

УДК 631.316.02 Н.С. Яковлев, Н.Н. Назаров, В.С. Нестяк, В.В. Маркин, В.И. Черных  
N.S. Yakovlev, N.N. Nazarov, V.S. Nestyak, V.V. Markin, V.I. Chernykh

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ БОРОНЫ С КОЛЬЦЕВЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

### EVALUATION OF OPERATING QUALITY OF HARROW WITH RING WORKING BODIES

**Ключевые слова:** борона, почва, кольцо, каток, агрегат, скорость, борозда.

**Keywords:** harrow, soil, ring, roller, aggregate, speed, furrow.

Представлены результаты исследования работы кольцевого катка и кольцевой бороны. Установлено, что с увеличением скорости агрегата высота гребня уменьшается, а расстояние отброса почвы увеличивается. Разброс почвы кольцом катка зависит от угла атаки кольца и скорости движения агрегата. Так, при увеличении скорости агрегата на 0,5 м/с с кольцом диаметром 700 мм расстояние разброса почвы в среднем увеличивается на 12,5%, увеличение угла атаки кольца на 5 град. увеличивает расстояние разброса почвы примерно на 20%, а высота гребня при этом уменьшается в среднем на 12,4%. Образование гребня и борозды на стыке батарей происходит в результате перемещения почвы кольцами на передний край батареи с последующей её выемкой последним кольцом перекрывающей батареи. Глубина обработки поля по следу катка изменяется от 40 до 80 мм.

The results of a study of a ring roller and a ring harrow operation are presented. It has been found that with the aggregate speed increase, ridge height decreases, and the distance of the soil throw is increased. The soil spreading by the ring of the roller depends on the angle of attack of the ring and the speed of the unit movement. So, for example, with increased speed of the unit by 0.5 m s with a ring with a diameter of 700 mm, the distance of the soil spread increases by an average of 12.5%; increased angle of attack of the ring by 5 degrees increases the spread of the soil by about 20%, and the ridge height decreases by an average of 12.4%. The formation of ridge and furrow at the junction of the gangs occurs as a result of soil movement by rings to the front edge of the gang, followed by its removal by the last ring of the overlapping gang. The field tillage depth along the track of the roller varies from 40 to 80 mm.

**Яковлев Николай Степанович**, д.т.н., с.н.с., гл. н.с., зав. лаб., Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Новосибирская обл. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Назаров Николай Николаевич**, к.т.н., вед. н.с., Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Новосибирская обл. E-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

**Нестяк Вячеслав Степанович**, д.т.н., с.н.с., гл. н.с., зав. лаб., Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Новосибирская обл. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Маркин Владимир Викторович**, с.н.с., Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Новосибирская обл. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Черных Владимир Иванович**, инженер-исследователь, Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН, Новосибирская обл. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Yakovlev Nikolay Stepanovich**, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Chief Staff Scientist, Head of Lab., Siberian Research Institute of Farm Mechanization and Electrification, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Nazarov Nikolay Nikolayevich**, Cand. Tech. Sci., Leading Staff Scientist, Siberian Research Institute of Farm Mechanization and Electrification, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. E-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

**Nestyak Vyacheslav Stepanovich**, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Chief Staff Scientist, Head of Lab., Siberian Research Institute of Farm Mechanization and Electrification, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Markin Vladimir Viktorovich**, Senior Staff Scientist, Siberian Research Institute of Farm Mechanization and Electrification, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

**Chernykh Vladimir Ivanovich**, Research Engineer, Siberian Research Institute of Farm Mechanization and Electrification, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Novosibirsk Region. E-mail: yakovlev-46@inbox.ru.

### Введение

Для очистки полей от сорняков и выравнивания поверхности под посев зерновых культур применяются различного вида культиваторы, бороны, катки, специальные выравниватели и другие приспособления [1-5]. Наибольший интерес в этом плане представляют кольцевые катки, которые могут вычесывать сорняки, засыпать борозды и убирать гребни, оставленные агрегатами после прохода их рабочих органов. Кольцевые катки нашли применение на посевных машинах «Обь-43Т» и почвообрабатывающих агрегатах «Лидер» [6]. Бороны с кольцевыми катками наиболее привлекательны как машины с универсальными рабочими органами. Бороны используются преимущественно для предпосевной обработки почвы, а также непосредственно для обработки паров и послеуборочной обработки стерневых фонов. Они могут работать в условиях, когда невозможна работа других машин (повышенная влажность почвы, сильная засоренность поля сорняками, неподготовленное поле). Однако при работе борон с кольцевыми катками в местах соединения катков образуются борозды и гребни, поэтому необходимо провести исследования для определения разброса почвы кольцом катка в зависимости от скорости агрегата, диаметра кольца и угла атаки катка.

**Цель** работы – повышение качества работы кольцевого катка. В **задачи** исследования входило:

- 1) выявить влияние конструктивных параметров и скоростных режимов на характер разброса почвы кольцом катка;
- 2) дать оценку работы бороны с кольцевыми рабочими органами.

### Материал и методика

При движении агрегата кольцо в почве перемещается под углом атаки, захватывает внутренней поверхностью часть почвы и сдвигает её в сторону. Сорняк, прижатый кромкой кольца к почве, не срезается, а силой трения кольца выдёргивается из почвы [7, 8]. Так как кольцо воздействует на почву кромкой обода под тупым углом, то по следу кольца образуется борозда и насыпается гребень. Характер действия кольца катка на почву зависит от его геометрических размеров, угла атаки и скорости движения агрегата. Во время движения каждое кольцо вырезает пласт, оставляя желобчатым дно борозды. Большая часть почвы при этом захватывается внутренней поверхностью кольца, поднимается

вместе с кольцом и при подъёме на угол  $\psi$  отбрасывается по ходу агрегата со смещением в сторону, противоположную углу атаки кольца катка. Траектория движения условной точки на кольце показана на рисунке 1. В идеальном случае, когда кольцо в почве движется без проскальзывания, условная точка кольца в почве должна двигаться перпендикулярно направлению движения агрегата (позиция А рис. 1).

Однако на кольцо действуют силы трения кольца о почву и силы сопротивления почвы сдвигу, поэтому кольцо в почве замедляет своё вращение вокруг оси, и происходит сдвиг почвы под углом к направлению движения. Это способствует просыпанию почвы через кольцо и захвату её внутренней поверхностью кольца. Просыпавшаяся через кольцо почва частично засыпает борозду, а почва, поднятая внутренней поверхностью кольца, насыпает гребень. Ширина борозды является проекцией хорды окружности кольца катка на плоскость, перпендикулярную ходу агрегата, и определяется из геометрического соотношения [9]:

$$c = 2 \sin \gamma \cdot \sqrt{h \cdot (D - h)}, \quad (1)$$

где  $c$  – ширина борозды по верхней кромке, м;

$D$  – диаметр кольца, м;

$h$  – глубина обработки (борозды), м;

$\gamma$  – угол атаки кольца, град.

Почва, вынесенная кольцом из борозды на поверхность, образует гребень. Высота гребня зависит от расстояния разброса почвы кольцом в сторону, перпендикулярную движению агрегата, расстояние определяется по формуле:

$$S_z = \sin \gamma \cdot \left[ r \cdot \sin \psi + V_{Ar} \cdot \sqrt{2r \cdot (1 - \cos \psi) / g} \right], \quad (2)$$

где  $S_z$  – расстояние перемещения почвы, м;

$\gamma$  – угол атаки кольца, град.;

$r$  – радиус кольца, м;

$\psi$  – угол поворота кольца до ссыпания почвы, град.;

$g$  – ускорение свободного падения 9,8 м/с.

Экспериментальные исследования для подтверждения теоретических результатов полученных в результате расчета по формуле (2) проводилось в почвенном канале на тяговой тележке с кольцами диаметром 500, 600 и 700 мм. Кольца этих диаметров применяются на почвообрабатывающих агрегатах «Лидер» и кольцевых боропах БКМ и БКС. Глубина обработки почвы кольцами всех диаметров устанавливалась  $80 \pm 10$  мм. В таблице представлены результаты про-

верки расчетов по формуле (2) для кольца диаметром 700 мм.

Данные таблицы подтверждают, что расчеты ширины борозды по формуле (2) совпадают с результатами, полученными в ходе эксперимента.

В почвенном канале также проводились исследования по определению профилей следа от кольца в зависимости от его диаметра, скорости движения машины и угла атаки. Ширина профиля следа кольца является результатом сложения ширины борозды и расстояния перемещения почвы кольцом.

Экспериментальные исследования для определения качества работы кольцевого катка бороны проводились в полевых условиях на поле СибНИИРС. В результате эксперимента определяли профиль поверхности, образованной после прохода агрегата. Почва на поле – выщелоченный чернозём, по механическому составу среднесуглинистая.

Исследования проводили с кольцевой бороной (рис. 2). Рабочая ширина бороны 12,8 м, она предназначена для поверхностной обработки почвы на глубину до 80 мм в системе почвозащитного, ресурсосберегающего земледелия, с выполнением операций крошения почвы, создания уплотненной почвенной прослойки на глубине посева

семян, выравнивания поверхности поля и уничтожения сорняков.

На бороне установлены шесть пар кольцевых катков. Кольцевой каток бороны состоит из отдельных колец, выполненных в форме усеченного конуса, которые собраны с определённым шагом. Катки установлены на агрегате под углом атаки 25 град.

Для замера профиля над следом машины на высоте 100 мм, от нетронутой поверхности почвы, натягивали шнур. Шнур размечали на отрезки по 3 см и против каждой отметки проводили линейкой измерения. Результаты измерения записывались в полевой журнал, после расшифровки записей с помощью программы Microsoft Office Excel строили графики.

### Результаты исследования и их обсуждение

Профиль борозды и расстояние разброса почвы кольцом катка в зависимости от его диаметра представлен на (рис. 3). Анализ графика показывает, что с увеличением диаметра кольца увеличивается расстояние разброса почвы, а высота гребня при этом несколько снижается. С уменьшением диаметра кольца увеличивается количество почвы, оставшейся в борозде. Можно также отметить, что объём почвы, выброшенной кольцом на поверхность, из-за изменения её плотности после обработки превышает объём свободного места в борозде.

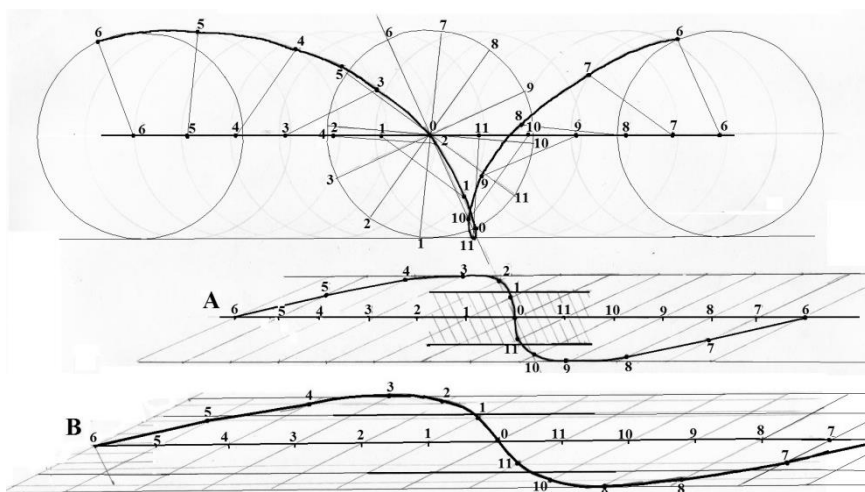


Рис. 1. Траектория движения условной точки на кольце кольчатого катка: А – без проскальзывания; В – с учетом сил трения и сопротивления почвы

Расстояние разброса почвы кольцом Ш 700 мм в сравнении с расчетным

Таблица

Угол атаки кольца, град.	Скорость передвижения агрегата, м/с					
	1,4		2,0		2,5	
	ширина полосы разброса, м					
	факт	расчет	факт	расчет	факт	расчет
18	0,43 ± 0,008	0,40	0,48 ± 0,009	0,45	0,51 ± 0,010	0,51
24	0,49 ± 0,015	0,49	0,57 ± 0,015	0,57	0,62 ± 0,077	0,64
28	0,53 ± 0,015	0,57	0,66 ± 0,018	0,66	0,76 ± 0,006	0,74

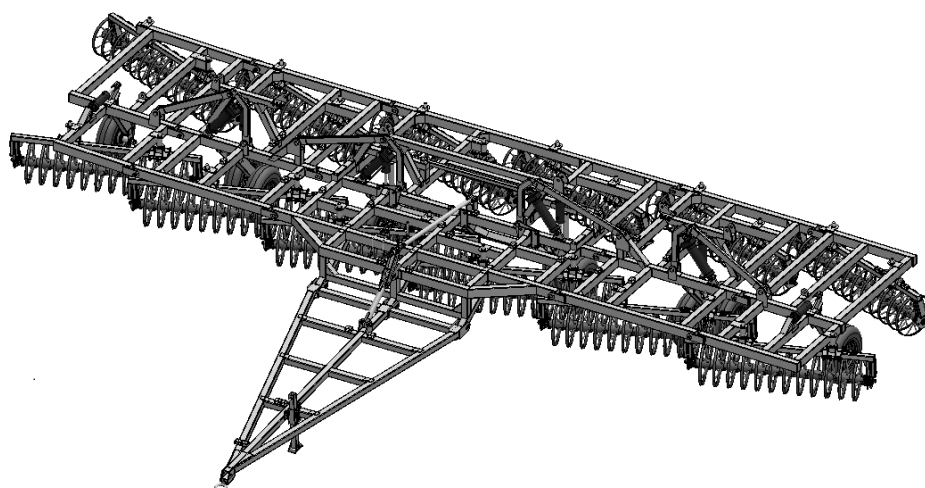


Рис. 2. Борона секционная с кольцевыми катками

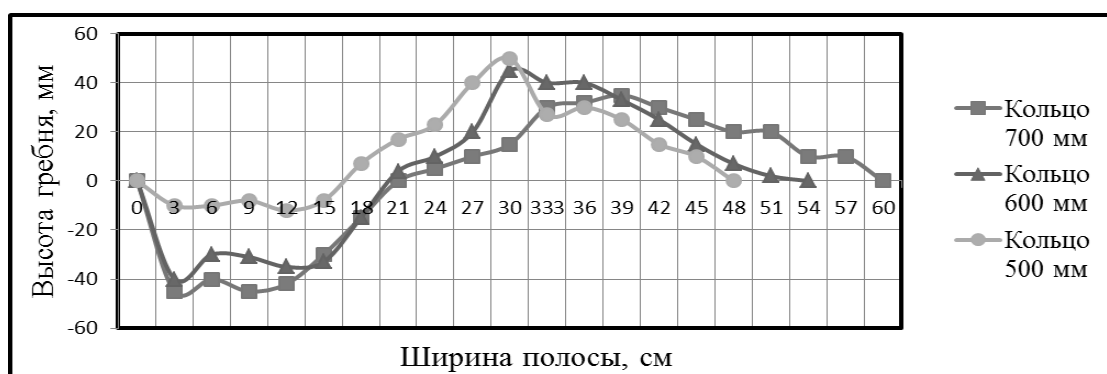


Рис. 3. Профиль следа от колец бороны диаметром 500, 600 и 700 мм, установленных под углом атаки 25 град. и движущихся со скоростью 7 км/ч

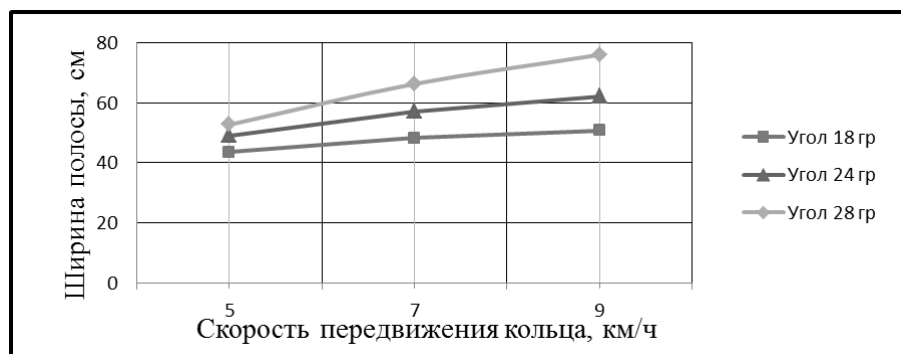


Рис. 4. Изменение ширины полосы разброса почвы кольцом Ш700 мм в зависимости от скорости машины и угла атаки кольца

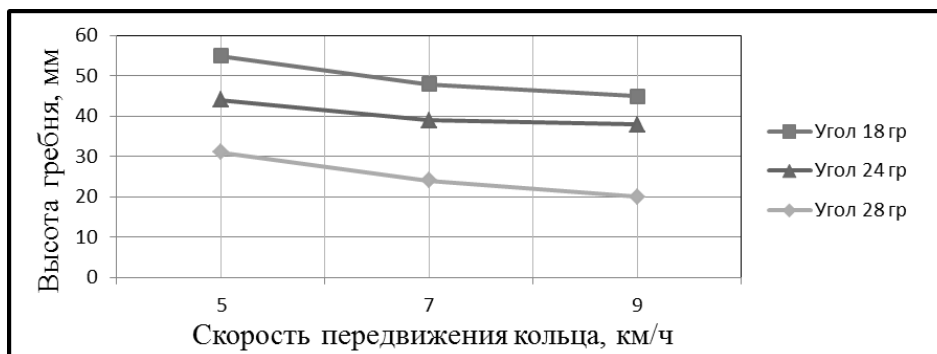


Рис. 5. Изменение высоты гребня в зависимости от скорости машины и угла атаки кольца диаметром 700 мм



Рис. 6. Профиль поля после прохода бороны с кольцевыми катками



Рис. 7. Профиль дна борозды после прохода бороны с кольцевыми катками

Необходимо отметить, что профили следа у колец разных диаметров идентичные, следовательно, результаты дальнейших исследований можно рассматривать на примере одного кольца диаметром 700 мм, так как кольца этого диаметра применяются на всех кольцевых боронах.

На рисунках 4 и 5 представлены графики изменения расстояния разброса почвы кольцом диаметром 700 мм в зависимости от рабочей скорости агрегата и угла атаки кольца. С увеличением скорости агрегата на 0,5 м/с расстояние разброса почвы в среднем увеличивается на 12,5%, а увеличение угла атаки кольца на 5 град. увеличивает расстояние разброса почвы примерно на 20%, а высота гребня при этом уменьшается в среднем на 12,4%.

В результате проведения испытаний с кольцом катка установлено влияние диаметра кольца, угла атаки и рабочей скорости агрегата на характер разброса почвы. Характер перемещения почвы кольцевым катком, где кольца установлены с определенным шагом, в нашем случае шаг равен 190 мм, будет несколько отличаться.

Профиль поля, после прохода бороны с кольцевым катком, представлен на рисунке 6. На графике представлены кривые, полученные по данным измерений профиля по следу пяти катков.

Анализируя график, можно отметить, что образование гребня и борозды происходит в результате перемещения почвы кольцами на передний край катка с последующей её выемкой последним кольцом перекрывающего катка. Разница в высоте поверхности поля у переднего края катка составляет около 40 мм. Гребнистость поверхности поля отражается также и на глубине обработки. Кольца катков оставляют под почвой борозды и гребни, которые не перекрываются следом колец второго ряда катков (рис. 7). Это хорошо видно на проекции отдельного следа по каждому из шести катков бороны. Глубина обработки поля по следу катка изменяется от 40 до 80 мм.

Расстояние между гребнями соответствует шагу установки колец на катке. Практически трудно реализовать, чтобы кольца катков второго ряда срезали гребни, оставленные кольцами катков первого

ряда. На наш взгляд, это зависит от особенности крепления порталов катков, которые позволяют каткам смещаться в поперечной плоскости на неопределённую величину без какой-либо фиксации в определённом положении. Следующей причиной может быть смещение всей бороны в поперечной плоскости из-за несимметричной установки катков.

### Выводы

1. Разброс почвы кольцом катка зависит от угла атаки кольца, скорости движения агрегата и глубины обработки почвы. С увеличением рабочей скорости бороны с кольцом диаметром 700 мм на 0,5 м/с расстояние разброса почвы увеличивается в среднем на 12,5%, увеличение угла атаки кольца на 5 град. влечет увеличение расстояния разброса почвы примерно на 20%, высота гребня при этом уменьшается в среднем на 12,4%.

2. Образование гребня и борозды на стыке батарей происходит в результате перемещения почвы кольцами на передний край батареи с последующей её выемкой последним кольцом перекрывающей батареи, в результате чего образуется гребень высотой около 40 мм. Глубина обработки поля по следу катка изменяется от 40 до 80 мм.

### Библиографический список

1. Докин Б.Д., Иванов Н.М., Елкин О.В., Чекусов М.С. Альтернативные варианты технологий и технических средств для производства зерна в условиях Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 1. – С. 49-51.
2. Докин Б.Д., Елкин О.В., Лапченко Е.А., Исакова С.П. Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2014. – № 2. – С. 60-64.
3. Иванов Н.М., Чепурин Г.Е. Научно-техническое обеспечение аграрного комплекса Сибири // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2014. – № 5. – С. 93-101.
4. Назаров Н.Н., Яковлев Н.С., Блынский Ю.Н. Посевной рабочий орган для реализации бороздкового ленточного посева зерновых // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2016. – № 5. – С. 97-104
5. Нестяк В.С., Мамбеталин К.Т. Обработка почвы при прямом посеве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 12. – С. 99-103.
6. Колинко П.В., Яковлев Н.С. Кольцевые рабочие органы и их применение в сельскохозяйственном машиностроении // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Белоруссии и

Болгарии: сб. науч. докл. XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2015. – Ч. II. – С. 302-304.

7. Яковлев Н.С., Колинко П.В. Перемещение почвы кольцом кольчатого катка // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 3. – С. 32-35.

8. Яковлев Н.С., Колинко П.В. Взаимодействие кольцевого катка с почвой // Сиб. вестник с.-х. науки. – 2012. – № 5-6. – С. 95-100.

9. Яковлев Н.С. Машины с кольцевыми рабочими органами // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Белоруссии и Болгарии: матер. Междунар. науч.-техн. конф. (г. Минск, 19-21 сентября 2016 г.); в 2 т. – Минск, 2016. – Т. 1. – С. 173-176.

### References

1. Dokin B.D., Ivanov N.M., Elkin O.V., Chekusov M.S. Alternativnye varianty tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya proizvodstva zerna v usloviyakh Sibiri // Dostizhenie nauki i tekhniki APK – 2015. – Т. 29. – № 1. – С. 49-51.
2. Dokin B.D., Elkin O.V., Lapchenko E.A., Isakova S.P. Tekhnicheskoe obespechenie srokov provedeniya polevykh rabot v usloviyakh Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2014. – № 2. – С. 60-64.
3. Ivanov N.M., Chepurin G.E. Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie agrarnogo kompleksa Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2014. – № 5. – С. 93-101.
4. Nazarov N.N., Yakovlev N.S., Blynskiy Yu.N. Posevnoy rabochiy organ dlya realizatsii borozdkovogo lentochnogo poseva zernovykh // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 5. – С. 97-104.
5. Nestyak V.S., Mambetalin K.T. Obrabotka pochvy pri pryamom poseve // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 12. – С. 99-103.
6. Kolinko P.V., Yakovlev N.S. Koltsevye rabochie organy i ikh primeneniye v selskokhozyaystvennom mashinostroenii // Agrarnaya nauka – selskokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belorussii i Bolgarii: sb. nauch. dokl. KhVII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ch. II. – Novosibirsk, 2015. – С. 302-304.
7. Yakovlev N.S., Kolinko P.V. Perekryshcheniye pochvy koltsom kolchatogo kатка // Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. – 2013. – № 3. – С. 32-35.
8. Yakovlev N.S., Kolinko P.V. Vzaimodeystvie koltsevoogo kатка s pochvoy // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2012. – № 5-6. – С. 95-100.

9. Yakovlev N.S. Mashiny s koltsevymi rabochimi organami // Nauchno-tekhni-cheskiy progress v selskokhozyaystvennom proizvodstve. Agrarnaya nauka – selskokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii,

Belorussii i Bolgarii: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Minsk, 19-21 sentyabrya 2016 g.). V 2 t. T.1. – Minsk, 2016. – S. 173-176.



УДК 631.362

**Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов, Д.С. Арапов**  
N.I. Strikunov, S.V. Lekanov, D.S. Arapov

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОРТИРОВАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНОЙ ЛИНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТОСЕПАРАТОРА

### EFFICIENCY IMPROVEMENT OF SORTING DEPARTMENT OF SEED-CLEANING LINE USING COLOR SORTER

**Ключевые слова:** технологии очистки семян, фотосепаратор, оптическая сортировка.

стильно-сушильный комплекс показал высокую эффективность в уборочный сезон 2017 г.

Совершенствование технологий послеуборочной обработки семян зерновых культур имеет первостепенное значение для элитно-семеноводческих хозяйств Алтайского края. Повышение эффективности функционирования этих технологий связано с появлением современных специальных машин для комплектования отделений окончательной очистки семян. К этим машинам относятся пневмосортировальные столы и фотосепараторы. Сортирование семян по удельному весу и оптическим свойствам (в основном по цвету) – наиболее перспективные способы получения высокопродуктивных семян. При совместной работе пневмосортировального отделения и отделения оптической сортировки с большим содержанием трудноотделимых примесей пневмосортировальные столы могут сработать как обогатители. Этот технологический прием достаточно эффективен на выделении овсяга и гречишки татарской. Модернизированный семяочи-

**Keywords:** seed cleaning technology, color sorter, optical sorting.

The improvement of technologies of post-harvest seed handling is of primary importance for the elite seed-growing farms of the Altai Region. Efficiency improvement of these technologies is associated with the use of modern special machines for departments of final seed cleaning. These machines include gravity separators and color sorters. Seed sorting by specific gravity and optical properties (mainly color) is the most promising method for obtaining highly productive seeds. In case of combined operation of gravity separator and color sorters when the content of hard-separable impurities is high, gravity separators may work as a concentrator. This sorting method is quite efficient to remove seeds of *Avena fatua* L. and *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. The modernized seed-cleaning and drying complex showed its high efficiency in the harvest season of 2017.

**Стрикунов Николай Иванович**, к.т.н., доцент, каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Strikunov Nikolai Ivanovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Леканов Сергей Валерьевич**, к.т.н., доцент, каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: serrg333@mail.ru.

**Lekanov Sergey Valeryevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Арапов Дмитрий Сергеевич**, студент, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-60. E-mail: agau@asau.ru.

**Arapov Dmitriy Sergeevich**, student, Altai State Agricultural University. E-mail: agau@asau.ru.