

## ОЦЕНКА ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СЕЯЛОК С КОМБИНИРОВАННЫМИ СОШНИКАМИ

*М. А.<sup>1</sup> Адуов, д.т.н., профессор*

*С. Н.<sup>2</sup> Капов, д.т.н.*

*С. А. Нукушева<sup>1</sup>, к.т.н.*

*Е.Ж.<sup>1</sup> Каспаков к.т.н., доцент*

*К. Г.<sup>1</sup> Исенов доктор PhD*

*К.<sup>1</sup> Володя, магистр*

*Т. К.<sup>1</sup> Тулегенов докторант.*

<sup>1</sup> *Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, проспект*

<sup>2</sup> *Ставропольский аграрный университет, г.Ставрополь, Россия*

### **Аннотация**

Зарубежные машины, ввозимые в Казахстан созданы для их местных условий и к зональным условиям Казахстана не адаптированы, поэтому их рекламные показатели в наших почвенно-климатических условиях не подтверждаются.

В стерневых сеялках, применяемых в северных областях Казахстана, сошники крепятся непосредственно на раме без поводков и подпружинены с целью предохранения от поломок при встрече с препятствиями. Глубина хода и заделки семян регулируется групповым способом путем изменения положения батареи катков относительно рамы. При оптимальной ширине рамы и батареи опорных катков (2,05 м) копирование рельефа поля вполне приемлемо даже при бесповодковой схеме крепления сошника.

**Ключевые слова:** сеялка, посевные комплексы, дисковые и чизельные сошники, культиваторные лапы, стерня, тяговое сопротивление, посев, проходимость, урожайность.

### **Введение**

Новые влагоресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур получают все более широкое распространение в мировой практике. Самая главная идея этих технологий – нейтрализация негативного влияния интенсивного земледелия на

плодородие почвы, окружающую среду. Отличительная характеристика этой технологии – исключение механического воздействия на почву и почва полностью и постоянно находится под «прикрытием». Главная отличительная черта технологии прямого посева – использование

рабочих органов, минимально разрыхляющие почву (дисковые, анкерные, чизельные). Эффективность такой обработки заключается в значительном снижении энергопотребления, трудовых и денежных затрат главным образом за счет отказа от вспашки и

механической предпосевной обработки почвы. Технология возделывания No-till хорошо адаптирована в США, Канаде, Австралии, Бразилии, Аргентине и она распространяется в мире на площади около 95 млн. гектаров.

### **Материалы и методы исследований**

При разработке сеялок использованы современные методы статистической динамики, теории вероятностей методики лабораторных испытаний, ГОСТ на испытание сельскохозяйственной техники, динамометрирование и другие современные методы, и технические средства.

Разработана методика проведения исследований сеялки с комбинированными сошниками и были использованы измерительная информационная система ИП 264 с модулем МС-5 производство КубНИИТиМ, датчик сило- и весоизмерительный тензорезисторный Л-Р-20Г-3-С1, тахометр и другие измерительные инструменты.

В предлагаемой разработке впервые в мировой практике на сеялке прямого посева будет применена комбинация дисковых и чизельных сошников, дисковых и культиваторных лап.

В рамках проекта выполнено следующее:

- проведен анализ конструктивных и технологических особенностей сеялок прямого посева ближнего и дальнего зарубежья;

- разработаны эскизные проекты экспериментальных образцов дисковых, чизельных и лаповых сошников с механизмами подвески;

- изготовлены экспериментальные образцы дисковых, чизельных и лаповых сошников с механизмами подвески;

- проведены теоретические и лабораторные исследования и их сравнительный анализ по определению зависимостей тягового сопротивления экспериментальных сошников от их конструктивных и технологических параметров;

- изготовлены экспериментальные установки сеялок с комбинированными сошниками;

- проведены лабораторно-полевые опыты экспериментальной установки сеялки с комбинированными сошниками на посевах пшеницы сорта «Шортландинская 95 улучшенная» ПР-3. Норма высева семян 120 кг/га и глубина заделки семян 5 см. Контрольный посев серийной сеялкой СЗТС-2,0. Размеры опытных участков 12\*167м.

С учетом замечаний по результатам лабораторно - полевых опытов проведена доработка и

изготовлены опытные образцы сеялок с комбинированными сошниками.

Проведены хозяйственные испытания опытных образцов сеялки с комбинированными сошниками на

посеве пшеницы сорта «Астана». Норма высева семян 120 кг/га и глубина заделки семян 5 см. Контрольный посев серийной сеялкой СЗТС-2,0.

### **Основные результаты исследований**

В настоящее время в агропромышленном комплексе Республики Казахстана при возделывании зерновых культур по технологиям No-till и прямого посева широко применяются сеялки следующих фирм дальнего зарубежья: «Amazone», «John Deere», «Gherardi», «MASCHIO-GASPARDO», «Kuhn», «Köckerling», «Horsch» и другие [1,2,3].

Сеялки дальнего зарубежья оснащены дисковыми, чизельными и долотовидными сошниками, а сеялки ближнего зарубежья в основном дисковыми сошниками. Чизельные и долотовидные сошники очень просты и надежны в настройке глубины заделки, хорошо заглубляются и точно выдерживают заданную глубину заделки семян [4,5,6,7]. Они неудовлетворительно перерезают растительные остатки, что приводит к забиванию сошников.

В сеялках прямого посева применяются однодисковые и двухдисковые сошники, однако однодисковые сошники не очень эффективно перерезают пожнивные остатки, не полностью укрывается борозда и при влажной и тяжелой почве борозда получается уплотненной. Двухдисковые сошники лишены вышеуказанных недостатков, но в засушливые годы для

заглубления одного рабочего органа на необходимую глубину заделки семян в почву требуется усилия до 200 кг, что требует установки индивидуального гидроцилиндра для каждого сошника и это приводит к увеличению массы сеялки и ее удорожанию.

В стерневых сеялках, применяемых в северных областях Казахстана, сошники крепятся непосредственно на раме без поводков и подпружинены с целью предохранения от поломок при встрече с препятствиями. Глубина хода и заделки семян регулируется групповым способом путем изменения положения батареи катков относительно рамы. При оптимальной ширине рамы и батареи опорных катков (2,05 м) копирование рельефа поля вполне приемлемо даже при бесповодковой схеме крепления сошника. Поэтому применение таких сложных механизмов копирования, применяемых в зарубежных сеялках, вряд ли оправдано.

На основании вышеизложенного анализа нами предложены сеялки прямого посева со следующими комбинациями сошников:

- дисковые и чизельные сошники, установленные как минимум, в два ряда, причем, в одном

из рядов установлены чизельные, а в другом – дисковые, обеспечивающих высокую проходимость и малое тяговое сопротивление при работе по стерневым необработанным фонам [8];

- дисковые сошники и культиваторные лапы с распределителями семян для посева широкой лентой (ленточно-рядового посева), обеспечивающих высокую

Общее тяговое сопротивление двугранного клина с учетом размерностей имеет вид [10,11]:

$$R_x = \frac{\rho}{\rho} A_a \times A_l \times m_v \times ab \times \frac{\rho \times a \times g}{2} + C \times \cos j \times \frac{\rho}{\rho} + A_y \times g_p \times v^2 \times ab \times \frac{\rho}{\rho}. \quad (1)$$

где  $A_a = (1 + ctg \alpha \times tg j)$  ;  $A_l = \frac{1 - \sin j \times \cos 2w}{1 + \sin j \times \cos 2w}$  ;  $\rho$  и  $C$  - плотность и

сцепление почвы;  $V$  - объем отделяемого почвенного элемента;  $a$  и  $b$  - глубина хода и ширина клина;  $g_p$  - плотность обработанной почвы.

Тогда общее тяговое сопротивление трехгранного клина определится как [10,11]:

$$R_x = \frac{\rho}{\rho} A_c \times A_l \times m_v \times ab \times \frac{\rho \times a \times g}{2} + C \times \cos j \times \frac{\rho}{\rho} + A_q \times g_p \times ab \times v^2 \times \frac{\rho}{\rho}. \quad (2)$$

где  $A_c = (1 + ctg \gamma \times tg j)$  ;

$A_q = (\sin \gamma \times \cos \gamma) / \sin(\gamma + \alpha)$  .

Таблица 1 - Расчетные формулы для определения влияния параметров клина и свойств почвы на тяговое сопротивление клина.

Показатель	Расчетная формула	Значения коэффициентов
Глубина обработки, $a$	$R_x(a) = M(M_1 \times a^2 + M_2 \times a)$	$M = b$ ; $M_2 = (K_p + K_k)$ $M_1 = 0,5 \times m_v \times A_a \times A_l \times g \times g$
Угол резания, $\alpha$	$R_x(\alpha) = M(D_1 M_1 + D_2 M_2)$	$D_1 = A_l \times A_a$ ; $D_2 = A_y$ $M_1 = m_v (0,5g \times a + C \cos j) \times a \times g$ $M_2 = a \times g_p \times v^2$

Скорость движения, $v$	$R_x(v) = M(M_1 + M_2 \times v^2)$	$M_1 = (K_m + K_p) \times a$ $M_2 = A_y \times g_p \times a$
Сцепление почвы, $C$	$R_x(C) = M(M_1 + C \times M_2)$	$M_1 = (K_m + K_k) \times a$ $M_2 = A_a \times A_l \times m_v \times g \times a \times \cos j$
Плотность почвы, $g$	$R_x(g) = M(M_1 + g \times M_2)$	$M_1 = (K_p + K_k) \times a$ $M_2 = (0,5 \times m_v \times A_a \times A_l \times a^2 \times g)$

Значения параметров:  $K_m = 0,5 \times m_v \times A_a \times A_l \times g \times a \times g$ ;  $K_k = A_y \times g_p \times v^2$ ;

$$K_p = A_a \times A_l \times m_v \times C \times \cos j ; A_a = (1 + ctg a \times tg j) ;$$

$$2w_n = 2p - 2a - j - \arcsin(\sin j \times \sin r) ;$$

$$A_y = (\sin a \times \cos y) / \sin(a + y) ; A_l = (1 - \sin j \times \cos 2w_n) / (1 + \sin j \times \cos 2w_n).$$

Примечание: Для трехгранного клина угол  $a$  заменяется углом

$c = \arcsin(\sin e \times \sin q)$ , где  $e$  и  $q$  - углы установки клина к стенке и ко дну борозды.

В таблице 1 приведены расчетные формулы, полученные на основе анализа структуры формулы для определения влияния параметров  $a$ ,  $v$  и свойства почвы  $C$ ,  $g$  на тяговое сопротивление лапового сошника. В таблице 2 представлены значения величин, используемых для теоретических расчетов.

Таблица 2 - Расчетные значения величин и параметров, характеризующие изменения тяговое сопротивление лапового сошника

Наименование величин	Обоз	Значения
Глубина хода лапового сошника, м	$a$	0,05...0,1
Ширина лапового сошника, м	$b$	0,27
Скорость движения лапового сошника, м/с	$v$	1...4
Плотность почвы, кг/м <sup>3</sup>	$g$	1200...1500
Плотность разрыхленной среды, кг/м <sup>3</sup>	$g_p$	800...1200
Сцепление почвы, кН/м <sup>2</sup>	$C$	0,5...6,0
Угол резания лапового сошника, град.	$a$	10...40
Угол внутреннего трения, град.	$j$	28
Угол внешнего трения, град.	$r$	35
Угол сдвига (град.), для:		$y = p/2 - a$

- сухой почвы; - связной, почвы; - твердой почвы.	у	$y = p/2 - (a + j + r)/2$ $y = p/2 - a/2$
Угол установки лапового сошника к стенке борозды, град.	е	20...50
Угол установки лапового сошника ко дну борозды, град.	q	30...60

Для реализации предложенного подхода оценки тягового сопротивления рабочих органов были проведены расчеты по полученным формулам применительно к лаповому сошнику, согласно разработанной методики исследования.

Графики расчетов приведены на рисунке 1. Полученные теоретические

зависимости по расчетным формулам, согласно таблицы 1 и 2, подтверждают экспериментальные данные многих исследователей [12, 13, 14].

Более наглядно физическая суть процесса взаимодействия лапового сошника с почвой выяснится, если записать формулу в виде

$$R_x = ab(K_m + K_p + K_k), \quad (3)$$

где  $K_m = 0,5 m_v A_{a(c)} A_l g a g$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на преодоление давления почвенного пласта на клине, обусловленного силой тяжести, кН;

$K_p = m_v A_{a(c)} A_l C \cos j$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на разрушение почвенного пласта, кН;

$K_k = A_y \times g_p \times v^2$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на сообщение и изменение направления скорости движения пласта по лаповому сошнику.

Полученные формулы подтверждают положение что, тяговое сопротивление рабочих органов складывается из затрат энергии на технологический процесс обусловленных разрушением, инерционными силами и транспортированием.

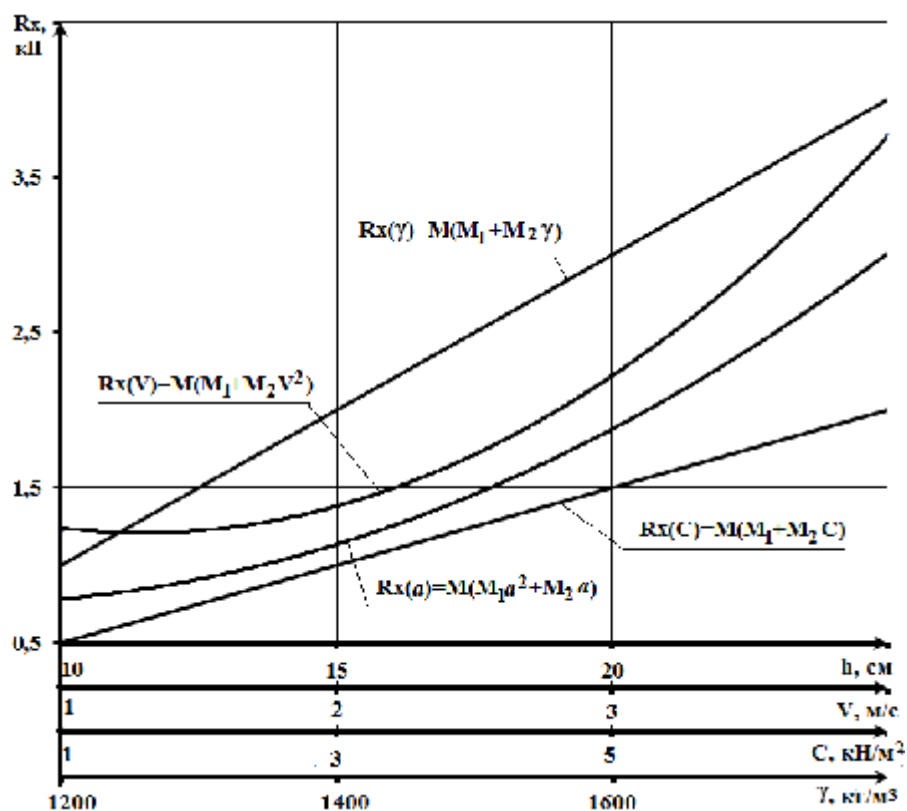


Рисунок 1 – Зависимости тягового сопротивления клина от:

- глубина обработки,  $a$ :  $R_x(a) = M(M_1 a^2 + M_2 a)$ ;
- скорость движения,  $v$ :  $R_x(v) = M(M_1 + M_2 v^2)$ ;
- сцепление почвы,  $C$ :  $R_x(C) = M(M_1 + C M_2)$ ;
- плотность почвы,  $g$ :  $R_x(g) = M(M_1 + g M_2)$ .

Для количественной оценки технологического процесса обработки почвы предлагается определять составляющие тягового сопротивления клина как:

$$R_x = R_{x_m} + R_{x_p} + R_{x_k}, \quad (4)$$

где  $R_{x_m} = a > b > K_m$ ;

$R_{x_p} = a > b > K_p$ ;

$R_{x_k} = a > b > K_k$  - сопротивление соответственно на преодоление давления почвенного пласта на клине, на разрушение пласта и на сообщение и изменение направления скорости движения пласта по клину.

Определение тягового сопротивления чизельного сошника. В основу аналитического суждения об оценке энергетических затрат на обработку почвы положены расчетные формулы, полученные выше (3) и (4). Поэтому на энергетические и агротехнические показатели рабочих органов будут оказывать влияние параметры и условия работы чизельного сошника.

Эффективность рыхления почвы чизельным сошником зависит, в первую очередь, от его параметров. К ним относятся, как показано на рисунке 2:  $B_{\text{ш}}$ ,  $l_{\text{ш}}$ , - ширина, длина долота сошника;  $\alpha_0$  - угол установки долота ко дну борозды (угол резания);  $d_0$ , - толщина стойки;  $\beta_0$  - угол установки стойки сошника к вертикали.

Дополнительными параметрами являются  $h$  - глубина хода чизельного сошника. После прохода чизельного

сошника в почве образуется прорезь со следующими параметрами:  $B_p$  - ширина зоны деформации;  $l_{\text{ск}}$  - зона деформации перед долотом чизельного сошника;  $h_{\text{кр}}$  - критическая глубина рыхления;  $\gamma_0$ ,  $\gamma_{\text{ск}}$  - угол скалывания почвы соответственно в поперечной и продольной плоскостях.

В процессе работы чизельного сошника перед рабочим органом периодически скалывается стружка, в поперечном сечении имеющая форму трапеции шириной при основании  $B_p$  и при вершине  $B_{\text{ш}}$ . На некоторой глубине  $h_{\text{кр}}$  прорезь от чизельного сошника расширяется в направлении поверхности поля под углом  $\gamma_0$ . В продольной плоскости сколотая стружка имеет трапециевидную форму. Угол  $\gamma_0$  зависит от внутреннего угла трения  $j$  и угла  $\alpha_0$ .

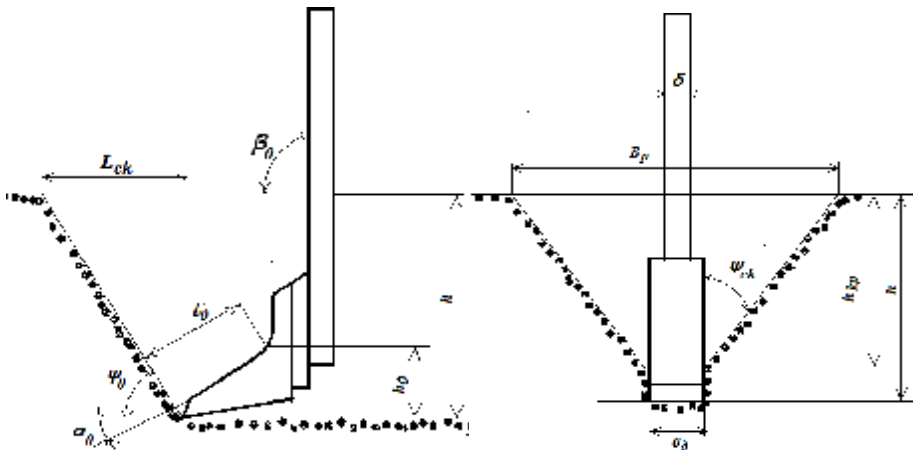


Рисунок 2 – Конструктивные и технологические параметры чизельного сошника



Для непосредственного расчета тягового сопротивления чизельного сошника необходимо учитывать, что обработка почвы происходит путем деформации некоторой части пласта. Очевидно, что затраты энергии на обработку почвы должны возрасти с увеличением площади распространения деформации в поперечном сечении пласта. Важным параметром, характеризующим процесс деформации почвы, является

величина  $h_{кр}$ , т.е. такая глубина, при которой прекращается деформация с отделением стружки и происходит смятие почвы в боковых направлениях.

Согласно формулы (4), тяговое сопротивление чизельного сошников в слое до критической глубины обработки почвы представим в следующем виде:

$$R_{сч} = F_G \cdot (K_{чТ} + K_{чР} + K_{чК}), \quad (5)$$

где  $F_G$  - площадь сечения разрыхленной части пласта почвы.

Определим величину  $F_G$  для чизельного сошника как:

$$F_G = B_{ч} \cdot h + h_{кр}^2 \cdot t g \gamma_{ск}; \quad (6)$$

$$R_{сч} = (B_{ч} \cdot h + h_{кр}^2 \cdot t g \gamma_{ск}) \cdot (K_{чТ} + K_{чР} + K_{чК}); \quad (7)$$

где  $K_{шт} = 0,5 \cdot m_v \cdot A_{a_0} \cdot A_l \cdot g \cdot h \cdot g$  - коэффициенты, учитывающие затраты энергии на преодоление давления почвенного пласта на долоте сошника;

$K_{чР} = m_v \cdot A_a \cdot A_l \cdot C \cdot \cos(j)$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на разрушение почвенного пласта на долоте сошника ( $A_a = A_{a_0}$ );

$K_{чК} = A_y \cdot g_p \cdot v^2$  - коэффициент, учитывающий затраты энергии на сообщение и изменение направления скорости движения пласта по долоту сошника ( $A_y = A_{y_0}$ ).

Определение тягового сопротивления дискового сошника [15]. Тяговое сопротивление дискового сошника, как видно из рисунка 3 определяется из суммы сил сопротивления резанию почвы лезвием плоского диска  $F_p$ , горизонтальных составляющих силы сопротивления деформации почвы дисковым ноуальником  $F_{dx}$ , силы динамического сопротивления почвенного пласта  $F_k$ , силы трения почвы  $F_m$  и силы, затрачиваемую на смятие почвы  $F_s$ .

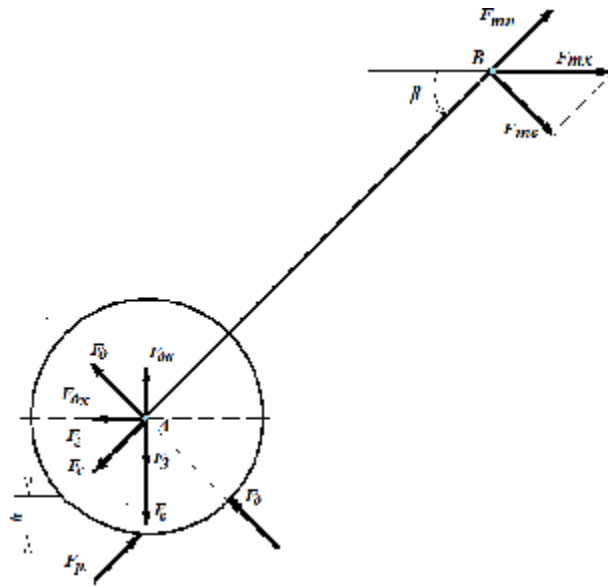


Рисунок 3 – Схема сил, действующих на почву со стороны дискового сошника

В общем виде тяговое сопротивление дискового сошника определится как:

$$F_{\text{тх}} = F_p + F_{\text{ox}} + F_m + F_k + F_z$$

где - сила сопротивления резанию почвы:

$$F_p = K > h > b > \cos b$$

- сила сопротивления деформации почвы дисковым наральником:

$$F_{\text{ox}} = K > b > h > \cos g$$

- сила динамического сопротивления почвенного пласта:

$$F_k = K_c \times b \times h \times v^2$$

- сила трения почвы:

$$F_m = K > b > h > \text{tg} j > \cos b$$

- сила, затрачиваемая на смятие почвы:

$$F_z = 0.5 \times q \times h^2 \times b$$

где  $K$  - удельное сопротивление почвы, кН/м<sup>2</sup>;

$h$  - глубина хода сошника, м;

$b$  - ширина наральника, м;

$b$  - угол наклона наральника к горизонтальной плоскости, град ;

$g$  - угол наклона наральника к вертикальной плоскости, град;

$j$  - угол трения, град;

$K_c$  - скоростной коэффициент;

$\gamma$  - плотность почвы кг/см<sup>3</sup>;  
 $V$  - скорость движения сошника, м/с<sup>2</sup>;  
 $q$  – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м<sup>3</sup>.

Более наглядно физическая суть процесса взаимодействия сошника с почвой выяснится, если записать как

$$F_{TX} = K \cdot h \cdot b \cdot \cos \beta + K \cdot b \cdot h \cdot \cos \alpha + K \cdot b \cdot h \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta + K_C \cdot h \cdot b \cdot v \cdot V^2 + 0.5 \cdot q \cdot h^2 \cdot b \quad (8)$$

или

$$F_{TX} = K \cdot h \cdot b (\cos \beta + \cos \alpha + \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta) + K_C \cdot h \cdot b \cdot v \cdot V^2 + 0.5 \cdot q \cdot h^2 \cdot b \quad (9)$$

Для количественной оценки технологического процесса обработки почвы предлагается определять составляющие тягового сопротивления клина как

$$F_{TX} = F_{Xm} + F_{Xp} + F_{Xk}, \quad (10)$$

где  $F_{Xm} = K \cdot h \cdot b (\cos \beta + \cos \alpha + \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta)$ ,

$F_{Xp} = K_C \cdot h \cdot b \cdot v \cdot V^2$ ,  $F_{Xk} = 0.5 \cdot q \cdot h^2 \cdot b$  - сопротивление соответственно на преодоление трения и давления почвенного пласта на сошнике, на разрушение пласта и на сообщение и изменение направления скорости движения пласта по клину.

Анализ полученной формулы (10) показывает, что тяговое сопротивление сошника в зависимости от глубины обработки и скорости движения изменяется по параболической зависимости, как показано в таблице 3.

Таблица 3- Расчетные формулы для определения влияния параметров сошника и свойств почвы на его тяговое сопротивление.

Показатель	Расчетная формула
Глубина обработки, а	$F_{TX}(h) = (M_1 \cdot h^2 + M_2 \cdot h)$
Скорость движения, v	$F_{TX}(v) = (M_1 + M_2 \cdot v^2)$
Плотность почвы, g	$F_{TX}(g) = (M_1 + g \cdot M_2)$

Тяговое сопротивление сеялки с серийными лаповыми сошниками. Согласно конструктивно-технологической схемы сеялки СЗТС – 2,0, полное ее тяговое сопротивление складывается:

$$R = R_n + R_k + R_c; \quad (11)$$

где  $R_n$  – тяговое сопротивление сеялки на перекатывание;  $R_k$  – тяговое сопротивление прикатывающего катка;  $R_c$  – тяговое сопротивление сошниковых секций.

Тяговое сопротивление сеялки на перекатывание определяется по формуле:

$$R_n = G * f; \quad (12)$$

где  $G$  – сила тяжести сеялки;  $f = 0,12$  – коэффициент сопротивления движения по почве подготовленной под посев;

Тяговое сопротивление катка от его перекатывания определится по формуле Грандвуане–Горячкина:

$$R_k = 0.89 \times 3 \sqrt{\frac{D^4}{B \times q \times d^2}}, \quad (13)$$

где:  $D$  – усилие давления катка на почву ( $D=3000$ );

$B$  – конструктивная ширина захвата каткового устройства (2,1м);

$q$  – коэффициент объёмного смятия почвы ( $30 \text{ кг/м}^3$ ).

Тогда имеем:

Тяговое сопротивление катка с учётом роста сопротивления из – за неровности поверхности катка определим по формуле:

$$R_k = E * R_k, \text{ кН}$$

где,  $E=1,1 \dots 1,3$  – коэффициент, учитывающий неровности поверхности, принимаем  $E=1,3$ .

Окончательно получим:

$$R_k = 3 \sqrt{\frac{D^4}{B \times q \times d^2}} \text{ кН}; \quad (14)$$

Тяговое сопротивление сошниковой секции складывается:

$$R_c = R_l \times n, \quad (15)$$

где  $R_l$  – тяговое сопротивление лапы сошника;

$n$  – число лаповых сошников в секции сеялки.

Окончательно, после подстановки формул (13), (14), (15) в (11) получим ее тяговое сопротивление сеялки:

$$R = G \times f + 3 \sqrt{\frac{D^4}{b \times q \times d^2}} + h \times b \times n \times (K_m + K_p + K_k), \quad (16)$$

Тяговое сопротивление сеялки с чизельными сошниками. Общее тяговое сопротивление сеялки СЗТС-2,0 с чизельными рабочими органами складывается из составляющих:

$$R = R_n + R_k + R_c; \quad (17)$$

Где  $R_n$  – тяговое сопротивление сеялки на перекатывание;

$R_k$  – тяговое сопротивление прикатывающего катка;

$R_{\text{ч}}$  - тяговое сопротивление чизельных сошников секций.

Для определения составляющих  $R_n$  и  $R_k$  может быть использованы формулы (12) и (13). Что касается тягового сопротивления чизельных сошников в секций определим как:

$$R_{\text{ч}} = R_{\text{ХЧ}} \cdot n, \quad (18)$$

Окончательно, после подстановки формул (12), (13), (18) в (4.13) получим тяговое сопротивление сеялки с чизельными рабочими органами:

$$R = G \cdot f + \sqrt[3]{\frac{D^4}{b \cdot q \cdot d^2}} + n \cdot (B_{\text{ч}} \cdot h + h_{\text{кр}}^2 \cdot \text{tg} \gamma_{\text{ск}}) (K_{\text{чГ}} + K_{\text{чР}} + K_{\text{чК}}), \quad (19)$$

Тяговое сопротивление сеялки с дисковыми сошниками. Общее тяговое сопротивление сеялки СЗТС-2,0 с дисковыми рабочими органами складывается из составляющих:

$$R = R_n + R_k + R_{\text{д}}; \quad (20)$$

Где  $R_n$  – тяговое сопротивление сеялки на перекатывание;

$R_k$  -тяговое сопротивление прикатывающего катка;

$R_{\text{д}}$  - тяговое сопротивление дисковых сошников секций.

Для определения составляющих  $R_n$  и  $R_k$  может быть использованы формулы (12) и (13). Что касается тягового сопротивления дисковых сошников в секций определим как:

$$R_{\text{д}} = F_{\text{ХД}} \cdot n, \quad (21)$$

Окончательно, после подстановки формул (12), (13), (21) в (20) получим тяговое сопротивление сеялки с дисковыми сошниками:

$$R = G \cdot f + \sqrt[3]{\frac{D^4}{b \cdot q \cdot d^2}} + n \cdot h \cdot b (K_{\text{Хм}} + K_{\text{Хр}} + K_{\text{Хк}}), \quad (22)$$

Тяговое сопротивление сеялки с различными типами рабочих органов. Предложенный подход количественной оценки технологического процесса работы сеялки СЗТС-2,0 позволяет получить составляющие тягового сопротивления сеялки с различными рабочими органами:

- комбинация рабочих органов (сошников): *стрельчатая лапа*

Ⓜ *двухдисковый сошник* Ⓜ *стрельчатая лапа*:

$$R = G \cdot f + \sqrt[3]{\frac{D^4}{b \cdot q \cdot d^2}} + h \cdot b \cdot m \cdot (K_m + K_p + K_k) + n \cdot h \cdot b (K_{\text{Хм}} + K_{\text{Хр}} + K_{\text{Хк}}) \quad (23)$$

где  $m$  – число стрельчатых лап;

$n$  – число дисковых сошников.

- комбинация рабочих органов (сошников): *чизель*® *двухдисковый сошник*® *чизель*:

$$R = G \times f + \sqrt[3]{\frac{D^4}{b \times q \times d^2}} + m \times (B_{\parallel} \times h + h_{кр}^2 \operatorname{tg} \gamma_{ск}) (K_{\text{чТ}} + K_{\text{чР}} + K_{\text{чК}}) + n \times h \times b (K_{Xm} + K_{Xp} + K_{Xk}) \quad (24)$$

где  $m$  – число чизельных сошников;

$n$  – число дисковых сошников.

Для проверки полученных выше теоретических зависимостей были проведены хозяйственные испытания опытных образцов сеялок с дисковыми, лаповыми и чизельными сошниками, которые выполнены в 2 серии. В первой серии испытаний опытных образцов сеялок с дисковыми, лаповыми и чизельными сошниками проведены посев пшеницы сорта «Астана» на рекомендованную глубину заделки семян и норму высева семян агрономом хозяйства, а контрольный посев серийной сеялкой СЗСТС-2,0.

Во второй серии испытаний опытных образцов сеялок с дисковыми, лаповыми и чизельными сошниками приняты следующие параметры: рабочие скорости движения установки -  $V = 6, 8, \text{ и } 10$  км/ч, установочная глубина хода сошников экспериментальной установки 4 - 10 см. Междурядье принято 22,8 см. Повторность опыта – четырехкратная.

Определение тягового сопротивления опытных образцов сеялок с дисковыми, лаповыми и чизельными сошниками проведены в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52777 одновременно с оценкой агротехнических показателей

[16,17,18].

Для регистрации и обработки, полученных экспериментальных данных, использована измерительная информационная система ИП 264 с модулем МС-5 производство КубНИИТиМ [19,20]. В состав измерительной информационной системы ИП-264 входят: блок электронный, блок питания -220В/12В, кабель питания, кабель связи ПК, программа для обработки, тензометрический датчик на растяжение «К-Р-20Г», счетчик оборотов колес и расходомер топлива. Для установки счетчиков оборотов колес и расходомера топлива были разработаны и установлены кронштейны и крепления.

Обработка первичных материалов экспериментальных исследований проводилась на персональном компьютере с использованием соответствующих программ и методов математической статистики.

Сравнительный анализ различных рабочих органов. Результаты испытаний посевного агрегата Беларусь 952 + СЗТС -2,0 с рабочими органами: 1 - сеялка с сошниками: чизель-диски-чизель; 2 - сеялка с сошниками: лапа-диски-лапа;

3- сеялка с серийными лаповыми сошниками приведены в таблице 4 и на рисунках 4 и 5.

Таблица 4- Результаты экспериментальных исследований посевного агрегата с различными типами рабочих органов

Серии	№ опыта	Дата	Описание	Глубина см	Средняя влажность почвы, %	Средняя твердость почвы, кг/см <sup>2</sup>	Скорость км/ч	Скорость фактическая км/ч	Ср. тяга кН	Ср. буксование %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	1	28.09.2016	Сеялка СЗС 2,0 с сошниками: стрельчатая лапа –	4	4,2	91	6	5,45	7,137	29,2
							8	7,75	7,409	30,8
							10	9,51	7,638	21,4
	2	28.09.2016	двухдисковый сошник -	7	31	166	6	5,46	7,851	22,4
							8	7,32	8,282	29
							10	9,98	8,423	26,3
	3	28.09.2016	стрельчатая лапа	10	45,2	326	6	5,455	9,157	26
							8	7,75	9,38	22,7
							10	9,435	9,611	21,4
2	1	28.09.2016	Сеялка СЗС 2,0 с сошниками: чизель -	4	3	185	6	5,78	4,056	23
							8	7,65	4,633	23,1
							10	9,11	4,898	27,7
	2	28.09.2016	двухдисковый сошник -	7	29,6	257	6	5,79	5,0	33,5
							8	7,72	5,172	29,1
							10	9,58	5,581	24,4
	3	28.09.2016	- чизель	10	36,8	381	6	5,47	6,266	33
							8	7,6	6,394	31,2
							10	9,78	6,84	30,2
3	1	28.09.2016	Сеялка СЗС 2,0 с сошниками: стрельчатая лапа	4	5,6	138	6	5,57	7,264	34,5
							8	7,9	8,561	34
							10	9,51	9,33	25,7
	2	28.09.2016		7	37	267	6	5,74	7,602	29,4
							8	7,74	8,65	30
							10	9,84	8,492	29,8
	3	28.09.2016		10	49,4	348	6	5,81	8,294	21,4
							8	7,78	8,894	29,5
							10	9,6	9,187	31

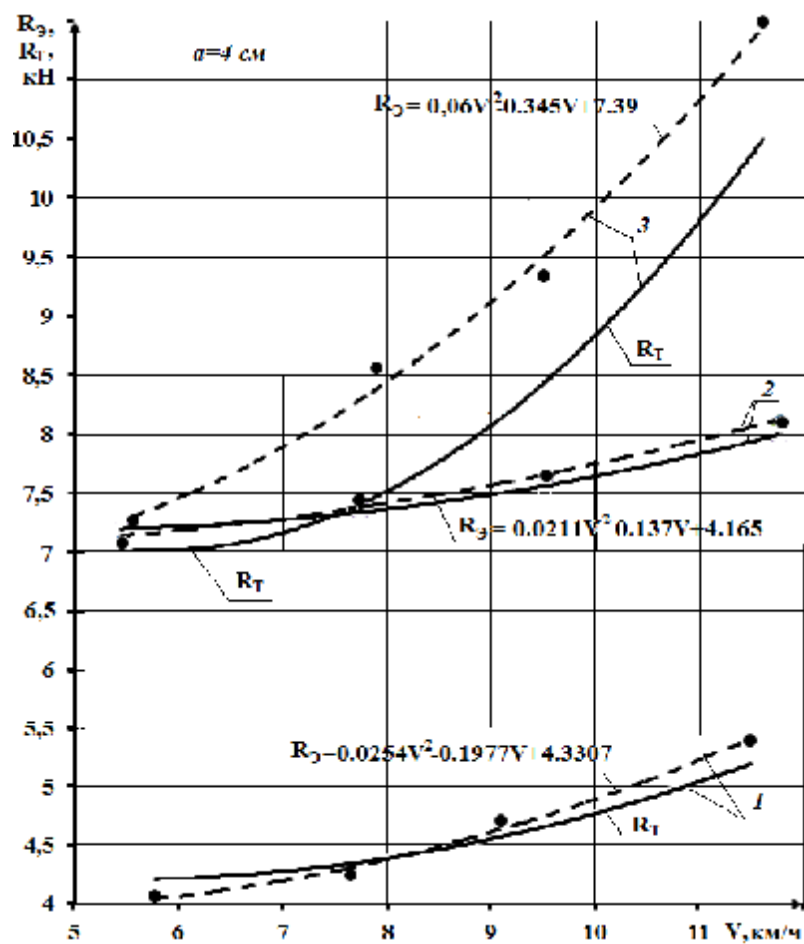


Рисунок 4 - Теоретическая ( $R_T$ ) и экспериментальные ( $R_Э$ ) зависимости тягового сопротивления сеялки СЗТС -2,0 с различными рабочими органами (1 - сеялка с сошниками: чизель® диски® чизель; 2 - сеялка с сошниками: лапа® диски® лапа; 3- сеялка с серийными лаповыми сошниками) от рабочей скорости агрегата  $V$  при глубине обработки почвы  $a=4\text{ см}$



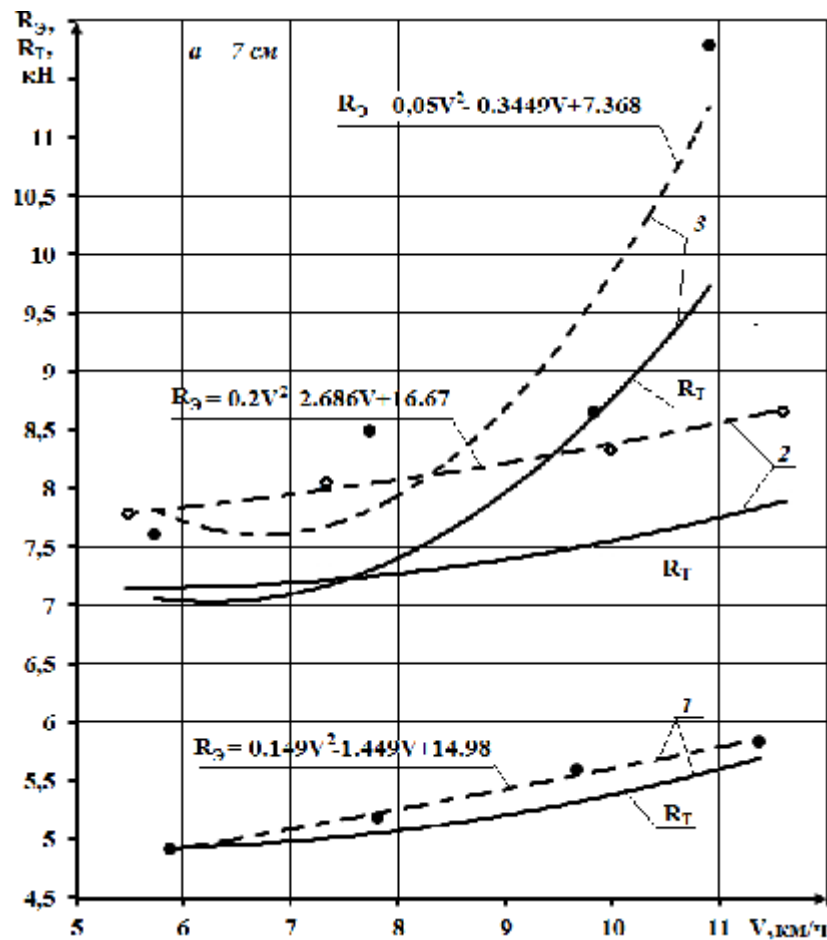


Рисунок 5- Теоретическая ( $R_T$ ) и экспериментальные ( $R_Э$ ) зависимости тягового сопротивления сеялки СЗТС -2,0 с различными рабочими органами (1 - сеялка с сошниками: чизель® диски® чизель; 2 - сеялка с сошниками: лапа® диски® лапа; 3- сеялка с серийными лаповыми сошниками) от рабочей скорости агрегата  $V$  при глубине обработки почвы  $a=7\text{ см}$

### Обсуждение полученных данных и заключение

Сравнительный анализ различных рабочих органов и представленные на рисунках 4 и 5 теоретические ( $R_T$ ) и экспериментальные ( $R_Э$ ) зависимости показывают, что наименьшее значение тягового сопротивления сеялки от рабочей скорости агрегата  $V$  при различной глубине обработки почвы  $a$  наблюдается для сеялки с сошниками по схеме чизель® диски® чизель. Причем, расхождение зависимостей  $R_T$  и  $R_Э$  незначительно. Вместе с тем,

при увеличении от рабочей скорости агрегата  $V$  теоретические ( $R_T$ ) и экспериментальные ( $R_Э$ ) зависимости для сеялки с серийными лаповыми сошниками возрастают интенсивно, в среднем в 1,5 раза. Такая же зависимость тягового сопротивления от скорости перемещения агрегата. Аналогичная зависимость расхода топлива от глубины заделки семян и скорости перемещения агрегата. Тяговое сопротивление опытного образца сеялки с сошниками чизель-

диски-чизель при глубине заделки семян 4см и рабочей скорости 10км/ч составляет 4,898 Кн и у опытного образца сеялки с сошниками лапа-диски-лапа при тех же показателях - 7,638 Кн, у серийной сеялки - 9,33 Кн, то есть тяговое сопротивление у опытных образцов с

комбинированными сошниками по сравнению с серийной сеялкой ниже на 1,22-1,9 раза. Аналогичные соотношения тягового сопротивления опытных образцов и серийной сеялки при глубине заделки 7см и скорости 10км/ч.

### Список литературы

1 Карабаев М., Васько И., Матюшков М., Бектимиров А., Кенжебеков А., Бахман Т., Фридрих Т., Макус Л., А. Моргунов, А Даринов, М.Сагимбаев, В. Сураев, В.Черезданов, А. Родионов, П.Уолл. Технологии нулевой обработки и прямого посева для возделывания зерновых культур в Северном Казахстане. - Алматы-Астана. - 2005. - С.3-63.

2 Астафьев В.А., Гайфулин Г.З., Гридин Н.Ф., Курач А.А.и др. Техническое обеспечение ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур. Рекомендации.- Костанай,. –2008. -С.3-34.

3 Проспекты фирм «Amazone», «JohnDeere», «Gherardi», «MASCHIO-GASPARDO», «Kuhn», «Köckerling», «Horsch».

4 Любушко Н. И., Зволинский В. Н. Развитие конструкций зерновых сеялок прямого посева. //Тракторы и сельскохозяйственные машины. ВИСХОМ. - 2003. - №7. –С.28-32.

5 Акшалов К., Mainel Т., Клышбеков Т., Баяхметов Д., Тайшухэр Ж., Нелис Д., Лэсь С. Сеялки для прямого посева «Citan Z» и «Condor 12001».Опыт испытания и использования на уровне хозяйств в Северном Казахстане. Шортанды. - НПЦЗХ им. А.И. Бараева. - 2011. – 32 с.

6 Матюшков М.И. Протокол №4-29-92 (2042810) государственных приемочных испытаний опытного образца сеялки дисковой стерневой СДС-18. С. Никольское. - 1992. –18 с.

7 Матюшков М.И.. Протокол 1-2008 ведомственных испытаний сеялки прямого посева для минимальных и нулевых технологий 10.02.01.14. Шортанды. - «КазАгроИнновация». – 2008. – 22 с.

8 Сеялка прямого посева с комбинированными сошниками Инновационный патент РК(11) 27235, 15.08.2013 г. бюл.№8.

9 Сеялка стерневая прямого посева Инновационный патент РК(11) 27401, 15.10.2013 г. бюл.№10.

10 Капов С. Н., Адуов М.А., Нукушева С.А. Определение тягового сопротивления сошника для подпочвенно-разбросного посева семян.Астана. - Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина. 2012, № 1(72), с. 77-88.

11 Aduov M.A., Kapov S.N., Nukusheva S.A., Components of coulter tractive resistance for subsoil throwing about seeds planting *Life Sci J* 2014;11(5s):67-71].

12 Патент Республика Казахстан на полезную модель. Сошник / Адуов М.А., Капов С. Н., Нукушева С.А.; заявитель и патентообладатель АО «КАТУ им.С.Сейфуллина». - №2784; заявл. 31.07.2017.

13 Черновалов В.А. Проблемы совершенствования машин для внесения минеральных удобрений//Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000.-№5. – С. 17-18.

14 Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. М.: Машиностроение. - 1968. - 375 с.

15 Инновационный пат. Республика Казахстан, на изобретение. Сошник дисковый / Адуов М.А., Матюшков М.И., Нукушева С.А.; заявитель и патентообладатель АО «КАТУ им.С.Сейфуллина». - №30619; заявл. 15.12.2015, бюл. №12. – 4 с.

16 ГОСТ 20915-2011. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний [Текст]. – Введ. 2013-01-01. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. – 28 с.

17 ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 2009-01-01. – М. ФГУП «Стандартинформ», 2008. – 53 с.

18 ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки [Текст]. – Введ. 2007-11-13. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2007. – 7с.

19 Паспорт Измерительная информационная система. КубНИИТиМ. -2015. - С.7.

20 Паспорт УВ 404176.029 ПСООО «Вектор-ПМ». – 2015. – С.7.

## REFERENCES

1 Karabayev M., Vas'ko I., Matyushkov M., Bektimirov A., Kenzhebekov A., Bakhman T., Fridrikh T., Makus L., A. Morgunov, A Darinov, M.Sagimbayev, V. Surayev, V.Cherezdanov, A. Rodionov, P.Uoll. Tekhnologii nulevoy obrabotki i pryamogo poseva dlya vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v Severnom Kazakhstane. - Almaty-Astana. - 2005. - P.3-63.

2 Astaf'yev V.A., Gayfulin G.Z., Gridin N.F., Kurach A.A.i dr. Tekhnicheskoye obespecheniye resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur. Rekomendatsii.- Kostanay,. –2008. -P.3-34.

3 Prospekty firm «Amazone», «JohnDeere», «Gherardi», «MASCHIO-GASPARDO», «Kuhn», «Köckerling», «Horsch».

4 Lyubushko N. I., Zvolinskiy V. N. Razvitiye konstruktsiy zernovykh seyalok pryamogo poseva. //Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. VISKHOM. - 2003. - №7. –P.28-32.

5 Akshalov K., Mainel T., Klyshbekov T., Bayakhmetov D., Tayshukher ZH., Nelis D., Les' S. Seyalki dlya pryamogo poseva «Citan Z» i «Condor 12001». Opyt ispytaniya i ispol'zovaniya na urovne khozyaystv v Severnom Kazakhstane. Shortandy. - NPTSZKH im. A.I. Barayeva. - 2011. – 32 P.

6 Matyushkov M.I. Protokol №4-29-92 (2042810) gosudarstvennykh priyemochnykh ispytaniy opytnogo obraztsa seyalki diskovoy sternevoy SDS-18. P. Nikol'skoye. - 1992. –18 P.

7 Matyushkov M.I. Protokol 1-2008 vedomstvennykh ispytaniy seyalki pryamogo poseva dlya minimal'nykh i nulevykh tekhnologiy 10.02.01.14. Shortandy. - «KazAgroInnovatsiya». – 2008. – 22 P.

8 Seyalka pryamogo poseva s kombinirovannymi soshnikami Innovatsionnyy patent RK(11) 27235, 15.08.2013 g. byul. №8.

9 Seyalka sternevaya pryamogo poseva Innovatsionnyy patent RK(11) 27401, 15.10.2013 g. byul. №10.

10 Kapov S. N., Aduov M.A., Nukusheva S.A. Opredeleniye tyagovogo soprotivleniya soshnika dlya podpochvenno-razbrosnogo poseva semyan. Astana. - Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S.Seyfullina. 2012, № 1(72), P. 77-88.

11 Aduov M.A., Kapov S.N., Nukusheva S.A., Components of coulter tractive resistance for subsoil throwing about seeds planting Life Sci J 2014;11(5P): 67-71].

12 Patent Respublika Kazakhstan na poleznuyu model'. Soshnik / Aduov M.A., Kapov S. N., Nukusheva S.A.; zayavitel' i patentoobladatel' AO «KATU im.S.Seyfullina». - №2784; zayavl. 31.07.2017.

13 Chernovalov V.A. Problemy sovershenstvovaniya mashin dlya vneseniya mineral'nykh udobreniy//Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. – 2000.-№5. – P. 17-18.

14 Zelenin A.N. Osnovy razrusheniya gruntov mekhanicheskimi sposobami. M.: Mashinostroyeniye. - 1968. - 375 P.

15 Innovatsionnyy pat. Respublika Kazakhstan, na izobreteniiye. Soshnik diskovyy / Aduov M.A., Matyushkov M.I., Nukusheva S.A.; zayavitel' i patentoobladatel' AO «KATU im.S.Seyfullina». - №30619; zayavl. 15.12.2015, byul. №12. – 4 P.

16 GOST 20915-2011. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika. Metody opredeleniya usloviy ispytaniy [Tekst]. – Vved. 2013-01-01. – M.: FGUP «Standartinform», 2013. – 28 P.

17 GOST 31345-2007. Seyalki traktornyie. Metody ispytaniy [Tekst]. – Vved. 2009-01-01. – M. FGUP «Standartinform», 2008. – 53 P.

18 GOST R 52777-2007. Tekhnika sel'skokhozyaystvennaya. Metody energeticheskoy otsenki [Tekst]. – Vved. 2007-11-13. – M.: FGUP «Standartinform», 2007. – 7P.

19 Pasport Izmeritel'naya informatsionnaya sistema. KubNIITiM. -2015. - P.7.

20 Pasport UV 404176.029 PSOOO «Vektor-PM». – 2015. – P.7.

## ҚҰРАМДАСТЫРЫЛҒАН СІңІРГІШТЕРІ БАР СЕПКІШТЕРДІҢ ТАРТЫМДЫҚ КЕДЕРГІСІН БАҒАЛАУ

*М. А. Адуов, т.ғ.д., профессор<sup>1</sup>*

*С. Н. Капов, т.ғ.д.<sup>2</sup>*

*С. А. Нукушева, т.ғ.к.<sup>1</sup>*

*Е. Ж. Каспаков, т.ғ.к.<sup>1</sup>*

*К. Г. Исенов, PhD<sup>1</sup>*

*К. Володя, магистр<sup>1</sup>*

*Т. К. Тулегенов, докторант<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,*

<sup>2</sup> *Ставрополь аграрлық университеті, Ставрополь қ., Ресей*

### **Түйін**

Қазақстанның АӨК саласындағы ғылыми зерттеулердің басым бағыты дәнді дақылдарды өсірудің минималды және нөлдік технология сияқты жаңа технологияларды әзірлеу болып табылады. Жаңа технологияларды іске асыру механикаландырудың жаңа тиімді құралдарын әзірлеуді талап етеді: сепкіштер және топырақ өңдеу машиналары. Ұсынылып отырған жұмыс жаңа технологияларды іске асыру үшін тиімді техникалық құралдарды әзірлеуге бағытталған.

Ұсынылып отырған сепкіште әлемдік тәжірибеде алғаш рет тікелей себуге арналған сепкіштерге дискілі және чизельді сепкіштердің, дискілі және культиваторлық табандардың комбинациясы қолданылды. Әр түрлі жұмыс органдарын қолдану зерттеулерінің талдауы көрсеткендей, топырақты өңдеудің әртүрлі тереңдіктерінде агрегаттың жұмыс жылдамдығына тәуелді сепкіштің тарту кедергісінің ең аз мәні чизель® дисктер® чизель сұлбасы бойынша орналастырылған сепкіште байқалады. Сонымен қатар, теориялық тәуелділіктердің эксперименталдық тәуелділіктерден ауытқуы шамалы.

Сонымен қатар, агрегаттың жұмыс жылдамдығы ұлғайған кезде сериялық жебе тәрізді табанды сіңіргіштері бар сепкіштер үшін теориялық және тәжірибелік тәуелділік қарқынды өседі, орташа есеппен 1,5 есе. Тарту кедергісінің агрегаттың жылжу жылдамдығына тәуелділігі де дәл солай өседі. Тұқымды енгізу тереңдігі мен агрегаттың қозғалу жылдамдығына байланысты отын шығынының тәуелділіктері де осыған ұқсас. Тұқымдарды енгізу тереңдігі 4 см және жұмыс жылдамдығы 10 км/сағ болған жағдайда чизель-дисктер-чизель сіңіргіштері орнатылған сепкіштің сынақтық үлгісінің тарту кедергісі 4,898 Кн құрайды және дәл сондай жұмыс көрсеткіштер кезінде табанды-диск- табанды сіңіргіштері орнатылған сепкіштің сынақтық үлгісінде тарту кедергісі - 7,638 Кн құрады, ал сериялы

сепкіштікі - 9,33 Кн, яғни құрамдастырылған сіңіргіштері бар сепкіштердің сынақтық үлгілерінің тарту кедергісі сериялы сепкіштермен салыстырғанда 1,22-1,9 есе аз. Себу тереңдігі 7 см және 10 км/сағ жұмыс жылдамдығы кезінде сынақтық үлгілер мен сериялы сепкіштердің тарту кедергілерінің қатынасы жоғарғыға ұқсас.

**Кілттік сөздер:** сепкіштер, себу кешендері, дискілі және чизельді сіңіргіштер, культиваторлық табандар, аңыз, тарту кедергісі, себу, өтімділік, егін түсімі.

Жұмыс «Энергетика және машина жасау» басымдылығы бойынша 2015-2017 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру аясында орындалған.

## TRACTIVE RESISTANCE ASSESSMENT OF SEEDING-MACHINE WITH COMBINED COLTERS

*M. A. Aduov, D.Sc. in engineering, professor<sup>1</sup>*

*S. N. Kapov, D.Sc. in engineering<sup>2</sup>*

*S. A. Nukusheva, Cand.Sc. in engineering<sup>1</sup>*

*Y. Zh.Kaspakov, Cand.Sc. in engineering, Associate Professor<sup>1</sup>*

*K. G.Issenov, PhD<sup>1</sup>*

*K.Volodya, Master<sup>1</sup>*

*T. K.Tulegenov, doctoral student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University,*

<sup>2</sup> *Stavropol Agrarian University, z.Stavropol, Russia*

### Abstract

The priority direction of scientific research in the field of agriculture of Kazakhstan is the development of new technologies for the cultivation of crops, such as minimal and zero [1, 2]. The implementation of new technologies requires the development of new effective means of mechanization: seeders and tillage machines [3]. The proposed work is aimed at the development of efficient technical means for the implementation of new technologies.

In the proposed development, for the first time in world practice, a combination of disc and chisel coulters, disc and cultivator feet was used on a direct seeding drill. An analysis of studies of the use of various working bodies showed that the smallest value of traction resistance of the drill from the working speed of the unit at different tillage depths is observed for the drill with coulters according to the chisel-disk-diesel scheme. Moreover, the discrepancy between theoretical and experimental dependencies is insignificant.

At the same time, with an increase in the working speed of the unit, the theoretical and experimental dependences for a seeder with serial lap coulters increase intensively,

on average, by 1.5 times. The same dependence of traction resistance on the speed of the unit. A similar dependence of fuel consumption on the depth of seeding and the speed of movement of the unit. Traction resistance of a prototype of a seed drill with openers chisel-discs-chisel with a seed embedding depth of 4 cm and a working speed of 10 km / h is 4.888 KN and in the prototype seed drill with openers the paw-paw with the same indicators - 7.638 KN, the serial seed drill - 9.33 kN, that is, the pulling resistance of prototypes with combined coulters is 1.22-1.9 times lower than with a serial seeder. Similar ratios of traction resistance of the prototypes and the serial seeder with a seeding depth of 7 cm and a speed of 10 km / h.

**Key words:** seeder, sowing complexes, disk and chisel coulters, cultivator paws, stubble, traction resistance, seeding, throughput, yield.

The work was made within the framework of grant funding for research for the years 2015-2017 on the priority of "Energy and engineering".