

Научная статья

УДК 631.331.5

doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-77-82

## Исследование тягового сопротивления сеялки с модернизированными сошниками

**Алий Халисович Габаев**

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, д. 1в, Нальчик, Россия, 360030, alii\_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

**Аннотация.** В данной работе приведены результаты исследований тягового сопротивления зерновой сеялки с дисковыми сошниками с нулевым углом атаки и гидрофобными бороздоформирующими накладками. Изменение геометрических размеров рабочих органов, вследствие контакта с абразивной средой, является основной причиной кратного повышения значений тягового сопротивления, заложенных заводом-производителем. Внешними факторами, влияющими на повышение тягового сопротивления машины, являются: климатические условия, в которых эксплуатируется машина, свойства почвы, качество ремонта и технического обслуживания. Внутренними факторами, вызывающими изменение изначально заложенных заводом производителем характеристик, являются несовершенство конструкции (свойства конструкционных материалов деталей) и технология их изготовления. Как показал анализ состояния сеялочных агрегатов, в ряде хозяйств диски высеваящих сошников настолько изношены, что их диаметр составляет всего 29-30 см и даже меньше, при заводском выпуске 35 см. При таком диаметре дисков сеялка по своим техническим возможностям не может выполнять агротехнические требования, предъявляемые к посеву семян зерновых культур. Длительность работы посевного агрегата с заводскими показателями зависит от свойств почвы, особенно при работе в тяжелых условиях в 1,5-3 раза возрастают нагрузки на рабочие поверхности органов сельскохозяйственных машин, а также резко возрастает количество отказов. Проведенные исследования модернизированного сошника с нулевым углом атаки показывают хорошую работоспособность при невысоком тяговом сопротивлении. Величина тягового сопротивления при глубине хода 30 мм колебалась в пределах 7-8,5 кг и 14-16,8 кг при глубине хода сошника 60 мм, что на 20-25% ниже, чем у серийных двухдисковых сошников.

**Ключевые слова:** почва, диск, сошник, тяговое сопротивление, угол атаки, борозда, глубина хода, трение, смятие, усилие

**Для цитирования.** Габаев А. Х. Исследование тягового сопротивления сеялки с модернизированными сошниками // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 77–82. doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-77-82

Original article

## Investigation of the driving resistance of a seeder with upgraded coulters

**Aliy Kh. Gabaev**

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030, alii\_gabaev@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1973-9804>

**Abstract.** This paper presents the results of a study of the traction resistance of grain seeders with disc coulters with a zero angle of attack and hydrophobic furrow-forming pads. The change in the geometric dimensions of the working bodies, due to contact with the abrasive medium, is the main reason for the multiple increase in the value of traction resistance, laid down by the manufacturer. External factors affecting the increase in traction resistance of the machine are: climatic conditions in which the machine is operated, soil properties, quality of repairs and maintenance.

The internal factors that cause a change in the characteristics originally set by the manufacturer are the imperfection of the design (the properties of the structural materials of the parts) and the technology of their manufacture. As the analysis of the condition of the seeding units shows, in a number of farms the discs of the sowing coulters are so worn out that their diameter is only 29-30 cm and even less, with a factory output of 35 cm. for sowing grain crops. The duration of operation of the sowing unit with factory performance depends on the properties of the soil, especially when working in difficult conditions, the loads on the working surfaces of the organs of agricultural machines increase by 1.5-3 times, and the number of failures increases sharply. The conducted studies of the modernized coulters with zero angle of attack show good performance with low traction resistance. The value of traction resistance at a stroke depth of 30 mm varied between 7-8.5 kg and 14-16.8 kg at a coulters stroke depth of 60 mm. Which is 20-25% lower than that of serial double disc coulters.

**Keywords:** the soil, disk, coulters, traction resistance, attack angle, furrow, stroke depth, friction, collapse, an effort

**For citation.** Gabaev A.Kh. Investigation of the driving resistance of a seeder with upgraded coulters. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;2(36):77–82. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-77-82

**Введение.** Несмотря на широкое разнообразие сельскохозяйственной техники и разные условия работы, показатели тягового сопротивления формируются по общепринятым законам. Обоснование взаимодействия различных факторов и выявление доли каждого из них является основой для оценки, расчета и прогнозирования тягового сопротивления. Все стадии, начиная с момента проектирования и изготовления, когда происходит формирование и обоснование идеи создания модернизированного узла или детали и заканчивая принятием решения о списании данной машины, неразрывно связаны с величиной тягового сопротивления агрегата [1–6].

На стадии проектирования и расчета принимаются технические решения по минимизации тягового сопротивления сельскохозяйственного агрегата, которое зависит от конструкции, применяемых материалов и других конструктивных особенностей. При изготовлении обеспечивается тяговое сопротивление, которое зависит от качества изготовленных деталей, качества сборки узла и других показателей технологического процесса.

**Цель исследования** – раскрыть условия работы заделывающих органов посевных машин. Провести анализ тягового сопротивления дисковых сошников зерновых сеялок и наметить пути снижения тягового сопротивления посевного агрегата, предложить новые конструктивные решения для достижения этой цели.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Динамометрирование сошников проводилось на почвенном канале в лабораторных условиях, влажность почвы по горизонтам 0-5 см и 5-10 см составляла 23,5 и 27%, соответственно. Твердость почвы в тех же горизонтах –  $1,8 \cdot 10^5$  и  $2,5 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>.

Во время работы посевного агрегата общее тяговое сопротивление посевной машины формируется из следующих показателей:

- сопротивление перекачиванию опорных колес по рыхлой неупругой поверхности, каковым в рассматриваемом случае является подготовленное к посеву поле;
- сопротивление, создаваемое заглубленными в почву бороздообразующими устройствами;
- сопротивление на трение качения в подшипниках ступиц колес и других механизмах, участвующих в передаче крутящего момента валам семя- и туковывсевающих аппаратов;
- сопротивление на преодоление прочих непредвиденных препятствий при перемещении посевной машины по неровной поверхности поля;
- рабочее сопротивление катушек и других устройств семя- и туковывсевающих аппаратов.

Из всех вышеперечисленных разновидностей сопротивлений во время работы посевной машины более значимыми можно назвать сопротивление перекачиванию опорных колес по рыхлой неупругой поверхности и сопротивление, создаваемое заглубленными в

почву бороздообразующими устройствами. По данным полевых испытаний на их долю приходится около 92-98% от общего значения тягового сопротивления посевной машины.

Сопротивление на преодоление прочих непредвиденных препятствий при перемещении посевной машины по неровной поверхности поля и рабочее сопротивление катушек и других устройств семя- и туковысевающих аппаратов в общей картине тягового сопротивления имеют долю в пределах одного процента [7].

Касаемо трения качения в подшипниках ступиц колес и других механизмах, то его можно выразить в зависимости от совершенства конструкции сеялки и её системы смазки в пределах двух-трех процентов от общего тягового сопротивления посевной машины. Таким образом, имеет смысл более основательно рассмотреть тяговое сопротивление качения опорных колес и сопротивление качению бороздообразующих дисков в рабочем положении.

**Результаты исследования.** Сопротивление качению колеса по мягкой поверхности обусловлено главным образом работой, направленной на смятие почвы под колесом.

Работа смятия почвы под колесом зависит от параметров колеса его диаметра  $D$  и ширины  $b$  его протектора, а также от сопротивляемости почвы смятию. Этот параметр изменяется в зависимости от величины погружения площади смятия [8].

Математически эту закономерность можно выразить следующим образом:

$$q = q_0 \sqrt{h},$$

где:

$q$  – напряжение смятия  $\text{кг/см}^2$ , соответствующее глубине погружения площадки смятия  $F = 1 \text{ см}^2$ ;

$q_0$  – коэффициент пропорциональности;

$h$  – глубина колеи.

Коэффициент  $q_0$ , в свою очередь, зависит от размера площадки и может быть выражен в следующем виде:

$$q_0 = a' U + a'' F,$$

где:

$a'$  и  $a''$  – константы, характерные для данного вида почвы;

$U$  – периметр;

$F$  – площадь смятия.

Применительно к площади  $1 \text{ см}^2$  под протектором колеса можно считать, что периметр равен:

$$U = 2\delta S \text{ и } F = b\delta S = 1 \text{ см}^2,$$

где:

$\delta S$  – длина площадки, которая при ширине  $b$  равна  $1 \text{ см}^2$ .

Следовательно,

$$q_0 = (2a' + a'' b)\delta S.$$

Обозначив  $2a' + a'' b = q'_0$ , получим

$$q_0 = q'_0 \delta S,$$

где:

$q'_0$  – удельное сопротивление смятию почвы.

Соотношение  $\frac{a''}{2a'} \approx 0,27$ , исходя из результатов опытов, сохраняется в большинстве случаев для неупругой почвенной поверхности [9].

Таким образом,

$$q'_0 = 2a'(1 + 0,27b),$$

или, выразив  $2a' = a$ ,

$$q'_0 = a(1 + 0,27b).$$

Связь между тяговым усилием  $P$ , нагрузкой на колесо  $G$ , диаметром колеса  $D$  и  $b$  будет:

$$P = \frac{0,958}{\sqrt{q_0}} \cdot \frac{G^{\frac{3}{2}}}{D^{\frac{3}{4}}}.$$

Что касается сопротивления сошников  $R_{\text{сош}}$ , то на глубине хода 30-60 мм опорная реакция сошника прямо пропорциональна глубине его погружения, то есть:

$$R_{\text{сош}} = Kh_c,$$

где:

$K$  – коэффициент, зависящий от типа почвы и ее состояния;

$f$  – коэффициент трения.

Соответственно, тяговое сопротивление дискового сошника можно оценить соотношением [10]:

$$P'_{\text{сош}} = Kfh_c.$$

Значения коэффициентов  $K$  и  $f$ , полученные опытным путем для различных типов почв, можно представить в виде таблицы 1.

**Таблица 1.** Значения коэффициентов  $K$  и  $f$   
для различных типов почв  
**Table 1.** Values of coefficients  $K$  and  $f$   
for different types of soils

Тип почвы	$K$	$f$
Легкий суглинок в рыхлом состоянии	0,65	0,43
Тяжелый суглинок в рыхлом состоянии	0,85	0,33
Тяжелый суглинок в слежавшемся состоянии	1,15	0,17

Тяговое сопротивление сеялки в транспортном положении определяется по выражению:

$$P_{\text{хк}} = 2 \frac{0,958 \left(\frac{1}{2} G\right)^2}{\sqrt{q_0} D^{\frac{3}{4}}} = \frac{0,677 G^2}{\sqrt{q_0} D^{\frac{3}{4}}}$$

Тяговое сопротивление сеялки в рабочем положении состоит из сопротивления перекачиванию и сопротивления сошников, как было отмечено выше [11].

Давление на опорные колеса в этом случае несколько ниже, так как сошники опираются на почву:

$$G' = G - nG_{\text{сош}}$$

У сеялки с дисковыми сошниками, в отличие от сеялок с другими типами сошников, разгрузка ходовых колес будет больше, так как дисковые сошники в рабочем положении, кроме того, что опираются о почву, находятся еще под давлением нажимных пружин. В таком случае часть массы посевной машины уравнивается опорной реакцией сошников и, следовательно, ходовые колеса разгружаются несколько больше, чем от веса сошников [12].

Если при наличии  $m$  передних и  $n$  задних сошников опорные реакции на сошники обозначим, соответственно  $mR'_{\text{пс}}$  и  $nR'_{\text{зс}}$ , то сопротивление перекачиванию колес можно выразить в следующем виде:

$$P_{\text{хк}} = \frac{0,677(G - mR'_{\text{пс}} - nR'_{\text{зс}})^2}{\sqrt{q_0} D^{\frac{3}{4}}}$$

При севе на слежавшейся почве для достижения требуемой глубины хода сошников необходимо повышать давление на сошники путем сжатия нажимных пружин, в результате чего возрастают опорные реакции  $R'_{\text{пс}}$  и  $R'_{\text{зс}}$ , сошников, и, соответственно, как видно из последней формулы, снижается сопротивление  $P_{\text{хк}}$  качению опорных колес [13, 14].

Так как основную долю тягового сопротивления посевной машины составляют сопротивление  $P_{\text{хк}}$  качению опорных колес под соответствующей нагрузкой и сопротивления качению дисков сошников  $(m+n)P'_{\text{сош}}$  рабочее сопротивление сеялки можно выразить в следующем виде:

$$P = P_{\text{хк}} + (m + n)P'_{\text{сош}}$$

Однако, здесь не учитывается работа на привод механизма высевующих аппаратов, которая при должном техническом обслуживании посевного агрегата является величиной несущественной, ей можно пренебречь.

**Выводы.** Проведенные исследования дискового сошника с нулевым углом атаки показали хорошую работоспособность при невысоком тяговом сопротивлении. Величина тягового сопротивления при глубине хода 30 мм колебалась в пределах 7-8,5 кг и 14-16,8 кг при глубине хода сошника 60 мм, что на 20-25% ниже, чем у серийных двухдисковых сошников. На основании проведенных исследований установлено, что с повышением скорости движения сеялки с экспериментальными сошниками с 1,0 до 4,0 м/с, тяговое сопротивление повышается в пределах 12-18%, тогда как у сеялки со стандартными сошниками этот показатель находится в пределах 28-35%.

#### Список литературы

1. Шекихачев Ю. А., Мишхожев В. Х., Шекихачева Л. З., Мишхожев К. В. Обоснование параметров и режимов работы модернизированного плоскореза для повышения продуктивности горных кормовых угодий // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2018. № 2(20). С. 48–53.

2. Габаев А. Х. Применение полимерных материалов в конструкции бороздообразующих рабочих органов сеялки для условий повышенной влажности почвы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 2(24). С. 95–99.
3. Габаев А. Х. Посев в условиях повышенной влажности почвы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 3(25). С. 78–82.
4. Балкаров Р. А., Чеченов М. М., Сабанчиева Ф. Р. Эксплуатационные факторы экономии топливо-смазочных материалов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 3(29). С. 85–92.
5. Габаев А. Х. Надежность и безотказность работы модернизированного сошника зерновой сеялки с фторопластовыми бороздообразующими накладками // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 4(26). С. 54–58.
6. Хажметова А. Л., Карданов Р. А., Хажметов Л. М. К вопросу совершенствования машин для обработки приствольных полос плодовых насаждений в террасном садоводстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 2(32). С. 89–94.
7. Демчук Е. В., Кобяков И. Д., Евченко А. В., Гурьев С. П. Сошник для разбросного посева семян зерновых культур // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. №11. С. 14–16.
8. Тухтакузиев А., Ибрагимов А., Атамкулов А. Исследование равномерности глубины хода бороздореза сеялки // Техника в сельском хозяйстве. 2014. №5. С. 2–4.
9. Хахов М. А., Каскулов М. Х. Исследование процесса работы ребристых катков посевной машины // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2003. №1(9). С. 31–34.
10. Горячкин В. П., Гранвуане А. Х. Теоретическое обоснование сеялок-культиваторов. Москва: Колос, 1986. 358 с.
11. Патент RU C1 А№2511237 01С7/20. Устройство для посева семян зерновых культур / М. Х. Каскулов, А. Х. Габаев, А. К. Апажев, И. А. Атмурзаев, Ш. М. Гаев, А. Ш. Тешев, В. Х. Мишхожев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарская ГСХА». № 2012153090/13; заявл. 2012.12.07; опубл. 10. 04. 2014, Бюл. № 10.
12. Горбачев С. П., Кулаев Е. В., Руденко Н. Е. Тяговое сопротивление комбинированного дискового сошника зерновой сеялки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 2. С. 4–5.
13. Габаев А. Х., Нам А. К. Математическая модель работы бороздообразующего рабочего органа посевной машины и определение его оптимальных конструктивных параметров методом многофакторного эксперимента // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 317–321.
14. Каскулов М. Х., Габаев А. Х. Агротехническая оценка работы экспериментальной сеялки с фторопластовыми бороздообразующими накладками // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2015. № 1(7). С. 54–57.

## References

1. Shekikhachev Yu.A., Mishkhozhev V.Kh., Shekikhacheva L.Z., Mishkhozhev K.V. Scientific basis for parameters and operating modes of the modernized subsurface cultivator for increasing the productivity of the forage lands. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2018;2(20):48–53. (In Russ.)
2. Gabaev A.Kh. Application of polymeric materials in the construction of bore forming working bodies of cropping machines for work in the conditions of increased soil humidity. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2019;2(24):95–99. (In Russ.)
3. Gabaev A.Kh. Seeding under conditions of increased soil humidity. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2019;3(25):78–82. (In Russ.)
4. Balkarov R.A., Chechenov M.M., Sabanchieva F.R. Fuel and lubricant savings operating factors. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2020;3(29):85–92. (In Russ.)
5. Gabaev A.Kh. Safety and reliability of operation of the modernized corner of the grain seeder with ptfefurround-forming lines. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2019;4(26):54–58. (In Russ.)
6. Khazhmetova A.L., Kardanov R.A., Khazhmetov L.M. On the issue of improving machines for processing trunk strips of fruit plantations in terraced gardening. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2021;2(32):89–94. (In Russ.)

7. Demchuk E.V., Kobyakov I.D., Evchenko A.V., Gurev S.P. Soshnik dlya razbrosnogo poseva semyan zernovykh kul'tur. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva*. 2015;(11):14–16. (In Russ.)
8. Tuhtakuziev A., Ibragimov A., Atamkulov A. Issledovanie ravnomernosti glubiny hoda borozdoreza seyalki. *Tekhnika v sel'skom hozyajstve*. 2014;(5):2–4. (In Russ.)
9. Khahov M.A., Kaskulov M.Kh. Investigation of the operation process of the ribbed rollers of the sowing machine. News of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS. 2003,1(9):31–34. (In Russ.)
10. Goryachkin V.P., Granvuane A.H. Teoreticheskoe obosnovanie seyalok-kul'tivatorov. Moscow: Kolos, 1986. 358 p. (In Russ.)
11. Patent RU S1 A№2511237 01S7/20. Ustrojstvo dlya poseva semyan zernovykh kul'tur. M.Kh. Kaskulov, A.Kh. Gabaev, A.K. Apazhev, I.A. Atmurzaev, Sh.M. Gaev, A.Sh. Teshev, V.Kh. Mishkhodzhev; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kabardino-Balkarskaya GSKHA». – № 2012153090/13; zayavl. 2012.12.07; opubl. 10. 04. 2014, Byul. № 10. (In Russ.)
12. Gorbachev S.P., Kulaev E.V., Rudenko N.E. Tyagovoe soprotivlenie kombinirovannogo diskovogo soshnika zernovoj seyalki. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva*. 2014,(2):4–5. (In Russ.)
13. Gabaev A.Kh., Nam A.K. Mathematical model of work of borozdoobrazuyushchy working body of the sowing car and determination of his key design data as method of multiple-factor experiment. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2016;(43):317–321. (In Russ.)
14. Kaskulov M.Kh., Gabaev A.Kh. Agrothechnical assessment of the experimental planter with fluoroplastfurrowforming lining. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2015;1(7):54–57. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторе

**Габаев Алий Халисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация сельского хозяйства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1264-0376, Author ID: 835404

#### Information about the author

**Aliy Kh. Gabaev** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Agricultural Mechanization", Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1264-0376, Author ID: 835404

---

*Статья поступила в редакцию 31.03.2022;  
одобрена после рецензирования 22.04.2022;  
принята к публикации 28.04.2022.*

*The article was submitted 31.03.2022;  
approved after reviewing 22.04.2022;  
accepted for publication 28.04.2022.*