

**ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АПК  
TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT  
FOR AGROINDUSTRIAL SECTOR**

Научная статья

УДК 631.31.02

doi: 10.34655/bgsha.2024.74.1.016

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ОРУДИЙ  
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

**А.А. Абидуев<sup>1</sup>, А.С. Пехутов<sup>2</sup>, Г.Е. Кокиева<sup>3</sup>, А.В. Кузьмин<sup>4</sup>, Н.И. Овчинникова<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

<sup>4,5</sup> Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

<sup>1</sup>abana47@mail.ru

<sup>2</sup>pekhutov@mail.ru

<sup>3</sup>Kokievagalia@mfil.ru

<sup>4</sup>kuzmin\_burgsha@mail.ru

<sup>5</sup>Nata54@bk.ru

**Аннотация.** Потребность применения огромного количества машин и орудий в сельском хозяйстве требует максимального снижения затрат металла на их изготовление, повышения качества и экономичности производства, а также улучшения эксплуатации сельскохозяйственной техники. Наиболее эффективным источником экономии металла в сельскохозяйственном машиностроении является снижение веса машин и орудий путем создания новых, более совершенных и легких конструкций. Существенным средством уменьшения металлоемкости следует считать разработку прогрессивных технологий и принципов действия машин и орудий. Замена прицепных машин навесными и полунавесными также позволит снизить их вес и удельную металлоемкость. Для разработки рациональных показателей или нормативов металлоемкости необходимо всесторонне изучить металлоемкость существующих сельскохозяйственных машин и орудий и рассмотреть возможные пути ее снижения. Установление единого коэффициента удельной энергетической металлоемкости для каждого типа орудий будет способствовать разработке более совершенных конструкций. Соответственно, коэффициент энергетической металлоемкости  $\mu_{\text{э}} = G / P$  для дисковых борон может быть принят в пределах 0,5–0,6; для тяжелых болотных –  $\mu_{\text{э}} = 0,7–0,8$ ; для зубовых борон –  $\mu_{\text{э}} = 0,3–0,4$ . Для дисковых луцильников коэффициент  $\mu_{\text{э}} = G / P$  можно принять в пределах 0,7–0,8, для культиваторов коэффициент  $k$  можно принять равным

0,2–0,3 кг/см<sup>2</sup>; коэффициент  $f \approx 0,4$ . Коэффициент удельной энергетической металлоемкости  $\mu_s$  является наиболее общим и приемлемым показателем металлоемкости для сельскохозяйственных машин и орудий. Разработана методика определения эффективности использования сельскохозяйственной техники за счет коэффициента удельной энергетической металлоемкости  $\mu_s$ .

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные машины и орудия, уменьшение металлоемкости, удельная энергетическая металлоемкость

Original article

## INVESTIGATION OF THE METAL CAPACITY OF IMPLEMENTS FOR TILLAGE OF SURFACE SOIL TREATMENT

Andrey A. Abiduev<sup>1</sup>, Alexander S. Pekhutov<sup>2</sup>, Galia E. Kokieva<sup>3</sup>, Alexander V. Kuzmin<sup>4</sup>  
Natalya I. Ovchinnikova<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

<sup>4,5</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup>abana47@mail.ru

<sup>2</sup>pekhutov@mail.ru

<sup>3</sup>Kokievagalia@mfil.ru

<sup>4</sup>kuzmin\_burgsha@mail.ru

<sup>5</sup>Nata54@bk.ru

**Abstract.** The need to use a huge number of machines and implements in agriculture requires the maximum reduction of metal costs for their production, improving the quality and efficiency of production, as well as improving the operation of agricultural machinery. The most effective source of saving metal in agricultural engineering is reducing the weight of machines and implements by creating new, more advanced and lighter designs. A significant means of reducing metal consumption should be considered the development of advanced technologies and principles of operation of machines and tools. Replacing trailed machines with mounted and semi-mounted ones will also reduce their weight and specific metal consumption. To develop rational indicators or standards for metal intensity, it is necessary to comprehensively study the metal intensity of existing agricultural machinery and implements and consider possible ways to reduce it. Establishing a single coefficient of specific energy metal intensity for each type of tool will contribute to the development of more advanced designs. Accordingly, the coefficient of energy metal consumption  $\mu_s = G / P$  for disc harrows can be taken within the range of 0,5–0,6; for heavy swamps  $\mu_s = 0,7–0,8$ ; for tooth harrows  $\mu_s = 0,3–0,4$ . For disk ploughers, the coefficient  $\mu_s = G / P$  can be taken within the range of 0,7–0,8; for cultivators, the coefficient  $k$  can be taken equal to 0,2–0,3 kg/cm<sup>2</sup>; coefficient  $f \approx 0,4$ . The coefficient of specific energy metal intensity  $\mu_s$  is the most general and acceptable indicator of metal intensity for agricultural machines and implements. A method has been developed for determining the efficiency of using agricultural machinery using the coefficient of specific energy metal consumption  $\mu_s$ .

**Keywords:** agricultural machines and implements, reduction of metal consumption, specific energy intensity of metal.

**Введение.** Сельскохозяйственное производство характеризуется большим разнообразием процессов и условий, в которых оно протекает. Изменчивые свойства обрабатываемых сред обуславливают воздействие переменных нагрузок

на сельскохозяйственные машины и орудия. Это часто заставляет при проектировании их учитывать наибольшие возможные сопротивления почвы и применение методов системного подхода. При этом анализ, выбор и оценка объекта ис-

следования является важной процедурой [1, 2, 3].

Сезонность сельскохозяйственного производства и сравнительно небольшая длительность периодов проведения отдельных полевых и стационарных работ обуславливают кратковременность применения сельскохозяйственных машин и орудий, следовательно, и низкое использование заложенного в них металла. Эти и другие особенности, а также потребность применения огромных количеств машин и орудий в сельском хозяйстве требуют максимального снижения затрат металла на их изготовление, повышения качества и экономичности производства, а также улучшения эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Кроме того, рабочие органы и детали многих сельскохозяйственных машин и орудий работают в условиях непосредственного разрушения абразивной среды, вследствие чего подвергаются усиленному износу. Это приводит к необходимости увеличения веса машин, снижению допускаемых нагрузок на детали и к дополнительным эксплуатационным затратам [4, 5, 6].

В настоящее время экономия металла в сельскохозяйственном машиностроении обычно осуществляется или непосредственно путем снижения веса машин, или путем замены применяемого металла более экономичным. Непосредственная экономия металла достигается усовершенствованием конструкции, унификацией деталей и узлов, применением более точных их расчетов, максимальным приближением формы деталей к равнопрочным, заменой материалов с профилем сплошного сечения материалами с полым сечением, применением специального проката рациональной формы, а также снижением отходов и потерь в производстве за счет совершенствования технологии изготовления [7].

Наиболее эффективным источником экономии металла в сельскохозяйственном машиностроении является снижение веса машин и орудий путем создания новых, более совершенных и легких конст-

рукций. Существенным средством уменьшения металлоемкости следует считать разработку прогрессивных технологий и принципов действия машин и орудий. Замена прицепных машин навесными и полунавесными также позволит снизить их вес и удельную металлоемкость.

**Цель исследования** – изучить металлоемкость существующих сельскохозяйственных машин и орудий и рассмотреть возможные пути ее снижения.

**Материалы и методы исследования.** Для разработки рациональных показателей или нормативов металлоемкости необходимо всесторонне изучить металлоемкость существующих сельскохозяйственных машин и орудий и рассмотреть возможные пути ее снижения [8, 9, 10]. В данном случае используется эмпирический метод исследования, который связан с получением и первичной обработкой исходного фактического материала, где выделяют факты действительности с научной точки зрения.

За показатель удельной металлоемкости ( $\mu$ ) обычно принимают отношение веса машины (рабочего органа) ( $G$ ) к ширине захвата ( $B$ ):

$$\mu = G / B, \text{ Н/м.} \quad (1)$$

Однако выражение (1) может быть применимо для сравнения металлоемкости машин и орудий только одного типа или группы и не может служить показателем для сравнения металлоемкости машин и орудий всех типов или групп. В последнем случае значительно удобнее пользоваться удельной энергетической металлоемкостью ( $\mu_3$ ), т. е. отношением веса машины ( $G$ ) к ее тяговому сопротивлению ( $P$ ):

$$\mu_3 = G / P, \text{ Н/Н.} \quad (2)$$

Понятие «удельная энергетическая металлоемкость» является наиболее общим и может служить для сравнительной оценки металлоемкости разных типов машин.

Поскольку тот или иной тип почвы имеет распространение на больших площадях, являясь преобладающим не только в отдельном сельскохозяйственном предприятии, но и в целом районе и даже зоне,

а иногда во многих районах и зонах, то нужно районирование, если можно так выразиться, при котором разработка и применение почвообрабатывающих орудий должны быть дифференцированы в зависимости от типа и состояния почвы.

Применение одних и тех же культиваторов в различных почвенных условиях практически возможно, но по агротехническим и технологическим требованиям необходимы разные рабочие органы, при этом показатели удельной энергетической металлоемкости будут в известных пределах различны. Наряду с унифицированными культиваторами необходимы также и специальные, подобно чизель-культиваторам, для работы в тяжелых условиях. Такие культиваторы имеют повышенную энергоемкость и металлоемкость. Должны быть установлены нормативы металлоемкости для постоянных и сменных рабочих органов, а также для служебных и других частей как унифицированных, так и специальных культиваторов.

**Результаты исследований и их обсуждение.** При проектировании орудий для поверхностной обработки почвы вытекает необходимость установить хотя бы в общих чертах основные элементы, которые оказывают влияние на металлоемкость сельскохозяйственных машин и орудий. Одним из таких элементов является энергоемкость машин, которая состоит из энергии, затрачиваемой на преодоление так называемых «мертвых» сопротивлений, и энергии, затрачиваемой на полезную работу машины.

Уменьшение удельной энергетической металлоемкости машин, следовательно, увеличение коэффициента полезной тяги возможно не только за счет снижения «мертвого» сопротивления, но и за счет повышения затрат энергии на полезную работу при одновременном конструктивном улучшении рабочих органов. Это возможно осуществить путем увеличения рабочего захвата машины при сохранении или даже уменьшении ее веса или за счет более интенсивной и качественной обработки материала. В этом отношении

имеются большие возможности. В настоящее время снижение веса деталей и в целом машин и применение материалов, имеющих повышенную обрабатываемость, является одной из главных задач машиностроения. Уменьшение веса деталей не только уменьшает их стоимость, но и улучшает конструктивные параметры машины. При выборе материала необходимо исходить из конструктивной, технологической и экономической предпосылок и учитывать не только требования прочности, жесткости и облегчения веса деталей машин, но и технологические особенности применяемых материалов. Правильным выбором профиля материала достигается наибольшая прочность конструкции при минимальном ее весе. Переход на более рациональные, облегченные профили без снижения допускаемых нагрузок является важной задачей в области конструирования сельскохозяйственных машин, так как может гарантировать снижение веса машин и их себестоимости.

Снижение веса, следовательно, и удельной металлоемкости прицепных и навесных культиваторов можно осуществить в значительной мере за счет конструктивного усовершенствования их рабочих органов и рам, уменьшения габаритов, замены жесткого крепления корпусов к раме шарнирным, разработки более совершенных технологических схем культиваторов. Все это должно привести к созданию культиваторов с меньшей металлоемкостью и энергоемкостью и лучшими эксплуатационными и технологическими качествами.

Металлоемкость наряду с энергоемкостью и трудоемкостью является важным критерием технологического и конструктивного совершенства машины. Установленные нормативы для машин и орудий должны быть обязательными для всего сельскохозяйственного машиностроения.

Видимо, отношение веса рабочих органов к весу всей машины будет изменяться с изменением энергоемкости машины. В первом случае увеличение энергоемкости машины происходит, главным

образом, за счет повышения затрат энергии на полезную работу, во втором – в основном, за счет затраты энергии на преодоление «мертвых» сопротивлений. Удельная энергетическая металлоемкость одной и той же сельскохозяйственной машины может оказаться различной в зависимости от того, в каких условиях она работает.

Нагрузка, приходящаяся на каждый диск от веса всего луцильника, колеблется от 193 до 269 *H*. Удельная энергетическая металлоемкость для такого вида сельскохозяйственных орудий находится в пределах 0,75–1,22. Сравнительно высокая удельная энергетическая металлоемкость и значительный вес, приходящийся на один диск, указывают, с одной стороны, на относительно меньшую энергоёмкость и большую металлоемкость, чем у плугов; с другой, – на большие возможности для снижения веса орудий. При этом для устойчивости хода луцильника, осо-

бенно в тяжелых условиях работы, в ряде случаев может потребоваться дополнительный вес в виде балласта или давления с помощью гидравлики.

Удельная металлоемкость луцильников (отношение веса луцильника к его рабочей ширине захвата – *G/B*) колеблется от 1290 до 1870 *H/м*. Удельная металлоемкость и нагрузка, приходящаяся на один диск от веса всего луцильника, возрастают с увеличением ширины захвата орудия, однако удельную энергетическую металлоемкость существующих луцильников нельзя подвести под эту закономерность. Так, удельная энергетическая металлоемкость луцильника ЛДГ-10А (шириной захвата 10 м) равна 0,9, в то время как удельная энергетическая металлоемкость луцильника ЛДГ-5А (шириной захвата 5 м) – 1,2 (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика луцильников

Марка	Тяговый класс трактора	Ширина захвата, м	Масса, кг	Удельное сопротивление <i>k</i> , кН/м	Удельная энерг. металлоемк, $\mu_э$
ЛДГ-5А	2	5,0	1200	1,8	1,20
ЛДГ-10А	3	10,0	2480	1,75	0,90
ЛДГ-10Б	3	10,0	2750	1,75	0,85
ЛДГ-15А	4	15,0	3850	1,70	0,80
ЛДГ-20	5	20,0	5570	1,80	0,75

Наиболее рациональным коэффициентом удельной энергетической металлоемкости для такого рода орудий следует считать  $\mu_э = 0,75–0,90$ . Однако имеются значительные возможности для создания более совершенных и менее металлоемких луцильников, следовательно, для снижения коэффициента удельной энергетической металлоемкости  $\mu_э$ .

Коэффициент удельной энергетической металлоемкости дисковых борон находится, в основном, в тех же пределах, что и дисковых луцильников. Сказанное о металлоемкости луцильников можно в значительной мере отнести к дисковым

боронам.

Обращает внимание металлоемкость пружинной зубовой прополочной бороны БП-8, коэффициент удельной энергетической металлоемкости которой ( $\mu_э = 1,9$ ) значительно завышен.

Коэффициенты удельной энергетической металлоемкости зубовой прополочной бороны ЗБП-0,6А и бороны ЗБЗС-1,0 находятся в допустимых для этого типа орудий пределах. Величины этого коэффициента для первой бороны  $\mu_э = 0,42$ , для второй –  $\mu_э = 0,35$  (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика зубовых борон

Наименование, марка	Тяговый класс трактора	Ширина захвата, м	Масса, кг	Удельное сопротивление $k$ , кН/м	Удельная энерг. металлоемк, $\mu_э$
тяжелая скоростная БЗТС-1,0	Все марки (со сцепками)	0,95	42	0,7-0,9	0,35
Зубовая посевная легкая ЗБП-0,6А	То же	0,95	50	0,5-0,7	0,42
пружинная БП-8	3	8,4	1428	1,3-1,8	1,9
сетчатая навесная БСО-4А	2; 3	4,2	162	0,3-0,5	0,5
БПШ-3,1	1,4; 2	3,1	295	0,5-0,7	0,4
шлейф-борона ШБ-2,5А	1,4	2,5	110	0,4-0,6	0,5

Коэффициенты удельной энергетической металлоемкости заграничных борон примерно такие же, а в некоторых случаях выше, чем отечественных. Борона «Disc-O-Mulch Super» [11], предназначенная для дробления крупных комков почвы, после прохода плуга и подготовки почвы к посеву имеет  $\mu_э = 0,544–0,650$ ; дисковая борона «Landoll 6230 Tandem Disc» [12] для прополки, боронования озимых и подготовки почвы к посеву, а также для культивации междурядий при возделывании овощных культур  $0,567–0,677$ ; дисковая борона «VN TerraDisc Hydro»

[13] для рыхления на задернелых почвах  $0,4800,593$ ; дисковая борона «GREEN WAY», ротационная борона ЦИРКОН [14, 15] для работы в легких условиях при подготовке почвы к посеву  $0,414–0,507$ .

Разница в значениях  $\mu_э$  сравнительно небольшая, несмотря на различное назначение борон. Для дисковых борон коэффициент удельной энергетической металлоемкости колеблется в сравнительно небольших пределах ( $\mu_э = 0,41–0,67$ ), при этом нижнее значение предела относится к боронам, работающим в легких условиях, верхний в тяжелых (табл. 3).

Таблица 3 – Характеристика дисковых борон

Наименование, марка	Тяговый класс трактора	Ширина захвата, м	Масса, кН	Удельное сопротивление $k$ , кН/м	Удельная энерг. металлоемк, $\mu_э$
Навесная БДН-3	2	3	6,98	1,9	0,41
БДТ-3	3	3	18,5	2,2	0,45
БДТ-3М	3; 4	3	17,5	2,0	0,55
БД-10А	5	10	37,0	1,9	0,65
БД-10Б	5	10,4	42,0	2,0	0,6
БДТ-7А	5	7	35,0	2,2	0,67

Тяговое усилие прицепных луцильников и культиваторов, как и тяговое усилие плугов, складывается из усилия, необходимого на перекачивание, усилия на деформацию почвы и усилия, необходимого на сообщение живой силы частицам почвы, и может быть выражено уравнением:

$$P = Gf + k b h n + \varepsilon b h n v^2, \quad (3)$$

где  $b$  – расстояние между рабочими органами, м,

$n$  – их количество, шт.,

$h$  – глубина обработки, м,

$v$  – скорость перемещения, км/час.

Для простоты изложения третий член уравнения можно исключить ввиду его малого значения, тогда:

$$P = Gf + kbhn.$$

Тяговое сопротивление зубовых борон складывается из сопротивления деформации почвы и сопротивления, возникающего от сообщения живой силы частицам почвы:

$$P = kbhn + \varepsilon bhnv^2.$$

Пренебрегаем вторым членом ввиду его малости:

$$P = kbhn.$$

Вес прицепных луцильников и культиваторов:

$$G = P \sin \delta = (Gf + kbhn) \sin \delta \text{ или } G - Gf \sin \delta = kbhn \sin \delta,$$

где  $\delta$  – угол наклона силы тяги орудия к горизонту, 14–18°.

Отсюда:

$$G = (\sin \delta / 1 - f \sin \delta) kbhn \text{ или } G = (\mu_3 / 1 - f \mu_3) kbhn.$$

Вес зубовых борон равен  $G = kbhn \mu_3$ .

Поскольку часто вместо расстояния между отдельными рабочими органами бороны ( $b$ ) дается общая ширина захвата ( $B$ ), то в этом случае удобнее представить формулу для определения веса борон в несколько другом виде:

$$G = kbht \mu_3, \quad (4)$$

где  $t$  – число рабочих органов.

Соответственно, формула для определения веса луцильников и культиваторов:

$$G = \mu_3 / (1 - f \mu_3) khB. \quad (5)$$

Коэффициенты  $k$  и  $\mu_3$  могут быть определены из анализа существующих конструкций борон. Так, для дисковых борон можно принять коэффициент  $k = 2-3 \text{ Н/см}^2$ , для зубовых  $k = 1-2 \text{ Н/см}^2$ .

Соответственно, коэффициент металлоемкости  $\mu_3 = G/P$  для дисковых борон может быть принят в пределах 0,5–0,6; для тяжелых болотных  $\mu_3 = 0,7-0,8$ ; для зубовых борон  $\mu_3 = 0,3-0,4$ . Для дисковых луцильников коэффициент  $\mu_3 = G/P$  можно принять в пределах 0,7–0,8, для культиваторов коэффициент  $k$  можно при-

нять равным 0,2–0,3  $\text{кг/см}^2$ ; коэффициент  $f \approx 0,4$ .

Сравним фактический вес орудий с весом, получаемым по формуле.

$$G = (\mu_3 / 1 - f \mu_3) kbhn \text{ или}$$

$$G = (\mu_3 / 1 - f \mu_3) khB.$$

Данное выражение может быть принято для подсчета веса прицепных луцильников (надо полагать и для культиваторов), а формула  $G = kbhn \mu_3$  или  $G = khB \mu_3$  – для подсчета веса дисковых и зубовых борон.

Как показывают примеры подсчета веса, коэффициенты  $\mu_3$ ,  $f$ ,  $k$  можно принять постоянными и для луцильников равными:  $\mu_3 = 0,7-0,8$ ;  $f = 0,4$  и  $k = 2-3 \text{ Н/см}^2$ , для дисковых борон  $\mu_3 = 0,5-0,6$ ;  $k = 2-3 \text{ Н/см}^2$  для зубовых борон  $\mu_3 = 0,4-0,5$ ;  $k = 1-2 \text{ Н/см}^2$ .

В качестве норматива металлоемкости можно принять нижние пределы коэффициентов удельной энергетической металлоемкости, т. е. для дисковых луцильников  $\mu_3 = 0,7$ ; для дисковых борон  $\mu_3 = 0,5$ ; для зубовых борон  $\mu_3 = 0,4$ .

**Заключение.** Коэффициент удельной энергетической металлоемкости  $\mu_3$  является наиболее общим и приемлемым показателем металлоемкости для сельскохозяйственных машин и орудий.

Разработана методика определения эффективности использования сельскохозяйственной техники за счет коэффициента удельной энергетической металлоемкости  $\mu_3$ .

Дальнейшим совершенствованием конструкций и улучшением качества металла представляется возможным снизить вес машин и орудий. Это имеет существенное значение в создании новейшей сельскохозяйственной техники, увеличении коэффициента полезного действия машин и орудий. Замена прицепных машин навесными и полунавесными также позволит снизить их вес и удельную металлоемкость.

**Список источников**

1. Раднаев Д.Н. Применение методов системного подхода для проектирования технологических процессов // *Аграрная наука*. 2010. № 5. С. 28-30. EDN: OXVAKV
2. Раднаев Д.Н. Система моделей для оценки посевных машин // *Аграрная наука*. 2009. № 10. С. 31–32. EDN: KWXIFL
3. Раднаев Д.Н., Зимина О.Г., Бадмацыренов Д.-Ц.Б. Анализ и выбор объекта исследования при решении научно-технических проблем // *Вестник ВСГУТУ*. 2019. № 3 (74). С. 63–68. EDN: RFBFQJ
4. Ямалетдинов М.М., Мударисов С.Г., Фархутдинов И.М. Оценка технологического процесса взаимодействия дискового рабочего органа с почвой // *Вестник Башкирского ГАУ*. 2015. № 2 (34). С. 84–87. EDN: UEKMIP
5. Культиватор для полосовой обработки почвы с прикатывающим катком / Р.И. Аминов, И.М. Фархутдинов, А.М. Мухаметдинов, А.В. Шарафутдинов, М.М. Ямалетдинов // *Сельский механизатор*. 2020. № 5-6. С. 16-17. EDN: ZJMFQJ
6. Разработка комбинированной почвообрабатывающей машины / Т.Д. Хисамутдинов, М.М. Ямалетдинов, Ф.Н. Галлямов, А.М. Мухаметдинов // *Актуальные вопросы научно-технологического развития агропромышленного комплекса : материалы всероссийской научно-практической конференции (с международным участием)*. Махачкала, 2023. С. 601-608. EDN: IVRGHH
7. Методы повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин / Г.Р. Муртазин, Б.Г. Зиганшин, С.М. Яхин, И.И. Аюпов // *Научное обозрение*. 2015. № 19. С. 53-57. EDN: VCUXFX
8. Яхин С.М., Алиакберов И.И., Вахитов А.Р. Почвообрабатывающее орудие с наклонными шестигранными дисками // *Сельский механизатор*. 2023. № 6. С. 10-11. EDN: MLQPCC
9. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин / Г.Р. Муртазин, Б.Г. Зиганшин, С.М. Яхин, И.И. Аюпов // *Техника и оборудование для села*. 2015. № 10. С. 32-34. EDN: UQFKOT
10. Алиакберов И.И., Яхин С.М., Нуриев Л.М. Обоснование параметров эллипсоидного игольчатого диска почвообрабатывающего орудия // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021. Т. 16. № 2(62). С. 65–69. EDN: XMPGJI. doi: 10.12737/2073-0462-2021-65-69
11. Дисковая борона Disc-O-Mulch Super // *Информационный сборник испытаний Владимирской МИС*. Покров, 2011. С. 12.
12. Дисковая борона Landoll 6230 Tandem Disc.: проспект Landoll Company, LLC. 2016. 4 с.
13. Дисковая борона VN TerraDisc Hydro: Короткобазовые дисковые бороны TERRADISC: проспект ООО "Пёттингер". 2017. 40 с.
14. Новая зубовая борона GREEN WAY: проспект VinnTechAgro. 2018. 4 с.
15. Ротационная борона ЦИРКОН: проспект LEMKEN GmbH & Co. KG. 2017. 20 с.

**References**

1. Radnaev D.N. Use of systematic approach methods for technologic processes planning. *Agrarian Science*. 2010;5:28-30 (In Russ.)
2. Radnaev D.N. The system of models for estimation of the sowing mashins. *Agrarian Science*. 2009;10:31–32 (In Russ.)
3. Radnaev D.N., Zimina O.G., Badmatsyrenov D-Ts.B. Analysis and selection of the research object in solving scientific and technical problems. *Vestnik VSGUTU*. 2019;3(74):63–68 (In Russ.)
4. Yamaletdinov M.M., Mudarisov S.G., Farkhutdinov I.M. Assessment of the technological process of interaction of the disk working body with the soil. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2015; 2 (34):84–87 (In Russ.)
5. Aminov R.I., Farkhutdinov I.M., Mukhametdinov A.M., Sharafutdinov A.V., Yamaletdinov M.M. Cultivator for strip tillage with a compacting roller. *Selskiy Mechanizator*. 2020;5-6:16-17 (In Russ.)
6. Khisamutdinov T.D., Yamaletdinov M.M., Gallyamov F.N., Mukhametdinov A.M. Development of a combined tillage machine. *Current issues of scientific and technological development of the agro-industrial complex*. Proc. of the All-Russian Sci. and Pract. Conf. (with Int. Part.). Makhachkala, 2023. Pp. 601-608 (In Russ.)
7. Murtazin G.R., Ziganshin B.G., Yakhin S.M., Ayupov I.I. Methods of increasing durability of tiller working bodies. *Scientific review*. 2015;19:53-57 (In Russ.)
8. Yakhin S.M., Aliakberov I.I., Vakhitov A.R. Tillage implement with inclined hexagonal discs. *Selskiy Mechanizator* 2023;6:10-11 (In Russ.)
9. Murtazin G.R., Ziganshin B.G., Yakhin S.M. *Resource increase of operative parts of tillage machines*. 2015;10:32-34 (In Russ.)
10. Aliakberov I.I., Yakhin S.M., Nuriev L.M. Description of the parameters of the ellipse needle disc of the soil processing tool. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2021. T. 16. No. 2 (62). Pp. 65–69. doi: 10.12737/2073-0462-2021-65-69
11. Disc-O-Mulch Super disc harrow. *Information collection of tests of the Vladimir MIS*. Pokrov, 2011. P. 12.



12. Landoll 6230 Tandem Disc.: Brochure Landoll Company, LLC. 2016. 4 p.
13. Disc harrow VN TerraDisc Hydro: Short wheelbase disc harrows TERRADISC: Prospect of Pottinger LLC. 2017. 40 p.
14. New tooth harrow GREEN WAY: VinnTechAgro brochure. 2018. 4 p.
15. Rotary harrow ZIRCON: brochure LEMKEN GmbH & Co. KG. 2017. 20 p.

#### **Информация об авторах**

**Андрей Александрович Абидуев** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технический сервис в АПК и общепромышленные дисциплины»;

**Александр Сергеевич Пехутов** – доктор технических наук, доцент кафедры «Технический сервис в АПК и общепромышленные дисциплины»;

**Галия Ергешевна Кокиева** – доктор технических наук, доцент кафедры «Технический сервис в АПК и общепромышленные дисциплины»;

**Александр Викторович Кузьмин** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технический сервис и общепромышленные дисциплины»;

**Наталья Ивановна Овчинникова** – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Математика».

#### **Information about the authors**

**Andrey A. Abiduev** – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair of Technical service in agro-industrial complex and general engineering disciplines;

**Alexander S. Pekhutov** – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Technical service in agro-industrial complex and general engineering disciplines;

**Galia E. Kokieva** – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Chair of Technical service in agro-industrial complex and general engineering disciplines;

**Alexander V. Kuzmin** – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Professor, Chair of Technical Service and General Engineering Disciplines;

**Natalya I. Ovchinnikova** – Dr. Tech. Sciences, Professor, Head of the Mathematics Chair.

Статья поступила в редакцию 28.09.2023; одобрена после рецензирования 18.01.2024; принята к публикации 23.01.2024.

The article was submitted 28.09.2023; approved after reviewing 18.01.2024; accepted for publication 23.01.2024.