

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 620.1.051, 631.354.2

### Изучение патентных решений в области испытательных стендов для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов

Ф.Ю. Жигайлов, Н.Н. Околелов, А.И. Джаппуев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Проведен анализ патентных решений, связанных с испытательными стендами для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов. Описаны конструктивные особенности и принцип работы данных стендов, также представлена сравнительная таблица, отражающая их характеристики. Выделены недостатки существующих решений, что указывает на необходимость доработки. В качестве предложения по усовершенствованию представлена новая конструкция стенда, которая позволяет уменьшить его габариты, повысить технологичность и снизить металлоемкость. Кроме того, предложен ресурсный метод испытаний, направленный на проверку прочности элементов конструкции.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, испытательный стенд, молотильно-сепарирующее устройство, молотильный барабан

**Для цитирования.** Жигайлов Ф.Ю., Околелов Н.Н., Джаппуев А.И. Изучение патентных решений в области испытательных стендов для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):33–38.

### Studying the Test Bench Patents for the Tools of Grain Harvester Threshing-Separating Devices

Fedor Yu. Zhigailov, Nikolai N. Okolelov, Artur I. Dzhappuev

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article analyses the solutions presented in the test bench patents for the tools of threshing-separating devices of grain harvesters. Design features and principles of operation of the test benches have been described, and their parameters presented in a table for comparison. The shortcomings of existing solutions have been revealed, thus, indicating the need for refinement. New design of a test bench enabling to reduce its dimensions, increase manufacturability and reduce metal consumption has been proposed as a modernising solution. Moreover, the durability-based method for testing the strength of the structural parts has been presented.

**Keywords:** grain harvester, test bench, threshing-separating device, threshing drum

**For Citation.** Zhigailov FYu, Okolelov NN, Dzhappuev AI. Studying the Test Bench Patents for the Tools of Grain Harvester Threshing-Separating Devices. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):33–38.

**Введение.** Процесс проектирования зерноуборочных комбайнов содержит большое количество этапов, последовательное выполнение которых позволяет создавать машины, отвечающие всем требованиям потребителя (надежность, эргономичность и др.). В процессе конструирования перед инженерами стоит задача создать изделие, удовлетворяющее критериям работоспособности. Соответствие этим критериям подтверждается при использовании специальных САЕ-программ или методик расчета.

Процесс проектирования зерноуборочных комбайнов включает множество этапов, последовательное выполнение которых позволяет создавать машины, удовлетворяющие всем требованиям потребителей, таким как надежность, эргономичность и другие. На этапе конструирования инженеры сталкиваются с задачей разработки изделия, которая отвечает критериям работоспособности. Соответствие этим критериям подтверждается с использованием специализированных CAE-программ и методик расчета.

Тем не менее, широкий функционал этих программ и работа целой команды специалистов не всегда позволяют учесть разнообразие факторов, влияющих на эксплуатацию машин, особенно в условиях сельского хозяйства. Важным этапом проектирования зерноуборочных комбайнов остаются полевые испытания. Однако такие испытания имеют свои недостатки — они требуют значительного времени, зависят от местоположения и сезона полевых работ. С учетом современных темпов производства возникает необходимость в создании испытательных стендов, которые бы имитировали реальные условия эксплуатации без упомянутых ограничений. При этом необходимо, чтобы испытания проводились не только для целого агрегата, но и для его отдельных блоков и узлов.

Одним из ключевых элементов технологического процесса выделения зерна из хлебной массы является молотно-сепарирующее устройство. Его конструкция также требует проверки на испытательном стенде. Начальным этапом при разработке стенда, как и любой другой конструкции, является патентный поиск, который проводится для определения текущего уровня развития техники и дальнейших направлений ее совершенствования.

Цель данного исследования заключается в анализе патентных решений, связанных с испытательными стендами для молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов.

**Основная часть.** Рассмотрим патент CN208210816U (Китай) «Испытательный стенд для разделения зерна при обмолоте продольным потоком» (рис. 1).

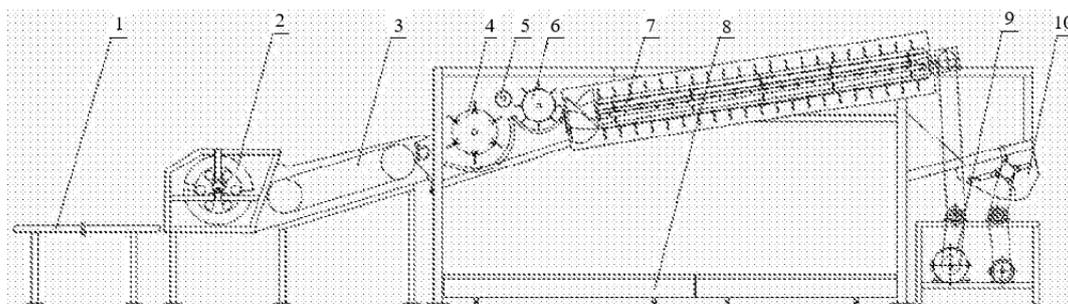


Рис. 1. Испытательный стенд для разделения зерна при обмолоте продольным потоком (патент CN208210816U, Китай) [1]:  
1 — устройство для подачи материала; 2 — подающий шнек; 3 — наклонная транспортирующая камера; 4 — поперечный механизм обмолота; 5 — вспомогательное подающее колесо; 6 — принудительное подающее колесо; 7 — продольный механизм обмолота; 8 — приемный лоток; 9 — двигатель с регулируемой частотой вращения; 10 — устройство для измельчения соломы

Полезная модель относится к испытательному устройству для уборки зерновых, в частности, к испытательному стенду, предназначенному для обмолота и сепарации зерна в продольном потоке. Она нацелена на решение проблем, описанных в предшествующем уровне техники, и предлагает инновационный подход к созданию стенда, способного имитировать и воспроизводить процесс обмолота, сепарации и очистки. Этот стенд учитывает весь процесс сдвигового потока и вертикального осевого потока, что обеспечивает получение данных о производительности и рабочих параметрах ключевых компонентов, необходимых для надежного проектирования.

Во время испытаний обмолачиваемая культура подается с помощью устройства 1 к шнеку 2, который, в свою очередь, передает массу в наклонную транспортирующую камеру 3. Из этой камеры масса попадает в поперечный механизм обмолота 4 и далее в продольный механизм обмолота 5. Это позволяет смоделировать и воспроизвести весь процесс обмолота и сепарации в реальном времени, а также комплексно изучить характеристики этих механизмов, что позволяет получить ключевые параметры для обмолота. Мелкие примеси просыпаются в приемный лоток 8, в то время как солома направляется в устройство 10.

Конструктивные параметры стенда создают надежную основу для выполнения испытаний. Вспомогательное подающее колесо 5 и принудительное подающее колесо 6, расположенные параллельно молотильному барабану, располагаются между поперечным молотильным механизмом 4 и продольным молотильным механизмом 7. Это расположение обеспечивает плавное движение массы вдоль стенда, что делает результаты испытаний более стабильными и надежными.

Рассмотрим патент CN113545218A (Китай) «Испытательный стенд комбинированной уборочной системы для рапса» (рис. 2).

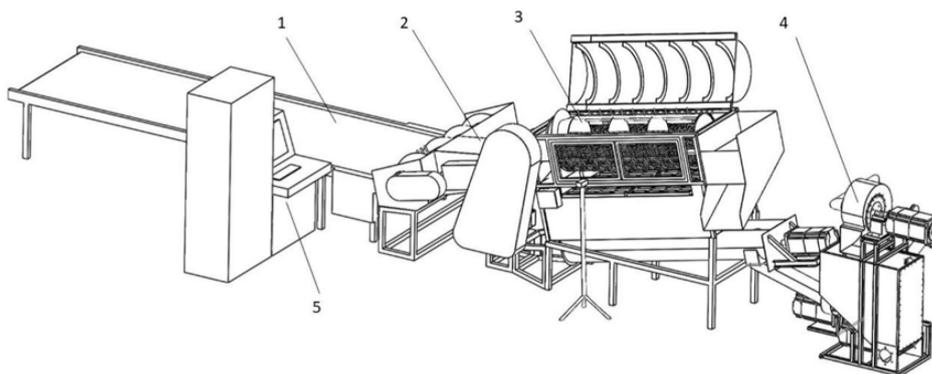


Рис. 2. Испытательный стенд комбинированной уборочной системы для рапса (патент CN113545218A, Китай) [2]:  
1 — конвейерная лента; 2 — жатка; 3 — устройство разделения продольно-осевого обмолота; 4 — циклонное устройство разделения и очистки; 5 — система измерения и управления

Во время работы шкаф управления запускает каждый двигатель и рабочие части. Рапс поступает в жатку 2 через устройство подачи материала конвейерного типа 1 и измельчается на короткие стебли в жатке 2, короткие стебли собираются в канале подачи материала. Затем они поступают в устройство для вертикального и осевого обмолота и сепарации 3, где стручки рапса измельчаются вертикальным осевым молотильным барабаном. В это время система высокоскоростной съёмки может зафиксировать траекторию движения семян рапса и отправить результат обратно в блок управления. Если необходимо проанализировать пространственные характеристики распределения семян рапса, можно разместить сборник вымолоченного материала под вогнутым ситом, определить массу каждого ящика для сбора зерна с помощью датчика качества и отправить результат обратно в компьютерное программное обеспечение для завершения анализа пространственных характеристик распределения семян рапса. В противном случае, если не требуется вышеуказанный анализ, пробоотборник может быть вытянут, семена рапса и часть остатков при этом могут проходить через вогнутое сито непосредственно в нижний шнек для подъема вороха и транспортироваться к метательной машине циклонной сепарационной системы очистки 4. Отделенные короткие стебли выгружаются из задней части молотильно-сепарирующего устройства. Зерна и часть остатков, поступающих в метатель, выбрасываются в циклонный сепарационный барабан под действием высокоскоростного вращения рабочего колеса метателя. Рабочее колесо центробежного вентилятора вращается с высокой скоростью и соединено трубой с циклонным сепарационным барабаном. Вдоль всасывающей трубы в цилиндре образуется поле воздушного потока с отрицательным давлением, и более тяжелые зерна рапса попадают из выпускного отверстия для зерна в шнек для подъема зерна и поднимаются в бункер для зерна. Более лёгкий мусор поднимается под действием воздушного потока с отрицательным давлением в вентилятор и выбрасывается из машины.

Рассмотрим патент CN108076852A (Китай) «Испытательный стенд для обмолота пшеницы молотильным устройством зерноуборочного комбайна» (рис. 3).

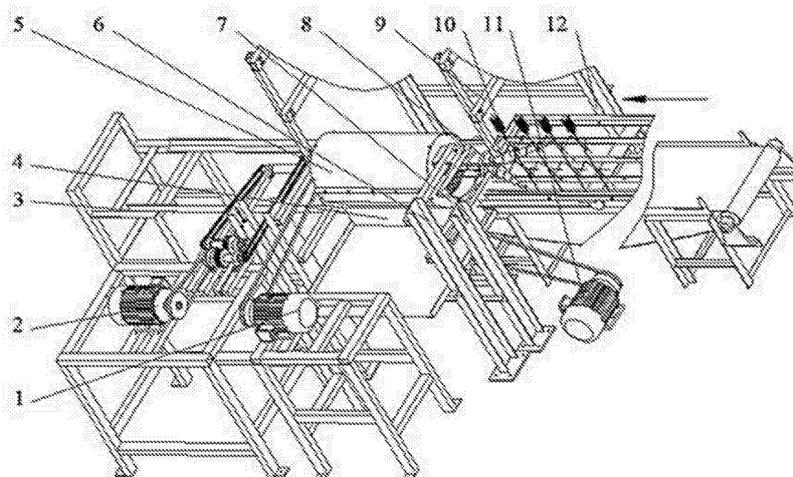


Рис. 3. Испытательный стенд для обмолота пшеницы молотильным устройством зерноуборочного комбайна (патент CN108076852A, Китай) [3]: 1 — приводной двигатель барабана; 2 — приводной двигатель шнекового конвейера; 3 — направляющая каретки; 4 — распределительная коробка; 5 — устройство для захвата; 6 — опорная рама барабана; 7 — опорная рама нижнего шнекового конвейера; 8 — нижний шнековый конвейер; 9 — опора верхнего шнекового конвейера; 10 — верхний шнековый конвейер; 11 — приводной двигатель тележки; 12 — тележка

Изобретение относится к области сельскохозяйственной техники, в частности, к испытательному стенду для молотильного аппарата зерноуборочного комбайна.

Режим работы молотильного устройства зерноуборочного комбайна для уборки пшеницы следующий. Тестируемая пшеница закрепляется на тележке, тележка приводится в движение по направляющей тележки 3 под приводом приводного двигателя тележки 11, чтобы имитировать рабочее состояние молотильного устройства в полевых условиях. Когда пшеница поднимается и опускается, V-образный впуск, образованный конусообразной секцией шнекового транспортера, поступает в молотильное устройство под руководством и поддержкой верхнего 10 и нижнего 8 шнековых транспортеров. Пшеница, поступающая в молотильное устройство, завершает операцию обмолота под опорой шнекового транспортера, и зерно проходит через вогнутую форму молотильного устройства. Доска отделяется, и закрепленный на тележке стебель выгружается из осевого выходного отверстия молотильного устройства. На этом испытательном стенде в основном изучается влияние показателей производительности молотильного устройства на конструкцию и параметры движения молотильного устройства, размер решета, наклон зубьев пластины, длину молотильного устройства и скорость вращения барабана. Устройство выполняет обмолот, и зерно, часть колоса и короткий стебель сбрасываются в приёмный ящик через гравитационную пластину молотильного устройства, а обмолоченная пшеничная солома выгружается из осевого травяного выхода молотильного устройства. На этом этапе процесс обмолота завершается, и подача электроэнергии на соответствующее рабочее устройство отключается.

Рассмотрим патент CN108207347A (Китай) «Испытательный стенд для обмолота зерна и метод испытаний обмолота с использованием этого стенда» (рис. 4).

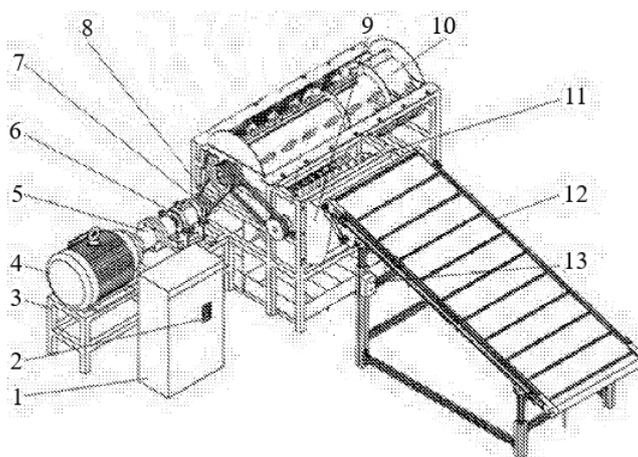


Рис. 4. Испытательный стенд для обмолота зерна и метод испытаний обмолота с использованием этого стенда (патент CN108207347A, Китай) [4]: 1 — шкаф электрического управления; 2 — инвертор; 3 — рама; 4 — двигатель; 5 — муфта; 6 — прибор для измерения крутящего момента; 7 — шкив; 8 — ремень; 9 — загрузочный бункер; 10 — горизонтальный барабан; 11 — подающий барабан; 12 — конвейерная лента; 13 — регулятор

Зерно поступает в загрузочный бункер 9 через несколько конвейерных лент, а затем через загрузочный бункер 9 поступает в отсек для обмолота. Цилиндрические зубья на подающем барабане 11, вращающемся в молотильном ящике, ударяются о зерно, некоторые зерна проваливаются и просыпаются из нижней части молотильного ящика, в частности, просыпаются через отверстия сита на решетчатой плите и попадают в ящик для сбора. При этом после того, как зерно попадает в молотильный ящик, оно поступает в первый и второй подбарабанные зазоры под действием подающего 11 и горизонтального 10 барабанов, расположенных с наклонными рядами зубьев, а зубья пространственно наклонены. Эффект перемещения материала также усиливает действие молотилки. Ряд зубьев вращающегося подающего барабана 11 ударяет по зерну, расчесывает его и продвигает зерно к концу. При вращении горизонтального барабана 10 зерно вдавливаются в перегородку сита, и ряд ударяющих зубьев и ряд пластинчатых зубьев перегородки сита продолжают ударять и дробить зерно соответственно так, что зерно просыпается в достаточной степени и движется вдоль горизонтальной оси.

Рассмотрим патент CN108918172A (Китай) «Испытательное устройство для обмолота кукурузы, способное тестировать и контролировать множество параметров» (рис. 5).

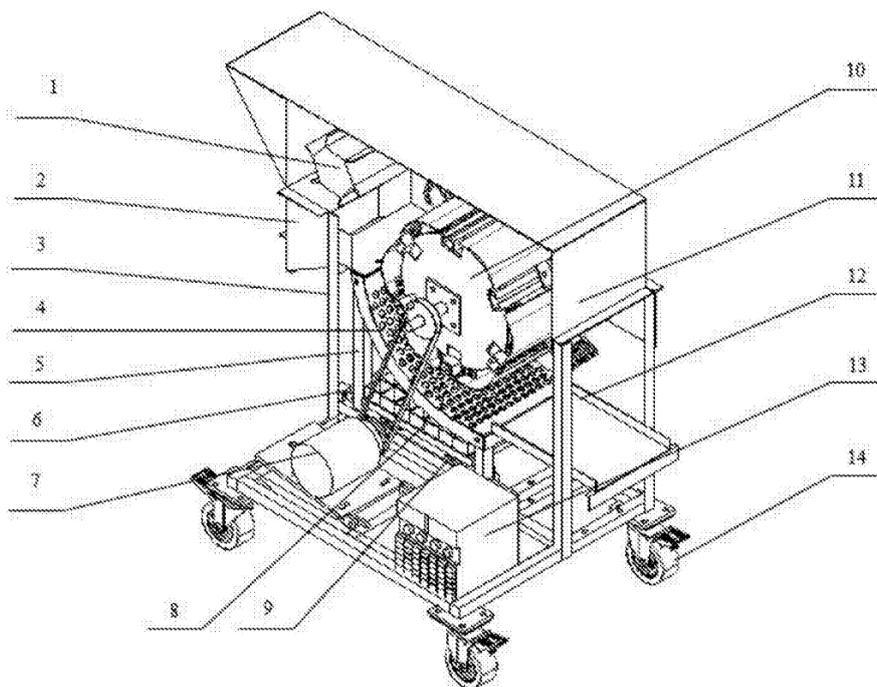


Рис. 5. Испытательное устройство для обмолота кукурузы, способное тестировать и контролировать множество параметров (патент CN108918172A, Китай) [5]: 1 — вытяжной барабан; 2 — выпускное отверстие; 3 — рейка; 4 — вогнутая молотильная пластина; 5 — рифленый кронштейн; 6 — шнековый двигатель; 7 — привод грануляционного барабана; 8 — приёмный ящик; 9 — подъёмный механизм; 10 — молотильный барабан; 11 — кожух; 12 — конвейер; 13 — система управления; 14 — колесо

Когда начинается испытание, приёмная коробка помещается в приёмный лоток, а зажимная пластина устанавливается между приёмной коробкой и приёмным лотком. Приёмная коробка фиксируется зажимным болтом, чтобы избежать вибрации во время испытания. Молотильный барабан 10 приводится во вращение двигателем 7, а кукуруза подается в зазор для обмолота, образованный вогнутой молотильной пластиной 4 и молотильным барабаном 10, с помощью транспортирующего устройства 12 и обмолочивается под действием молотильного элемента и вогнутой молотильной пластины 4. Материал, подлежащий удалению, попадает в приёмный ящик 8 через вогнутую молотильную пластину 4, и система управления 13 может отслеживать изменение количества материала в каждом квадратном ящике в режиме реального времени. Обмолоченные кукурузные початки выбрасываются вдоль конца вогнутой молотильной пластины 4 через выпускное отверстие 2. Зазор между барабаном 10 и пластиной 4 регулируется двигателем 6 и подъёмным механизмом 9. По окончании испытания приёмный ящик 8 извлекается, и каждая квадратная коробка вынимается для отбора проб, наблюдения и анализа. В качестве экспериментальной машины необходимо часто менять различные молотильные элементы и вогнутую молотильную пластину 4, а также многопараметрическое измерительное и управляющее устройство для обмолота кукурузы по настоящему изобретению, приёмный ящик 8 и кронштейн 5 вогнутой пластины 4.

Для наглядного представления патентной информации по стендам и сравнения предлагаемых конструктивных решений сведём данные в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика патентных решений испытательных стендов

№ патента	Использование растительной массы (заменителя) для испытаний	Замкнутый цикл движения растительной массы (заменителя)	Проверка протекания технологического процесса	Испытание рабочих органов и элементов конструкции на ресурс (проверка на прочность)
CN208210816U	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN113545218A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN108076852A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN108207347A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет
CN108918172A	Да (н/д)	Нет	Да	Нет

**Заключение.** Существующие в настоящее время патенты по испытательным стендам для рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств зерноуборочных комбайнов предлагают схожие по конструкции решения. Все они предназначены для проверки протекания технологического процесса, что обусловлено сложностью визуального наблюдения и контроля всех параметров при полевых испытаниях. При этом предлагается использовать растительную массу, однако не учитывается, что при существующей производительности зерноуборочных комбайнов необходима подача больших объемов массы в единицу времени. Одна и та же растительная масса не может использоваться многократно, так как сильно повреждается в процессе обмолота. Здесь же следует учитывать и образование пыли, необходимость в герметизации стенда и т.д.

Существующие программы для DEM моделирования позволяют многосторонне и с достаточной точностью проверить протекание технологического процесса. Тогда более актуальной задачей становится испытание рабочих органов и элементов конструкции на ресурс (проверка на прочность). Для повышения технологичности стоит рассмотреть возможность использования заменителя растительной массы с замкнутым циклом движения, что положительно повлияет на габариты, металлоемкость стенда и теоретически позволит проводить ускоренные испытания.

### Список литературы

1. Mu Senlin, Tang Qing, Jiang Tao, Wang Gang, Guan Zhuohuai, Wu Chongyou. *Cut Longitudinal Flow Grain Threshing Separation Test Bench*. Patent No. CN208210816U. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064510225/publication/CN208210816U?q=pn%3DCN208210816U> (дата обращения: 20.01.2025).
2. Wan Xingyu, Liao Qingxi, Tang Xudong, Liao Yitao, Yuan Jiacheng, Yang Jia. *Test bench of rape combined harvesting system*. Patent No. CN113545218A. 2021. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/078131556/publication/CN113545218A?q=pn%3DCN113545218A> (дата обращения: 20.01.2025).
3. Zhou Baodong. *Combine Harvester Threshing Device Test Stand for Wheat*. Patent No. CN108076852A. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062168404/publication/CN108076852A?q=pn%3DCN108076852A> (дата обращения: 20.01.2025).
4. Zhang Hongmei, Yang Liquan, Zhang Boyang, Wang Wanzhang, Li Xiangfu, Zhu Chenhui, et al. *Grain Threshing Test Bench and Threshing Test Method Applying Same*. Patent No. CN108207347A. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/062670233/publication/CN108207347A?q=pn%3DCN108207347A> (дата обращения: 20.01.2025).
5. Ma Zheng, Han Min, Li Yaoming, Yu Shuncheng, Wang Jianting, Xu Lizhang, et al. *Corn Threshing Test Device Capable of Testing and Controlling Multiple Parameters*. Patent No. CN108918172A. 2018. URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/064423245/publication/CN108918172A?q=pn%3DCN108918172A> (дата обращения: 20.01.2025).

### Об авторах:

**Федор Юрьевич Жигайлов**, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [3fedor\\_zhigaylov\\_sr\\_3@mail.ru](mailto:3fedor_zhigaylov_sr_3@mail.ru)

**Николай Николаевич Околев**, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

**Артур Исламович Джашпуев**, магистрант Института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

### About the Authors:

**Fedor Yu. Zhigailov**, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [3fedor\\_zhigaylov\\_sr\\_3@mail.ru](mailto:3fedor_zhigaylov_sr_3@mail.ru)

**Nikolai N. Okolelov**, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation)

**Artur I. Dzhappuev**, Master's Degree Student of the Institute of Advanced Mechanical Engineering "Rostselmash", Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**