

Научная статья

УДК 631.354

doi:10.35694/YARCX.2025.72.4.018

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР

**Виктор Иванович Пахомов¹, Дмитрий Владимирович Рудой²,
Татьяна Александровна Мальцева³**

^{1, 2, 3}Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону, Россия

¹v.i.pakhomov@mail.ru, ORCID 0000-0002-8715-0655

²rudoy.d@gs.donstu.ru, ORCID 0000-0002-1916-8570

³tamaltseva.donstu@gmail.com, ORCID 0000-0002-3973-6846

Реферат. Уборка зерна – критически важный и технологически сложный этап в сельском хозяйстве, напрямую влияющий на объём и качество конечной продукции. Постоянное усовершенствование зерноуборочных машин является необходимым, но капиталоемким процессом. Ключевым инструментом для снижения затрат и рисков при создании новых и модернизации существующих комбайнов выступает использование специализированных прототипов – лабораторных и лабораторно-полевых машин, устройств и агрегатов. Представлен систематизированный обзор разработанных установок такого класса, применяемых для фундаментальных и прикладных исследований процессов уборки. Основное внимание уделяется оптимизации с целью снижения биологических и технологических потерь зерна, минимизации его травмирования и уменьшения энергоёмкости операций. Рассмотрены экспериментальные комплексы предназначены для изучения двух основных технологий: классического прямого среза и очёса. Проанализированы ключевые конструктивные и технологические аспекты, исследуемые для улучшения этапов уборки, обмолота и последующей очистки зернового вороха. Также проведено исследование потенциала аддитивных технологий (3D-печати) в сельскохозяйственном машиностроении. Их преимущества и ограничения детально рассмотрены в трёх взаимосвязанных аспектах: проектирование и конструирование (изготовление деталей по индивидуальным требованиям, быстрое прототипирование), производство и эксплуатация (сложность серийного выпуска, ремонтпригодность), а также экономическая эффективность и материалоемкость. Использование прототипов для тестирования новых конструктивных решений и модернизации существующей техники будет способствовать развитию сельского хозяйства и значительно ускорит инновационный цикл.

Ключевые слова: уборка зерна, лабораторно-полевая установка, аддитивная технология, очёс, зерноуборочная машина, потери зерна, травмирование зерна

DESIGN REVIEW OF LABORATORY INSTALLATIONS FOR THE STUDY OF THE HARVESTING PROCESS OF SPIKED CEREALS

Viktor I. Pakhomov¹, Dmitriy V. Rudoy², Tatyana A. Maltseva³

^{1, 2, 3}Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

¹v.i.pakhomov@mail.ru, ORCID 0000-0002-8715-0655

²rudoy.d@gs.donstu.ru, ORCID 0000-0002-1916-8570

³tamaltseva.donstu@gmail.com, ORCID 0000-0002-3973-6846

Abstract. Grain harvesting is a critically important and technologically complex stage in agriculture, directly affecting the volume and quality of final products. Continuous improvement of grain harvesters is a necessary but capital-intensive process. The key tool to reduce costs and risks when creating new and modernizing existing combines is the use of specialized prototypes – laboratory and laboratory-field machines, devices and units. A systematic review of developed installations of this class used for fundamental and applied research of cleaning processes was presented. The focus is on optimization in order to reduce biological and technological losses of grain, minimize its injury and reduce the energy intensity of operations. The considered experimental complexes were designed to study two main technologies: classical straight cut and combing. The key design and technological aspects under study for improving the stages of harvesting, threshing and subsequent cleaning of grain heap were analyzed. The research on the potential of additive technologies (3D printing) in agricultural engineering was also conducted. Their advantages and limitations were considered in detail in three interrelated aspects: design and construction (production of parts according to individual requirements, rapid prototyping), production and operation (complexity of serial production, maintainability), as well as economic efficiency and material consumption. The use of prototypes to test new design solutions and modernize existing equipment will contribute to the development of agriculture and significantly accelerate the innovation cycle.

Keywords: grain harvesting, laboratory and field installation, additive technology, combing, grain harvester, grain loss, grain injury

Финансирование: работа проведена в рамках выполнения проекта «Разработка новой технологии дифференцированной уборки зерновых колосовых культур» (FZNE-2024-0014).

Введение. Уборка зерна всегда считалась одним из трудоёмких и энергозатратных процессов возделывания сельскохозяйственных культур. Исследование процесса уборки в целом, анализ отдельных рабочих органов зерноуборочных машин и характеристик их работы всегда усложнялось громоздкостью оборудования, ограничениями в варьировании параметров работы зерноуборочных машин и контроле качества получаемого зернового материала. Для получения достоверных сведений об изучаемом процессе повсеместно используется прототипирование. В области машиностроения разрабатывают лабораторные и лабораторно-полевые установки, повторяющие необходимые для исследования процессы в заданной конструкции, но в уменьшенном масштабе. Лабораторные и лабораторно-полевые установки позволяют более детально изучить работу отдельных процессов зерноуборочных машин и получить значимые достоверные результаты, направленные на оптимизацию их работы. Кроме того, лабораторные и лабораторно-полевые установки могут быть использованы в учебном процессе средних и высших учебных заведений для проведения практических занятий и приобретения у обучающихся профессиональных знаний, навыков и компетенций. С развитием цифровых технологий, помимо создания натуральных прототипов сельскохозяйственной техники традиционным способом производства (литьё под давлением, токарная обработка и прочее) [1], используют аддитивные технологии, позволяющие в кратчайшие сроки и при минимальных издержках проверить конструкции тех или иных машин [2]. Обзор разработанных лабораторных и лабораторно-полевых установок, предназначенных для исследования процессов уборки сельскохозяйственных культур и их усовершенствования с помощью традиционных и аддитивных технологий, позволит обобщить конструкторские и технологические разработки советских и российских учёных и наметить пути дальнейших исследований.

Цель исследования – проведение системного анализа и оценки эволюции конструкторско-технологических решений, воплощённых в лабораторных и лабораторно-полевых установках советского и российского периода, предназначенных для моделирования и изучения процессов уборки сельскохозяйственных культур, с последующей идентификацией актуальных научно-технических заделов и формированием перспективных направлений для их развития.

Материалы и методы исследований. Для подготовки данного обзорного исследования был проведён систематический поиск литературы в базах данных Elibragy, КиберЛенинка, Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС), Scopus и Web of Science за период с 1958 по 2025 гг. Использовались ключевые слова и их комбинации: «лабораторная установка»,

«полевая установка», «очёс», «полевые исследования», «уборка зерна», «уборка зерновых колосовых культур», «уборка сельскохозяйственных культур». Дополнительно был осуществлён просмотр списков литературы найденных статей («снежный ком»).

Критериям включения соответствовали оригинальные исследования на русском и английском языках, посвящённые изучению процесса уборки сельскохозяйственных культур с помощью механизированных средств, в которых оценивались травмируемость зерна, эффективность обмолота, снижение биологических и механических потерь зерна. Из анализа исключались тезисы конференций и публикации, не прошедшие рецензирование.

Процесс отбора статей осуществлялся двумя независимыми исследователями в соответствии с рекомендациями PRISMA и включал удаление дубликатов, скрининг по заголовкам и аннотациям, оценку полных текстов. Все разногласия разрешались путём консенсуса с привлечением третьего автора. В итоговый анализ вошли 15 публикаций. Из каждой работы извлекались данные об авторах, годе, дизайне исследования, выборке, методах и ключевых выводах. Качественный синтез данных был направлен на выявление общих тенденций, противоречий и перспективных направлений в изучаемой области.

Результаты и обсуждение.

Установки для исследования процессов уборки зерна. В 1959 г. учёным А. Д. Левкиным [3] разработана самоходная полевая лаборатория для проведения научно-исследовательских работ зерноуборочных комбайнов. В частности, для исследования качества обмолоченного зерна, количества отходов и недомолота, прочностных и энергетических параметров зерноуборочных комбайнов и прочее. Данная лаборатория была создана в период активного развития сельхозмашиностроения, а именно в период между созданием самоходного советского зерноуборочного комбайна СК-3 и СК-4, и способствовала быстрому получению достоверных результатов для дальнейшего внедрения в производственный процесс.

Позже, в 1982 году Ю. Н. Жуковым [4] разработана установка для обмолота растений на корню с пневмотранспортирующим каналом, позволяющая снизить травмирование зерна, долю потерь зерна от самоосыпания (биологические потери) и эксплуатационные расходы на отделение зерна от колоса (обмолот). Установка предназначена для легкоосыпающихся зерновых культур. В пневмотранспортирующем канале образуются воздушные потоки со скоростью, достаточной для отрыва и транспортирования зерна. Конструкция канала позволяет разрядить воздух, в результате чего обеспечивается более эффективное всасывание зёрен. При создании конструкции приняты во внимание

Таблица 1 – Достоинства и недостатки применения аддитивных технологий в машиностроении

Аспект	Достоинства	Недостатки
Конструкция и проектирование	– возможность изготовления деталей любой сложности; – интеграция функций создаваемого объекта; – топологическая оптимизация	– анизотропия свойств: прочность зависит от направления печати (особенно у полимеров FDM)
Производство и эксплуатация	– быстрое прототипирование; – изготовление деталей под индивидуальные требования; – снижение массы изделия за счёт применения более лёгких деталей	– невысокая скорость массового производства; – низкая степень долговечности
Экономическая эффективность и использование материалов	– сокращение отходов материала; – отсутствие оснастки	– высокая стоимость оборудования, материалов; – высокая оплата труда квалифицированным специалистам

собственные резонансные частоты зерна в стебле. Такая установка может быть полезна для уборки зерна при перестое на корню в результате несвоевременной уборки в агротехнологические сроки – 10–12 дней. Однако данная установка не может быть использована при уборке зерна, имеющего сильную связь с колосом, например, у труднообмолачиваемых культур (ячмень, рис, овёс, лён, твёрдая пшеница) [5; 6] или зерна пшеницы ранних фаз спелости [7].

В этот же период учёными Ю. В. Петренко, О. И. Золотаревым и др. [8] разработана установка для проведения исследований технологических процессов зерноуборочных комбайнов. В установке реализован классический способ обмолота зерновых культур с помощью молотильного барабана. Установка состоит из сборных частей – самоходного молотильного устройства, транспортёра, жатки – и предназначена для исследования технологических потерь зерна, в том числе за молотильным устройством.

В работе А. М. Машкова [9] представлена лабораторная установка для очёса зерна на корню с транспортёром-питателем, на котором закреплены растения для очёса. Установка предназначена для исследования процесса очёса, формирования воздушного потока и влияния различных факторов на него. Такая установка позволяет проводить исследования вне зависимости от погодных условий. Однако для подтверждения полученных данных результаты эксперимента целесообразно проверить в полевых реальных условиях.

Учёными А. И. Бурьяновым, М. А. Бурьяновым и др. [10] представлена схожая с установкой [9] лабораторная установка для исследования процесса очёса зерновых культур с брусом на роликах для подачи закреплённых растений в область очёса. Установка позволяет синхронно варьировать угол гребёнок очёсывающего барабана, число оборотов приёмного, очёсывающего барабана и подающего шнека, скорость подачи закреплённого на роликах зерна, погружение очёсывающего устройства в хлебную массу и прочее.

В работе [11] Э. В. Жалнин и др. создали полевую машину для уборки зерна с селекционных делянок. Принцип работы заключается в срезании растений, транспортировании их в ёмкости для дальнейшего обмолота, очистки и сушки на стационаре.

Авторы [12] разработали лабораторно-полевую установку для исследования процесса очёса сои. Особенностью установки является возможность применять её как в лабораторных условиях, вне зависимости от погоды и времени года, так и в реальных полевых условиях; возможность исследования воздушных потоков с помощью высокоскоростной видеокамеры в рабочей камере за счёт установленного прозрачного оргстекла в одном из участков; регулируемый козырёк для подачи массы растений в зону очёса. Рабочая ширина захвата составляет не более 0,5 м.

Применение аддитивных технологий. Учёными [2] рассмотрена возможность применения аддитивных технологий (3D-печати) для изготовления узлов и деталей сельскохозяйственных машин. Данный подход позволяет оперативно производить как исследовательские прототипы для испытаний, так и функциональные дубликаты для замены изношенных элементов, что повышает гибкость конструкторских работ и ремонтпригодность техники. Учёные отмечают, что одной из причин, препятствующих активному использованию аддитивных технологий, является дефицит подготовленных кадров, способных работать на инновационном оборудовании, а также высокая стоимость последнего.

На основе обзора исследований в области применения аддитивных технологий, выявлены достоинства и недостатки их применения в области машиностроения, в том числе в области сельского хозяйства [13–15], таблица 1.

Аддитивные технологии не являются универсальной заменой, но могут служить хорошим инструментом при создании и оптимизации сельскохозяйственных машин, снизив при этом затраты на создание прототипов для проведения исследований.

Выводы. Лабораторные, лабораторно-полевые и полевые установки позволяют исследовать процесс уборки зерновых культур в реальных условиях с минимальными экономическими и временными затратами. Проведённый нами анализ демонстрирует, что рассмотренные экспериментальные комплексы были адекватны и эффективны для решения актуальных задач своего периода. При их модернизации возможно решить существующие проблемы в области уборки: высокие травматирование и потери зерна, невозможность уборки

зерна на ранних стадиях спелости, снижение энергоёмкости процесса и его оптимизация. При создании таких установок могут быть использованы аддитивные технологии. Аддитивные технологии могут быть использованы для быстрого изготовления дефицитных или снятых с производства деталей для сельхозмашин (шестерни, корпусные элементы, кронштейны), позволяя снизить

время простоя техники. Кроме того, такие технологии позволяют создавать функциональные детали с улучшенными характеристиками. Аддитивные технологии могут быть использованы при изготовлении прототипов с целью тестирования новых конструктивных решений и модернизации существующей техники, что позволит значительно ускорить инновационный цикл.

Список источников

1. Официальный сайт Петербургского завода прецизионных сплавов: «Аддитивные технологии VS традиционное производство: достоинства и недостатки». URL: <https://www.pzps.tech/articles/additivnye-tehnologii-vs-tradicionnoe-proizvodstvo-dostoinstva-i-nedostatki> (дата обращения: 03.11.2025).
2. Сенин П. В., Чаткин М. Н., Кильмяшкин Е. А. Аддитивные технологии для производства и ремонта сельскохозяйственной техники // Инженерные технологии и системы. 2024. Т. 34, № 4. С. 584–596. DOI 10.15507/2658-4123.034.202404.584-596. EDN JHHIJG.
3. Пат. 122985 СССР, МПК А01D 41/00, А01D 41/02, А01D 75/00. Самоходная полевая лаборатория для исследования работы зерноуборочных комбайнов / А. Д. Левкин ; заявитель и патентообладатель А. Д. Левкин. № 612051 ; заявл. 20.11.1958 ; опубл. 01.01.1959, Бюл. № 19. 5 с.
4. Пат. 906429 СССР, М. Кл. А 01 D 41/08. Установка для обмолота растений на корню / Ю. Н. Жуков ; заявитель и патентообладатель Томский институт автоматизированных систем управления и радиоэлектроники. № 2921706/30-15 ; заявл. 06.05.1980 ; опубл. 23.02.1982, Бюл. № 7. 4 с.
5. Шуляков А. Г., Чижиков В. Н., Шарифуллин Р. С. Перспективная молотилка для рисоуборочного комбайна // Рисоводство. 2022. № 1 (54). С. 77–80. DOI 10.33775/1684-2464-2022-54-1-77-80. EDN EKZRCJ.
6. Официальный сайт компании ООО «Ростсельмаш». Зерноуборочный комбайн: расширение возможностей. URL: <https://blog.rostselmash.com/tekhnika-i-tehnologii/zernouborochnyy-kombayn-rasshirenie-vozmozhnostey/> (дата обращения: 12.11.2025).
7. Meskhi B., Rudoy D., Lachuga Y. [et al.] Finite Element and Applied Models of the Stem with Spike Deformation // Agriculture. 2021. Vol. 11, Is. 11. Article 1147. DOI 10.3390/agriculture11111147.
8. Пат. 852224 СССР, М. Кл. А 01D 41/00. Установка для технологических испытаний зерноуборочных комбайнов / Ю. В. Петренко, О. И. Золотарев, И. Г. Стельмах [и др.] ; заявитель и патентообладатель Кубанский ордена Ленина научно-исследовательский институт по испытанию тракторов и сельскохозяйственных машин. № 2812366/30-15 ; заявл. 27.08.1979 ; опубл. 07.08.1981, Бюл. № 29. 3 с.
9. Машков А. М. Изучение воздушного потока однобарабанного очесывающего устройства мон-4-1 для обмолота зерновых культур на корню // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Технические науки. 2011. № 138. С. 153–160. EDN TGIMLX.
10. Пат. на полезную модель 136743 U1 Российская Федерация, МПК В01L 99/00. Лабораторная установка для исследования параметров и режимов процесса очеса зерновых культур / А. И. Бурьянов, М. А. Бурьянов, А. И. Дмитренко [и др.] ; заявитель ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. № 2012141419/05 ; заявл. 27.09.2012 ; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 2. 31 с. EDN SHALXH.
11. Пат. на полезную модель 153866 U1 Российская Федерация, МПК А01D 41/00. Полевая машина для уборки зерновых культур с селекционных делянок / Э. В. Жалнин, А. П. Орехов, А. В. Подзоров ; заявитель ФГБНУ ВИМ. № 2015109820/13 ; заявл. 19.03.2015 ; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22. 4 с. EDN NZFPFF.
12. Пат. 2715862 Российская Федерация, МПК А01D 41/08. Установка лабораторно-полевая для исследования технологического процесса очеса сои на корню / М. В. Канделя, Д. С. Мазнев, А. В. Липкань [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ДальНИИМЭСХ. № 2018144393 ; заявл. 14.12.2018 ; опубл. 03.03.2020, Бюл. № 7. 9 с.
13. Kumar R., Mehdi H., Bhati S. S. [et al.] A comprehensive review of advancements in additive manufacturing for 3D printed medical components using diverse materials // Discover Materials. 2025. Vol. 5. Art. 152. DOI 10.1007/s43939-025-00349-w.
14. Said L. B., Ayadi B., Alharbi S. [et al.] Recent Advances in Additive Manufacturing: A Review of Current Developments and Future Directions // Machines. 2025. Vol. 13, Is. 9. Art. 813. DOI 10.3390/machines13090813.
15. Ramos A., Angel V. G., Siqueiros M. [et al.] Reviewing Additive Manufacturing Techniques: Material Trends and Weight Optimization Possibilities Through Innovative Printing Patterns // Materials (Basel). 2025. Vol. 18, Is. 6. Art. 1377. DOI 10.3390/ma18061377.

References

1. Oficial'nyj sajt Peterburgskogo zavoda precizionnyh splavov: «Additivnye tekhnologii VS tradicionnoe proizvodstvo: dostoinstva i nedostatki». URL: <https://www.pzps.tech/articles/additivnye-tehnologii-vs-tradicionnoe-proizvodstvo-dostoinstva-i-nedostatki> (data obrashcheniya: 03.11.2025).
2. Senin P. V., Chatkin M. N., Kil'myashkin E. A. Additivnye tekhnologii dlya proizvodstva i remonta sel'skohozyajstvennoj tekhniki // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. 2024. T. 34, № 4. S. 584–596. DOI 10.15507/2658-4123.034.202404.584-596. EDN JHHIJG.
3. Pat. 122985 SSSR, MPK A01D 41/00, A01D 41/02, A01D 75/00. Samohodnaya polevaya laboratoriya dlya issledovaniya raboty zernouborochnyh kombajnov / A. D. Levkin ; zayavitel' i patentoobladatel' A. D. Levkin. № 612051 ; zayavl. 20.11.1958 ; opubl. 01.01.1959, Byul. № 19. 5 s.
4. Pat. 906429 SSSR, M. Kl. A 01 D 41/08. Ustanovka dlya obmolota rastenij na kornyu / YU. N. Zhukov ; zayavitel' i patentoobladatel' Tomskij institut avtomatizirovannyh sistem upravleniya i radioelektroniki. № 2921706/30-15 ; zayavl. 06.05.1980 ; opubl. 23.02.1982, Byul. № 7. 4 s.
5. Shulyakov A. G., Chizhikov V. N., Sharifullin R. S. Perspektivnaya molotilka dlya risouborochnogo kombajna // Risovodstvo. 2022. № 1 (54). S. 77–80. DOI 10.33775/1684-2464-2022-54-1-77-80. EDN EKZRCJ.

6. Oficial'nyj sajt kompanii OOO «Rostsel'mash». Zernouborochnyj kombajn: rasshirenie vozmozhnostej. URL: <https://blog.rostselmash.com/tehnika-i-tehnologii/zernouborochnyy-kombajn-rasshirenie-vozmozhnostey/> (data obrashcheniya: 12.11.2025).
7. Meskhi B., Rudoy D., Lachuga Y. [et al.] Finite Element and Applied Models of the Stem with Spike Deformation // Agriculture. 2021. Vol. 11, Is. 11. Article 1147. DOI 10.3390/agriculture11111147.
8. Pat. 852224 SSSR, M. Kl. A 01D 41/00. Ustanovka dlya tekhnologicheskikh ispytaniy zernouborochnykh kombajnov / Yu. V. Petrenko, O. I. Zolotarev, I. G. Stel'makh [i dr.] ; zayavitel' i patentoobladatel' Kubanskij ordena Lenina nauchno-issledovatel'skij institut po ispytaniyu traktorov i sel'skohozyajstvennykh mashin. № 2812366/30-15 ; zayavl. 27.08.1979 ; opubl. 07.08.1981, Byul. № 29. 3 s.
9. Mashkov A. M. Izuchenie vozdušnogo potoka odnobarabannogo ochesyvayushchego ustrojstva mon-4-1 dlya obmolota zernovykh kul'tur na kornyu // Nauchnye trudy Yuzhnogo filiala Nacional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy «Krymskij agrotekhnologicheskij universitet». Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2011. № 138. S. 153–160. EDN TGIMLX.
10. Pat. na poleznuyu model' 136743 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK B01L 99/00. Laboratornaya ustanovka dlya issledovaniya parametrov i rezhimov processa ochesa zernovykh kul'tur / A. I. Bur'yanov, M. A. Bur'yanov, A. I. Dmitrenko [i dr.] ; zayavitel' GNU SKNIIMESKH Rossel'hozakademii. № 2012141419/05; zayavl. 27.09.2012; opubl. 20.01.2014, Byul. № 2. 31 s. EDN SHALXH.
11. Pat. na poleznuyu model' 153866 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01D 41/00. Polevaya mashina dlya uborki zernovykh kul'tur s selekcionnykh delyanok / E. V. Zhalnin, A. P. Orekhov, A. V. Podzorov ; zayavitel' FGBNU VIM. № 2015109820/13 ; zayavl. 19.03.2015 ; opubl. 10.08.2015, Byul. № 22. 4 s. EDN NZFPFF.
12. Pat. 2715862 Rossijskaya Federaciya, MPK A01D 41/08. Ustanovka laboratorno-polevaya dlya issledovaniya tekhnologicheskogo processa ochesa soi na kornyu / M. V. Kandelya, D. S. Maznev, A. V. Lipkan' [i dr.] ; zayavitel' i patentoobladatel' FGBNU Dal'NIIMESKH. № 2018144393 ; zayavl. 14.12.2018 ; opubl. 03.03.2020, Byul. № 7. 9 s.
13. Kumar R., Mehdi H., Bhati S. S. [et al.] A comprehensive review of advancements in additive manufacturing for 3D printed medical components using diverse materials // Discover Materials. 2025. Vol. 5. Art. 152. DOI 10.1007/s43939-025-00349-w.
14. Said L. B., Ayadi B., Alharbi S. [et al.] Recent Advances in Additive Manufacturing: A Review of Current Developments and Future Directions // Machines. 2025. Vol. 13, Is. 9. Art. 813. DOI 10.3390/machines13090813.
15. Ramos A., Angel V. G., Siqueiros M. [et al.] Reviewing Additive Manufacturing Techniques: Material Trends and Weight Optimization Possibilities Through Innovative Printing Patterns // Materials (Basel). 2025. Vol. 18, Is. 6. Art. 1377. DOI 10.3390/ma18061377.

Сведения об авторах

Виктор Иванович Пахомов – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии и оборудование переработки продукции АПК», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», spin-код: 5815-4913.

Дмитрий Владимирович Рудой – доктор технических наук, доцент, декан факультета «Агропромышленный», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», spin-код: 3297-3460.

Татьяна Александровна Мальцева – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии пищевых производств», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», spin-код: 7418-8531.

Information about the authors

Viktor I. Pakhomov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, spin-code: 5815-4913.

Dmitriy V. Rudoy – Doctor of Technical Science, Associate Professor, Dean of Agribusiness faculty, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, spin-code: 3297-3460.

Tatiana A. Maltseva – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Production Engineering and Technology, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education Don State Technical University, spin-code: 7418-8531.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.