

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Научная статья

УДК 631.358

doi: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-226-239

Совершенствование конструкции режущего аппарата жатки

Алексей Иванович Ряднов¹, Ренат Вильевич Шарипов²,

Вадим Алексеевич Бариль³

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,

Российская Федерация

^{1,2}alex.rjadnov@mail.ru

³vbaril@yandex.ru

Аннотация. Цель: обоснование конструкции режущего аппарата жатки, обеспечивающего высокие показатели его ремонтпригодности и качества уборки сорго. **Материалы и методы:** использованы материалы научных работ по исследованиям режущих аппаратов жаток зерно- и кормоуборочных комбайнов. В уборочный сезон 2020 г. проведен хронометраж работы соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов, на уборке зернового сорго сорта Премьера, на основе которого определена трудоемкость восстановления деталей и узлов усовершенствованного режущего аппарата, дана оценка качества среза растений и потерь зерна. **Результаты.** Даны основные требования к конструкции режущего аппарата жатки: обеспечивать высокое качество среза растений различных культур и сортов сельскохозяйственных культур; иметь низкую энергоемкость, высокую надежность конструкции в широком диапазоне условий эксплуатации, высокие показатели технологичности; быть компактным и безопасным в обслуживании. Предложена конструкция режущего аппарата жатки, который содержит нож в виде цепного контура с сегментами, привод ножа, датчик, блок контроля, сигнализирующее устройство, привод со щеткой, при этом дополнительно подключены к входу блока контроля последовательно датчик скорости жатки и аналого-цифровой преобразователь, а к выходу – блок регулирования, функционально связанный с приводом цепного контура. При отказах сегментов в блок контроля поступает сигнал, соответствующий времени прохождения датчиком расстояния, равного шагу установки сегментов на цепном контуре $t_{\text{факт}}$. Блок контроля сравнивает $t_{\text{факт}}$ с заданным t_0 . Если $t_{\text{факт}} > t_0$, то частота вращения вала привода увеличивается до момента, когда $t_{\text{факт}} = t_0$. Линейная скорость сегментов сохраняется на достигнутом уровне. При поступлении сигнала в блок контроля, соответствующего времени $t_{\text{факт}} < t_{\text{min}}$, подается сигнал блоку регулирования на выключение привода цепного контура. Экспериментальные исследования соргоуборочного комбайна показали, что средняя трудоемкость восстановления усовершенствованного режущего аппарата в 2,2 раза меньше, чем сегментно-пальцевого. Кроме того, установлено, что режущий аппарат жатки предложенной конструкции позволяет скашивать веничное и зерновое сорго на заданной высоте среза с высоким качеством при отказах до трех рядом расположенных сегментов. **Вывод:** предложена новая конструкция режущего аппарата жатки с бесконечным ножевым контуром, датчиками отказов сегментов и скорости жатки, блоком контроля, сигнализирующим устройством, аналого-цифровым преобразователем и блоком регулирования, обладающая возможностью автоматического регулирования линейной скорости сегментов цепного контура при отказах одного или нескольких сегментов с обеспечением качества среза растений, определяемого агротехническими требованиями.

Ключевые слова: режущий аппарат жатки, бесконечный ножевой контур, требования к конструкции режущего аппарата, отказ сегмента, соргоуборочный комбайн



TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Original article

Improvement of a header cutterbar design

Aleksey I. Ryadnov¹, Renat V. Sharipov², Vadim A. Baril³

Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russian Federation

^{1, 2}alex.rjadnov@mail.ru

³vbaril@yandex.ru

Abstract. Purpose: substantiation of the design of the cutterbar of the header, providing high indicators of its maintainability and quality of sorghum harvesting. **Materials and methods:** scientific works on research of cutting devices of headers for grain and forage harvesters were used. In the 2020 harvesting season, the timing of the operation of a sorghum harvester equipped with a segment-finger cutter with an endless knife contour and a segment failure control device was carried out for harvesting grain sorghum of the Premierra variety, on the basis of which the laboriousness of restoring parts and assemblies was determined of the improved cutterbar, an assessment of the quality of plants cutting and grain losses is given. **Results.** The basic requirements for the design of the cutterbar of the header are given: to ensure high quality of plants cutting of various crops and varieties of agricultural crops; to have low energy consumption, high reliability of the structure in a wide range of operating conditions and high technological performance; to be compact and safe to maintain. The design of the cutting device of the header is proposed, which contains a knife in the form of a chain circuit with segments, a knife drive, a sensor, a control unit, a signaling device, a drive with a brush, while the header speed sensor and an analog-to-digital converter are additionally connected to the input of the control unit, and to the output - a control unit, functionally connected to the chain circuit drive. In the event of segment failures, the control unit receives a signal corresponding to the time the sensor travels a distance equal to the segment setting step on the chain loop $t_{fact.}$. The control unit compares $t_{fact.}$ with a given t_0 . If $t_{fact.} > t_0$, then the frequency of rotation of the drive shaft increases until the moment when $t_{fact.} = t_0$. The linear speed of the segments is maintained at the achieved level. When a signal arrives at the control unit corresponding to the time $t_{fact.} < t_{min}$, a signal is sent to the control unit to turn off the drive of the chain loop. Experimental studies of a sorghum harvester have shown that the average labor intensity of restoring an improved cutting device is 2.2 times less than that of a segment-finger one. In addition, it was found that the cutting edge of the header of the proposed design allows mowing broom and grain sorghum at a given cutting height with high quality in case of failure of up to three adjacent segments. **Conclusion:** a new design of the cutterbar of the header with an endless knife contour, sensors for segment failures and header speed, a control unit, a signaling device, an analog-to-digital converter and a control unit has been proposed, which has the ability to automatically regulate the linear speed of the segments of the ensuring the quality of the cut of plants, determined by agrotechnical requirements.

Keywords: cutterbar of the header, endless knife contour, requirements for the design of the cutterbar, segment failure, sorghum harvester

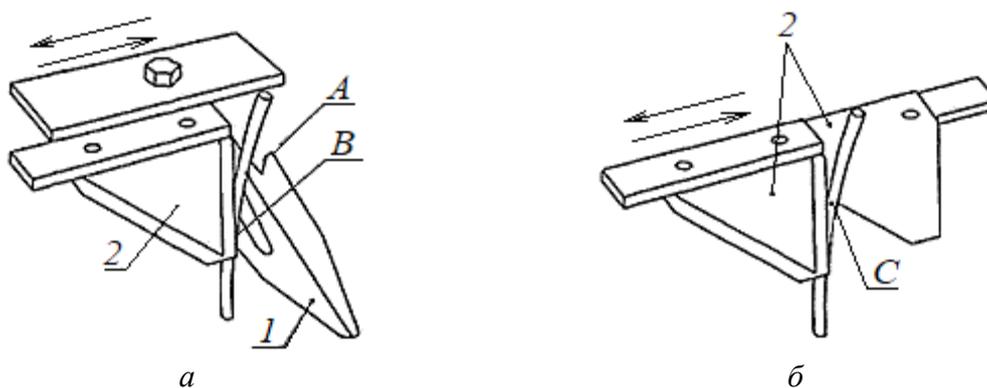
Введение. В Российской Федерации производство веничного и сахарного сорго с каждым годом растет. Важнейшим требованием при уборке, например, веничного сорго является необходимость сохранения стеблей с метелкой с минимальным содержанием зерновок в метелке и мини-

мальными потерями зерна. Серийные зерноуборочные комбайны не справляются с этой задачей. В связи с этим возникает необходимость в разработке специальной уборочной техники.

При разработке соргоуборочного комбайна выявлено, что выполнение указанного выше требования к уборке сорго во многом определяется конструкцией режущего аппарата жатки.

В настоящее время для скашивания сельскохозяйственных культур применяются жатки, оборудованные режущими аппаратами, в которых используется подпорный или бесподпорный принцип резания стеблей растений [1].

Режущие аппараты подпорного резания конструктивно разделяются на сегментно-пальцевые (рисунок 1а) и беспальцевые (рисунок 1б).



1 – палец; 2 – сегмент; А – поверхность верхняя;
В – поверхность нижняя; С – стебель растения

Рисунок 1 – Режущие аппараты подпорного резания

Сегментно-пальцевые режущие аппараты подразделяются на четыре типа: нормального резания с одинарным и двойным пробегом ножа, низкого и среднего резания.

В работе Н. В. Алдошина, А. А. Золотова, Н. А. Лылина [2] представлен анализ конструктивных особенностей сегментно-пальцевых режущих аппаратов. В частности, отмечено, что по сравнению с роторными режущими аппаратами сегментно-пальцевые менее энергоемки. Но при этом имеют существенный недостаток: из-за возвратно-поступательного движения но-

жа при работе режущего аппарата возникают знакопеременные инерционные усилия [3].

Беспальцевый режущий аппарат чаще всего применяется при уборке полеглых и спутанных растений.

Существует одноножевой и двуножевой беспальцевые режущие аппараты.

Бесподпорный принцип резания основан на использовании удара по стеблю режущим элементом рабочего органа с высокой скоростью. Данный принцип используется в жатках с роторными режущими аппаратами, а также шнековых [4].

В работе И. С. Труфляк [5], помимо перечисленных режущих аппаратов, предлагается конструкция режущего аппарата, включающего конструктивные элементы сегментных и ротационных аппаратов. В предлагаемом режущем аппарате шнек является режущим элементом. К противорежущим элементам аппарата отнесены вырезы в корпусе, пластины и сегменты.

Анализ конструкций современных уборочных машин отечественного и зарубежного производства показал, что сегментно-пальцевый режущий аппарат нормального резания с одинарным пробегом ножа чаще всего применяется. Преимущественное применение такого режущего аппарата, в котором используется подпорный принцип резания, связано с достаточно высоким качеством среза стеблей растений и малой энергоемкостью работы по сравнению с аппаратами бесподпорного среза.

Однако во время работы сегментно-пальцевых режущих аппаратов нормального резания с одинарным пробегом ножа, применяемых в настоящее время на соргоуборочных комбайнах, возникает большое количество отказов, что влечет простои уборочных машин на время восстановления их работоспособного состояния и существенные потери урожая в виде нескошенных растений. Поэтому решение проблемы повышения ремонтно-

пригодности режущего аппарата соргоуборочного комбайна и качества его работы является актуальным в настоящее время.

Цель работы – предложить конструкцию режущего аппарата жатки, обеспечивающего высокие показатели его ремонтпригодности и качества уборки сорго.

Материалы и методы. В настоящем исследовании использованы материалы научных работ по изучению режущих аппаратов жаток, в т. ч. зерно- и кормоуборочных комбайнов. Особое внимание уделено конструкциям режущих аппаратов жаток с бесконечным ножевым контуром.

В уборочный сезон 2020 г. проведен хронометраж работы соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов, на уборке зернового сорго сорта Премьера, на основе которого определена трудоемкость восстановления деталей и узлов усовершенствованного режущего аппарата, дана оценка качества среза растений и потерь зерна.

Результаты и обсуждение. Для решения проблемы снижения простоев уборочных машин, связанных с восстановлением их работоспособного состояния, а также снижения потерь урожая используются, в частности, режущие аппараты с ножевым контуром. Они отличаются от сегментно-пальцевых и беспальцевых режущих аппаратов наличием ножа в виде замкнутого контура, который может быть представлен цепью или ремнем.

Так, например, авторами патента на полезную модель РФ № 131938 [6] предложен режущий аппарат бесподпорного среза с бесконечным тяговым элементом с закрепленными на нем режущими элементами.

К режущим аппаратам данной группы предъявляются требования, определяемые в основном группой убираемой культуры (толстостебельные или тонкостебельные).

В работе М. М. Константинова, А. П. Ловчикова, П. С. Минина,

П. А. Косова [7] предложен режущий аппарат жатки, работающий по принципу бесподпорного среза стеблей, рабочие органы которого совершают движение в одном направлении. Показано, что такая конструкция режущего аппарата позволяет существенно повысить скорость среза и скорость движения уборочного агрегата, а следовательно, увеличить производительность агрегата.

Качество среза растений режущим аппаратом жатки зависит от множества факторов. S. K. Patel, B. P. Varshney [8] к основным факторам относят рабочую скорость жатки и влажность стеблей растений. Однако другие ученые выделяют также физико-механические свойства, некоторые особенности строения и диаметр стеблей растений, скорость рабочих органов режущего аппарата и др.

Ранее проведенные нами экспериментальные исследования показали, что одним из наиболее распространенных отказов и неисправностей является отказ сегмента. Этот отказ вызывает нарушение технологического процесса скашивания стеблей сельскохозяйственных культур.

Устранение этого отказа требует полной остановки комбайна, что приводит к снижению производительности комбайна.

Снижение производительности из-за поломки ножевых сегментов рассматривается, в частности, в работе А. С. Фаронова, А. И. Ряднова, О. А. Федоровой [9].

В работе А. И. Ряднова, Р. В. Шарипова, А. С. Фаронова, П. А. Коваленко [10] предложена конструкция режущего устройства жатки с модернизированным ножевым контуром. Модернизация заключалась, в частности, в использовании устройства контроля отказов сегментов.

Определено, что разработанный режущий аппарат качественно скашивает веничное сорго при отказах до трех рядом расположенных сегментов.

Количество сломанных сегментов определялось с помощью датчика. Предполагалось, что и скорость сегментов считывается тем же датчиком.

В экспериментальной конструкции жатки наибольшее количество сломанных подряд сегментов и заданная контроллером скорость сегментов отображается на панели управления комбайна.

Изменение скорости сегментов режущего устройства в опытной конструкции обеспечивалось многоступенчатым редуктором привода экспериментальной жатки. В ходе экспериментов определены оптимальные скоростные параметры режущих сегментов. Лабораторные исследования показали необходимость изготовления устройства управления приводом жатки в едином блоке, который мог бы выполнять следующие функции.

Первая функция блока управления заключается в автоматическом отслеживании количества подряд сломанных сегментов с индикацией на панели приборов комбайна.

Вторая функция заключается в корректировке скорости движения сегментов жатки.

Третья функция. С каждым сегментом, сломанным подряд, скорректированная скорость режущего устройства значительно повышается, и может наблюдаться превышение максимально допустимой скорости. Следовательно, должна обеспечиваться защита от чрезмерного корректирования в сторону увеличения скорости сегментов.

При срабатывании такой защитной функции блока управления подается звуковой и световой сигнал. Оператор остановит комбайн, выполнив требования безопасности, заменит сломанные сегменты. Трудоемкость одновременной замены нескольких сегментов меньше за счет уменьшения количества подготовительно-заключительных операций относительно замены сегментов по одному по мере выхода их из строя.

Блок управления может принимать сигнал об отказе сегмента, например, от индуктивного датчика.

Блок управления жаткой может включать в себя и резервные функции контроля и управления другими технологическими устройствами комбайна.

Скорость движения сегментов можно регулировать с помощью, например, электродвигателя, работающего совместно с преобразователем частоты тока, или гидромотора с электроуправляемым дросселем, роботизированной коробки передач, электромеханического вариатора и т. п.

Применение усовершенствованной конструкции жатки соргоуборочного комбайна позволяет сократить затраты труда и времени на устранение поломок режущего аппарата, уменьшить вероятность более серьезных поломок и в конечном счете повысить надежность и производительность комбайна.

На основе анализа научно-исследовательских работ по особенностям работы существующих конструкций режущих аппаратов жаток определены основные требования к конструкциям разрабатываемых режущих аппаратов.

Режущий аппарат жатки новой конструкции должен:

- обеспечивать высокое качество среза растений различных культур и сортов сельскохозяйственных культур;
- иметь низкую энергоемкость;
- иметь высокую надежность конструкции в широком диапазоне условий эксплуатации;
- иметь высокие показатели технологичности;
- быть компактным и безопасным в обслуживании.

С учетом представленных выше требований была разработана новая конструкция режущего аппарата жатки [11], схема и основные конструктивные элементы которого представлены на рисунке 2. Фото ножа режущего аппарата приведены на рисунке 3.

Режущий аппарат жатки работает следующим образом.

Привод 4 ножа 1 приводит в движение цепной контур 2, при этом сегменты 3 скашивают растения, подаваемые к режущему аппарату. Сегменты 3 перемещаются под датчиком 5. При отсутствии отказов сегмен-

тов 3 датчик 5 формирует сигнал с равномерными по частоте и амплитуде всплесками напряжения. В этом случае время прохождения датчиком 5 расстояния S (шаг установки сегментов 3 на цепном контуре) соответствует времени $t_0 \pm \Delta t$. Блок контроля 6 не подает сигнал блоку регулирования 12 на изменение частоты вращения вала привода 4 ножа 1. Линейная скорость сегментов 3 не изменяется и равна расчетной скорости V_{p0} .

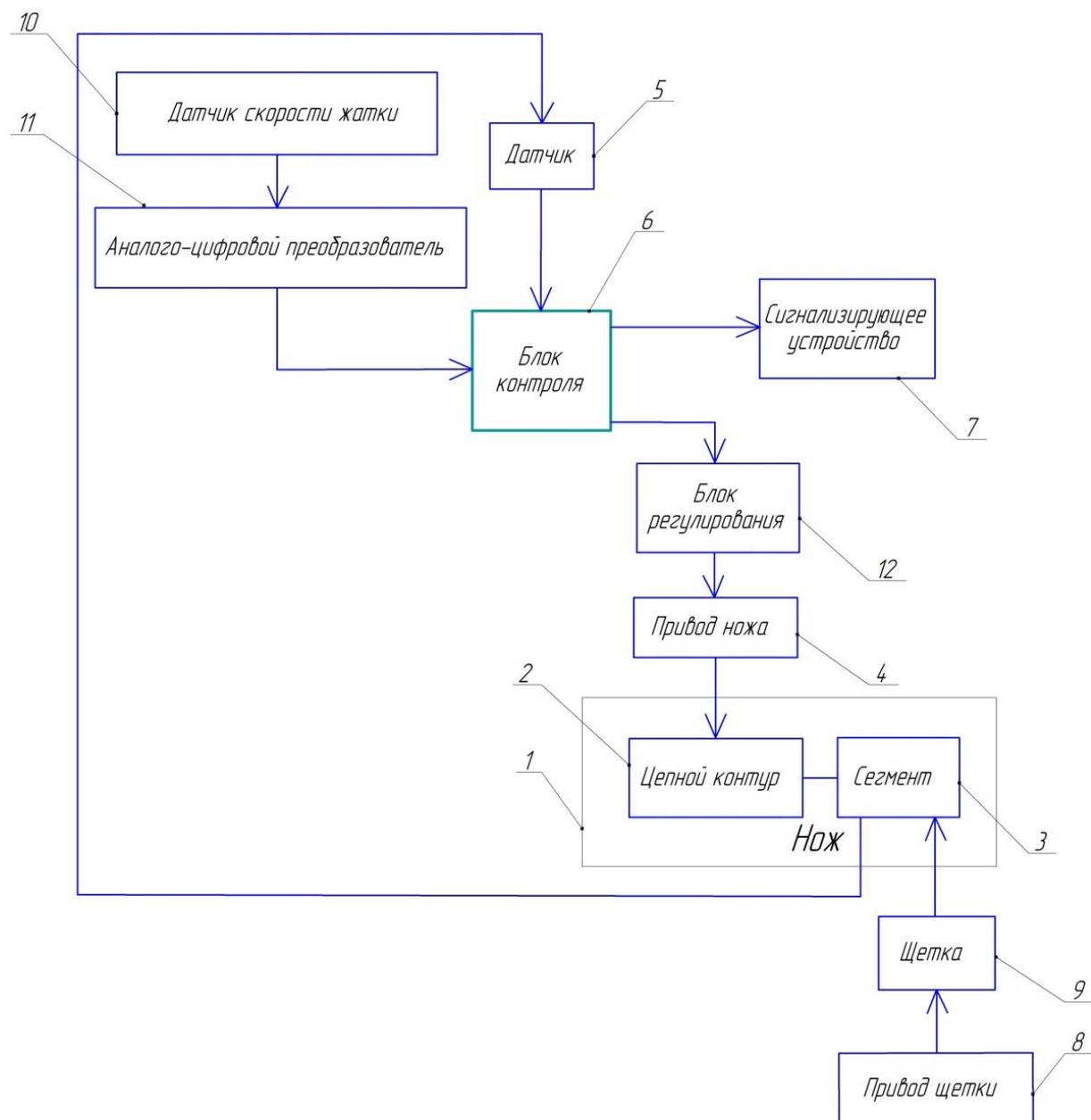
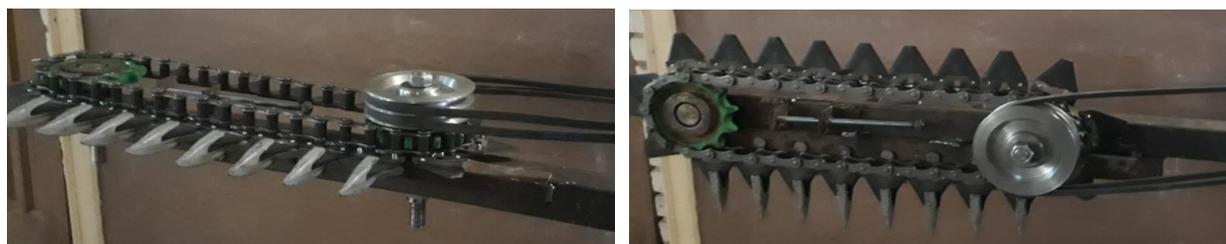


Рисунок 2 – Схема режущего аппарата жатки



a

б

a – вид спереди; *б* – вид сверху

Рисунок 3 – Нож режущего аппарата (автор фото А. И. Ряднов)

При расчете t_0 принимают скорость жатки $V_{ж}$, определяемую датчиком скорости 10 жатки и преобразовываемую аналого-цифровым преобразователем 11 в цифровой сигнал, передаваемый блоку управления 6 .

При отказах одного или нескольких сегментов 3 , расположенных подряд на цепном контуре 2 , за заданный период контроля, т. е. при прохождении N_c сегментов 3 под датчиком 5 , в блок контроля 6 поступает сигнал, соответствующий $t_{факт.}$ При этом $t_{факт.}$ зависит от числа отказавших сегментов 3 . Блок контроля 6 сравнивает $t_{факт.}$ с t_0 . Если $t_{факт.} > t_0$, то блок контроля 6 подает сигнал блоку регулирования 12 на увеличение частоты вращения вала привода 4 цепного контура 2 и на сигнализирующее устройство 7 . Новую величину линейной скорости сегментов 3 фиксирует датчик 5 , который подает сигнал блоку контроля 6 . Увеличение частоты вращения вала привода 4 цепного контура 2 , а следовательно и линейной скорости сегментов 3 , осуществляется до момента, когда $t_{факт.} = t_0$, блок контроля 6 отменяет сигнал на увеличение частоты вращения вала привода 4 цепного контура 2 . Линейная скорость сегментов 3 сохраняется на достигнутом уровне.

При поступлении сигнала в блок контроля 6 , соответствующего времени $t_{факт.} < t_{min}$, блок контроля 6 подает сигнал блоку регулирования 12 на выключение привода 4 цепного контура 2 .

Для исключения ложных срабатываний датчика 5 необходимо, чтобы сегменты 3 не были загрязнены растительными остатками, поэтому вра-

щающаяся от привода 8, например, гидромотора, щетка 9, установленная перед датчиком 5, сметает частицы скашиваемой массы с сегмента 3, который первым приближается к датчику 5.

Все представленные выше требования к конструкции режущего аппарата жатки выполняются в полном объеме.

Жатка с режущим аппаратом предлагаемой конструкции может быть установлена на соргоуборочном комбайне, разработанном в Волгоградском ГАУ (рисунок 4).



Рисунок 4 – Соргоуборочный комбайн (автор фото А. И. Ряднов)

Данный соргоуборочный комбайн смонтирован на самоходном шасси Т-16МГ-У1 и позволяет обмолачивать на корню один рядок сорго с последующим срезом стеблей.

Экспериментальные исследования соргоуборочного комбайна показали, что средняя трудоемкость восстановления усовершенствованного режущего аппарата в 2,2 раза меньше, чем сегментно-пальцевого. Кроме того, установлено, что режущий аппарат жатки предложенной конструкции позволяет скашивать сорго на заданной высоте среза с высоким качеством при отказах до трех рядом расположенных сегментов.

Вывод. Предлагаемый режущий аппарат жатки с бесконечным ножевым контуром, датчиками отказов сегментов и скорости жатки, блоком

контроля, сигнализирующим устройством, аналого-цифровым преобразователем и блоком регулирования обладает возможностью автоматического регулирования линейной скорости сегментов цепного контура при отказах одного или нескольких сегментов с обеспечением качества среза растений, определяемого агротехническими требованиями.

Список использованных источников

1 Теория и расчет технологических параметров современных сельскохозяйственных машин: учеб. пособие / В. Е. Бердышев, А. Н. Цепляев, А. В. Седов, А. В. Харлашин, В. А. Цепляев. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. – 168 с.

2 Алдошин, Н. В. Совершенствование конструкции сегментно-пальцевых режущих аппаратов / Н. В. Алдошин, А. А. Золотов, Н. А. Лылин // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6(73). – С. 46–53.

3 Зайцев, Д. А. Методика принятия решения по внедрению информационного обеспечения инновационной деятельности на IT-предприятии / Д. А. Зайцев, Д. А. Корнилов, С. А. Борисов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-3. – С. 566–570.

4 Погоров, Т. А. Теоретическое обоснование бесподпорного резания стеблей растений шнековым режущим аппаратом с горизонтальной осью вращения / Т. А. Погоров // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 177–191. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1088>.

5 Труфляк, И. С. Теоретическое обоснование резания стеблей шнековым режущим аппаратом / И. С. Труфляк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2014. – № 101. – С. 2282–2297. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/153.pdf>.

6 Пат. на полезную модель 131938 Российская Федерация, МПК А 01 D 34/00. Режущий аппарат сельскохозяйственной уборочной машины / Минин П. С., Ловчиков А. П.; заявитель и патентообладатель Челяб. гос. агроинж. акад. – № 2013109477/13; заявл. 04.03.13; опубл. 10.09.13, Бюл. № 25. – 6 с.: ил.

7 К обоснованию конструктивных параметров режущего аппарата жаток с прямолинейным движением несущее-режущих элементов / М. М. Константинов, А. П. Ловчиков, П. С. Минин, П. А. Косов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3(41). – С. 94–97.

8 Patel, S. K. Modeling of wheat crop harvesting losses / S. K. Patel, B. P. Varshney // Agric Eng Int: CIGR Journal. – 2014, June. – Vol. 16, № 2. – P. 97–102.

9 Фаронов, А. С. Сравнение режущих аппаратов соргоуборочного комбайна по показателям технологичности / А. С. Фаронов, А. И. Ряднов, О. А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3(51). – С. 349–355.

10 Пат. 2609907 Российская Федерация, МПК А 01 D 34/83. Режущий аппарат / Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Фаронов А. С., Коваленко П. А.; заявитель и патентообладатель Волгогр. гос. аграр. ун-т. – № 2015146244; заявл. 27.10.15; опубл. 07.02.17, Бюл. № 4. – 6 с.: ил.

11 Пат. 2729492 Российская Федерация, МПК А 01 D 34/83. Режущий аппарат жатки / Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Бариль В. А.; заявитель и патентообладатель Волгогр. гос. аграр. ун-т. – № 2019142303; заявл. 16.12.19; опубл. 07.08.20, Бюл. № 22. – 5 с.: ил.

References

- 1 Berdyshev V.E., Tseplyaev A.N., Sedov A.V., Kharlashin A.V., Tseplyaev V.A., 2020. *Teoriya i raschet tekhnologicheskikh parametrov sovremennykh sel'skokhozyaystvennykh mashin: ucheb. posobie* [Theory and Calculation of Technological Parameters of Modern Agricultural Machines: textbook]. Volgograd, Volgograd GAU, 168 p. (In Russian).
- 2 Aldoshin N.V., Zolotov A.A., Lylin N.A., 2017. *Sovershenstvovanie konstruksii segmentno-pal'tsevykh rezhushchikh apparatov* [Improvement of the design of segment-finger cutting devices]. *Vestnik NGIEI* [Bulletin of NGIEI], no. 6(73), pp. 46-53. (In Russian).
- 3 Zaitsev D.A., Kornilov D.A., Borisov S.A., 2015. *Metodika prinyatiya resheniya po vnedreniyu informatsionnogo obespecheniya innovatsionnoy deyatel'nosti na IT-predpriyatii* [Decision-making method to introduce information support for innovation in the IT enterprise]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], no. 12-3, pp. 566-570. (In Russian).
- 4 Pogorov T.A., 2016. [Theoretical substantiation of without-prop cutting of plant stems by a screw cutting apparatus with horizontal rotation axis]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(22), pp. 177-191, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1088>. (In Russian).
- 5 Truflyak I.S., 2014. [Theoretical substantiation of cutting stems with a screw cutting device]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 101, pp. 2282-2297, available: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/153.pdf>. (In Russian).
- 6 Minin P.S., Lovchikov A.P., 2013. *Rezhushchiy apparat sel'skokhozyaystvennoy uborochnoy mashiny* [Agricultural Harvester Cutting Device]. Patent for utility model RF, no. 131938. (In Russian).
- 7 Konstantinov M.M., Lovchikov A.P., Minin P.S., Kosov P.A., 2013. *K obosnovaniyu konstruktivnykh parametrov rezhushchego apparata zhatok s pryamolineynym dvizheniem nesushche-rezhushchikh elementov* [To the substantiation of the design parameters of the cutting device of reapers with rectilinear movement of the supporting-cutting elements]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 3(41), pp. 94-97. (In Russian).
- 8 Patel S.K., Varshney B.P., 2014. Modeling of wheat crop harvesting losses. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 2014, June, vol. 16, no. 2, pp. 97-102.
- 9 Faronov A.S., Ryadnov A.I., Fedorova O.A., 2018. *Sravnenie rezhushchikh apparatov sorgoborochnogo kombayna po pokazatelyam tekhnologichnosti* [Comparison of the serial segment-finger cutting apparatus sorghum-harvesters according to indicators of technology]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bulletin of Nizhnevolzhskiy Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(51), pp. 349-355. (In Russian).
- 10 Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Faronov A.S., Kovalenko P.A., 2015. *Rezhushchiy apparat* [Cutterbar]. Patent RF, no. 2609907. (In Russian).
- 11 Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Baril V.A., 2019. *Rezhushchiy apparat zhatki* [Cutterbar of the Header]. Patent RF, no. 2729492. (In Russian).

Ряднов Алексей Иванович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: пр. Университетский, д. 26, г. Волгоград, Волгоградская область, Российская Федерация, 400002
E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Ryadnov Aleksey Ivanovich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Volgograd State Agricultural University

Affiliation address: Universitetsky ave., 26, Volgograd, Volgograd region, Russian Federation, 400002

E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Шарипов Ренат Вильевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: пр. Университетский, д. 26, г. Волгоград, Волгоградская область, Российская Федерация, 400002

E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Sharipov Renat Vilyevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor

Affiliation: Volgograd State Agricultural University

Affiliation address: Universitetsky ave., 26, Volgograd, Volgograd region, Russian Federation, 400002

E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Бариль Вадим Алексеевич

Должность: аспирант

Место учебы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: пр. Университетский, д. 26, г. Волгоград, Волгоградская область, Российская Федерация, 400002

E-mail: vbaril@yandex.ru

Baril Vadim Aleksyevich

Position: Postgraduate Student

Affiliation: Volgograd State Agricultural University

Affiliation address: Universitetsky ave., 26, Volgograd, Volgograd region, Russian Federation, 400002

E-mail: vbaril@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.12.2020; одобрена после рецензирования 27.01.2021; принята к публикации 05.02.2021.

The article was submitted 01.12.2020; approved after reviewing 27.01.2021; accepted for publication 05.02.2021.