

УДК 631.354.2.076

UDC 631.354.2.076

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex

# **ПОДБОР МЕТОДИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ИЗНОСА ПРИЕМНОЙ КАМЕРЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

# **SELECTION OF METHODS AND EQUIPMENT FOR DETERMINING THE SPEED OF WEAR OF THE GRAIN HARVESTER'S RECEIVING CHAMBER**

Ермолин Андрей Юрьевич  
аспирант кафедры «Проектирование и технический  
сервис транспортно-технологических систем»  
ORCID: 0009-0002-7748-4229;  
eLibrary SPIN: 6947-5134;  
e-mail: [ErmolinAY@mail.ru](mailto:ErmolinAY@mail.ru)

Ermolin Andrey Yurievich  
Postgraduate of the Design and Technical Service of  
Transport and Technological Systems Department  
ORCID: 0009-0002-7748-4229;  
eLibrary SPIN: 6947-5134;  
e-mail: [ErmolinAY@mail.ru](mailto:ErmolinAY@mail.ru)

Кравченко Людмила Владимировна  
д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Проектирование и  
технический сервис транспортно-технологических  
систем»  
ORCID: 0000-0002-9228-3313;  
eLibrary SPIN: 9684-8955;  
e-mail: [Lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru](mailto:Lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru)  
*Донской государственный технический  
университет, Ростов-на-Дону, Россия, 344010,  
Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1*

Kravchenko Lyudmila Vladimirovna  
Dr.Sci.Tech., Professor;  
Head of the Design and Technical Service of Transport  
and Technological Systems Department  
ORCID: 0000-0002-9228-3313;  
eLibrary SPIN: 9684-8955;  
e-mail: [Lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru](mailto:Lyudmila.vl.kravchenko@yandex.ru)

*Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
address: 1, Gagarina sq, Rostov-on-Don, Russia,  
344010*

В статье предложена методика оценки характера  
и скорости износа приемной камеры роторного  
зерноуборочного комбайна ультразвуковым  
толщиномером, представлены результаты ее  
апробации при эксплуатации комбайна РСМ-181  
TORUM. Методика позволяет решать ряд  
практических задач – определение характера  
износа на большой поверхности, сокращение  
затрат времени на получение данных о величине  
износа, получение информации для  
прогнозирования скорости изнашивания,  
выполнить анализ влияния геометрических  
параметров приемной камеры на характер и  
скорость изнашивания

The article proposes a method for assessing the nature  
and rate of wear of the receiving chamber of a rotary  
grain harvester using an ultrasonic thickness gauge,  
and presents the results of its testing during the opera-  
tion of the RSM-181 TORUM harvester. The method  
allows for solving a number of practical tasks, such as  
determining the nature of wear on a large surface, re-  
ducing the time required to obtain data on the amount  
of wear, obtaining information for predicting the rate  
of wear, and analyzing the impact of the geometric  
parameters of the receiving chamber on the nature and  
rate of wear

Ключевые слова: РОТОРНЫЙ ЗЕРНОУБОРОЧ-  
НЫЙ КОМБАЙН, ЗАХОДНАЯ ЧАСТЬ, ПРИЕМ-  
НАЯ КАМЕРА, ИЗНОС, СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕ-  
НИЯ, ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ, УЛЬТРАЗВУКО-  
ВОЙ ТОЛЩИНОМЕР

Keywords: ROTOR GRAIN HARVESTER, EN-  
TRANCE PART, RECEIVING CHAMBER, WEAR,  
DETERMINATION METHODS, WEAR RE-  
SISTANCE, ULTRASONIC THICKNESS GAUGE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-215-013>

## **Актуальность исследования**

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации,  
утвержденная в 2020 году, указом Президента РФ от 21.01.2020 №20

<http://ej.kubagro.ru/2026/01/pdf/13.pdf>

предусматривает разработку программ технической и технологической модернизации сельскохозяйственной техники, в том числе и зерноуборочных комбайнов, с целью повышения производительности труда, энергоэффективности и снижение потерь зерна при уборке. Решение данных задач возможно путем совершенствования параметров элементов технологического тракта молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна, как уже выпускаемых, так и новых разработок, с целью повышения качества работы и снижения энергоемкости. Элементы зерноуборочных комбайнов эксплуатируются в абразивной среде, особенно при раздельном способе уборки, когда валок технологической массы, загрязнен абразивом в виде частиц почвы и камней, они же поступают в комбайн при низком срезе низкорослых и полеглих растений. Дополнительное абразивное воздействие обусловлено сжатием и уплотнением обмолачиваемой массы в наклонной камере и заходной части молотильно-сепарирующего устройства, последующем ударном воздействии и протягивании ее в клиновом зазоре между ротором и подбарабаньем. При изнашивании элементы технологического тракта изменяют свою форму и размеры, что отрицательно влияет на агротехнические и энергетические показатели уборки сельскохозяйственных культур. Сквозной износ приемной камеры приводит к прямым потерям зерна, остановке техпроцесса, продолжительному простою комбайна на тяжелом ремонте, связанном с заменой изношенных элементов, что недопустимо в условиях сжатых уборочных агросроков. Оптимизация геометрии приемной камеры роторного зерноуборочного комбайна повысит её надежность и долговечность, снизит потребность в применении дорогих износостойких материалов, приведет к снижению себестоимости. Применение скорости износа в качестве критерия качества протекания технологического процесса позволит оценить эффективность новых конструктивных изменений. [7, 8]

В настоящее время разработано много лабораторных методов оценки износостойкости, которые направлены на сравнительную оценку свойств материалов элементов сельскохозяйственных машин, при этом влиянию геометрической формы элементов уделяется недостаточно внимания. Конструктивные особенности и условия работы приемных камер роторных молотильно-сепарирующих устройств аксиального типа, такие как: значительная масса; большая площадь поверхности, труднодоступность из-за расположения внутри технологического тракта, сжатые агротехнические сроки, повышенная запыленность и вибрация выдвигают специфические требования к методам оценки. В связи с этим вопросы разработки методики, подбора средств измерения скорости износа, их апробации в условиях реальной эксплуатации являются актуальными проблемами при изучении влияния геометрических параметров приемной камеры на качество протекания технологического процесса.

**Цель исследования:** подобрать метод и средство для оперативного контроля величины износа приемной камеры, выполнить их апробацию в условиях промышленной эксплуатации.

В связи с этим необходимо соблюдение ряда условий:

- проанализировать методы определения величины и скорости износа, на предмет возможности их применения для исследования приемной камеры;
- адаптировать выбранный метод под условия промышленной эксплуатации зерноуборочного комбайна;
- обеспечить сохранение идентичности условий испытаний;
- обеспечить возможность воспроизведения условий на последующих образцах.

#### **Материалы и методы.**

В настоящее время разработано множество методов определения величины и скорости износа, основные - измерение веса и объема, искус-

ственные базы, поверхностная активация, применение индуктивных и тензодатчиков, микрометрические измерения. [3]

Весовой метод, основан на взвешивании до и после испытаний, применяют для определения износа небольших деталей на основании допущения о линейном характере износа и его равномерности по всей поверхности. Недостатками являются ограничение деталей по габаритам и размерам, необходимость демонтажа деталей для взвешивания, отсутствие реальной картины характера износа.

Метод искусственных баз основан на нанесении на изнашиваемую поверхность углублений – баз, заданной глубины и формы - конус, пирамида и т.д. Скорость уменьшения глубины в процессе работы дает информацию об износе. По технологии создания баз делится на метод отпечатков, углублений и лунок. Преимуществом является высокая точность, позволяющая измерять величины линейного износа порядка долей микрона.[4, 6]

При использовании метода лунок, на рабочей поверхности вырезаются углубления специальным резцом, их дно является постоянной базой. Величина линейного износа определяется разностью расстояний от рабочей поверхности до дна, перед началом и после испытания. Для определения глубины применяется микроскоп. Недостатком является необходимость демонтажа изделия для замеров в лабораторных условиях.

Метод поверхностной активации ГОСТ Р 5208-2003, скорость износа определяется снижением радиоактивности исследуемой детали. Перед началом исследования на контрольном участке поверхности, путем облучения заряженными частицами (дейтронами протона, альфа-частицами), создается радиоактивный слой глубиной 0,05...0,4 мм. Применяется при стендовых и эксплуатационных испытаниях для контроля износа деталей без разборки и остановки машины, позволяет дистанционно измерять малые износы, исследовать динамику, автоматизировать контроль. К недостаткам

следует отнести радиационное загрязнение изнашивающей среды, что в случае с пищевым сырьем, которым является зерно недопустимо.

Индуктивные датчики позволяют измерять износ в процессе испытания без остановки машины, метод основан на изменении сопротивления. Достоинствами является высокая точность измерения, возможность дистанционного измерения и регистрации величины износа в виде диаграммы. Недостаткам являются: сложность электрических схем; зависимость точности датчика от колебаний частоты переменного тока, внешнего магнитного поля, напряжения сети, температуры и запыленности окружающей среды.

Тензодатчики применяются для оценки величины износа в процессе испытания без остановки машины. Высокая точность замера и возможность проведения записи износа в виде кривой с помощью самопишущих приборов или осциллографов, позволяет изучать характер износа образцов в процессе испытания. Малые пределы измерения (от десятков микронов до долей миллиметра) и отсутствие возможности поэлементного контроля являются недостатком. Применение рычажных механизмов для расширения предела измерения усложняет конструкцию. [2, 3]

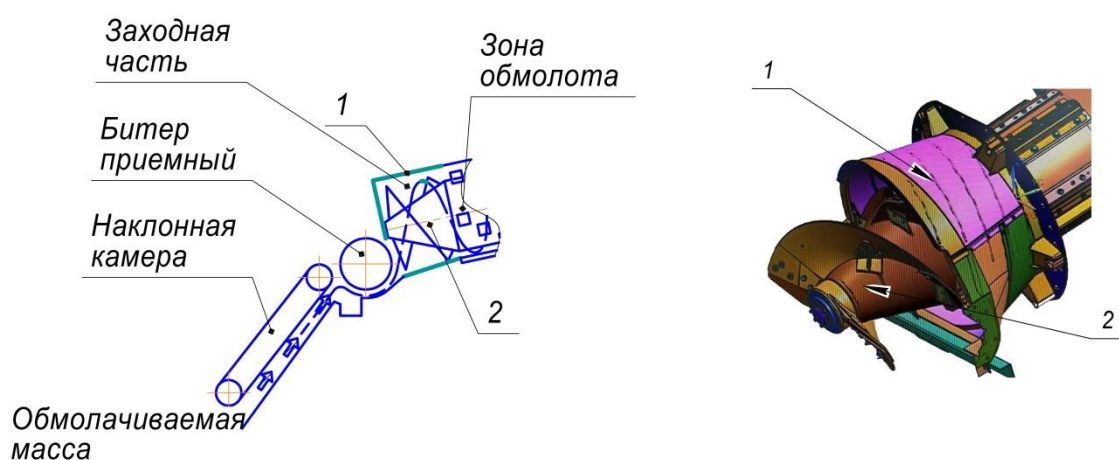
Метод микрометрических измерений основан на измерении изнашиваемой поверхности перед началом и в процессе испытания при помощи микрометров, концевых мер длины, инструментальных и универсальных микроскопов, индикаторных нутромеров, рычажно-механических приборов или других приборов. Благодаря простоте и доступности метод получил широкое распространение [2]

### **Исследовательская часть**

В технологическом тракте молотильно-сепарирующего устройства роторного зерноуборочного комбайна заходная часть расположена между приемным битером и зоной обмолота, в ней происходит изменение поступательного движения обмолочиваемой массы в спиральное (рис.1а). При

детальном рассмотрении можно выделить два самостоятельных элемента (рис. 1б):

- неподвижный, образующий наружный контур - «приёмную камеру», геометрия которой направляет обмолачиваемую массу, способствует закручиванию потока в спираль;
- вращающийся — «заходную часть ротора», которая захватывает обмолачиваемую массу, сжимает и перемещает в зону обмолота. [8]



а) место заходной части  
в технологическом тракте

б) состав заходной части

1 – приемная камера, 2 – заходная часть ротора

Рисунок 1 – Заходная часть в технологическом тракте и ее элементы

Наибольшему изнашиванию подвергаются внутренние поверхности элементов приемной камеры, этому способствует центробежное воздействие, возникающее при вращении заходной части ротора - обмолачиваемая масса отбрасывается на периферию, интенсивно прижимается к внутренней поверхности, создавая область повышенного давления и износа.

На выбор метода определения износа влияют параметры и условия эксплуатации приемной камеры, результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры приемной камеры и методы контроля износа

Параметр	Значение	Метод контроля износа					
		Весовой	Искусственных баз	Поверхностная активация	Индуктивный датчик	Тензодатчик	Микрометрические измерения
Масса, кг	120-150	-	+	+	+	+	+
Габаритные размеры, мм	1235x1025x705	-	+	+	+	+	+
Площадь рабочей поверхности, м <sup>2</sup>	более 2,0	-	+	+	+	+	+
Доступ для замеров	затруднен	-	-	-	+	+	+
Запыленность	высокая	-	+	+	-	+	+
Вибрация	высокая	-	+	+	-	-	+
Температура эксплуатации, °С	от -20 до 50	+	+	+	-	-	+
Назначение контактируемого материала (зерна)	пищевое	+	+	-	+	+	+

Метод микрометрических измерений отвечает всем требованиям конструкции, проблеме отсутствия прямого доступа к изнашиваемой поверхности без разбора комбайна, решает ультразвуковое измерение толщины изнашиваемых элементов.

Предъявляемым требованиям отвечает толщиномер ультразвуковой УДТ-08, позволяет измерять толщину металлических стенок от 0,7 до 300 мм ёмкостей, труб, трубопроводов и других конструкций, в том числе с корродированными поверхностями. Прибор применяется для измерения в процессе изготовления и эксплуатации на машиностроительных, судостроительных, судоремонтных, транспортных и других предприятиях. Точность измерения  $\pm 0,15$  мм [1]



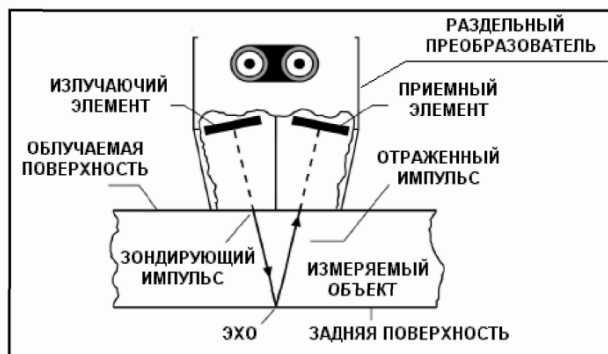
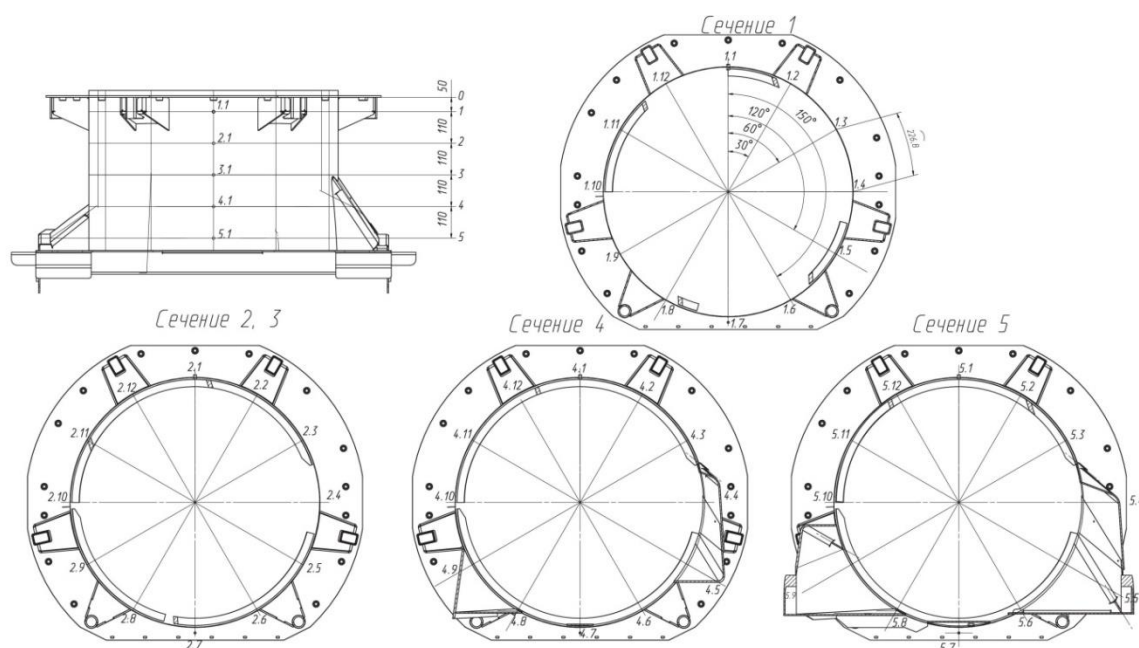


Рисунок 2 – Толщиномер УТД-08

Прибор работает при температуре окружающего воздуха от минус 25 до 55 °С, при относительной влажности до 95 %, что позволяет проводить измерения во всех климатических зонах эксплуатации зерноуборочного комбайна. [1]



С целью получения опытных данных об износе приемной камеры разработана схема (рисунок 3) с равномерным размещением контрольных точек по всей поверхности, после изготовления приемной камеры на наружной поверхности была произведена соответствующая разметка (рисунок 4).





а) Разметка цилиндрической поверхности



б) Разметка лотков

Рисунок 4 – Приемная камера с нанесенной разметкой

После установки приемной камеры на комбайн и монтажа наклонной камеры выполнен контрольный замер с одновременным определением точек доступных для оперативного контроля.



а) Приемная камера в составе комбайна

Наработка, ч.о.в.	0					
Толщина, мм						
№ точки	№ сечения					
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3	4,12	4,11	4,11	4,12	4,08	
4	4,09	4,13	4,09	4,08		
5	4,12	4,41	4,26			
6		4,16	4,18	4,57		
7		4,12	4,06	4,24		
8			4,39	4,09		
9						
10						
11			4,12	4,25	4,14	4,21
12			4,29	4,18	4,21	4,13

б) Корректировка точек замеров (залитые точки недоступны)

Рисунок 5 – Результаты корректировки схемы замеров

В процессе эксплуатации производился оперативный контроль толщины, данные замеров представлены в таблице, по завершению произведен осмотр комбайна, для обеспечения максимального доступа демонтирована наклонная камера.



Рисунок 6 – Контроль толщины элементов приемной камеры

Таблица 2 - Результаты замеров толщины приемной камеры.

№ точки	№ сечения														
	1			2			3			4			5		
	наработка, чов			наработка, чов			наработка, чов			наработка, чов			наработка, чов		
	0	72,8	125,7	0	72,8	125,7	0	72,8	125,7	0	72,8	125,7	0	72,8	125,7
3	4,12	4,09	4,02	4,11	4,08	4,01	4,109	4,082	4,011	4,118	4,084	4,079	4,08	4,05	4,035
4	4,09	4,07	4,018	4,13	4,07	3,38	4,092	4,075	4,036	4,08	4,078	4,07			
5	4,122	4,109	4,061	4,405	4,14	4,11	4,258	4,236	4,163						
6				4,162	4,12	3,323	4,184	4,034	4,014	4,567	4,099	4,038			
7				4,115	4,041	3,945	4,06	4,03	4,007	4,24	4,1	4,053			
8				4,303	4,23	4,39	4,39	4,237	4,091	4,09	4,07	4,06			
11				4,12	4,11	4,07	4,253	4,212	4,205	4,14	4,09	4,068	4,21	4,176	4,007
12				4,29	4,18	4,151	4,181	4,15	4,114	4,21	4,19	4,17	4,13	4,07	4,04
среднее	4,111	4,09	4,033	4,204	4,121	3,922	4,191	4,132	4,08	4,206	4,102	4,077	4,14	4,099	4,027

## Заключение

1. С учетом сложной геометрической формы, большой массы, расположения внутри технологического тракта зерноуборочного комбайна, жесткого ограничения времени проведения замеров для приемной камеры

выбран микрометрический способ контроля толщины ее элементов с одновременной фиксации наработки.

2. В качестве средства измерения выбран ультразвуковой толщиномер УТД – 08, что позволило осуществлять оперативный замер толщины элементов приемной камеры непосредственно в полевых условиях без проведения дополнительных разборочно-сборочных работ.

3 Разметка, согласно методике, позволяет получить данные о характере износа на всей рабочей поверхности приемной камеры.

4. Методика обеспечивает возможность воспроизведения характерных точек на других комбайнах.

4. В процессе эксплуатации выполнена корректировка точек с учетом их доступности для оперативного контроля без демонтажа элементов зерноуборочного комбайна.

5. Проведены замеры перед началом эксплуатации, при наработке 72,8 и 125,7 часов основного времени.

6. При работе прямым комбайнированием на пшенице, сое, кукурузе при наработке 125,7 часов основного времени износ приемной камеры находился в пределах погрешности ультразвукового толщиномера УТД – 08, для ускоренного сбора информации необходимы испытания в высокоабразивной среде – уборка подбором риса.

7. При осмотре приемной камеры зерноуборочного комбайна выполнено сравнение результатов замеров с наружной и внутренней стороны, данные совпадают с высокой точностью.

#### **Список литературы**

1. Толщиномер ультразвуковой УДТ-08. Руководство по эксплуатации. Кропус научно-производственный центр, 2020
2. Полюшкин Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учебное пособие / Н.Г. Полюшкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т.-Красноярск, 2013.-192с.
3. Волков Ю.В., Волкова З.А., Кайгородцев Л.М. Долговечность машин, работающих в абразивной среде. / Ю.В. Волков, З.А. Волкова, Л.М. Кайгородцев; «Машиностроение», М.: 1964.-104с.

4. ГОСТ 23.225-99 Обеспечение износостойкости изделий. Методы подтверждения износостойкости. Общие требования.
5. ГОСТ 27674-88 Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения
6. ГОСТ 27860-88 Детали трущихся сопряжений. Методы определения износа.
7. ГОСТ 30480-97 Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний на износостойкость. Общие требования.
8. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-181 «TORUM» Руководство по эксплуатации.

### References

1. Tolshhinomer ul'trozvukovoj UDT-08. Rukovodstvo po jekspluatacii. Kropus nauchno-proizvodstvennyj centr, 2020
2. Poljushkin N.G. Osnovy teorii trenija, iznosa i smazki: uchebnoe posobie / N.G. Poljushkin; Krasnojar. gos. agrar. un-t.-Krasnojarsk, 2013.-192s.
3. Volkov Ju.V., Volkova Z.A., Kajgorodcev L.M. Dolgovechnost' mashin, rabotajushhih v abrazivnoj srede. / Ju.V. Volkov, Z.A. Volkova, L.M. Kajgorodcev; «Mashinostroenie», M.: 1964.-104s.
4. GOST 23.225-99 Obespechenie iznosostojkosti izdelij. Metody podtverzhdjenja iznosostojkosti. Obshhie trebovanija.
5. GOST 27674-88 Trenie, iznashivanie i smazka. Terminy i opredelenija
6. GOST 27860-88 Detali trushhihsja soprjazhenij. Metody opredelenija iznosa.
7. GOST 30480-97 Obespechenie iznosostojkosti izdelij. Metody ispytanij na iznosostojkost'. Obshhie trebovanija.
8. Kombajn zernouborochnyj samohodnyj RSM-181 «TORUM» Rukovodstvo po jekspluatacii.