

Научная статья

УДК 631.3:631.6.02

EDN YQRSHT

DOI: 10.22450/199996837\_2022\_4\_114

### Влияние конструкции шпоры катка для сплошного прикатывания на рыхление и уплотнение почвы

Даба Нимаевич Раднаев<sup>1</sup>, Юрий Антонович Сергеев<sup>2</sup>,  
Андрей Александрович Абидуев<sup>3</sup>, Сергей Сергеевич Калашников<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова  
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup> [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru), <sup>2</sup> [sergeev39.39@mail.ru](mailto:sergeev39.39@mail.ru),

<sup>3</sup> [abana47@mail.ru](mailto:abana47@mail.ru), <sup>4</sup> [goodron@yandex.ru](mailto:goodron@yandex.ru)

**Аннотация.** Прикатывание после посева ускоряет процесс прогревания почвы, который способствует притоку почвенной влаги с нижних слоев к верхним. Следует отметить, что уплотнение поверхности легких каштановых почв Бурятии при засушливой и холодной весне является наиболее эффективным приемом в сохранении почвенной влаги от испарения, улучшении температурного и пищевого режимов пахотного слоя. Благодаря этому, прикатывание способствует повышению урожая многих сельскохозяйственных культур. Наиболее полезным является прикатывание почвы кольчатыми катками, но при этом нужно иметь ввиду то, что нельзя допускать большого разрыва во времени между прикатыванием и посевом, иначе возрастает опасность усиления ветрового сноса почвенных частиц. Таким образом, технологическая операция сплошного послепосевого прикатывания в общем обеспечивает рыхление и уплотнение поверхностного слоя. Для этого применяются различные типы сельскохозяйственных катков, среди которых наибольшее распространение получили кольчато-шпоровые. При выборе параметров катков необходимо учитывать размерные параметры комков почвы, а также расстояния между шпорами и допустимое смещение шпор. Для повышения эффективности воздействия на почву по глубине целесообразно применение катка с четырьмя шпорами по сравнению с катком с двумя шпорами, что обеспечивает относительное увеличение площади воздействия на почву.

**Ключевые слова:** посев, прикатывание посевов, кольчато-шпоровый каток, конструкции шпор, обоснование параметров

**Для цитирования:** Раднаев Д. Н., Сергеев Ю. А., Абидуев А. А., Калашников С. С. Влияние конструкции шпоры катка для сплошного прикатывания на рыхление и уплотнение почвы // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Том 16. № 4. С. 114–121. doi: 10.22450/199996837\_2022\_4\_114.

Original article

### Impact of the roller lug design for continuous rolling on the loosening and compaction of the soil

Daba N. Radnaev<sup>1</sup>, Yurii A. Sergeev<sup>2</sup>,  
Andrei A. Abiduev<sup>3</sup>, Sergei S. Kalashnikov<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov

Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup> [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru), <sup>2</sup> [sergeev39.39@mail.ru](mailto:sergeev39.39@mail.ru),

<sup>3</sup> [abana47@mail.ru](mailto:abana47@mail.ru), <sup>4</sup> [goodron@yandex.ru](mailto:goodron@yandex.ru)

**Abstract.** Rolling after sowing accelerates the process of warming up the soil, which contributes to the inflow of soil moisture from the lower layers to the upper ones. It should be noted that

the compaction of the surface of light chestnut soils of Buryatia during a dry and cold spring is the most effective method in preserving soil moisture from evaporation, improving the temperature and nutritional regimes of the arable layer. Due to this, rolling helps to increase the yield of many agricultural crops. The most useful is the rolling of the soil with ring rollers, but it must be borne in mind that a large gap in time between rolling and sowing should not be allowed, otherwise the risk of wind drift strengthening of soil particles increases. Thus, the technological operation of continuous post-sowing packing generally provides loosening and compaction of the surface layer. For this, various types of agricultural rollers are used, among which star-wheeled rollers are most widely used. When choosing the parameters of the rollers, it is necessary to take into account the dimensional parameters of the soil clods, as well as the distance between the lugs and the allowable displacement of the lugs. To increase the effectiveness of the impact on the soil in depth, it is advisable to use a roller with fourth lugs compared to a roller with two lugs, which provides a relative increase in the area of impact on the soil.

**Keywords:** sowing, crop rolling, star-wheeled roller, lug design, justification of parameters

**For citation:** Radnaev D. N., Sergeev Yu. A., Abiduev A. A., Kalashnikov S. S. Vliyanie konstruktivnykh parametrov klyuchevykh dlya sploshnogo prikatyvaniya na rykhlenie i uplotnenie pochvy [Impact of the roller lug design for continuous rolling on the loosening and compaction of the soil]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2022; 16; 4: 114–121. (in Russ.). doi: 10.22450/199996837\_2022\_4\_114.

**Введение.** Послепосевное прикатывание является важной технологической операцией в процессе возделывания зерновых культур. При ее качественном выполнении повышается урожайность возделываемых культур [1, 2, 3].

Прикатывание после посева ускоряет процесс прогревания почвы, который способствует притоку почвенной влаги с нижних слоев к верхним. Следует отметить, что уплотнение поверхности легких каштановых почв Бурятии при засушливой и холодной весне является наиболее эффективным приемом в сохранении почвенной влаги от испарения, улучшении температурного и пищевого режимов пахотного слоя, и этим самым способствует повышению урожая многих сельскохозяйственных культур [4].

Наиболее полезным является прикатывание почвы кольчатыми катками, но при этом нужно иметь в виду, что нельзя допускать большого разрыва во времени между прикатыванием и посевом, иначе возрастает опасность усиления ветрового сноса почвенных частиц. Таким образом, технологическая операция сплошного послепосевного прикатывания в общем обеспечивает рыхление и уплотнение поверхностного слоя.

Для этого применяются различные типы сельскохозяйственных катков, среди которых наибольшее распространение получили кольчато-шпоровые [5, 6, 7, 8].

Однако конструктивные параметры шпоровой рабочей поверхности недостаточно увязаны с технологическими особенностями почвы, ее агрегатным составом.

**Цель работы состоит в повышении эффективности воздействия на почву по глубине кольчато-шпоровым катком.**

**Условия и методы исследований.** При рассмотрении измельчающей способности шпорового катка необходимо учитывать эллиптическую форму среднестатистического почвенного комка, которая определяется следующими параметрами:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – соответственно длина, ширина и толщина.

Для анализа характеристики работы шпор были определены объемы отпечатка в почве шпор различной конструкции после приложения к ним давления катка величиной 0,09 мегапаскаль (рис. 1). Фиксация отпечатка проводилась полиэтиленовой пленкой с заполнением его при замере водой из мерного сосуда.

Твердость почвы измерялась стандартным методом с использованием твердомера Ревякина, после чего результаты переводились в плотность при помощи построенной зависимости плотности от твердости.

Влажность почвы определялась с помощью электронного сенсорного влагомера НН-2 «Delta-T Devices», снабженного цифровым индикатором.



1 – четыре шпоры; 2 – две шпоры

**Рисунок 1 – Конструкции шпор кольчато-шпорового катка**

**Результаты исследований и их об-суждение.** Анализируя крошащую спо-собность шпорового катка, необходимо учитывать эллиптическую форму сред-нестатистического почвенного комка и эффективную зону воздействия рабочих органов на комок, составляющую около 0,50 характеризующего размера. Для та-ких условий длина шпор катка должна со-ставлять не менее:

$$l_1 = t_1/2 + 0,25a \quad (1)$$

где  $a$  – определяющий размер комка, мм;  
 $l_1$  – длина шпоры, мм;

При этом расстояние между шпора-ми должно быть не более:

$$l_2 = t_2 + 0,50a \quad (2)$$

Указанные зависимости учитывают толщину обода диска  $t_1$ , толщину шпоры  $t_2$ , а также определяющий размер комка  $a$ .

Результаты расчета возможных па-раметров шпорового катка показывают (табл. 1), что существующие параметры

серийного кольчато-шпорового катка от-личаются от расчетных.

Среднее значение по большинству почвенных условий составляет соответ-ственно для длины шпор и расстояния между ними 35,7 и 53,4 мм, что оказы-вается в 1,7–1,9 раза меньше размеров серий-ного катка.

Параметры серийного шпорового катка в большей степени соответствуют условиям работы с учетом наибольших крайних пределов размеров комков све-жевспаханной почвы. При угловом распо-ложении комка относительно рабочих эле-ментов шпоры взаимосвязь длины шпоры  $l_1$  и расстояния между шпорами  $l_2$  может быть выражена с учетом геометрических размеров комков и шпор:

$$l_2 = \sqrt{0,25a^2 - (l_1 - z)^2} + z, \quad (3)$$

$$z = \sqrt{(0,25 - a)^2 + (0,25 - b)^2} \quad (4)$$

где  $a$ ,  $b$  – определяющие размеры комка, мм;

$l_1$  – длина шпоры, мм.

**Таблица 1 – Параметры шпорового катка**

Вид катка	Длина шпоры, мм	Расстояние между шпорами, мм
Серийный каток ЗККШ-6 с четырьмя шпорами	60,0	100
Серийный каток ЗККШ-6 с двумя шпорами	60,0	100

При этом  $z$  – постоянная величина. Установленное целесообразное расстояние  $z$  между шпорами составляет 61,8 мм. Это значение величины расстояния между шпорами можно рассматривать как минимальное для самых неблагоприятных условий возможной встречи комка со шпорой.

При выборе расстояния между шпорами весьма важным является предотвращение возможности залипания и забивания их почвой. Для определения пределов, когда возможно забивание шпор почвой различной влажности, проведены экспериментальные исследования при расстоянии между шпорами 40; 50; 60 мм и длине шпор 60 мм (рис. 2).

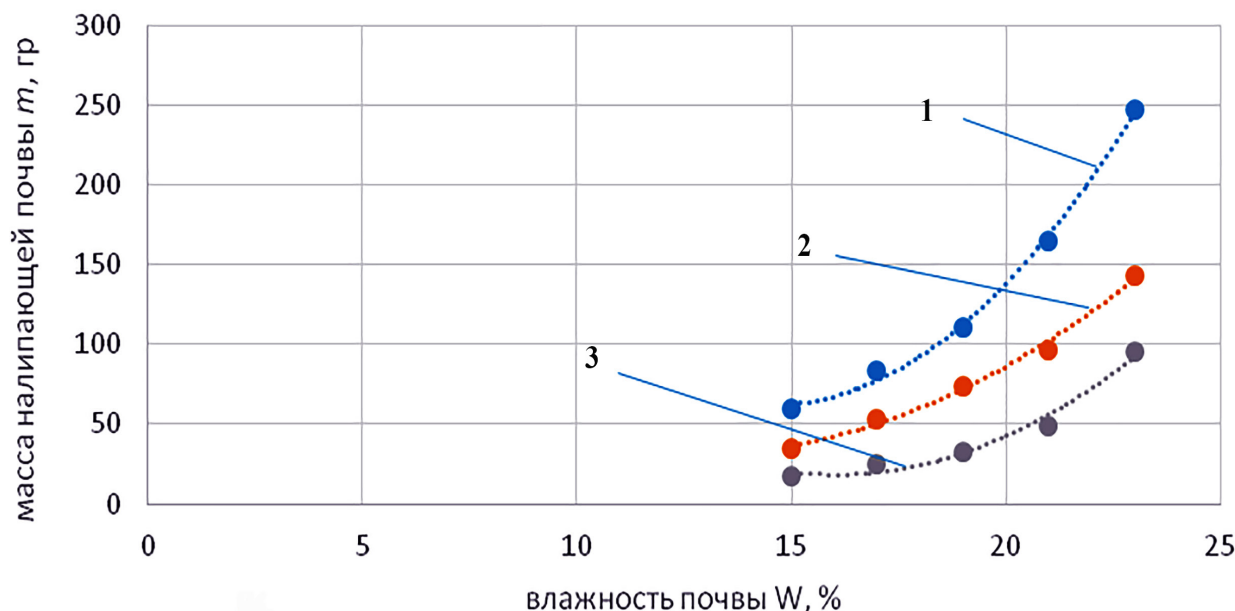
Наиболее характерно залипание проявляется при расстоянии между шпорами 40 мм. Залипание при расстоянии между шпорами 60 мм установлено только при влажности почвы 21 %. В остальных случаях при влажности почвы до 15 % отмечается незначительная разница в величине налипания почвы с изменением расстояния между шпорами. Таким образом, на каштановых почвах нормальной влажности возможно расстояние между шпорами не менее 60 мм.

Работа дисков шпорового катка не может рассматриваться изолированно. При совместной работе соседних дисков возможно создание условий для беспрепятственного прохождения через зону работы шпор комков значительных размеров. Варианты подобных положений комков могут быть различны. Одним из наименее благоприятных положений является угловое расположение комка у стенки одной из шпор. В этом случае условие эффективного разрушения комка может быть выражено через необходимое смещение шпор «е». С учетом размеров почвенных комков и конструктивных параметров катка необходимое смещение шпор составит:

$$l_2/2 + t_1 \cdot l_2 - 0,5b \tag{5}$$

где  $l_2$  – расстояние между шпорами, мм;  
 $t_1$  – толщина диска катка, мм;  
 $b$  – определяющий размер комка, мм.

С использованием полученных зависимостей было определено необходимое смещение шпор кольчато-шпорового катка с учетом среднестатистических, а также крайне возможных размеров комков каштановой почвы. Расчеты показывают (табл. 2), что при максимальных размерах



1)  $l = 40$  мм; 2)  $l = 50$  мм; 3)  $l = 60$  мм

**Рисунок 2 – Изменение массы  $m$  налипающей почвы влажностью  $W$  при различном расстоянии между шпорами  $l$**

Таблица 2 – Параметры катка для эффективного разрушения комков почвы

Характеристики почвы	Смещение шпор кольчато-шпорового катка, мм
Среднестатистические размеры комков: $a = 84,1$ мм; $b = 52,2$ мм; $c = 35,5$ мм	26,3–42,9
Крайние пределы размеров комков свежевспаханной почвы: $a = 57,5$ мм; $b = 38,1$ мм; $c = 24,4$ мм; $a = 155,5$ мм; $b = 101,7$ мм; $c = 44,0$ мм	19,0–42,3 2,6–42,3

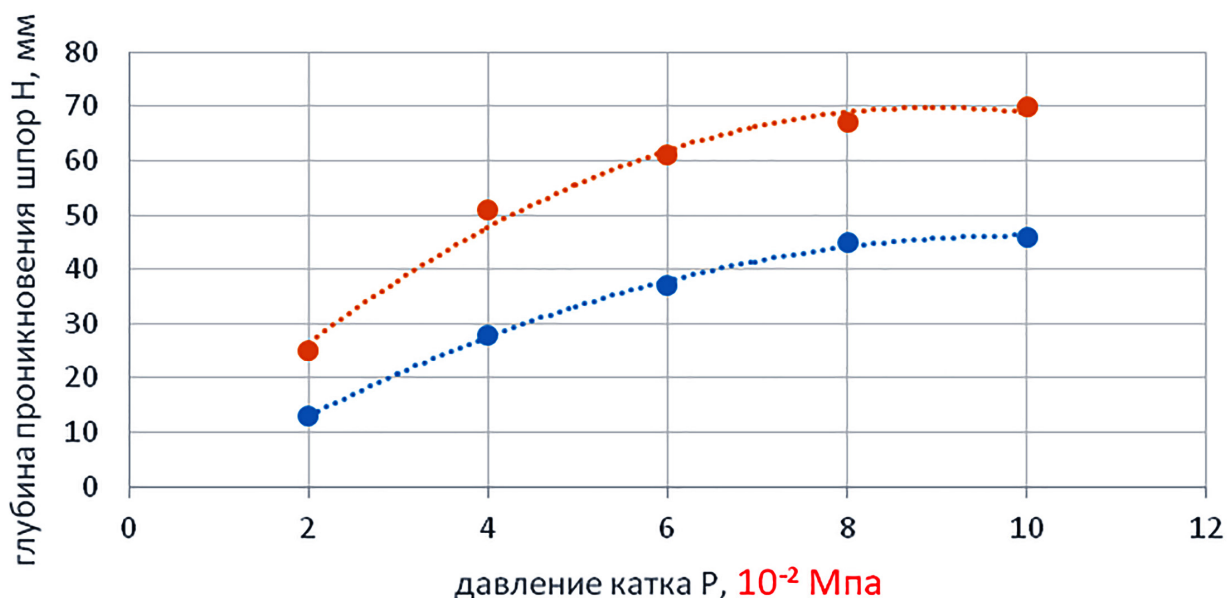
почвенных комков величина смещения шпор может быть небольшой. В средних условиях целесообразно смещение шпор на величину около 30 мм.

Качество рыхления и уплотнения почвы при сплошном прикатывании определяется эффективностью воздействия не только по площади, но и по глубине обработки. Для определения этого воздействия проведено экспериментальное сравнение шпор различной конструкции (рис. 3).

Результаты исследований показывают (табл. 3), что наибольшей энергоемкостью сопровождается процесс работы кольчато-шпорового катка с двумя шпо-

рами. Проведенное сравнение отражает технологические возможности шпор вне связи с объемом смещаемой почвы, который в решающей степени определяет энергоемкость процесса работы.

Для анализа этой характеристики работы шпор были определены объемы отпечатка в почве шпор различной конструкции после приложения к ним давления катка 0,09 мегапаскаль. При оценке использован относительный показатель, равный отношению объема отпечатка шпоры ( $V_w$ ) к глубине ее проникновения ( $h_w$ ). Оценочный показатель имеет размерность площади и в относительной мере характеризует сминаемую шпорой



красная кривая – каток с двумя шпорами; синяя кривая – каток с четырьмя шпорами

Рисунок 3 – Глубина проникновения  $H$  шпор в почву с изменением давления катка  $P$

Таблица 3 – Характеристики сминаемой почвы шпорами различной конструкции

Тип шпоры	Средняя глубина проникновения шпоры ( $h_{ш}$ ), мм (давление катка 0,09 Мпа)	Объем сминаемой почвы ( $V_{ш}$ ), см <sup>3</sup> (давление катка 0,09 Мпа)	Относительный показатель $K_{ш} = V_{ш}/h_{ш}$
Кольчато-шпоровый каток с четырьмя шпорами	0,465	0,92	1,98
Кольчато-шпоровый каток с двумя шпорами	0,705	0,69	0,98

поверхность почвы. То есть это связано с опорной поверхностью катка.

Анализ полученных данных показывает, что по относительному показателю более высокие результаты обеспечивает кольчато-шпоровый каток с четырьмя шпорами. Наибольший объем сминаемой почвы получен при внедрении именно этого катка. Наиболее глубоко проникает в почву кольчато-шпоровый каток с двумя шпорами, но объем сминаемой при этом почвы наименьший.

**Заключение.** Таким образом, при выборе параметров катков необходимо учитывать размерные параметры комков почвы.

*С учетом фактических размеров комка и тенденций забивания шпор почвой целесообразная величина расстояния между шпорами составляет не менее 60 мм. При работе целесообразно относительное смещение шпор на величину около 30 см.*

*Для повышения эффективности воздействия на почву по глубине целесообразно применение катка с четырьмя шпорами, которые обеспечивают относительное увеличение площади воздействия на почву.*

#### Список источников

1. Калинин А. Кто разрыхляет почву, должен ее и уплотнять: прикатывающие катки в составе агрегатов для основной обработки почвы выполняют важные функции // Новое сельское хозяйство. 2006. № 2. С. 84–89.
2. Коломиец Н. В., Драган Д. И. Агрономические аспекты уплотнения почв Украины // Земледелие. 1991. № 5. С. 29–31.
3. Курдюмов В. И., Зыкин Е. С. Классификация почвообрабатывающих катков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2004. № 11. С. 90–93.
4. Система земледелия Республики Бурятия : научно-практические рекомендации / под ред. А. П. Батудаева. Улан-Удэ : Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2018. 349 с.
5. Оптимизация параметров и режимов работы почвообрабатывающего катка / В. И. Курдюмов, И. А. Шаронов, Е. Н. Прошкин [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 2. С. 5–7.
6. Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Прошкин В. Е. Экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 2 (26). С. 141–145.
7. Олексенко Ю. Ф. Прикатывание почвы повышает урожай // Земледелие. 1991. № 6. С. 59–60.

8. Сафонов В. В., Голубев В. В. Исследование деформации почвы под действием трубчатого катка // Вестник Московского государственного агроинженерного университета. 2006. Вып. 5. С. 85–86.

### References

1. Kalinin A. Kto razrykhlyayet pochvu, dolzhen ee i uplotnyat': prikatyvayushchie katki v sostave agregatov dlya osnovnoi obrabotki pochvy vypolnyayut vazhnye funktsii [Who loosens the soil must also compact it: rollers as part of the aggregates for the main tillage perform important functions]. *Novoe sel'skoe khozyaistvo*. – *New Agriculture*, 2006; 2: 84–89 (in Russ.).

2. Kolomiets N. V., Dragan D. I. Agronomicheskie aspekty uplotneniya pochv Ukrainy [Agronomic aspects of soil compaction in Ukraine]. *Zemledelie*. – *Agriculture*, 1991; 5: 29–31 (in Russ.).

3. Kurdyumov V. I., Zykin E. S. Klassifikatsiya pochvoobrabatyvayushchikh katkov [Classification of tillage rollers]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoj sel'skokozyajstvennoj akademii*. – *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2004; 11: 90–93 (in Russ.).

4. Batudaev A. P. (Eds.). *Sistema zemledeliya Respubliki Buryatiya: nauchno-prakticheskie rekomendatsii* [The system of agriculture of the Republic of Buryatia: scientific and practical recommendations], Ulan-Ude, Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skokozyajstvennaya akademiya imeni V. R. Filippova, 2018, 349 p. (in Russ.).

5. Kurdyumov V. I., Sharonov I. A., Proshkin E. N., Zykin E. S., Proshkin V. E. Optimizatsiya parametrov i rezhimov raboty pochvoobrabatyvayushchego katka [Optimization of parameters and modes of operation of a soil-cultivating roller]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva*. – *Mechanization and electrification of agriculture*, 2015; 2: 5–7 (in Russ.).

6. Kurdyumov V. I., Sharonov I. A., Proshkin V. E. Eksperimental'nye issledovaniya pochvoobrabatyvayushchego katka [Experimental studies of a soil-cultivating roller]. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyajstvennoi akademii*. – *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2014; 2: 141–145 (in Russ.).

7. Oleksenko Yu. F. Prikatывание почвы povыshaet urozhai [Rolling the soil increases the yield]. *Zemledelie*. – *Agriculture*, 1991; 6: 59–60 (in Russ.).

8. Safonov V. V., Golubev V. V. Issledovanie deformatsii pochvy pod deistviem trubchatogo katka [Study of soil deformation under the action of a tube roller]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenerenogo universiteta*. – *Herald of Moscow State Agricultural Engineering University*, 2006; 5: 85–86 (in Russ.).

© Раднаев Д. Н., Сергеев Ю. А., Абидуев А. А., Калашников С. С., 2022

Статья поступила в редакцию 28.10.2022; одобрена после рецензирования 25.11.2022; принята к публикации 02.12.2022.

The article was submitted 28.10.2022; approved after reviewing 25.11.2022; accepted for publication 02.12.2022.

**Информация об авторах**

**Раднаев Даба Нимаевич**, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru);

**Сергеев Юрий Антонович**, доктор технических наук, профессор, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, [sergeev39.39@mail.ru](mailto:sergeev39.39@mail.ru);

**Абидуев Андрей Александрович**, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, [abana47@mail.ru](mailto:abana47@mail.ru);

**Калашников Сергей Сергеевич**, кандидат технических наук, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, [goodron@yandex.ru](mailto:goodron@yandex.ru)

**Information about authors**

**Daba N. Radnaev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru);

**Yurii A. Sergeev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, [sergeev39.39@mail.ru](mailto:sergeev39.39@mail.ru);

**Andrei A. Abiduev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, [abana47@mail.ru](mailto:abana47@mail.ru);

**Sergei S. Kalashnikov**, Candidate of Technical Sciences, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, [goodron@yandex.ru](mailto:goodron@yandex.ru)