370 с
2. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
3. Кулен А., Куперс Х. Современная земледельческая механика / Пер. с англ. А.Э. Габриэляна. – М.: Агропромиздат, 1986. – 349 с.
4. Нестеров Е.С. Разработка комбинированного технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы // Диссер. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Саратов, 2011. – 149 с.
5. Чернышкин В.В. Совершенствование технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы // Диссер. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Саратов, 2013. – 153 с.
6. Окас К. Анализ результатов работы почвообрабатывающих орудий ПБК-5,4, ПБК-4,8 (Ч) и КОМБИ-6 / В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, К. Окас // Научная мысль: XXIX Международный научно-технический семинар имени Михайлова В.В. «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники». – Саратов: ООО «Амирит», 2016. – №5. – С. 70-79
7. Окас К. Оценка эффективности применения почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8 (Ч) / В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, О.В. Саяпин, К. Окас // Материалы межд. науч. конф., посвящённой 75-летию со дня рождения проф. Рыбалко А.Г. Под. ред. Дёмина Е.Е. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2011. – С. 15-19.
8. Окас К. Почвообрабатывающее орудие ПБК-4,8 (Ч) / В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, О.В. Саяпин, К. Окас // Материалы межд. науч. конф., посвящённой 75-летию со дня рождения проф. Рыбалко А.Г. Под. ред. Дёмина Е.Е. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2011. – С. 19-22.
9. Окас К. Конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего орудия ПБК-4,8 (Ч) / В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, К. Окас // Основы рационального природопользования: Материалы V международной научно-практической конференции. Под общ. ред. В.В. Афолина. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2016. – С. 293-297.
10. Окас К. Энергетические показатели работы почвообрабатывающего орудия ПБК-5,4 / В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, К. Окас // Основы рационального природопользования: Материалы V международной научно-практической конференции. Под общ. ред. В.В. Афолина. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2016. – С. 311-313.

11. Окас К. Почвообрабатывающее орудие КОМБИ-6 и его использование/ В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, К. Окас // Основы рационального природопользования: Материалы V международной научно-практической конференции. Под общ. ред. В.В. Афонина. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2016. – С. 318-321.
12. Окас К. Анализ исследований технологического процесса основной обработки почвы орудия КОМБИ-6 / В.М. Бойков, Е.С. Нестеров, К. Окас // Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию профессора Рыбалко А.Г. - Саратов: ООО «ЦеСАин», 2016. – С. 41-48.
13. В.П. Капустин, Ю.Е. Гладков/ Сельскохозяйственные машины (учебно пособие) 2016г. ISBN 978-5-16-010345-7. Издательство Инфра-М. Количество страниц 288. Центральной государственной машиностроительной станцией, ЦЧО МИС и КубНИИТ и М.
14. В.М. Халанский, И.В. Горбачев/ Сельскохозяйственные машины. Краткий курс. Учебное пособие. 2018г. ISBN 978-5-8114-2435-1. стр.240. издательство «Лан».
15. А.Н. Устинов, Сельскохозяйственные машины. Учебник, Москва, Издательский центр «Академия» 2012-264с.
16. А.Н. Карпенко, В.М. Гаврильева Т.Ф., Сельскохозяйственные машины. Издательство Колос 2013г.с-495
17. В.П. Гуляев, Т.Ф. Гаврилова, Сельскохозяйственные машины. Учебник 240 с, Издательство «Лан» ИВЦ Минфина 2020.
18. Э.В. Заяц и др. Сельскохозяйственные машины, Учебник 240 с, Минск, Издательство «Лан» ИВЦ Минфина 2020.
19. К.А. Полевецкий/ Сельскохозяйственные машины и орудие, 2019-648с. М.Сельхозгиз
20. Е.И. Трубилин и др. Сельскохозяйственные машины (конструкции, теория и расчет), учебное пособие – Краснодар КГАУ. 2016г.-200с.
21. Кленин Н.И., В.А. Сакур Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Учебное пособие.751с.-2018.М:Колос.
22. В.П. Гуляев. Сельскохозяйственные машины. Краткий курс. Учебное пособие. 2018. ISBN 978-5-8114-2435-1. Стр.240. Издательство «Лан».
23. Okas K. Study of Combined Tool Tiller Modes Intended for Graded Tillage (Конструктивно – режимные параметры фрезы комбинированного орудия для послойной обработки почвы.) В. Nuralin., M. Galiev., Z. Kubasheva., S. Khairullina. FME Transactions, VOL. 49, No 2, 2021 ▪ 471, fme-transactions@mas.bg.ac.rs or: Prof. Bosko Rasuo, Editor brasuo@mas.bg.ac.rs Faculty of Mechanical Engineering Kraljice Marije 16, 11120 Belgrade 35. – Serbia.

ADEBIETTER TIZIMI

1. Boikov V.M. Mehaniko-tehnicheskoe obosnovanie effektivnyh sposobov i tehnicheskih sredstv osnovnoi obrabotki pochvy. Dissertasiya doktora tehnicheskih nauk. – Saratov 1998. – 370 s
2. İofinov S.A., Lyşko G.P. Ekspluatasiya maşinno-traktornogo parka. – M.: Kolos, 1984. – 351 s.
3. Kulen A., Kupers H. Sovremennaya zemledelcheskaya mehanika / Per. s angl. A.E. Gabrielyana. – M.: Agropromizdat, 1986. – 349 s.
4. Nesterov E.S. Development of a combined technological process and a tillage tool for basic tillage // Disser. for the degree of Candidate of Technical Sciences. - Saratov, 2011. - 149 p.
5. Chernyshkin V.V. Improvement of technological process and tillage tools for basic tillage // Disser. for the degree of Candidate of Technical Sciences. - Saratov, 2013. - 153 p.
6. To Okas. Analysis of the results of the work of tillage tools PBK-5,4, PBK-4,8 (H) COMBI-6 and / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, K. Okas // Scientific thought: XXIX International scientific and technical seminar named after Mikhailov V.V. "Problems of efficiency and operation of automotive equipment". - Saratov: LLC "Amirit", 2016. - No. 5. - pp. 70-79

7. Okas K. Evaluation of the effectiveness of the use of a tillage tool PBK-4,8 (H) / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, O.V. Sayapin, K. Okas // Materials of the international scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the birth of Prof. Rybalko A.G. Ed. Demina E.E. - Saratov: Publishing House "Kubik", 2011. - pp. 15-19.
8. Okas K. Tillage tool PBK-4,8 (H) / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, O.V. Sayapin, K. Okas // Materials of the international scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the birth of Prof. Rybalko A.G. Ed. Demina E.E. - Saratov: Publishing House "Kubik", 2011. - pp. 19-22.
9. To Okas. Constructive and technological scheme of the tillage tool PBK-4,8 (H) / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, K. Okas // Fundamentals of rational nature management: Materials in the scientific and practical international conference. Under the general editorship of V.V. Afonin. - Saratov: Publishing Center "Science" LLC, 2016. - pp. 293-297.
10. To Okas. Energy performance indicators of the tillage tool PBK-5,4 / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, K. Okas // Fundamentals of rational nature management: Materials in the international scientific and practical conference. Under the general editorship of V.V. Afonin. - Saratov: Publishing Center "Nauka" LLC, 2016. - pp. 311-313.
11. To Okas. The soil-cultivating tool KOMBI-6 and its use / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, K. Okas // Fundamentals of rational nature management: Materials in the scientific and practical international conference. Under the general editorship of V.V. Afonin. - Saratov: Publishing Center "Science" LLC, 2016. - pp. 318-321.
12. To Okas. Analysis of studies of the technological process of basic tillage of the COMBI-6 implement / V.M. Boikov, E.S. Nesterov, K. Okas // scientific and practical International Conference dedicated to the 80th anniversary of Professor A.G. Rybalko - Saratov: LLC "tSeSAin", 2016. - pp. 41-48.
13. V.P. Kapustin, Yu.E. Gladkov/ Agricultural machines (training manual) 2016. ISBN 978-5-16-010345-7. Infra-M Publishing House. Number of pages 288. Central State Machine-building station, CCHO MIS and KubNIIT and M.
14. V.M. Khalansky, I.V. Gorbachev/ Agricultural machines. A short course. Study guide. 2018. ISBN 978-5-8114-2435-1. p.240. LAN Publishing house.
15. A.N. Ustinov, Agricultural machines. Textbook, Moscow, Publishing Center "Academy" 2012-264s.
16. A.N. Karpenko, V.M.: Gavrilyeva T.F., Agricultural machines. Kolos Publishing House 2013.s-495
17. V.P. Gulyaev, T.F. Gavrilova, Agricultural machines. Textbook 240 s, Publishing House "LAN" IVC of the Ministry of Finance 2020.
18. E.V. Zayats et al. Agricultural machines, Textbook 240 s, Minsk, Publishing House "LAN" IVC of the Ministry of Finance 2020.
19. K.A. Polevetsky/ Agricultural machines and tools, 2019-648s. M. Selkhozgiz
20. E.I.: Trublin et al. Agricultural machines (designs, theory and calculation), textbook - Krasnador KG AU. 2016-200s.
21. Klenin N.I., V.A. Sakun Agricultural and reclamation machines. Textbook.751s. -2018.M:The ear.
22. V.P. Gulyaev. Agricultural machines. A short course. Study guide. 2018. ISBN 978-5-8114-2435-1. Page 240. LAN Publishing House.
23. Okas K. Study of the modes of a combined tillage tool designed for graded tillage (design-mode parameters of the milling cutter of a combined tool for layer-by-layer tillage.) B. Nuralin., M. Galiev., Z. Kubasheva., S. Khairullina. FME Transactions, VOLUME 49, No. 2, 2021 ▪ 471, fme-transactions@mas.bg.ac.rs or: Prof. Bosco Rasuo, Editor brasuo@mas.bg.ac.rs Faculty of Mechanical Engineering Kralice Maria 16, 11120 Belgrade 35. – Serbia.

РЕЗЮМЕ

В статье предложены принципиальная и конструктивно-технологическая схемы навесного четырехрядного фронтального плуга-рыхлителя и даны выражения для определения

ширины захвата, производительности тягового сопротивления, мощности и энергоёмкости чизельного плуга. Используя результаты теоретических исследований, был произведен расчет основных эксплуатационных показателей навесного фронтального плуга-рыхлителя. В работе также представлены зависимости тягового сопротивления, производительности, затрачиваемой мощности и требуемой энергоёмкости данного плуга от скорости движения пахотного агрегата при основной безотвальной обработке почвы.

Анализ представленных зависимостей показывает, что мощность и энергоёмкость технологического процесса основной безотвальной обработки почвы при работе навесного фронтального плуга-рыхлителя изменяется по нелинейной зависимости. При работе пахотного агрегата, состоящего из трактора К-701 и предлагаемого плуга-рыхлителя, работающего на скорости движения от 1,6 до 2,3 м/с затрачиваемая мощность находится в пределах от 80 до 130 кВт, а энергоёмкость на этих скоростях от 28 до 33 кВтч/га.