


## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.354

DOI: 10.26897/2687-1149-2022-4-16-21

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АКСИАЛЬНО-РОТОРНЫХ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

**ПЛЯКА ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ** , канд. техн. наук, доцентplyaka@rgau-msha.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-9353-177X>**АЛДОШИН НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**, д-р техн. наук, профессорaldoshin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0446-1096>**ПАНОВ АНДРЕЙ ИВАНОВИЧ**, канд. техн. наук, доцентpanov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8673-0885>**СЕРГЕЕВА НАТАЛЬЯ АНАТОЛЬЕВНА**, старший преподавательsergeeva\_nat@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

**Аннотация.** С целью расширения технологических возможностей и приспособления к изменяющимся условиям уборки зерновых культур предложена модель аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства (патент РФ № 165246). В предлагаемом устройстве части кожуха (приёмная камера, молотильно-сепарирующая, соломоотделительная и соломоотводная) свободно соединены друг с другом и способны независимо вращаться. Также в устройстве обеспечивается изменение скорости при попутном или встречном вращении или остановке любой из составных частей кожуха относительно вращения ротора. В качестве доказательства обоснованности предлагаемой схемы с независимым вращением частей кожуха проводились исследования процессов обмолота и сепарации стеблей пшеницы сортов «Ростовчанка» и «Северодонская» и люпино-злаковых смешанных посевов при влажности зерна 9,6...13,0%, влажности соломы 10,3...15,0%, соотношении массы зерна к массе соломы 1:1,6...1,8. Установлено, что на процесс обмолота влияет работа ротора и вращающегося кожуха в каждой отдельной части молотилки. Наилучшие результаты работы аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства получены при попутном вращении ротора и кожухов приемной камеры и молотильно-сепарирующей части, а также при встречном вращении ротора и кожуха соломосепарирующей части. Установлено, что при частоте вращения кожуха 28...42 мин<sup>-1</sup>, частоте вращения ротора 870...1000 мин<sup>-1</sup>, приведённой подаче 8,5...12,3 кг/с происходит эффективная сепарация, дробление зерна наименьшее. Предлагаемая конструкция обеспечивает более интенсивную работу молотильно-сепарирующего устройства благодаря увеличению вариантов настройки молотилки, а также облегчает очистку сепарирующих решеток и предотвращает образование жгутов стеблевой массы.

**Ключевые слова:** ротор, кожух, приемная камера, молотильно-сепарирующая часть, соломосепарирующая часть, попутное и встречное вращение кожуха.



**Формат цитирования:** Пляка В.И., Алдошин Н.В., Панов А.И., Сергеева Н.А. Совершенствование аксиально-роторных молотильно-сепарирующих устройств // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 4. С. 16-21. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-16-21>.

© Пляка В.И., Алдошин Н.В., Панов А.И., Сергеева Н.А., 2022



## ORIGINAL PAPER

## IMPROVING AXIAL-FLOW THRESHING-AND-SEPARATING UNITS

**VALERIY I. PLYAKA** , PhD (Eng), Associate Professorplyaka@rgau-msha.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-9353-177X>**NIKOLAY V. ALDOSHIN**, DSc (Eng), Professoraldoshin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0446-1096>**ANDREY I. PANOV**, PhD (Eng), Associate Professorpanov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8673-0885>**NATALIA A. SERGEEVA**, Senior Lecturersergeeva\_nat@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation

**Abstract.** The authors studied the model of an axial-rotary threshing-and-separating unit (RF Patent No. 1665246) to expand the technological capabilities and adapt it to the changing conditions of grain harvesting. In the developed unit, the cage parts (a feeder, a threshing and separating part, a straw separating part and a straw unloading part) are freely connected

with one another and can rotate independently. The unit also provides changing rotation speed of the cage parts relative to the rotor as they counter-rotate, co-rotate, or are at a complete stop. The study results describing the threshing and separation of the Rostovchanka and Severodonskaya wheat varieties and lupine-grass mixed crops with different moisture content can prove the validity of the developed scheme with independent rotation of the cage parts. The threshing and separation of the Rostovchanka and Severodonskaya wheat varieties and mixed lupine-grass crops were studied at grain moisture content of 9.6...13.0%, straw moisture content of 10.3...15.0%, ratio of grain-to-straw mass of 1:1.6...1.8. The authors have found that the operation of the rotor and the rotating cage in each separate part of the threshing unit has an impact on the threshing process. The best capacity results of the axial-flow threshing-and-separating unit are obtained when the rotor, the feeder cage and the threshing and separating cage co-rotate, or when the rotor and the cage of the straw separating part counter-rotate. The study has revealed that an effective separation and the least grain crushing are observed at a cage rotation speed of 28...42 min<sup>-1</sup>, a rotor speed of 870...1000 min<sup>-1</sup>, and set feed rates of 8.5...12.3 kg/s. The developed design provides more intensive operation of the threshing-and-separating unit, due to the increased number of the options for adjusting the thresher, and also facilitates cleaning the separating gratings and prevents stem mass bundling.

**Key words:** rotor, cage, feeder, threshing-and-separating part, straw separating part, co-rotation and counter-rotation of the cage.

**For citation:** Plyaka V.I., Aldoshin N.V., Panov A.I., Sergeeva N.A. Improving axial-flow threshing-and-separating units. Agricultural Engineering (Moscow), 2022; 24(4): 16-21. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-16-21>.

**Введение.** Зерноуборочные комбайны, оснащенные аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством, отличаются от комбайнов с барабанной молотилкой большей производительностью при равных габаритных размерах и возможностью уборки различных культур: например, колосовых, бобовых, кукурузы, подсолнечника и риса.

Молотильно-сепарирующее устройство роторного типа состоит из ротора и кожуха. Устройство включает в себя приемную камеру, молотильно-сепарирующую, соломоотделительную и соломоотводную части [1].

При уборке различных культур эффективность работы молотильно-сепарирующего устройства в полевых условиях достигается регулировкой частоты вращения ротора, зазора между ротором и кожухом, угла наклона направлятелей на поверхности кожуха.

Кожух бывает неподвижным или вращающимся. Неподвижный кожух охватывает ротор в пределах 120...270°. Верхняя часть молотилки в данном случае выполняет пассивную роль. В этой части молотилки накапливается стеблевая масса, затрудняя процесс обмолота. Вращающийся кожух охватывает ротор на 360°.

Приемная часть кожуха не вращается и имеет форму сплошного конуса без отверстий. Молотильно-сепарирующая, соломоотделительная и соломоотводная части кожуха выполнены одним блоком с возможностью вращения и имеют круглые или продолговатые отверстия для сепарации зерна.

Решетки кожуха молотильно-сепарирующей части обычно бывают съемными и состоят из четырех равных секций с углом 90°. Для регулировки молотильного зазора изменяют положение двух противоположных решеток кожуха молотильно-сепарирующей части, поворачивая их относительно оси параллельно плоскости образующей поверхности.

Роторная технология обмолота и сепарации в сравнении с классической имеет следующие преимущества:

- обеспечивает большую площадь сепарации, что позволяет повысить её пропускную способность;
- облегчает работу комбайна на засорённых хлебах ввиду способности сепарирующих поверхностей к самоочищению;
- превосходит классическую схему по технологической эффективности, так как роторная технология обладает большей удельной пропускной способностью и меньшим дроблением зерна.

Путь стеблевой массы в пространстве между ротором и кожухом составляет от 5 до 7 м. Стебли делают 2...3 оборота

вместе с ротором, двигаясь от входа к выходу. Стеблевая масса движется по винтовой траектории в молотильном пространстве и проходит путь, значительно больший, чем в барабанном устройстве, за счет чего достигается лучший вымолот зерна. Поскольку зазоры между ротором и кожухом в 3...4 раза больше, чем в барабанном устройстве, повреждение зерна в роторной молотилке уменьшается. Но в то же время у аксиально-роторного молотильного аппарата есть недостатки, а именно:

- энергоёмкость рабочего процесса в 1,5 больше, чем у комбайнов с классической молотилкой;
- длительное нахождение хлебной массы в молотильном пространстве приводит к измельчению стеблей, вследствие чего возрастает нагрузка на сепарирующие органы;
- затруднено выделение зерна при повышенной влажности стеблевой массы.

Некоторые авторы считают, что роторная схема имеет ограниченное количество регулировочных параметров, которыми можно воспользоваться при изменяющихся условиях во время уборки урожая [2, 3].

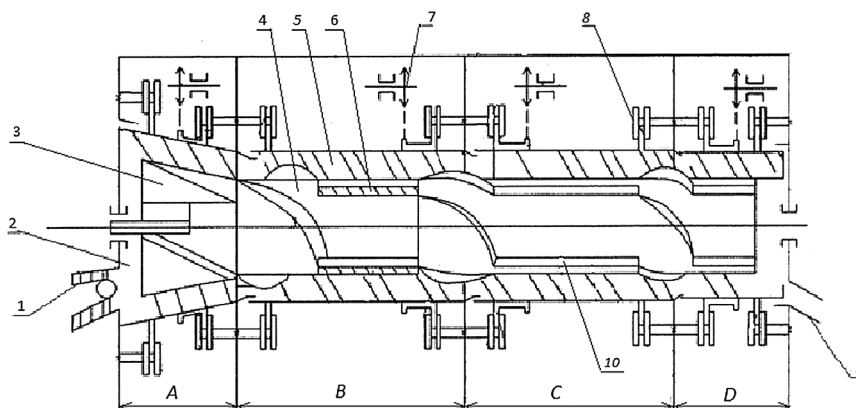
**Цель исследований:** расширить технологические возможности аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства, приспособить его к изменяющимся условиям уборки зерновых культур.

**Материалы и методы.** Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство (патент РФ № 165246) расширяет технологические возможности роторного зерноуборочного комбайна при работе в различных условиях [4-6]. Кожухи составных частей А, В, С, D роторной схемы независимы и имеют самостоятельный привод (рис. 1).

Работа аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства осуществляется следующим образом. Стеблевая масса подается питающим транспортером 1 через загрузочное окно 2 в полость приемной части А роторной молотилки. Лопастями 3 ротора 4 захватывают стебли и наносят удары по колосу, выбивая из него зерно. Вымолоченное зерно просыпается сквозь отверстия приёмного кожуха 5 части А, а оставшая масса стеблей движется в молотильно-сепарирующую часть В, где продолжает обмолачиваться под действием ударов бичей 6 ротора и сепарироваться сквозь отверстия кожуха 5 части В. Дальнейшее продвижение стеблей в соломоотделительную часть С сопровождается ударами планок 10 ротора и сепарацией зерна сквозь соответствующий кожух. Соломистая фракция поступает в соломоотводную часть D, где покидает границы молотилки через выгрузное окно 9.

Приёмная А, молотильно-сепарирующая В, соломоотделительная С и соломоотводная D части кожуха 5 выполнены с возможностью независимого вращения и оснащены приводом 7 с использованием опор качения 8. Бесступенчатый привод обеспечивает изменение частоты вращения каждой части кожуха как при попутном, так и при встречном с ротором 4 вращении.

Независимое вращение частей кожуха позволяет беспрепятственно перемещать стеблевую массу от одной части кожуха к другой, изменять скорость вращения составных частей кожуха, а также направление вращения этих частей относительно вращения ротора и обеспечивать попутное, встречное вращение или неподвижное состояние.



**Рис. 1. Схема аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства:**

1 – питающий транспортер; 2 – загрузочное окно; 3 – лопасти ротора; 4 – ротор; 5 – кожух; 6 – бичи; 7 – привод; 8 – опоры качения; 9 – выгрузное окно; 10 – планки; А, В, С и D – приёмная, молотильно-сепарирующая, соломоотделительная и соломоотводная части ротора и кожуха

**Fig. 1. Design scheme of the axial-flow threshing-and-separating unit:**

1 – feed conveyor; 2 – inlet opening; 3 – rotor blades; 4 – rotor; 5 – cage; 6 – rasps; 7 – drive; 8 – rolling bearings; 9 – unloading opening; 10 – bars; A, B, C and D – feeder, threshing and separating part, straw separating part, and straw unloading part of the rotor and the cage

Устройство позволяет повысить пропускную способность за счет независимого вращения частей решетчатого кожуха, а также существенно снизить энергозатраты и дробление зерна [7, 8].

Возможность выбора направления вращения составных частей кожуха позволяет также расширить количество регулировок молотильного устройства в зависимости от состояния и вида убираемой культуры и упростить очистку устройства в случае забивания растительной массой.

**Результаты и их обсуждение.** В качестве доказательства обоснованности предлагаемой схемы с независимым вращением частей кожуха сравнивались показатели работы неподвижной сплошной поверхности кожуха части А с показателями работы решетчатого кожуха приёмной камеры А, который имел возможность совершать вращение как в попутном, так и во встречном с ротором направлениях или оставаться неподвижным [9].

При общей длине ротора 3600 мм приёмная камера (часть А) составляет 480 мм, молотильно-сепарирующая часть В – 1130 мм, соломоотделительная часть С – 1740 мм, соломоотводная часть D – 250 мм. Угол охвата ротора кожухом составляет 360°, диаметр ротора – 780 мм. Решетчатый кожух, выполненный одним блоком для всех частей, может вращаться с частотой от 0 до 60 мин<sup>-1</sup> во встречном или попутном направлениях с ротором или может оставаться неподвижным.

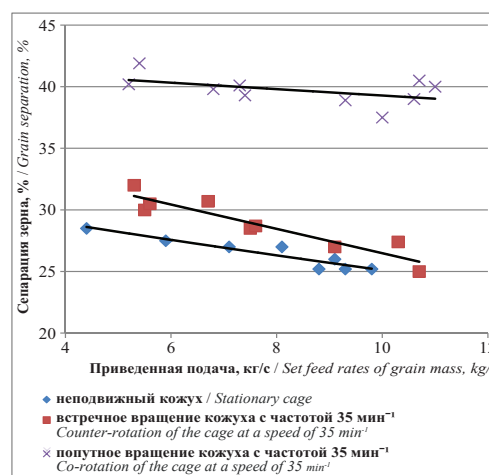
Исследование сепарации зерна в приёмной камере (часть А) проводилось при частоте вращения кожуха 35 мин<sup>-1</sup>, частоте вращения ротора 870 мин<sup>-1</sup>. Эксперимент проводился на пшенице «Ростовчанка» с влажностью зерна 9,6% и влажностью соломы 10,3% при соотношении массы зерна к массе соломы 1:1,6.

На рисунке 2 представлено изменение сепарации зерна через отверстия кожуха приёмной камеры в зависимости от приведенной подачи. Наибольшая сепарация зерна во всем диапазоне приведенных подач получена при попутном вращении

кожуха с ротором. В данном случае увеличение сепарации зерна в приёмной камере происходит по двум причинам:

– во-первых, попутное вращение ротора и кожуха снижает скорость движения стеблевой массы в приемной камере, тем самым увеличивая путь, который проходит стеблевая масса по кожуху;

– во-вторых, повышается полнота использования площади поверхности кожуха приёмной камеры, так как поток стеблей в этой зоне расширяется, и толщина слоя стеблей уменьшается. Лопасти ротора наносят удары по более тонкому и разреженному слою стеблей, число ударов, наносимых по хлебной массе лопастями ротора, увеличивается, что повышает сепарацию зерна.



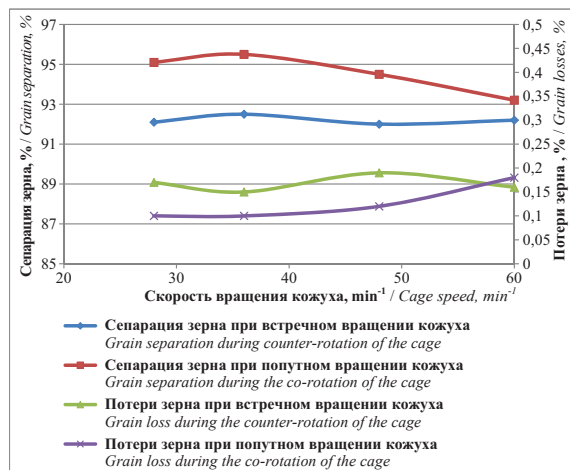
**Рис. 2. Изменение показателя сепарации зерна в пределах приёмной камеры в зависимости от приведенной подачи стеблевой массы**

**Fig. 2. Change in grain separation in the feeder depending on the set feed rates of grain mass**

Исследования сепарации зерна в молотильно-сепарирующей части (часть В) проводились на пшенице «Северодонская» с влажностью зерна 13%, влажностью соломы 15% и соотношением массы зерна к массе соломы 1:1,7...1,8 [10]. Выполнены следующие регулировки: частота вращения ротора – 1000 мин<sup>-1</sup>; частота вращения кожуха – 28...60 мин<sup>-1</sup>; зазоры между ротором и кожухом на входе – 30 мм, на выходе – 20 мм; угол наклона винтовых направителей – 68°. Подача стеблевой массы в МСУ (часть В) обеспечивалась от неподвижной, сплошной без отверстий приемной части А и поддерживалась на уровне 8,5...8,8 кг/с.

На основании результатов опытов установлено, что наилучшие показатели получены при частоте вращения кожуха 28...42 мин<sup>-1</sup> (рис. 3).

При попутном вращении кожуха и ротора рабочий процесс МСУ требует несколько больших энергозатрат, что определяется снижением скорости осевого перемещения стеблевой массы и увеличением времени ее пребывания в молотильном пространстве. Эти факторы приводят к увеличению числа ударов бичей по стеблевой массе и обеспечивают высокий уровень сепарации зерна (95...95,8%), а потери зерна при этом составляют 0,1%, что в 1,7 раза ниже, чем при встречном вращении кожуха.



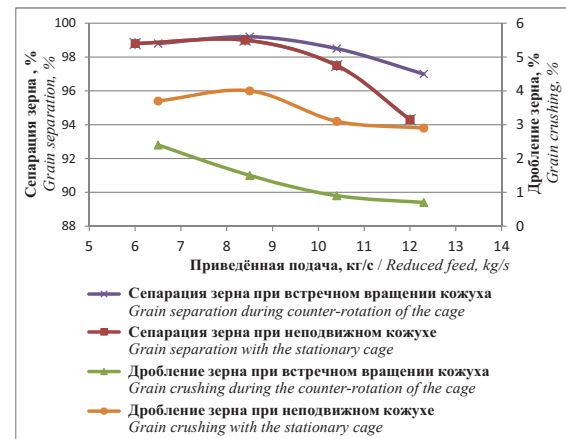
**Рис. 3. Изменение показателей сепарации зерна и потерь зерна в соломе в зависимости от частоты и направления вращения кожуха молотильно-сепарирующей части**

**Fig. 3. Change in grain separation and losses in the straw mass flow depending on the speed and rotation direction of the threshing-and-separating unit cage**

Исследования аксиально-роторного соломоотделителя (часть С) проводились на пшенице «Северодонская» с влажностью зерна 10,1%, влажностью соломы 12,5% и соотношением массы зерна к массе соломы 1:1,6...1,8 [11]. Были выполнены следующие регулировки: частота вращения ротора – 1000 мин<sup>-1</sup>; частота вращения кожуха – 48 мин<sup>-1</sup>; зазор между планками ротора и решеткой кожуха – 50 мм; угол наклона винтовых направителей – 68°. Подача стеблевой массы в соломоотделитель (часть С) обеспечивалась от молотильно-сепарирующей части В и варьировалась от 6,1 до 12,3 кг/с.

На рисунке 4 представлены графики, отражающие изменение показателей сепарации и дробления зерна за соломоотделителем в зависимости от приведённой подачи стеблевой массы. Показатель сепарации зерна при изменении

подачи от 6,1 до 12,3 кг/с снизился на 4,6% при неподвижном кожухе, а при встречном вращении кожуха соломоотделителя с ротором показатель сепарации снизился только на 1,8%. Наблюдалось значительное снижение показателя дробления зерна в пределах соломоотделителя с ростом приведенной подачи. При изменении подачи от 6,1 до 12,3 кг/с дробление зерна при встречном вращении кожуха снизилось в 1,6...4,2 раза по сравнению с дроблением зерна при неподвижном кожухе.



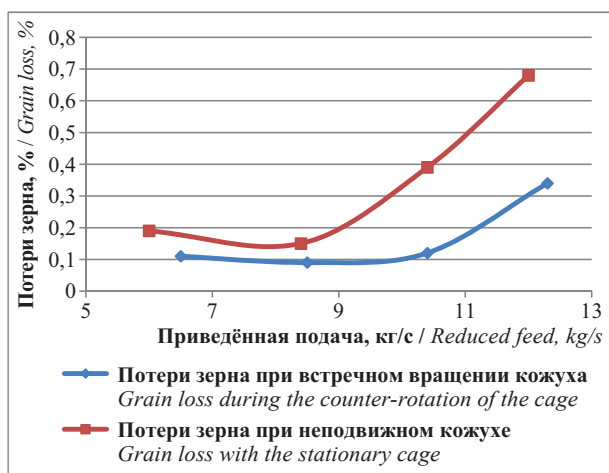
**Рис. 4. Изменение показателей сепарации и дробления зерна за соломоотделителем в зависимости от приведённой подачи стеблевой массы**

**Fig. 4. Change in grain separation and the crushing rate in the straw mass flow behind the straw separating mechanism depending on the set feed rates of grain mass**

Экспериментально установлено, что вращение кожуха с частотой 30...60 мин<sup>-1</sup> навстречу ротору увеличивает среднюю абсолютную скорость движения потока вороха в соломоотделителе на 1,2...2,5 м/с по сравнению с неподвижным кожухом. При этом число ударов планок ротора по элементу вороха уменьшается в 1,15...1,3 раза, что приводит к снижению показателя дробления в 1,6...4,0 раза. Несмотря на снижение числа ударов, наблюдается уменьшение потерь свободного зерна в соломе. Встречное вращение кожуха улучшает условия протекания процесса сепарации в устройстве за счет увеличения скорости движения потока. Процесс осуществляется более ровно и надежно, уменьшается количество перебитой соломы в рабочем пространстве соломоотделителя, что повышает вероятность прохождения зерна через слой массы. Потери зерна соломоотделителем при встречном вращении кожуха с ротором значительно ниже, чем при неподвижном кожухе (рис. 5).

При неподвижном кожухе увеличение подачи от 6,1 до 12,0 кг/с привело к росту потерь зерна с 0,19 до 0,67%, а при встречном вращении кожуха и ротора увеличение подачи от 6,5 до 12,3 кг/с привело к значительно меньшим потерям: с 0,1 до 0,33%. На режиме работы при встречном вращении кожуха с ротором потери свободным зерном в соломе в 2 раза ниже, чем при неподвижном кожухе. Следовательно, наилучшие результаты для данных условий работы аксиально-роторного МСУ получены при попутном вращении ротора и кожухов приёмной камеры (часть А) и молотильно-сепарирующей части В, а также при встречном вращении ротора и кожуха соломоотделителя (часть С). Однако, такая регулировка невозможна, если все части кожуха объединены в один блок.





**Рис. 5. Изменение потерь свободного зерна за соломоотделителем в зависимости от приведённой подачи стеблевой массы**

**Fig. 5. Change in threshed grain losses behind the straw separating mechanism depending on the set feed rates of grain mass**

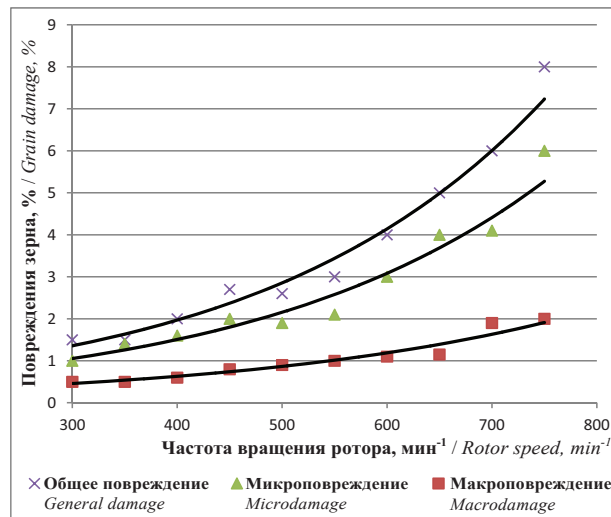
При исследовании аксиально-роторного зерноуборочно-го комбайна РСМ-181 «Торум» на уборке люпино-злаковых смешанных посевов оценивался показатель дробления зерна, так как свойства культур, входящих в эту смесь, сильно отличаются друг от друга [12]. Молотильно-сепарирующее устройство роторного зерноуборочного комбайна «Торум 740» включает в себя приёмную камеру со сплошным гладким кожухом, молотильно-сепарирующую, соломоотделительную и соломоотводную части с решетчатый кожухом. Угол охвата ротора решетчатой поверхностью кожуха в молотильно-сепарирующей и соломоотделительной частях составляет 360°. Части кожуха ротора с решетчатой поверхностью объединены в один блок и вращаются с частотой 8 мин<sup>-1</sup> как в попутном, так и во встречном направлениях с ротором. Диаметр ротора составляет 762 мм, длина – 3200 мм. На рисунке 6 представлены графики, выражающие изменение показателя дробления зерна от частоты вращения ротора.

Установлено, что в приемной части А обмолачивается до 95% зерна. Если в этой части не предусмотрена сепарация зерна по причине сплошного кожуха, то обмолоченное зерно поступает в молотильно-сепарирующую часть В, где повторно подвергается обмолоту. Следовательно, высокий показатель дробления зерна (8%) вызван несовершенством конструкции молотилки.

При уборке смешанных посевов (люпин и тритикале) необходимо создать условия быстрого обмолота и сепарации семян люпина, так как они легко обмолачиваются и повреждаются. Для этого следует установить попутное вращение решетчатого кожуха приемной части А с ротором, что позволит снизить скорость потока стеблей, уменьшить

толщину слоя стеблевой массы, увеличивая площадь сепарации в этой части молотилки.

Тритикале в сравнении с люпином является труднообмолачиваемой культурой. Условия обмолота тритикале должны быть более жесткими. Встречное вращение молотильно-сепарирующей части В и соломоотделительной части С кожуха с ротором позволит решить эту задачу.



**Рис. 6. Изменение повреждения зерна в зависимости от частоты вращения ротора, мин<sup>-1</sup> (зазор между ротором и декой – 35 мм)**

**Fig. 6. Change in grain crushing depending on the rotor speed, min<sup>-1</sup>, (at the gap between the rotor and the deck of 35 mm)**

**Выводы**

1. Независимое вращение частей кожуха позволяет подобрать нужный режим работы частей молотилки для конкретных условий уборки путем варьирования встречного, попутного вращения и неподвижного состояния разных частей кожуха и таким образом добиться более интенсивной работы молотильно-сепарирующего устройства.

2. Независимое вращение частей кожуха, а именно попутное вращение ротора и кожуха приемной камеры, привело к повышению сепарации на 46% в сравнении со встречным вращением и неподвижным кожухом. Попутное вращение ротора и кожуха молотильно-сепарирующей части позволило повысить сепарацию до 95,8%, а потери зерна снизить в 1,7 раза в сравнении со встречным вращением кожуха. Встречное вращение ротора и кожуха соломосепарирующей части обеспечило снижение дробления зерна в 3 раза, а потери – в 2 раза в сравнении с неподвижным кожухом в условиях проведения исследований.

3. Усовершенствованное устройство делает возможным дополнительное регулирование аксиально-роторной молотилки для обеспечения независимого вращения частей кожуха.

**Библиографический список**

1. Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2008. 815 с. EDN: QKZZBR
2. Бердышев В.Е. Методология совершенствования рабочих органов зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2012. № 8. С. 32-34. EDN: PEUNVB
3. Бердышев В.Е., Ломакин С.Г., Шевцов А.В. Влияние типа дек на качество работы аксиально-роторной молотильно-сепарирующей

**References**

1. Klenin N.I., Kiselev S.N., Levshin A.G., Sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Agricultural machinery]. Moscow, Kolos S, 2008. 816 p. (In Rus.)
2. Berdyshev V.E. Metodologiya sovershenstvovaniya rabochikh organov zernouborochnykh kombaynov [Methodology for improving the working tools of combine harvesters]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*, 2012; 8: 32-34. (In Rus.)
3. Berdyshev V.E., Lomakin S.G., Shevtsov A.V. Vliyaniye tipa dek na kachestvo raboty aksial'no-rotornoy molotil'no-separiruyushchey

системы // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 1 (65). 2015. С. 20-24. EDN: TYJHQT

4. Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство: патент РФ № 165246 U1, МПК А01F 7/06 / В.И. Пляка, Б.А. Бицоев, А.А. Золотов, А.И. Панов (РФ); заяв. № 2016114675/13, 15.04.2016; опубл. 10.10.2016. Бюл. № 28. 7 с. EDN: XHPWPQ

5. Пляка В.И. Регулировки молотильно-сепарирующего устройства роторного типа // Доклады ТСХА. 2019. Вып. 291. Ч. 2. С. 415-417. EDN: JMCVQB

6. Пляка В.И. Совершенствование аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства // Сборник статей по итогам II Международной научно-практической конференции «Горячкинские чтения», посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина. М., 2019. С. 32-34. EDN: CYELLJ

7. Пляка В.И. Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство // Аграрная наука в условиях модернизации инновационного развития АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. 2017. Т. 3. С. 159-161. EDN: YRBCRD

8. Шрейдер Ю.М. Повышение эффективности зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторными молотильно-сепарирующими устройствами // Техника и оборудование для села. 2015. № 2. С. 16-19. EDN: TIMNLV

9. Шрейдер Ю.М. Интенсификация технологического процесса в аксиально-роторных молотильно-сепарирующих системах // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина. М., 2013. С. 18-19. EDN: TZRLMF

10. Бердышев В.Е. Оптимизация конструктивных и технологических параметров аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3 (19). С. 114-117. EDN: PCQMVD

11. Бердышев В.Е., Ломакин С.Г., Солдатенков В.В. Движение хлебной массы в молотильном пространстве аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 2(72). С. 7-11. EDN: VSCLNB

12. Алдошин Н.В., Бердышев В.Е., Малла Б. Обоснование режимов работы аксиально-роторных зерноуборочных комбайнов на уборке смешанных посевов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 3 (91). С. 17-22. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-3-17-22>

#### Критерии авторства

Пляка В.И., Алдошин Н.В., Панов А.И., Сергеева Н.А. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели эксперимент и подготовили рукопись. Пляка В.И., Алдошин Н.В., Панов А.И., Сергеева Н.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 14.03.2022

Одобрена после рецензирования 23.05.2022

Принята к публикации 24.05.2022

systemy [Influence of the type of decks on the quality of the axial-flow threshing-and-separating unit]. *Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University*, 2015; 1(65): 20-24. (In Rus.)

4. Plyaka V.I., Bitsoev B.A., Zolotov A.A., Panov A.I. Aksial'no-rotornoe molotil'no-separiruyushchee ustroystvo [Axial-flow threshing-and-separating unit]: RF patent No. 165246 U1, IPC A01F 7/06 (RF), No. 2016114675/13, 2016. (In Rus.)

5. Plyaka V.I. Regulirovki molotil'no-separiruyushchego ustroystva rotornogo tipa [Adjustments of the rotor-type threshing-and-separating unit]. *Doklady TSKHA*, 2019; 291(2): 415-417. (In Rus.)

6. Plyaka V.I. Sovershenstvovanie aksial'no-rotornogo molotil'no-separiruyushchego ustroystva [Improving the axial-flow threshing-and-separating unit]. *Sbornik statey po itogam II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Goryachkinskie Chteniya", posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.P. Goryachkina*. Moscow, 2019; 32-34. (In Rus.)

7. Plyaka V.I. Aksial'no-rotornoe molotil'no-separiruyushchee ustroystvo [Axial-flow threshing-and-separating unit]. *Agrarnaya nauka v usloviyakh modernizatsii innovatsionnogo razvitiya APK Rossii. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 100-letiyu akademika D.K. Belyaeva*, 2017(3); 159-161. (In Rus.)

8. Shreyder Yu.M. Povyshenie effektivnosti zernouborochnykh kombaynov s aksial'no-rotornymi molotil'no-separiruyushchimi ustroystvami [Improving of the efficiency of grain combine harvesters with an axial-flow threshing-and-separating unit]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2015; 2(212): 16-19. (In Rus.)

9. Schreider Yu.M. Intensifikatsiya tekhnologicheskogo protsesssa v aksial'no-rotornymi molotil'no-separiruyushchikh sistemakh [Intensification of the technological process in axial-rotary threshing systems]. *Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki V.P. Goryachkina*. M., 2013: 18-19. (In Rus.)

10. Berdyshchey V.E. Optimizatsiya konstruktivnykh i tekhnologicheskikh parametrov aksial'no-rotornoy molotil'no-separiruyushchey sistemy [Optimizing the design and technological parameters of the axial-rotary threshing-separating system]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2012; 3(19): 114-117. (In Rus.)

11. Berdyshchey V.E., Lomakin S.G., Soldatenkov V.V. Dvizhenie khlebnoy massy v molotil'nom prostranstve aksial'no-rotornogo molotil'no-separiruyushchego ustroystva [Grain mass flow in the threshing space of the axial-rotary threshing and separating unit]. *Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University*, 2016; 2(72): 7-11. (In Rus.)

12. Aldoshin N.V., Berdyshchey V.E., Malla B. Obosnovanie rezhimov raboty aksial'no-rotornykh zernouborochnykh kombaynov na uborke smeshannykh posevov [Rationale for operating modes of axial-flow grain combine harvesters for harvesting mixed crops]. *Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University*, 2019; 3(91): 17-22. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-3-17-22> (In Rus.)

#### Contribution

V.I. Plyaka, N.V. Aldoshin, A.I. Panov, N.A. Sergeeva performed theoretical studies and, based on the results obtained, conducted the experiment and wrote the manuscript. V.I. Plyaka, N.V. Aldoshin, A.I. Panov, N.A. Sergeeva have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

#### Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The article was received 14.03.2022

Approved after reviewing 23.05.2022

Accepted for publication 24.05.2022