

Научная статья

УДК 631.354.024/.028

doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-107-111

Молотилки зерноуборочных комбайнов: проблемы и пути их решений

Анатолий Григорьевич Шуляков¹, Елена Михайловна Юдина²,
Андрей Дмитриевич Алаторцев², Сергей Михайлович Мацко²

¹ Федеральное научное центр риса

² Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина

Аннотация. В статье представлен анализ результатов испытаний отечественных и зарубежных комбайнов на уборке риса и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию молотилок для комбайнов. По результатам анализа основной проблемой молотилок прямооточного типа является их низкая производительность – до 13 т зерна за 1 час работы, а у роторных – высокое энергопотребление на процесс обмолота, превышающее более чем в 2 раза энергопотребление прямооточными молотилками. Это обстоятельство не позволяет использовать роторные комбайны на уборке риса прямым комбайнированием. Для рисоуборочных комбайнов с прямооточной молотилкой создан молотильный барабан блочно-модульной конструкции. Полнота и высокое качество обмолота достигается благодаря форме и расстановке молотильных элементов, осуществляющих тонкослойный процесс обмолота, при котором интенсифицируется процесс выделения свободного зерна через деку и происходит незначительное разрушение соломы. Последнее обстоятельство снижает нагрузку на систему очистки комбайна и уменьшает энергопотребление на процессе обмолота. Производительность комбайна с экспериментальным барабаном на уборке риса – 34 т/ч, в производственных условиях производительность увеличивается в 1,49 раза, удельный расход топлива снижается в 1,34 раза. Разработана принципиально новая аксиальная молотилка блочно-роторного типа, состоящая из двух параллельно расположенных внутри общего корпуса роторов. Разработана новая аспирационная система очистки, производящая разделение поступающего из-под деки на решето продукта обмолота на тяжёлую (зерновую) и лёгкую (соломистую) фракции, что совместно с двухсторонним воздействием воздушного потока на сепарирующий материал интенсифицирует процесс просеивания зерна через решето. Представлены конструктивно-технологические схемы аксиально-роторного комбайна с новой молотилкой блочно-роторного типа.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, молотильный барабан, аспирационная система, блочно-роторный тип, производительность, энергозатраты.

Для цитирования: Молотилки зерноуборочных комбайнов: проблемы и пути их решений / А.Г. Шуляков, Е.М. Юдина, А.Д. Алаторцев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 107–111. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-107-111

Original article

Combine harvester threshers: problems and solutions

Anatoly G. Shulyakov¹, Elena M. Yudina², Andrey D. Alatortsev², Sergey M. Matsko²,

¹ Federal Rice Research Center

² Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina

Abstract. The article presents an analysis of the results of tests of domestic and foreign combines for harvesting rice and research and development work on the creation of threshers for combines. According to the results of the analysis, the main problem of the direct-flow threshing machines is their low productivity – up to 13 tons of grain per 1 hour of operation, while the rotary ones have high energy consumption for the threshing process, which is more than 2 times higher than the energy consumption of the direct-flow threshing machines. This circumstance does not allow the use of rotary combines for harvesting rice by direct combining. A block-modular threshing drum was created for rice harvesters with a direct-flow thresher. The completeness and high quality of threshing is achieved due to the shape and arrangement of the threshing elements, which carry out a thin-layer threshing process, in which the process of free grain release through the deck is intensified and the straw is slightly destroyed. The latter circumstance reduces the load on the cleaning system of the combine and reduces the energy consumption during the threshing process. The productivity of the harvester with an experimental drum for harvesting rice is 34 t/h, under production conditions the productivity increases 1.49 times, the specific fuel consumption decreases 1.34 times. A fundamentally new axial thresher of block-rotor type has been developed, consisting of two rotors located in parallel inside a common housing. A new aspiration cleaning system has been developed, which separates the threshing product from under the sieve into heavy (grain) and light (straw) fractions, which, together with the two-sided effect of the air flow on the separating material, intensifies the process of sifting grain through the sieve. Structural and technological schemes of an axial-rotor combine with a new block-rotor thresher are presented.

Keywords: combine harvester, threshing drum, aspiration system, block-rotor type, productivity, energy consumption.

For citation: Combine harvester threshers: problems and solutions / A.G. Shulyakov, E.M. Yudina, A.D. Alatorsev et al. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 87 (1): С. 107–111. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-107-111.

Основой зерноуборочного комбайна является молотилка, состоящая из молотильного аппарата, производящего обмолот зерно-стеблевой массы (далее массы), и очистки, извлекающей зерно из продукта обмолота. Молотилки по конструктивно-технологическому признаку подразделяются на прямоточные и аксиально-роторные. Очистка молотилки – воздушно-решётного типа, содержащая колеблющийся решётный стан и аспирационную систему. Проблема обмолота – чрезвычайно большие энергозатраты на обмолот массы, превышающие более чем на два порядка энергозатраты на разрушение связи зерна со стеблем [1, 2].

Материал и методы. Энергетическая оценка работы прямоточных и роторных комбайнов проводилась на уборке риса [3]. В испытаниях участвовали комбайны с прямоточными молотилками – СКР-7 и Дон-1500Р и роторные – СК-10РВ и КТР-10РВ. При одинаковой номинальной производительности около 11 т/ч удельная мощность на выполнение процесса обмолота у роторных комбайнов в 2,3–2,9 раза больше, чем у прямоточных.

Одно из направлений модернизации молотильного аппарата – увеличение производительности и снижение энергоёмкости процесса обмолота. Основной здесь является разработка и применение технологии тонкослойного процесса обмолота ударно-протягивающим действием или воздействием и многократным повторением или цикличностью действия или воздействия на зерностеблевую массу. Кроме того, целесообразно применение многоцикличности процесса обмолота и сепарации продукта обмолота.

Материал и методы исследования отражены в протоколах испытаний и в отчётах по государственному контракту на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

У роторных комбайнов стебли скручиваются в жгуты, сдавливаются и перетираются, что при уборке риса прямым комбайнированием приводит к увлажнению и нагреву зерна. В связи с этим комбайны с однороторными молотилками на уборке риса прямым комбайнированием недопустимы. Возможности отечественных и зарубежных комбайнов определялись на уборке риса прямым и раздельным комбайнированием [4]. Результаты сравнительных испытаний комбайнов приведены в таблице 1.

В режиме раздельного комбайнирования наибольшая номинальная производительность у роторного комбайна Дон-2600Р – 21,0 т/ч. Это его возможно максимальная производительность, поскольку дальнейшее увеличение подачи приводило к нарушению процесса обмолота. Тем не менее достигнутая производительность роторного комбайна Дон-2600Р в 1,57 раза больше, чем у прямоточного Мега-208.

В режиме прямого комбайнирования наибольшая номинальная производительность – 12,8 т/ч – у комбайна Лаверда 2350 LX, а его удельная номинальная производительность – 9,7 т/ч·м, что в 1,3 раза больше, чем у комбайна Мега-208.

Пропускная способность комбайнов варьирует в пределах от 3,13 кг/с до 4,17 кг/с, что является чрезвычайно низким показателем для комбайнов, мощность двигателей которых составляет от 230 до 250 л. с.

1. Номинальная производительность рисоуборочных машин, т/ч

Рисоуборочная машина					
СКР-7 ПГ-02 «Кубань»	Дон-2600Р	Дон-1500БР	Мега-208	Лаверда 2350 LX	Н.-Х. ТС-56
Прямое комбайнирование					
8,5 (5,7)	–	–	12,0 (7,6)	12,8 (9,6)	7,4 (5,1)
8,6 (5,7)	–	–	–	–	–
7,7	–	–	8,4 (5,3)	9,0 (6,7)	5,9 (4,5)
5,3	–	–	9,1 (5,8)	10,9 (8,1)	6,9 (5,3)
7,5 (5,0)	–	–	9,8 (6,2)	10,9 (8,1)	6,7 (5,0)
Раздельное комбайнирование					
8,2	21,0	–	13,4 (8,9)	–	–
10,2 (6,8)	–	8,6	–	–	–
5,1	10,2	–	7,1	–	–
8,6	–	8,5	–	–	–
8,0 (5,4)	15,2	8,6 (5,7)	10,2 (6,5)	–	–

Примечание: в скобках – удельная номинальная производительность, отнесённая на 1 м ширины молотилки.

Результаты исследования. Анализ процесса обмолота рисостебельной массы известными молотильными аппаратами прямоточного типа, на поверхности барабанов которых расположены молотильные элементы – штифты, показал, что форма, размер и расстановка штифтов не является рациональными. Стремление повысить производительность комбайна за счёт увеличения размеров молотилки путём увеличения её ширины, диаметра барабана, количества молотильных барабанов и мощности двигателя к повышению производительности и эффективности работы комбайна не привели. Общий обмолот складывается из совокупности элементарных зон обмолота каждым молотильным органом (зубом). Ширина продольной зоны обмолота зубом является критерием для определения их количества в расстановке по образующей барабана, а их размер и количество по окружности – скоростью подачи массы и окружной скоростью вращения барабана. На основании проведённых исследований был разработан экспериментальный молотильный барабан, который был установлен на рисоуборочный комбайн с мощностью двигателя 165 л.с. При обмолоте валков риса номинальная производительность составляла 34 т/ч зерна, что соответствовало пропускной способности около 20 кг/с стебельной массы.

Производственными испытаниями опытного образца молотильного барабана блочно-модульного типа, смонтированного на комбайне СКР-7 «Кубань», на уборке риса с площади 105 га, намолочено 746,1 т зерна, израсходовано 3300 кг топлива. По сравнению с контрольным серийным комбайном номинальная производительность была больше в 1,49 раза, удельный расход топлива – меньше в 1,34 раза, повреждение зерна – меньше в 1,9 раза [5].

Положительными свойствами прямоточных и роторных молотилок является: у прямоточных – простота и менее энергозатратный процесс ввода массы на обмолот; в значительно меньшей степени разрушаются стебли; у роторных – полнота обмолота и сепарации вымолоченного зерна; меньше повреждение зерна; отсутствует соломотряс. Такими свойствами обладают молотилки блочно-роторного типа [6, 7].

Устройство содержит полый корпус с дырчатой декой и крышкой, подающее устройство и впускное окно (рис. 1). На внутренней поверхности крышки по винтовым линиям расположены транспортирующие рёбра. Внутри корпуса смонтированы два ротора с приёмно-подающей и молотильно-сепарирующей секциями. Совместно с корпусом секции образуют приёмно-подающую и молотильно-сепарирующие камеры с общим свободным пространством над роторами. Крышка корпуса размещена над секциями роторов. Впускное окно находится в нижней передней

части корпуса под приёмно-подающими секциями роторов. На данное устройство было получено положительное решение от 27.08.2009 г. на выдачу патента на изобретение по заявке № 2008106377/12 и опубликовано в официальном бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам «Изобретения. Полезные модели» № 24, 2009 г.

Устройство работает следующим образом. Стебельная масса битером, расположенным под впускным окном корпуса, вводится в приёмно-подающую камеру, где под воздействием лопастей роторов частично обмолачивается и выбрасывается в свободное пространство молотильно-сепарирующей камеры. При взаимодействии с первым ротором происходит сепарация вымолоченного зерна из массы и подача её ко второму ротору. Благодаря тому, что окружная скорость второго ротора больше, чем первого, происходит интенсивный обмолот массы путём ударно-протягивающего воздействия. После выхода массы из-под молотильного ротора она подаётся снова на рёбра и смещается в осевом направлении с последующим повторением процесса обмолота.

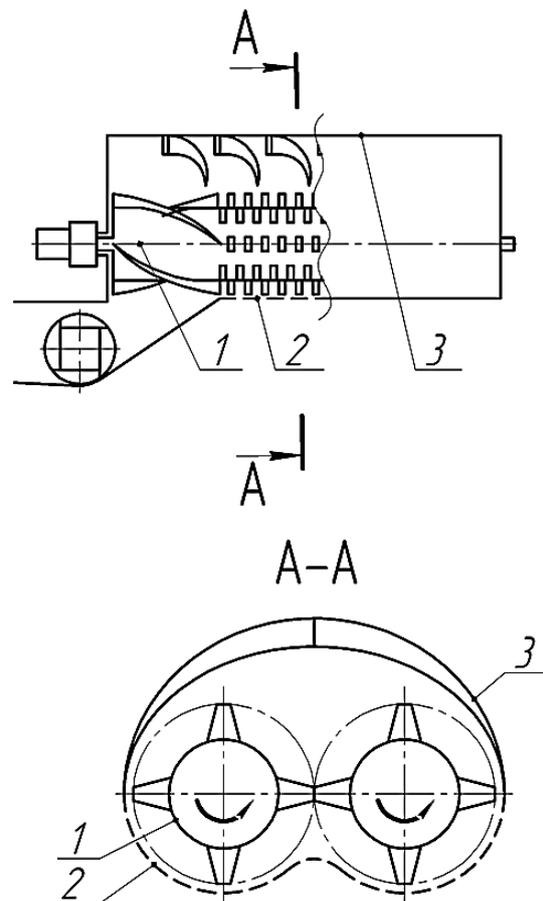


Рис. 1 – Схема молотильного аппарата блочно-роторного типа:
1 – ротор, 2 – дека, 3 – корпус

Эффективность работы молотилки бочно-роторного типа определялась на лабораторной установке. Длина роторов – 1500 мм. Мощность привода – 10 кВт.

Показатели работы бочно-роторной молотилки: фактическая подача – до 4,1 кг/с; номинальная производительность – 7,5 т/ч.

Производительность молотилки определяется согласованной производительностью молотильного аппарата и очистки. В результате вибрации вороха и проникающего действия воздушного потока осуществляется его разрыхление и зерно, как наиболее тяжёлая фракция, опускается на поверхность решета и просеивается. Мелкая и лёгкая солоmistая примесь удаляется воздушным потоком из-под решета, а крупная идёт сходом.

Конструктивная схема комбайна с молотилкой бочно-роторного типа показана на рисунке 2. Комбайн содержит молотильный аппарат (рис. 1), включающий два вращающихся в одном направлении и с разными скоростями ротора, очистку с двойной аспирационной системой и решётный стан, соломоизмельчитель. Таким образом, проблемы увеличения производительности молотилки комбайна и снижения энергозатрат на процесс обмолота стеблевой массы решаются путём оснащения зерноуборочных комбайнов молотилками бочно-роторного типа.

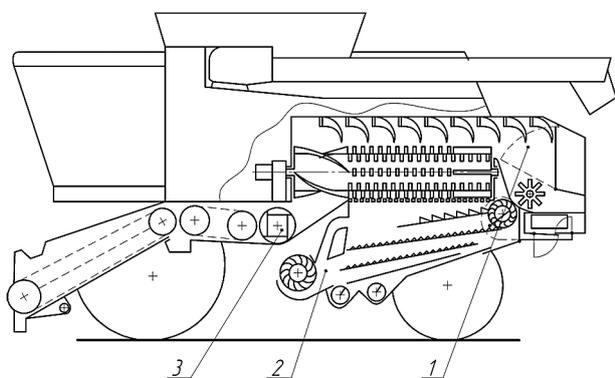


Рис. 2 – Конструктивная схема зерноуборочного комбайна с бочно-роторной молотилкой: 1 – молотильный аппарат, 2 – система очистки, 3 – бите́р

Выводы. Проблема увеличения производительности очистки решается путём продувания поступающего из-под деки на решето (или транспортёр) вороха. Зерно, как наиболее тяжё-

лая фракция, распределяется в начале решета и, обладая большой сыпучестью, интенсивно просеивается независимо от толщины его слоя, а солоmistая примесь относится в конец решета или удаляется из очистки [8]. Следовательно, проблема увеличения производительности очистки решается путём новой технологии сепарации вороха – продукт обмолота подаётся на решето с предварительно перераспределённой концентрацией компонентов вороха по длине решета.

Таким образом, для прямоточных молотилок увеличение производительности молотильного аппарата достигается путём осуществления тонкослойного процесса обмолота ударно-протягивающим действием молотильного барабана, оснащённого соответствующим количеством и расстановкой молотильных органов. Для роторных молотилок снижение удельных энергозатрат на процесс обмолота достигается путём применения новой конструкции молотильного аппарата бочно-роторного типа и увеличения производительности очистки за счёт применения новой аспирационной системы.

Литература

1. Concept Of Creating Energy-Resource-Saving Technologies For Harvesting Grain With Multifunctional Aggregates / G.G. Maslov, E.I. Trubilin, E.M. Yudina, N.A. Rinas // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Т. 9. № 4. С. 623–630.
2. Юдина Е.М. Техническое переоснащение парка уборочной техники сельскохозяйственных организаций Краснодарского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 100–103.
3. Протокол испытаний рисоуборочных комбайнов СКР-7 «Кубань», ДОН-1500Р, СК-10РВ, КТР-10РВ; протокол № 07-62-73. Новокубанск, 1988.
4. Протокол испытаний рисоуборочных комбайнов СКР-7 «Кубань», ДОН-2600Р, ДОН-1500БР, Мера-208(ФРГ), Лаверда 2350 LX (Италия), Н.-Х. ТС-56 (США), СК-10РВ, КТР-10РВ; протокол № 07-68-69-70-71-72-73. Новокубанск, 2003.
5. Шуляков А.Г. Отчёт по государственному контракту на выполнение НИОКР. 2007. № 4.1.4/28.
6. Пат. РФ № RU 2363140 С1 Молотильно-сепарирующее устройство / Погорелова М.А., Юдина Е.М.; опубл. 10.08.2009. Заявл. 21.01.2008. № 2008102187/12.
7. Авт. свидет. № 605578 Аксиальное молотильно-сепарирующее устройство / Шуляков А.Г., 1980.
8. Авт. свидет. № 1817994 Очистка комбайна / Шуляков А.Г., 1993.

Анатолий Григорьевич Шуляков, кандидат технических наук, доцент. ФГБНУ «Федеральный научный центр риса». Россия, 350921, Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, пос. Белозёрный, 3, arrri_kub@mail.ru

Елена Михайловна Юдина, кандидат технических наук, доцент. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, elena_yudina1963@mail.ru

Андрей Дмитриевич Алаторцев, соискатель. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Mestniy555@yandex.ru

Сергей Михайлович Мацко, соискатель. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, sergejmatsko1998@yandex.ru

Shulyakov A. Grigor'yevich, Candidate of Technical Sciences. Federal Scientific Center for Rice. 3, Belozerny village, Krasnodar, Krasnodar Territory, 350921, Russia, arri_kub@mail.ru

Elena M. Yudina, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor. Kuban State Agrarian University. 13, St. Kalinin, Krasnodar, 350044, Russia, elena_yudina1963@mail.ru

Andrey D. Alatortsev, research worker. Kuban State Agrarian University. 13, St. Kalinin, Krasnodar, 350044, Russia, Mestniy555@yandex.ru

Sergei M. Matsko, research worker. Kuban State Agrarian University. 13, St. Kalinin, Krasnodar, 350044, Russia, sergejmatsko1998@yandex.ru

