

УДК 631.354:33

DOI: 10.17816/0321-4443-100849

Оригинальное исследование



Очес растений на корню с предварительной сепарацией свободного зерна

В.Н. Ожерельев¹, В.В. Никитин¹, Н.В. Синяя¹, М.Е. Чаплыгин², Т.О. Федина³

¹ Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия;

² Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия;

³ Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

Предметом исследования является процесс предварительной сепарации свободного зерна из очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры зерноуборочного комбайна.

Цель исследований — оценка эффективности сепарации очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры зерноуборочного комбайна в полевых условиях и сопоставление степени дробления свободного зерна в зависимости от его подачи в молотильное устройство или непосредственно на систему очистки.

Материалы и методы. Все исследования проводились на озимой пшенице сорта «Московская 56» урожайностью 30 ц/га. Высота растений варьировалась в пределах 0,6–0,9 м при спелости зерна не менее 98% и влажности 14%. Серийная очесывающая жатка ЖО-5 «ОЗОН» производства ПАО «Пензмаш» агрегатировалась зерноуборочным комбайном «Нива-Эффект» с постоянной скоростью движения 8 км/ч и частотой вращения очесывающего барабана 485 мин⁻¹. Полевые эксперименты были разбиты на два этапа. Первая серия экспериментов была посвящена оценке эффективности предварительной сепарации очесанного зернового вороха на решетчатом днище экспериментальной наклонной камеры. Во второй серии эксперимента уборку зерна проводили серийной наклонной камерой без его предварительной сепарации.

Результаты и их обсуждение. По результатам первой серии исследований установлено, что проход свободного зерна сквозь отверстия решетчатого днища наклонной камеры составляет 91,6%. При этом дробление зерна в наклонной камере не превышало 0,5%, а в бункере — 1,75%. При работе комбайна с серийной наклонной камерой без предварительной сепарации очесанного зернового вороха дробление бункерного зерна находилось в пределах 5,25%.

Заключение. Практическая реализация такого технического решения позволяет уменьшить дробление бункерного зерна рабочими органами молотилки в 3 раза.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн; очес; наклонная камера; решетчатое днище; предварительная сепарация очесанного зернового вороха

Для цитирования:

Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Синяя Н.В., Чаплыгин М.Е., Федина Т.О. Очес растений на корню с предварительной сепарацией свободного зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 1. С. 73–79. DOI: 10.17816/0321-4443-100849

DOI: 10.17816/0321-4443-100849

Original study

Combing the standing crops with preliminary separation of loose grains

Victor N. Ozhereliev¹, Victor V. Nikitin¹, Natalia V. Sinyaya¹,
Michael Y. Chaplygin², Tatyana O. Fedina³

¹ Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;

² Federal Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia;

³ Penza State Agrarian University, Penza, Russia

SUBJECT OF THE STUDY: Is the process of preliminary separation of loose grains from combed grain heap on the slatted bottom of the feed elevator of a combine harvester.

AIMS: Is an efficiency evaluation of the combed grain heap separation on the slatted bottom of the inclined chamber of a combine harvester in the field and to compare the degree of crushing of free grain depending on its supply to the threshing device or directly to the cleaning system.

METHODS: All studies were carried out on winter wheat of the Moskovskaya 56 variety with a yield of 30 c/ha. Plant height varied within 0,6–0,9 m with a grain ripeness of at least 98% and a moisture content of 14%. The serial grain header ZHO-5 «OZON» manufactured by PJSC «Penzmash» was aggregated by the Niva-Effect combine harvester with a constant speed of 8 km/h and a stripping cylinder speed of 485 min⁻¹. The field experiments were divided into two stages. The first series of experiments was devoted to evaluating the efficiency of preliminary separation of combed grain heap on the slatted bottom of the experimental feed elevator. During the second series of the experiment, grain was harvested with a serial feed elevator without its preliminary separation.

RESULTS: According to the results of the first series of studies, it was found that the passage of loose grain through the holes of the slatted bottom of the inclined chamber is 91,6%. At the same time, grain crushing in the feed elevator did not exceed 0,5%, and in the bunker – 1,75%. During the operation of the combine with a serial feed elevator without preliminary separation of the combed grain heap, the crushing of the bunker grain was within 5,25%.

CONCLUSION: The practical implementation of such a technical solution makes it possible to 3 times the grain crushing in a bunker by the working bodies of the threshing machine.

Keywords: combine harvester; combing; feed elevator; slatted bottom; preliminary separation of combed grain heap

Cite as:

Ozhereliev VN, Nikitin VV, Sinyaya NV, Chaplygin ME, Fedina TO. Combing the standing crops with preliminary separation of loose grains. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2022;89(1):73–79. DOI: 10.17816/0321-4443-100849

Received: 16.02.2022

Accepted: 01.03.2022

Published: 15.03.2022

ВВЕДЕНИЕ

Очес растений на корню является одним из наиболее перспективных направлений совершенствования технологического процесса уборки зерновых и зернобобовых культур [1]. Это обусловлено тем, что при такой технологии в 1,5–2 раза уменьшается поступление хлебной массы в комбайн, что приводит к экономии до 70% энергии, которую современная уборочная машина тратит на деформацию соломы в молотилке. Вследствие этого, производительность комбайна повышается в 1,7–2 раза, а расход топлива снижается на 20–25% [2]. В результате себестоимость зерна уменьшается на 25–30% [3]. Однако резервы совершенствования указанного способа уборки на этом не исчерпаны. Это обусловлено тем, что хлебная масса, полученная в результате очеса, содержит до 80% свободного зерна [4]. Поступление его в молотильную камеру затрудняет процесс дальнейшего обмолота оставшейся колосовой части урожая, а также снижает пропускную способность молотильного устройства. Кроме того, наблюдается повышенное дробление свободного зерна (порядка 5%) рабочими органами молотилки [5], что снижает его всхожесть и стойкость при хранении.

Радикальным решением указанных проблем является выделение из очесанного вороха свободного зерна до его поступления в молотилку. В частности, это может быть реализовано, если днище наклонной камеры выполнить перфорированным, а под ним смонтировать устройство, осуществляющее подачу прошедшего сквозь отверстия свободного зерна и половы непосредственно на систему очистки комбайна. Результаты лабораторных исследований подтвердили принципиальную возможность осуществления указанного процесса. Более того, были определены оптимальные размеры отверстий решетчатого днища и его длина, обеспечивающие максимальный проход свободного зерна [6, 7]. Таким образом, были созданы предпосылки для модернизации серийного зерноуборочного комбайна и проведения на его базе натурного полевого эксперимента, призванного достоверно подтвердить состоятельность выдвинутой ранее теоретической гипотезы.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью исследования является оценка эффективности сепарации очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры зерноуборочного комбайна в полевых условиях и сопоставление степени дробления свободного зерна в зависимости от его подачи в молотильное устройство или непосредственно на систему очистки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опираясь на результаты лабораторных экспериментов [8, 9], мы внесли соответствующие изменения в конструкцию наклонной камеры зерноуборочного комбайна (рис. 1). Экспериментальное оборудование было изготовлено на заводе ПАО «Пензмаш» (г. Пенза). Его отличительной особенностью является решетчатое днище (3) и устройство (4) для подачи свободного зерна на транспортную доску (6) комбайна. Сепарация очесанного зернового вороха происходит на восьми поперечных рядах отверстий размером 8×160 мм, сориентированных длинной стороной по направлению движения скребков плавающего транспортера (2). Суммарная площадь «живого сечения» решетчатого днища (3) составляет 60% от исходной поверхности.

Технологический процесс предварительной сепарации очесанного зернового вороха происходит

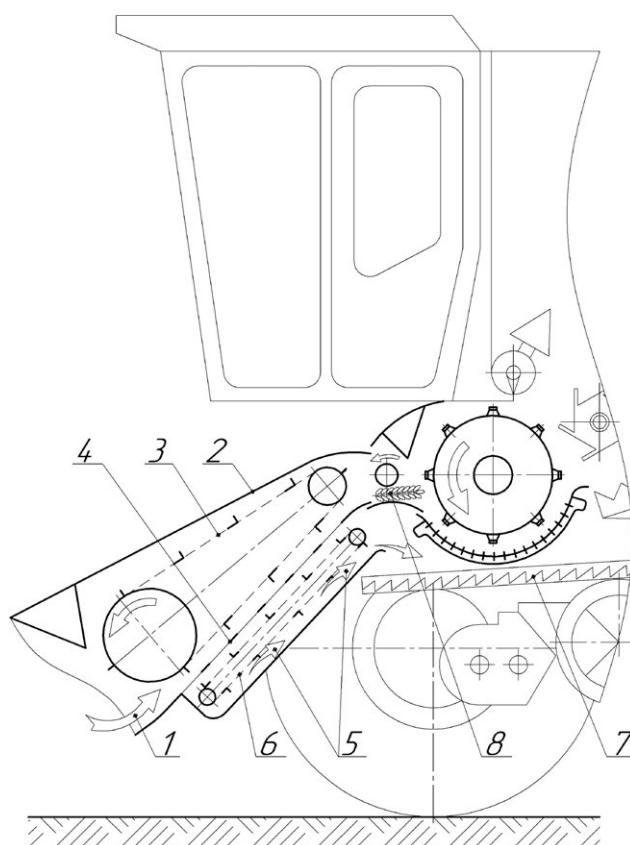


Рис. 1. Общий вид зерноуборочного комбайна с модернизированной наклонной камерой: 1 – очесанный зерновой ворох; 2 – наклонная камера; 3 – плавающий транспортер; 4 – решетчатое днище; 5 – свободное зерно; 6 – устройство для отвода свободного зерна; 7 – транспортная доска; 8 – оставшаяся часть первичного вороха.

Fig. 1. General view of a combine harvester with an upgraded feed elevator: 1 – combed grain heap; 2 – feed elevator; 3 – floating conveyor; 4 – slatted bottom; 5 – loose grain; 6 – device for removing the loose grain; 7 – transport board; 8 – the rest of the primary heap.

следующим образом. Очесанный зерновой ворох (1), состоящий из свободного зерна, мелких примесей и недомолоченных колосьев с частью стеблей, поступает в нижнюю часть наклонной камеры (2) (рис. 1).

Скребки плавающего транспортера (3) увлекают за собой ворох (1) и перемещают его вверх вдоль решетчатого днища (4), где и происходит его предварительная сепарация. Свободное зерно (5) и часть мелких примесей проходят сквозь отверстия решетчатого днища (4) и поступают на устройство для отвода свободного зерна (6). Далее свободное зерно (5) и мелкие примеси подаются на транспортную доску (7), а оставшаяся часть первичного вороха (8) (солома и частично недомолоченные колоски) подается в молотильную камеру на домолот. При этом свободное зерно, прошедшее сквозь отверстия решетчатого днища целесообразно подавать на транспортную доску посредством скребкового транспортера. Это обусловлено тем, что он меньше травмирует свободные зерна в отличие от шнеков, величина дробления которыми составляет порядка 2,6% [10].

Все исследования проводились на озимой пшенице сорта «Московская 56» урожайностью 30 ц/га. Высота

растений варьировалась в пределах 0,6–0,9 м при спелости зерна не менее 98% и влажности 14%. Серийная очесывающая жатка ЖО-5 «ОЗОН» производства ПАО «Пензмаш» агрегатировалась с зерноуборочным комбайном «Нива-Эффект» (рис. 2,а), перемещавшимся по учетной делянке с постоянной скоростью 8 км/ч при частоте вращения очесывающего барабана равной 485 мин⁻¹.

Полевые эксперименты были разбиты на два этапа. Первая серия экспериментов была посвящена оценке эффективности предварительной сепарации очесанного зернового вороха на решетчатом днище (рис. 2,б) экспериментальной наклонной камеры. Во второй серии экспериментов уборку зерна осуществляли без предварительной сепарации очесанного вороха в наклонной камере. Для этого решетчатое днище закрывали специальным щитком. То есть была имитирована работа комбайна с серийной наклонной камерой без предварительной сепарации очесанного зернового вороха.

В первом варианте опытов устройство для подачи свободного зерна на очистку комбайна было демонтировано, а на его месте закреплен мягкий контейнер



Рис. 2. Материалы и методика проведения полевых исследований: а) общий вид зерноуборочного комбайна; б) решетчатое днище наклонной камеры; в) мягкий контейнер; д) мягкий контейнер с очесанным зерновым ворохом; е) бункерное зерно; ф) определение потерь за комбайном; г) определение полеглости растений.

Fig. 2. Materials and methods of field research: а) general view of the combine harvester; б) the slatted bottom of the feed elevator; в) a soft container; д) a soft container with a combed grain heap; е) bunker grain; ф) determination of losses behind the combine; г) determination of plant flatness.

большой емкости для сбора очесанного зернового вороха, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища наклонной камеры (рис. 2,с). Вследствие этого содержащиеся в очесанном ворохе недомолоченные колосья, а также солома и часть свободных зерен должны были поступать в молотилку, тогда как большая часть свободного зерна и часть половы, проходя сквозь отверстия решетчатого днища, накапливались в расположенном под ним мягком контейнере. В результате появилась возможность отдельно фиксировать выделенное на решетчатом днище свободное зерно (рис. 2,d), не попадающее под воздействие бичей молотильного барабана (поступившее в контейнер) и вымолоченное традиционным способом зерно из-под барабана, которое накапливалось в бункере комбайна (рис. 2,e).

Полевые испытания проводили в 2021 году в Выгоничском районе Брянской области на учебно-опытном поле ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ». После очеса зерноуборочным комбайном учетной делянки длиной 50 метров проводилась его полная остановка. Затем определяли массу зерна, поступившего в бункер и вороха, накопленного в контейнере, с последующим изучением его фракционного состава. Кроме того, оценивали долю дробленого зерна в бункере (травмированного рабочими органами молотилки) и в ворохе, прошедшем сквозь отверстия решетчатого днища (накопленном в мягком контейнере). Каждый вариант опыта проведен в трехкратной повторности. Таким образом, всего были учтены и обработаны результаты шести экспериментов.

Полеглость растений (рис. 2,g), а также суммарные потери урожая за комбайном (рис. 2,f) определяли по ГОСТ 28301-15.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные были обработаны в программе *Excel*. По результатам первой серии экспериментов установлено, что проход свободного зерна сквозь отверстия решетчатого днища составляет 91,6%. Отсутствие стопроцентного результата обусловлено закрытостью контейнера нарушавшей отвод половой вследствие блокирования воздушного потока. При этом доля дробленого зерна в ворохе, накопленном в мягком контейнере (прошедшем сквозь отверстия в решетчатом днище), не превышала 0,5%, тогда как в бункере она увеличилась до 1,75%. Состав очесанного зернового вороха, прошедшего сквозь отверстия решетчатого днища и накопленного в контейнере, был следующим: свободное зерно — 76%, солома — 23,3%, необмолоченные колосья — 0,2% и солома — 0,5%.

При работе комбайна без предварительной сепарации очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры дробление бункерного зерна

превышало агротехнические требования [11] и находилось в пределах 5,25%. Суммарные потери за комбайном во всех вариантах опытов не превышали 2% при полеглости растений 11,21%.

Исследования проводились в рамках подготовки к передаче экспериментального оборудования на государственные испытания машиноиспытательной станции в соответствии с рекомендацией научно-технического совета МСХ РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты полевых экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

1. Эффективная сепарация свободного зерна из очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры зерноуборочного комбайна возможна.
2. Практическая реализация такого технического решения позволяет уменьшить дробление бункерного зерна рабочими органами молотилки в 3 раза.
3. Улучшить сепарацию свободного зерна возможно за счет более полного отделения легких примесей из очесанного зернового вороха непосредственно в корпусе очесывающего адаптера путем снабжения его задней стенки пластинчатым сепаратором инерционного типа [12].
4. Целесообразно продолжить работу по совершенствованию конструкции и провести более широкие полевые испытания модернизированного комбайна.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. *Никитин В.В.* — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; *Чаплыгин М.Е., Федина Т.О.* — редактирование текста рукописи; *Синяя Н.В.* — редактирование текста рукописи, создание изображений; *Ожерельев В.Н.* — экспертная оценка, утверждение финальной версии. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. *V.V. Nikitin* contributed to analysis of research topic publications, wrote the manuscript. *M.E. Chaplygin, T.O. Fedina* edited the manuscript.

N.V. Sinyaya editing the text of the manuscript, creating images. V.N. Ozhereliev contributed to data evaluation, approved the final version of the manuscript. All authors certify that they meet the ICMJE international criteria for authorship.

Competing interests. The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

Funding source. Authors state that this research was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алдошин Н.В., Лылин Н.А., Мосяков М.А. Уборка зернобобовых культур методом очеса // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 1. С. 67–73.
2. Жалнин Э.В. Технические инновации в сельскохозяйственном производстве и ресурсосберегающий эффект // АгроСнаб-Форум. 2017. № 3. С. 14.
3. Жалнин Э.В. Уборка с очесом на корню: за и против // Сельский механизатор. 2013. № 8. С. 10–12.
4. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Алакин В.М., Становов С.Н. Исследование параметров очесанного зернового вороха // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 1. С. 7–9.
5. Шабанов Н.П. Разработка и обоснование устройства для сепарации очесанного зернового вороха в наклонной камере зерноуборочного комбайна: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Симферополь, 1997. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30254835>. Дата обращения: 07.04.2022.
6. Ozherelyev V.N., Nikitin V.V., Belous N.M., Torikov V.E. Perspectives of grain pile separation before it enters the thresher // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7, N 2.13 Special Issue 13. P. 114–116.
7. Никитин В.В. Определение оптимальной длины днища наклонной камеры зерноуборочного комбайна при очесе // Сельский механизатор. 2018. № 5. С. 8–9.
8. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Предварительная сепарация очесанного зернового вороха в наклонной камере // Агропромышленный комплекс на рубеже веков; Ноябрь 26–27, 2015; Воронеж. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26327890>. Дата обращения: 07.04.2022.
9. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Комогорцев В.Ф. Наклонная камера зерноуборочного комбайна // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 65–70.
10. Ахматов А.А., Оробинский В.И., Солнцев В.Н. Травмирование зерна шнековым питающим устройством // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4. С. 98–101.
11. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. Москва: КолосС, 2003.
12. Патент РФ на изобретение № 2566017/ 20.10.2015. Бюл. № 29. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Устройство для обмола растений на корню. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37457711>. Дата обращения: 07.04.2022.

REFERENCES

1. Aldoshin NV, Lylin NA, Mosyakov MA. Legumes harvesting with combing (stripping) method. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2017;(1):67–73. (In Russ.).
2. Zhalnin EV. Tekhnicheskie innovatsii v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve i resursosberegayushchii effect. *AgroSnabForum*. 2017;(3):14. (In Russ.).
3. Zhalnin EV. Cleaning with feathering on the vine: pros and cons. *Sel'skii mekhanizator*. 2013;(8):10–12. (In Russ.).
4. Ozherel'ev VN, Nikitin VV, Alakin VM, Stanovov SN. Issledovanie parametrov ochesannogo zernovogo vorokha. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve*. 2013;(1):7–9. (In Russ.).
5. Shabanov NP. *Razrabotka i obosnovanie ustroistva dlya separatsii ochesannogo zernovogo vorokha v naklonnoi kamere zernouborochnogo kombaina* [avtoref. dissertation]. Simferopol; 1997. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26327890>. (In Russ.).
6. Ozherelyev VN, Nikitin VV, Belous NM, Torikov VE. Perspectives of grain pile separation before it enters the thresher. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018;7(2.13 Special Issue 13):114–116.
7. Nikitin VV. Determination of the optimum bottom length of the inclined chamber of a combine harvester at the point of collision. *Sel'skii mekhanizator*. 2018;(5):8–9. (In Russ.).
8. Ozherelyev VN, Nikitin VV. Predvaritel'naya separatsiya ochesannogo zernovogo vorokha v naklonnoi kamere. Proceedings of the Russian science conference «Agropromyshlenniy kompleks na rubezhe vekov»; 2015 Nov 26–27; Voronezh. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26327890>. (In Russ.).
9. Ozherelyev VN, Nikitin VV, Komogortsev VF. Inclined chamber of the combine harvester. *Vestnik bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2016;(3):65–70. (In Russ.).
10. Akhmatov AA, Orobinsky VI, Solntsev VN. Grain damage by force-fed auger. *Vestnik of voronezh state agrarian university*. 2015;(4):98–101. (In Russ.).
11. Khalanskii VM, Gorbachev IV. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny*. Moscow: KolosS, 2003. (In Russ.).
12. Patent RUS №2566017/ 20.10.2015. Byul. №29. Ozherel'ev VN, Nikitin VV. *Device for standing plants threshing*. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37457711>. (In Russ.).

ОБ АВТОРАХ

***Ожерельев Виктор Николаевич**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
адрес: Россия, 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н,
с. Кокино, ул. Советская, 2а
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2121-3481>
eLibrary SPIN: 3423-0991
E-mail: vicoz@bk.ru

Никитин Виктор Васильевич

доктор технических наук, доцент
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1393-2731>
eLibrary SPIN: 5246-6938
E-mail: viktor.nike@yandex.ru

Синяя Наталия Викторовна

кандидат технических наук, доцент
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1794-1347>
eLibrary SPIN: 9225-4347
E-mail: sinzea@yandex.ru

Чаплыгин Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>
eLibrary SPIN: 2268-6927
E-mail: vim@vim.ru

Федина Татьяна Олеговна

аспирант
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8667-1961>
eLibrary SPIN: 6810-0739
E-mail: penz_gau@yandex.ru

***Автор для переписки**

AUTHORS INFO

***Victor N. Ozhereliev**

DSc in Agriculture, Professor
address: Sovetskaya street, 2a, Kokino, Vygonichsky District
of Bryansk Oblast, 243365, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2121-3481>
eLibrary SPIN: 3423-0991
E-mail: vicoz@bk.ru

Victor V. Nikitin

DSc in Engineering, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1393-2731>
eLibrary SPIN: 5246-6938
E-mail: viktor.nike@yandex.ru

Natalia V. Sinyaya

candidate in Engineering, Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1794-1347>
eLibrary SPIN: 9225-4347
E-mail: sinzea@yandex.ru

Michael Y. Chaplygin

candidate in Engineering, Senior Researcher
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>
eLibrary SPIN: 2268-6927
E-mail: vim@vim.ru

Tatyana O. Fedina

graduate student, Junior Researcher
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8667-1961>
eLibrary SPIN: 6810-0739
E-mail: penz_gau@yandex.ru

***Corresponding author**