

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES
ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Научная статья
УДК: 631.35

**АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ, УСЛОВИЙ РАБОТЫ И ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ
ДОИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

¹Дарья Алексеевна Банникова, ¹Мария Игоревна Зайцева, ²Александр Александрович Калинин
¹ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
²«Азово–Черноморский инженерный институт» – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде,
Ростовская область, Зерноград, Россия

Аннотация. В данной статье рассматривается конструкция доизмельчителя кормоуборочного комбайна RS2650, его условия работы, а также возможные причины выхода из строя. Кормоуборочный комбайн служит для сбора и обработки кормовых культур. С его помощью осуществляется заготовка сена, травяной муки и силоса. Применение комбайна позволяет быстро и эффективно собирать урожай, осуществляя три основные функции: скашивание, подбор и погрузку измельченной массы, тем самым, сокращая время работы, повышая производительность и экономическую эффективность сельскохозяйственных предприятий. Одной из частей комбайна является доизмельчитель. Он представляет собой устройство, которое отвечает за дополнительное измельчение кормовых культур после того, как они были собраны. Применение корн-крекера позволяет добиться измельчения зерна до 99%. Однако, как и любое другое оборудование, элементы кормоуборочного комбайна могут выходить из строя. Работа доизмельчителя осуществляется в агрессивных условиях. Конструкция узла представляет собой пару вращающихся навстречу друг другу валцов, расположенных параллельно друг другу. Исходя из анализа конструкции доизмельчителя, условий и режимов работы, а также согласно статистическим данным завода производителя комбайнов ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» одной из причин выхода из строя агрегата является преждевременный отказ подшипниковых опор. В сложившейся ситуации актуальной задачей является обеспечение условий эффективной эксплуатации подшипников качения в течение расчетного срока службы. Достичь этого можно за счет соблюдения определенных правил по уходу, надзору и технической диагностике подшипниковых узлов доизмельчителя.

Ключевые слова: кормоуборочный комбайн, доизмельчитель, корн-крекер, выход из строя, преждевременный отказ.

Для цитирования: Банникова Д.А., Зайцева М.И., Калинин А.А. Анализ конструкции, условий работы и причин выхода из строя доизмельчителя кормоуборочного комбайна // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 3 (103). С. 48-53.

Original article

**ANALYSIS OF THE DESIGN, OPERATING CONDITIONS AND CAUSES OF FAILURE
OF THE FORAGE HARVESTER SHREDDER**

¹Daria A. Bannikova, ¹Maria I. Zaitseva, ²Alexander A. Kalinin

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

²«Azov–Black Sea Engineering Institute» – branch of FSBEI HE Don SAU in Zernograd,
Rostov region, Zernograd, Russia

Abstract. This article discusses a design of the RS2650 forage harvester shredder, its operating conditions, as well as possible causes of failure. The forage harvester is used for collecting and processing feed crops. It helps in hay, grass flour and silage making. The use of the combine harvester allows you to harvest quickly and efficiently, performing three main functions: mowing, collecting and loading of the crushed mass, thereby reducing the working time, increasing productivity and economic efficiency of agricultural enterprises. One of the parts of the combine harvester is a shredder. It is a device that is responsible for the additional crushing of feed crops after having been harvested. The use of a corn cracker allows you to achieve grain crushing up to 99%. However, like any other equipment, the elements of the forage harvester can fail. The operation of the shredder is carried out in aggressive conditions. The design of the unit consists of a pair of rotating rolls arranged parallel to each other. Based on the analysis of the shredder design, operat-

ing conditions and modes, as well as according to statistical data from the combine harvester manufacturer LLC “Combine Harvester Plant “Rostsel’ mash”, one of the reasons for the failure of the unit is premature failure of the bearing supports. In the current situation, the urgent task is ensuring conditions for efficient operation of rolling bearings during design life. This can be achieved by following certain rules for the care, supervision and technical diagnostics of the shredder bearing assemblies.

Keywords: forage harvester, shredder, corn cracker, failure, premature failure.

For citation: Bannikova D.A., Zaitseva M.I., Kalinin A.A. Analysis of the design, operating conditions and causes of failure of the forage harvester shredder // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 3 (103). 48-53.

Введение. Сельское хозяйство является ключевым фактором благополучия страны. Российская Федерация обладает колоссальными площадями земельных угодий. Площадь сельскохозяйственных угодий во всех категориях земель на 1 января 2022 года составила 222,0 млн га, или 13,0% всего земельного фонда страны. После распада СССР сельское хозяйство Российской Федерации претерпело ряд изменений, вызванных сменой системы управления, а именно переходом от плановой к рыночной экономике. За последнее десятилетие удалось достигнуть определенных успехов в сельскохозяйственном производстве. В частности, удалось собрать рекордный урожай зерновых культур в 2022 году, он составил более 150 млн. тонн (на 15 млн. тонн больше предыдущего рекорда 2017 года) [1].

Достичь таких результатов невозможно, не имея высокопроизводительной и достаточно надежной сельскохозяйственной техники. Последние мировые события в определенной мере послужили толчком в развитии отечественного сельхозмашиностроения. Одним из лидеров в производстве уборочной сельскохозяйственной техники является ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш».

Завод «Ростсельмаш» – одно из самых старых и самых крупных машиностроительных предприятий России. Год его основания – 1929-й. За почти вековую историю продукция компании завоевала доверие не только у отечественного потребителя, но и за рубежом: свои филиалы бренд имел в том числе в США и Канаде. На текущий момент предприятием выпущено 150 моделей техники и оборудования, включая разнообразные модификации. Завод пережил серьёзный спад в 90-х годах, но с приходом нового руководства вернул себе лидирующие позиции в сфере производства сельскохозяйственной техники [2].

Цель исследования – анализ конструкции, условий работы и причины выхода из строя доизмельчителя кормоуборочного комбайна RSM F 2650.

Материалы и методы исследования. Кормоуборочный комбайн представляет собой сельскохозяйственную машину, предназначенную для скашивания сеяных и естественных трав, высокостебельных культур, а также для подбора из валков провяленной травы с одновременным измельчением и погрузкой массы в транспортные средства.

Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 предназначен для уборки кукурузы, сорго, подсолнечника и других высокостебельных силосных культур.



Рисунок 1- Внешний вид комбайна RSM F 2650

Одной из частей комбайна является доизмельчитель [2,3,4] Он представляет собой устройство, которое отвечает за дополнительное измельчение кормовых культур после того, как они были собраны. Дополнительно измельченное зерно широко применяется в животноводстве, для кормления крупного рогатого скота. Поскольку использование измельченного корма благоприятно влияет на желудочно-кишечный тракт животного, повышая усвояемость питательных веществ и их энергетическую ценность, приводя к уменьшению заболеваемости и повышению продуктивности.

Наиболее распространенной конструкцией доизмельчителя является вальцовая. Данная конструкция представляет собой пару вращающихся вальцов, расположенных параллельно друг другу (рис. 2). Материал подается между вальцами и подвергается измельчению под действием силы рас-

тяжения и сжатия. Конструктивно модификации доизмельчителей различаются количеством зубьев и профилем поверхности. [2,3,4]



Рисунок 2– Вальцовый доизмельчитель

Доизмельчитель комбайна RSM F 2650 имеет конструкцию слайдерного типа, который предназначен для измельчения технологической массы. На рисунке 3 показано расположение доизмельчителя в технологическом тракте.



Рисунок 3 – Доизмельчитель в технологическом тракте

Ввод доизмельчителя в работу осуществляется гидроприводом. Слайдерная конструкция доизмельчителя не требует его демонтажа при переходе на уборку трав. Достоинством конструкции доизмельчителя комбайна RSM F 2650 является:

- Усиленные подшипники, повышающие надежность узла;
- Смена травяной проставки на доизмельчитель занимает всего 2 секунды и управляется из кабины;
- Регулировка зазора валцов осуществляется из кабины.

Доизмельчитель комбайна RSM F 2650 имеет два вальца диаметром 190 мм с пилообразными зубьями, вращающимися навстречу друг другу с разницей скоростей вращения 20% (при необходимости можно установить доизмельчитель с большей разницей вращения валцов 30% и 40%). Зазор между вальцами регулируется в зависимости от урожайности. [2,4]

Также, в самой конструкции доизмельчителя важное значение имеют подшипники. В доизмельчителе установлены подшипники 22309-E1-XL-C3 FAG. Это радиально-упорные двухрядные роликовые подшипники с внутренним диаметром 45 мм, наружным диаметром 100 мм и шириной 36 мм. Способны работать в диапазоне температур от -40°C до +200°C [2,4,5,6].

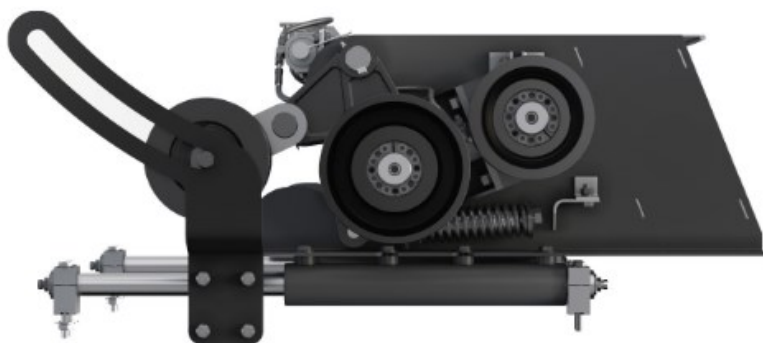


Рисунок 4 – Доизмельчитель комбайна RSM F 2650

Результаты исследований. Работа узла осуществляется в условиях загрязненной, влажной, агрессивной среды, а также, высокой температуры, достигающей 130°C. Исходя из конструкции доизмельчителя, условий и режимов работы можно предположить, что причинами выхода из строя агрегата может быть поломка его частей: валцов, подшипников и подшипниковых опор др.



Рисунок 5 – Загрязнение доизмельчителя кормоуборочного комбайна

При недостаточной герметизации в щели между цапфами и корпусом подшипника попадает влага, вследствие чего в подшипниковом узле происходит вытеснение смазки. Твердые частицы загрязнений, попавшие на элементы подшипника при высыхании вызывают повышение температуры нагрева подшипников и, как итог, преждевременному выходу их из строя (рис. 5).

Согласно данным завода изготовителя наиболее часто встречающимися видами повреждения подшипников являются износ рабочих поверхностей, разрушение и заклинивание элементов подшипников (табл.1). Фактическая наработка узла до отказа составляет 120-1100 часов [2,4].

Большинство повреждений подшипников можно классифицировать по двум категориям: повреждения, полученные до начала эксплуатации, и повреждения, полученные во время эксплуатации подшипника [6,7].

Причины повреждений, полученных до начала эксплуатации:

- неправильная посадка на валу и в корпусе;
- дефектные посадочные места подшипника на валах и в корпусах;
- перекос/несоосность;
- неправильный монтаж;
- воздействие электрического тока на подшипник (высокое напряжение);
- транспортировка, обращение и хранение.

Причины повреждений, полученных при эксплуатации подшипника:

- усталость материала;
- неэффективное смазывание;
- неэффективное уплотнение;
- вибрация (ложное бринеллирование);
- рабочий перекос;
- воздействие электрического тока на подшипник (прохождение тока).

Таблица 1 – Виды повреждений подшипников и фактическая наработка узла до отказа

| Тип и модель техники | Обозначение подшипника | Вид повреждения подшипников | Фактическая наработка, часов |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Разрушение элементов | 463 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 310 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 126 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Разрушение элементов | 662 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 227 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Износ рабочих поверхностей | 273 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Разрушение элементов | 531 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Разрушение элементов | 981 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Износ рабочих поверхностей | 141 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Разрушение элементов | 1040 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 241 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 490 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 404 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Заклинивание | 1108 |
| Кормоуборочный комбайн RSM F 2650 | 22309-E1-XL-C3 | Разрушение элементов | 1040 |

Из всего вышеперечисленного можно выделить основные причины повреждений подшипников доизмельчителя. К ним следует отнести: конструктивный перекос вала, неэффективное смазывание и уплотнение подшипника. [6,7]

На рисунке 6 показаны основные виды повреждений подшипниковых опор доизмельчителя кормоуборочного комбайна RSM F 2650.



Рисунок 6 – Повреждения подшипников опоры доизмельчителя комбайна RSM 2650

Заключение. Анализ конструкции и условий работы доизмельчителя кормоуборочного комбайна позволил выявить основные причины преждевременного выхода из строя подшипниковых опор узла. Основными причинами повреждений подшипников доизмельчителя является конструктивный перекос вала, неэффективное смазывание и уплотнение подшипника. Что в свою очередь

приводит к таким повреждениям как износ, заклинивание и разрушение элементов подшипников. В связи с этим защита подшипниковых опор, соблюдение правил эксплуатации, технического обслуживания и оперативное устранение неполадок поможет предотвратить возможные проблемы.

Список источников

1. Росреестр: официальный сайт. Москва, 2023. – Режим доступа: URL: <https://rosreestr.gov.ru> (дата обращения: 23.12.2023).
2. Ростсельмаш: официальный сайт. Ростов на/Д, 2023. – Режим доступа: URL: <http://www.rostselmash.com> (дата обращения: 20.12.2023).
3. Баскаков И., Чернышов А. Конструкции современных кормоуборочных комбайнов: что предлагают разные производители // Аграрное обозрение. 2012. № 1. С. 26-31.
4. Кормоуборочные комбайны // ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш» - Режим доступа: URL: <https://rostselmash.com/products/forage-harvesters/> (дата обращения: 20.12.2023).
5. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения: справочник. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1975. 572 с.
6. Комиссар А.Г. Опоры качения в тяжелых режимах эксплуатации: справочник. М.: Машиностроение, 1987. 384 с.
7. Сидоров Е.А. Классификация повреждений подшипников // Ассоциация ЕАМ: [сайт]. 2023. – Режим доступа: URL: <https://eam.su/klassifikaciya-povrezhdenij-podshipnikov.html> (дата обращения: 21.12.2023).
8. John Deere: официальный сайт. USA: Illinois. – Режим доступа: URL: <http://www.deere.com> (дата обращения: 20.12.2023).
9. New Holland: официальный сайт. Global Web Site. – Режим доступа: URL: <http://www.newholland.com> (дата обращения: 20.12.2023).
10. Claas: официальный сайт. Germany: Harsewinkel. – Режим доступа: URL: <http://www.claas.com> (дата обращения: 20.12.2023).

Информация об авторах:

Д.А. Банникова – магистрант, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

М.И. Зайцева – магистрант, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

А.А. Калинин – кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройство и кадастры, «Азово–Черноморский инженерный институт» – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде.

Information about the authors:

D.A. Bannikova – undergraduate, Don State Technical University.

M.I. Zaitseva – undergraduate, Don State Technical University.

A.A. Kalinin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, "Azov–Black Sea Engineering Institute" – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 01.02.2024; одобрена после рецензирования 23.05.2024, принята к публикации 30.05.2024.

The article was submitted 01.02.2024; approved after reviewing 23.05.2024; accepted for publication 30.05.2024.

© Банникова Д.А., Зайцева М.И., Калинин А.А.