

*На правах рукописи*



**ФЕДОРОВА ОЛЬГА АЛЕКСЕЕВНА**

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ  
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УБОРКИ  
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Рязань - 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

**Научный консультант:** доктор технических наук, профессор  
**Бышов Николай Владимирович**

**Официальные оппоненты:** **Бердышев Виктор Егорович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»,  
руководитель Центра учебно-методического обеспечения подготовки кадров для АПК

**Ловчиков Александр Петрович,**  
доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»,  
профессор кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие»

**Труфляк Евгений Владимирович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»,  
заведующий кафедрой «Эксплуатация МТП»

**Ведущая организация :** ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Защита состоится « 5 » июня 2018 г. в 10<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ и на сайте университета [www.rgatu.ru](http://www.rgatu.ru) и на сайте Минобрнауки РФ: [www/vak3.ed.gov.ru](http://www/vak3.ed.gov.ru).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Шемякин А.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120, поставлена задача обеспечения устойчивого развития отечественного производства продовольствия и сырья, достаточного для обеспечения продовольственной независимости страны.

Продовольственная независимость страны во многом определяется производством зерна. До 2020 года необходимо повысить удельный вес отечественного зерна в общих ресурсах страны до 99,7 %.

Для достижения поставленной цели необходимо не только применять высокие технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, высокоурожайные сорта и гибриды зерновых культур, высокоэффективные технологии использования, повышения уровня надежности и работоспособности зерноуборочных машин, но и решить проблему повышения качества уборки, так как ежегодно потери зерна в Российской Федерации, как отмечено в «Стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года», достигают 15 миллионов тонн. Велики и косвенные потери зерна в виде дробления и травмирования, оказывающие существенное влияние на посевные качества семян.

Решение проблемы повышения качества уборки зерновых культур невозможно без разработки новых высокоэффективных технических средств, внедрение в производство которых должно приниматься не субъективно, по отдельным частным показателям, а по критерию эффективности.

В связи с этим, важной и актуальной задачей является обоснование и разработка новых технических средств, а также принятие инновационных технических решений по усовершенствованию серийных зерноуборочных комбайнов, обеспечивающих существенное повышение их эффективности за счет снижения потерь, дробления и травмирования зерна.

Настоящая работа выполнена в соответствии с «Концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения АПК Российской Федерации на период до 2025 года», «Стратегией машинно-технологической модернизацией сельско-

го хозяйства России на период до 2020 года», НИР и ОКТР ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (с 2003 г.) и ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (с 2013 г.).

**Научная гипотеза.** Применение зерноуборочных машин, обоснованных с помощью обобщенного критерия эффективности их использования, позволит снизить потери, дробление и травмирование зерна.

**Степень разработанности темы исследований.** Совершенствованию существующих и разработке новых технологий уборки зерновых культур посвящены работы Артемова В.Е., Бурьянова А.И., Горбачева И.В., Гудкова А.Н., Емельянова А.М., Жалнина Э.В., Иванченко П.Г., Канарева Ф.М., Каплина И.Н., Кубышева В.А., Пенкина М.Г., Рунчева М.С., Скворцова А.К., Труфляка Е.В. и других.

Исследованию прямых потерь, дробления и травмирования зерна при уборке урожая посвящены работы Адашь А.В., Бурьянова М.А., Ерохина Г.Н., Казакова В.Е., Лесняк О.Н., Ловчикова А.П., Маслова Г.Г., Морозова А.Х., Пенкина М.Г., Пугачева А.Н., Ряднова А.И. и других ученых.

Разработкой принципиально новых зерноуборочных машин, совершенствованием рабочих органов серийно выпускаемых зерноуборочных комбайнов занимались многие конструктора и ученые. Следует отметить научные работы Бердышева В.Е., Бурьянова А.И., Джамбуршина А.Ш., Емельянова А.М., Жалнина Э.В., Пескова Ю.А., Иванченко П.Г., Изаксона Х.И., Колесова Г.В., Кузина Г.А., Русанова А.И., Серого Г.Ф., Царева Ю.А., Шаткуса Д.И., Ярмашева Ю.Н. Благодаря научным работам ученых разработаны и внедрены в производство высокопроизводительные зерноуборочные комбайны: РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530», РСМ-101 «Вектор 410», РСМ-181 «Торум 740», СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», «Енисей -1200», которые в настоящее время широко используются на уборке зерновых культур в Российской Федерации.

Вопросы комплексной оценки эффективности уборки сельскохозяйственных культур рассмотрены в научных работах Алмазова И.В.,

Арютова Б.А., Бердышева В.Е., Борисовой Л.В., Бурьянова А.И., Бышова Н.В., Жалнина Э.В., Зангиева А.А., Кидяевой Н.П., Ковалевой А.В., Лебедева А.Т., Ловчикова А.П., Лонцевой И. А., Маслова Г.Г., Плешакова В.Н., Пустыгина М.А., Ряднова А.И., Стружкина Н.И., Тихоновского В.В., Шарипова Р.В. и других ученых.

Однако в опубликованных научных трудах не представлен обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин, учитывающий показатели производственной эксплуатации, на основе которого можно выбирать максимально эффективные зерноуборочные комбайны в условиях рядового использования и рекомендовать к внедрению технические решения по повышению качества уборки зерновых культур.

**Цель работы** – повышение качества уборки зерновых культур за счет реализации технических решений, обоснованных с помощью разработанного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин.

Для решения поставленной цели были определены следующие **задачи исследования**:

1. По литературным источникам дать анализ критериев оценки эффективности использования машин.

2. Разработать обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин с учетом значений его частных показателей и их относительной важности.

3. Экспериментальным путем определить значения частных показателей, рассчитать обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов и установить зависимость изменения его от годовой наработки комбайнов.

4. Разработать конструкции молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) и устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы к зерноуборочным комбайнам, провести теоретические и экспериментальные исследования процессов обмолота и сепарации зерна в устройствах частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, оптимизировать их геометрические и кинематическими параметры, рассчитать обобщен-

ный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов серийного и оборудованного разработанными устройствами, по которому выбрать наиболее эффективное техническое решение.

5. Разработать конструкцию целевого бitera для модуля МСУ инерционно-очесного типа зерноуборочной машины, исследовать процесс обмолота зерновых культур МСУ, дать по обобщенному критерию эффективности использования сравнительную оценку зерноуборочной машины, оборудованной МСУ инерционно-очесного типа, и серийного зерноуборочного комбайна.

6. Выполнить расчет экономической эффективности технического решения с максимальным значением обобщенного критерия эффективности использования.

**Объект исследований.** Технологические процессы работы зерноуборочных машин на уборке зерновых культур.

**Предмет исследований.** Закономерности изменения частных показателей и обобщенного критерия эффективности использования серийных зерноуборочных комбайнов и технические средства повышения качества уборки зерновых культур.

**Научная новизна работы** состоит в совокупности научных положений по обоснованию технических решений повышения качества уборки зерновых культур и включающих: разработанный обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин; результаты оценки частных показателей и обобщенного критерия эффективности в зависимости от годовой наработки зерноуборочных комбайнов; конструкции технических средств, обеспечивающих снижение дробления и травмирования зерна, и их оценку по обобщенному критерию эффективности использования; регрессионные зависимости для оптимизации геометрических и кинематических параметров устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы; теоретические положения обмолота зерновых культур инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством.

Новизна технических решений подтверждена 6 патентами РФ на изобретения.

### **Теоретическую и практическую значимость работы представляют:**

- теоретические положения, применяемые при разработке обобщенного критерия эффективности использования и сравнении серийного зерноуборочного комбайна с комбайном, оборудованным устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, и зерноуборочной машиной с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа;

- теоретические положения обмолота зерновых культур инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством, определяющие условия излома плодоножки от изгиба и отрыва зерна от плодоножки за счет сил инерции, а также минимальное значение угловой скорости щелевого битера, при которой зерно будет поступать в щель битера;

- закономерность изменения обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов от годовой наработки;

- конструкции молотильно-сепарирующего устройства и устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы для оборудования серийного зерноуборочного комбайна, а также щелевого битера молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа экспериментальной зерноуборочной машины для обмолота зерновых культур и сбора в отдельный бункер зерна, уровень дробления и травмирования которого в несколько раз ниже, чем зерна в бункере серийного комбайна;

- оптимальные значения геометрических и кинематических параметров устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

**Методология и методы исследования.** Методологической основой теоретических исследований являлись основы теории эффективности, классической механики и математической статистики. Экспериментальные полевые исследования проведены в реальных условиях эксплуатации зерноуборочных машин в соответствии с государственными стандартами и разработанными частными методиками, с применением выпускаемых промышленностью и специально изготовленной измерительной аппаратуры и устройств. Теоретические предпосылки исследований подтверждены

результатами экспериментов, проведенных на макетных образцах и серийных зерноуборочных машинах. Вычислительные операции осуществлялись с использованием пакета математических вычислений «Mathcad» и программного продукта Microsoft Excel 2010.

### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Теоретические положения по разработке обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин.

2. Результаты исследований частных показателей и обобщенного критерия эффективности использования серийных зерноуборочных комбайнов в зависимости от их годовой наработки.

3. Конструкции МСУ (патент РФ №2181237), устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы (патенты РФ № 2202165 и №2382542) зерноуборочного комбайна с вакуумной системой транспортировки предварительно обмолоченного зерна (патент РФ №2594527) в отдельный бункер, результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов обмолота и сепарации зерна устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, оптимизации их геометрических и кинематических параметров и сравнение по обобщенному критерию эффективности использования зерноуборочных комбайнов серийного и оборудованных предложенными устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы .

4. Конструкция щелевого битера (патент РФ №2601228) модуля МСУ инерционно-очесного типа зерноуборочной машины, теоретические предпосылки и результаты экспериментальных исследований процесса обмолота зерновых культур МСУ инерционно-очесного типа и сравнительной оценки зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа и серийного зерноуборочного комбайна по обобщенному критерию эффективности использования.

5. Рекомендации производству по повышению эффективности уборки зерновых культур.

**Степень достоверности результатов исследований.** Достоверность теоретических исследований основана на известных положениях теории



эффективности технических систем, математической статистики и теоретической механики; полученные выводы подтверждаются сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований (расхождение составило не более 4 %); результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, согласуются с результатами, опубликованными в независимых источниках по теме исследования, и прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

**Апробация результатов исследований.** Основные результаты диссертации обсуждены и одобрены на Международных научных конференциях (1999-2018 гг.), национальной научной конференции (2017г.), конференциях молодых ученых и специалистов (1994, 1999-2002г.г.) Волгоградского ГАУ, на научных конференциях Калмыцкого государственного университета (2001г.), Пензенской ГСХА (2001 г.), Санкт-Петербургского ГАУ (2002 г.) и кафедрах «Эксплуатация машинно-тракторного парка» Волгоградского ГАУ (2016-2018 гг.) и Рязанского ГАТУ (2018 г.).

Научно-методические результаты, полученные в диссертационной работе, используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ и ФГБОУ ВО Калмыцкий ГУ при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

**Публикации.** Основные положения диссертации изложены в 40 научных работах, в том числе 16 – в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России, 6 – в описаниях к патентам на изобретения, 1 – в изданиях базы «Scopus» и в двух монографиях. Результаты работы отражены в отчетах по гранту РФФИ №13-08-01085. Общий объем публикаций составляет 25,32 печ.л., из которых на долю автора приходится 11,10 печ. л.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 322 страницы, в том числе 37 таблиц, 96 рисунков, 44 страницы приложений. Список литературы включает 322 источника.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность работы, указана степень разработанности темы, цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, степень достоверности и апробация результатов, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе «Состояние проблемы повышения качества уборки зерновых культур и использования зерноуборочных машин. Цель и задачи исследования»** рассмотрены проблемы уборки зерновых культур, связанные с выбором технологий и зерноуборочных машин, обеспечивающих выполнение работ в оптимальные агротехнические сроки с минимальными потерями, дроблением и травмированием зерна; представлены технические характеристики современных зерноуборочных комбайнов; выполнен анализ критериев оценки эффективности использования зерноуборочных машин, на основе которого выявлено, что комплексный критерий эффективности чаще всего разрабатывается на основе концепции пригодности; сформулированы цель и задачи исследования.

**Во второй главе «Теоретические предпосылки разработки обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин»** рассмотрены основные положения комплексной оценки использования зерноуборочных машин и разработан обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин.

Комплексная оценка использования зерноуборочных машин представляет собой результат одновременного и согласованного исследования совокупности частных качественных и количественных показателей, отражающих основные аспекты использования зерноуборочных машин в заданных хозяйственных условиях, и обобщенные выводы о результатах сравнения фактических значений частных показателей с базовыми (нормативными, наилучшими из полученных в предшествующие периоды в различных условиях, желаемыми и т.п.).

При оценке эффективности использования зерноуборочных машин по обобщенному критерию учитывалась интенсивность их использования, выражаемая средней годовой наработкой одного комбайна.

Все хозяйства разделены на четыре группы по площади убираемых зерновых культур, приходящейся в течение года на один зерноуборочный комбайн со средневзвешенной пропускной способностью МСУ зерноуборочного комбайна, равной 8,8 кг/с.

К первой группе хозяйств отнесены хозяйства с годовой наработкой зерноуборочного комбайна до 170 га, ко второй группе – хозяйства с годовой наработкой 171 – 435 га, к третьей группе - 436 – 700 га и к четвертой группе – с годовой наработкой более 701 га.

На основе анализа факторов, влияющих на эффективность использования зерноуборочных машин, и метода экспертных оценок, выбраны следующие частные показатели: производительность зерноуборочной машины за час основного времени,  $W_0$ , га/ч; удельные затраты труда,  $Zm$ , чел.·ч/га; эксплуатационный расход топлива,  $Q_{ca}$ , кг/га; прямые потери зерна,  $\Pi$ , %; дробление зерна,  $D$ , % и макротравмирование зерна,  $Mm$ , %.

Обзор научно-исследовательских работ позволил выявить наиболее приемлемую функцию агрегирования в виде отношения частных показателей эффективности  $W_i$  (здесь  $i = 1 \dots m_1$ ), значения которых в процессе уборки зерновых культур следует увеличивать, к показателям  $W_j$  (здесь  $j = m_1 + 1 \dots m$ ), значения которых в процессе уборки зерновых культур следует уменьшать:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} W_i}{\prod_{j=m_1+1}^m W_j} . \quad (1)$$

Выбранная функция агрегирования после приведения ее к скалярному виду и учета коэффициентов важности  $\alpha_{i(j)}$  частных показателей, представлена в виде:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{np}}}{\prod_{j=m_1+1}^m \alpha_j \frac{W_j}{W_j^{np}}} , \quad (2)$$

$$\text{где } \prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тп}}} = K_1 K_2 \dots K_{m_1}, \quad \prod_{j=m_1+1}^m \alpha_j \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}} = K_{m_1+1} \dots K_m, \quad (3)$$

где  $W_{i(j)}^{\text{тп}}$  – требуемые значения единичных показателей эффективности.

В идеальном случае для всех частных показателей  $\frac{W_i}{W_i^{\text{тп}}} = 1$  и  $\frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}} = 1$ .

$$\text{Тогда } \varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i}{\prod_{j=m_1+1}^m \alpha_j}. \quad (4)$$

С учетом обозначений (3), функция агрегирования (2) примет вид:

$$\varphi(W) = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{m_1}}{K_{m_1+1} \cdot \dots \cdot K_m}. \quad (5)$$

Из теории эффективности известно, что критерий эффективности есть математическое ожидание функции агрегирования:

$$K_{\text{э}} = m\{\varphi(W)\}. \quad (6)$$

Тогда, зависимость для расчета обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин примет вид:

$$K_{\text{эф}}^{\text{исп}} = \frac{K_{W_0}}{K_{3\text{т}} K_{Q_{\text{за}}} K_{\text{П}} K_{\text{Д}} K_{M\text{т}}}, \quad (7)$$

где  $K_{W_0}$  – коэффициент, учитывающий важность и степень достижения фактическим значением  $W_0$  требуемой величины (данный частный показатель желательно повышать);  $K_{3\text{т}}$ ,  $K_{Q_{\text{за}}}$ ,  $K_{\text{П}}$ ,  $K_{\text{Д}}$  и  $K_{M\text{т}}$  – соответственно коэффициенты, учитывающие важность и степень достижения фактическими значениями  $3\text{т}$ ,  $Q_{\text{за}}$ ,  $\text{П}$ ,  $\text{Д}$  и  $M\text{т}$  требуемых величин (данные частные показатели желательно снижать).

Обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин  $K_{\text{эф}}^{\text{исп}}$  может быть больше 1. В этом случае достаточно сложно оценить степень достижения требуемого уровня. Поэтому введено понятие относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин – отношение фактического обобщенного критерия эффективности использования  $K_{\text{эф}}^{\text{исп}}$  к требуемому  $K_{\text{эф.тп}}^{\text{исп}}$ :

$$K_{\text{эф.отн.}}^{\text{исп}} = \frac{K_{\text{эф}}^{\text{исп}}}{K_{\text{эф.тп}}^{\text{исп}}}. \quad (8)$$

Таким образом, по зависимости (7) рассчитывается обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин, по значению которого или по значению относительного обобщенного критерия эффективности использования, определенного по зависимости (8), выбирается наиболее эффективное техническое решение по повышению качества уборки зерновых культур.

**В третьей главе «Оценка частных показателей и обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин»** представлены основные размерно-массовые характеристики некоторых сортов зерновых культур, влияющих на показатели эффективности уборки; результаты исследований сменной производительности, потерь, дробления и травмирования зерна рабочими органами зерноуборочных комбайнов; удельных затрат труда на уборке зерновых культур; эксплуатационного расхода топлива зерноуборочными комбайнами; результаты оценки весомости частных показателей и обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов.

Для изыскания резервов повышения эффективности использования зерноуборочных комбайнов выбраны: РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», как наиболее распространенных в условиях Волгоградской области. Для данных марок зерноуборочных комбайнов проведен хронометраж их работы на уборке зерновых колосовых культур в ряде хозяйств.

Результаты хронометража позволили получить данные по изменению частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов в зависимости от их годовой наработки.

Производительность зерноуборочных машин за час основного времени  $W_0$  определялась с учетом значений производительности комбайнов за час сменного времени  $W_{см}$  и коэффициента использования времени смены  $\tau$ .

На основе экспериментальных исследований получены зависимости  $W_{см}$  от урожайности убираемой культуры (рис. 1). Рассматривая зависимости, представленные на рисунке 1, можно отметить, что с увеличением урожайности зерновых культур производительность за час сменного времени комбайнов

снижается. Причем, интенсивность снижения производительности  $W_{см}$  уменьшается с ростом урожайности убираемых культур.

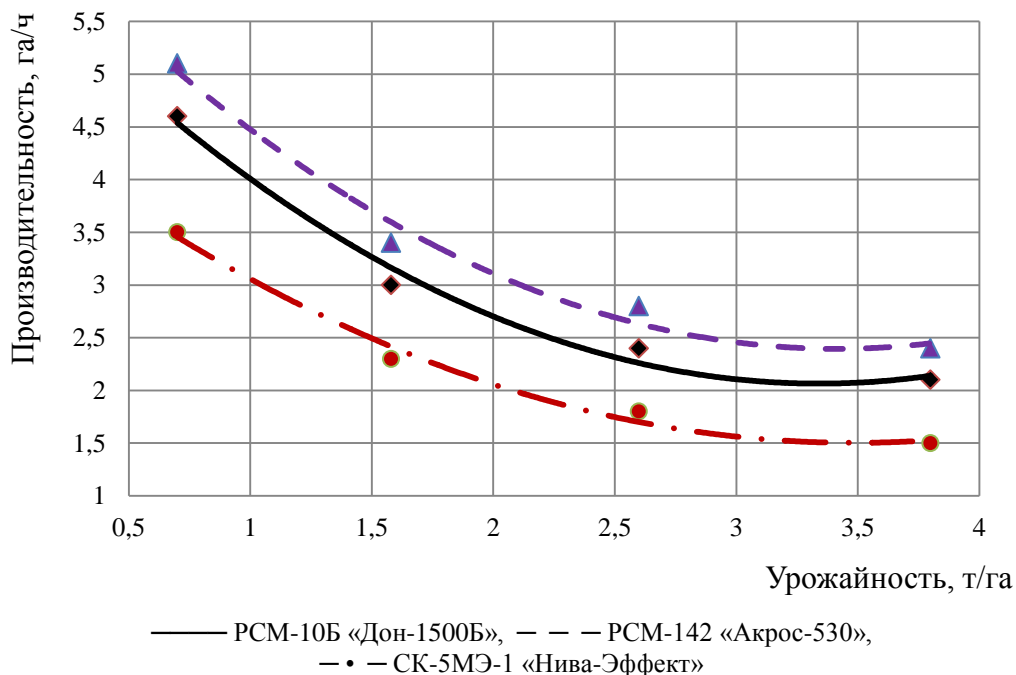


Рисунок 1 – Зависимости производительности зерноуборочных комбайнов за час сменного времени от урожайности зерновых колосовых культур

По результатам хронометража работы комбайнов в хозяйствах с различной наработкой одного комбайна получены зависимости изменения производительности зерноуборочных комбайнов за час сменного времени от группы хозяйства (рис. 2).

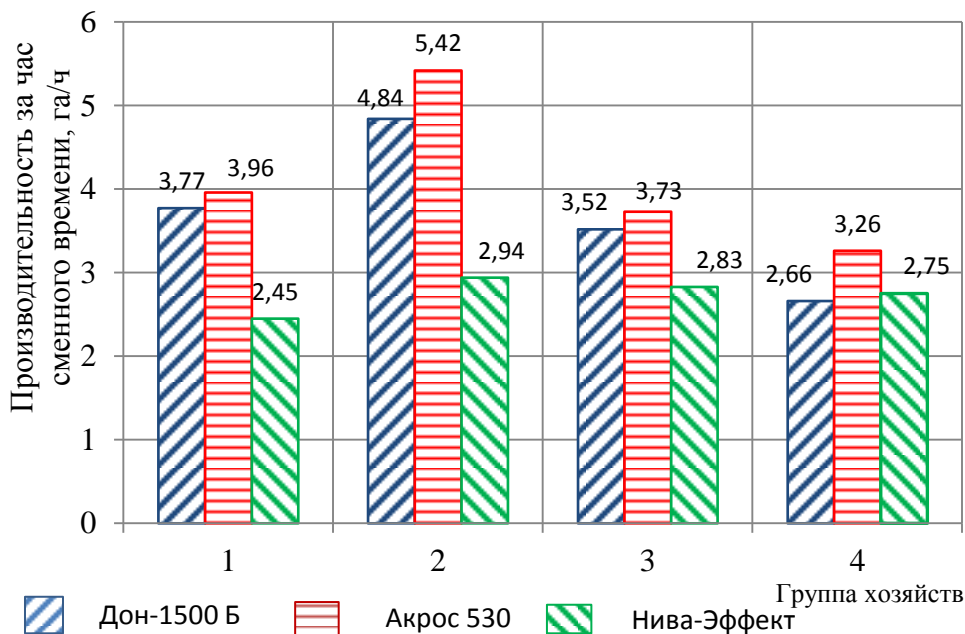


Рисунок 2 – Зависимости изменения производительности зерноуборочных комбайнов за час сменного времени от группы хозяйства

Полученные данные показали:

- средняя производительность за час сменного времени зерноуборочных комбайнов РСМ-142 «Акрос-530» по всем группам хозяйств выше на 9,65 % , чем у РСМ-10Б «Дон-1500Б» и на 32,99 %, чем у СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»;

- большая производительность за час сменного времени зерноуборочных комбайнов всех исследуемых марок приходится на комбайны, работающие в хозяйствах второй группы, а меньшая – в хозяйствах четвертой группы;

- во всех группах хозяйств большую производительность за час сменного времени имеют зерноуборочные комбайны РСМ-142 «Акрос-530».

Для изыскания резервов повышения  $W_{см}$  зерноуборочных комбайнов, совершенствования системы ТО и определения  $W_o$  установлены зависимости изменения коэффициента использования времени смены  $\tau$  от:

- продолжительности рабочего дня  $t$ :

$$\tau = 0,0024t^5 - 0,118t^4 + 2,312t^3 - 22,372t^2 + 106,68t - 199,71; \quad (9)$$

- стажа работы комбайнера  $Ст$ :

$$\tau = \sqrt[8]{0,046Ст} - 0,144; \quad (10)$$

- коэффициента обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом  $On$  ( $On = 0,1 \dots 1,0$ ;  $On \neq 0$ ):

$$\tau = 0,17 \ln On + 0,748; \quad (11)$$

- коэффициента оснащённости дилерских пунктов передвижными средствами ТО  $O_{ТО}$  ( $O_{ТО} = 0 \dots 1,0$ ):

$$\tau = -0,18O_{ТО}^2 + 0,43O_{ТО} + 0,51. \quad (12)$$

Удельные затраты труда рассчитывались по зависимости:

$$Зт = (ЧкТсез. + Чвр Тсез.всп.) / W, \quad (13)$$

где  $Ч_k$  и  $Ч_{вр}$  – количество комбайнеров и вспомогательных рабочих, обслуживающих зерноуборочный комбайн; Тсез. и Тсез.всп.– соответственно продолжительность работы комбайнера на данной марке зерноуборочного комбайна и вспомогательных рабочих на обслуживании комбайна в течение уборочного сезона;  $W$  – годовая нагрузка на одну зерноуборочную машину (интенсивность использования зерноуборочных машин в хозяйстве).

Результаты расчета удельных затрат труда при использовании зерноуборочных комбайнов в хозяйствах 4 групп представлены на рисунке 3.

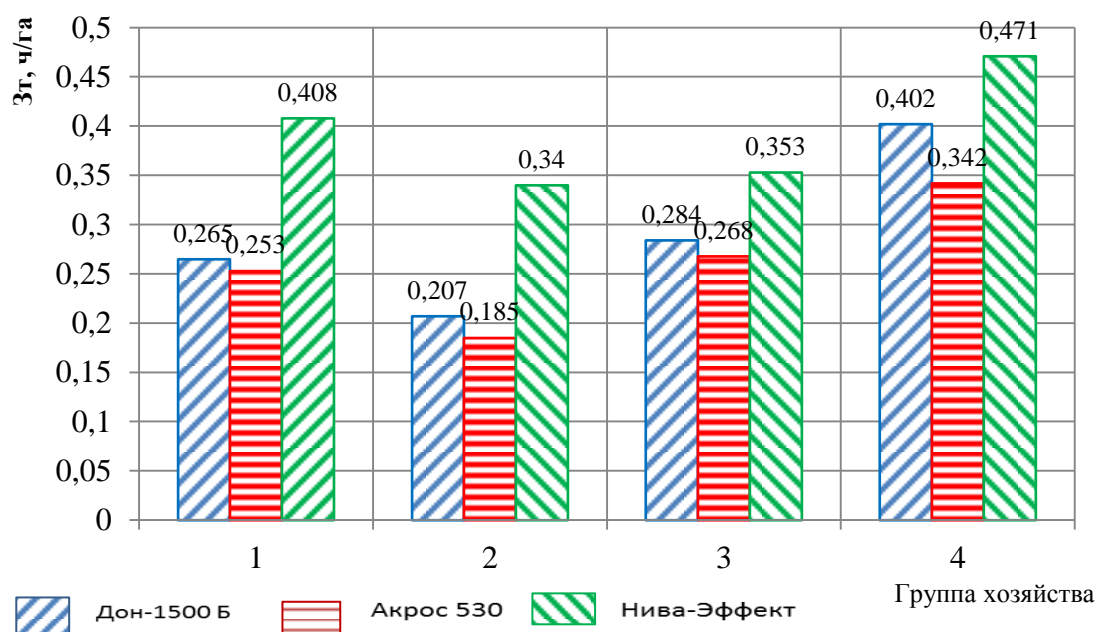


Рисунок 3 – Удельные затраты труда при использовании зерноуборочных комбайнов

Результаты исследований показали, что минимальные удельные затраты труда относятся к комбайну РСМ-142 «Акрос-530» во всех четырех группах хозяйств.

Эксплуатационный расход топлива. По полученным экспериментальным данным определен расход дизельного топлива  $Q_{ca}$  в хозяйствах с различной годовой наработкой зерноуборочных комбайнов (рис. 4).

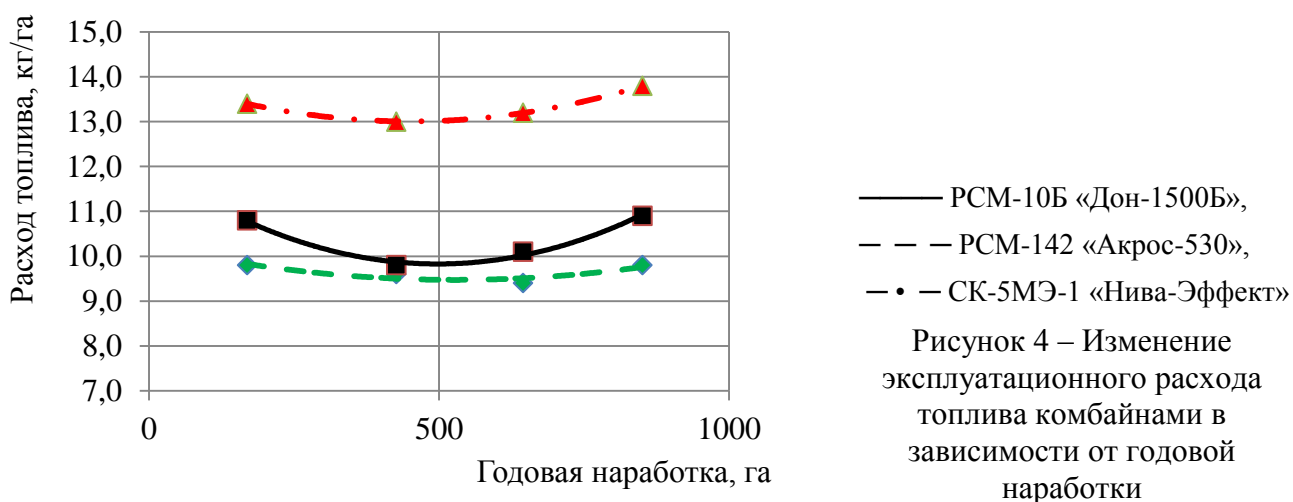


Рисунок 4 – Изменение эксплуатационного расхода топлива комбайнами в зависимости от годовой наработки

Представленные на рисунке 4 результаты показывают, что минимальный эксплуатационный расход топлива приходится на зерноуборочные комбайны, годовая наработка которых в хозяйствах составляет 500 – 700 га за сезон.

Установлено, что эксплуатационный расход топлива в зависимости от годовой наработки (или группы хозяйства) изменяется незначительно, до 10%.



Прямые потери зерна. Оценку потерь зерна за зерноуборочными комбайнами выполняли по методике, разработанной на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

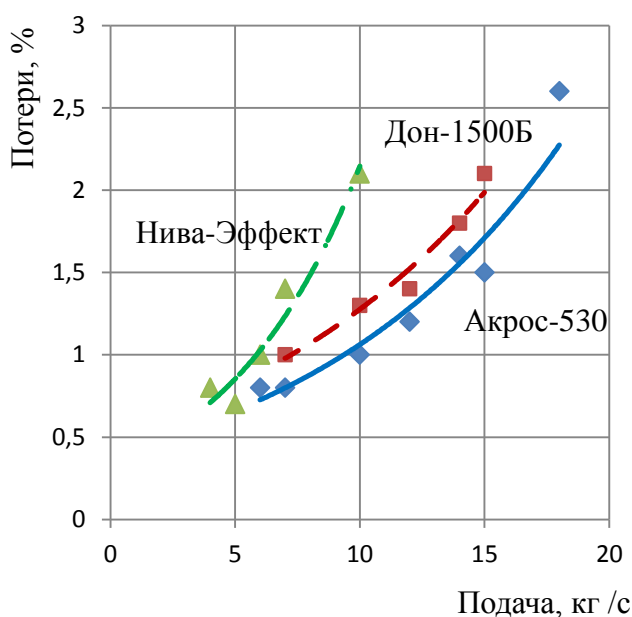


Рисунок 5 – Зависимости потерь зерна озимой пшеницы комбайнами «Дон-1500Б», «Акрос-530» и «Нива-Эффект»

Полученные данные по потерям зерна  $P$  в % в зависимости от подачи  $q$  хлебной массы на обмолот в молотильную камеру (рис. 5) с высокой точностью (расхождение не более 4%) описываются следующими зависимостями:

для комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б»:

$$P = 0,489 e^{0,089q}, \quad (14)$$

для комбайна РСМ-142 «Акрос-530»:

$$P = 0,356 e^{0,096q}, \quad (15)$$

для комбайна СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»:

$$P = 0,288 e^{0,184q}. \quad (16)$$

Из данных, представленных на рисунке 5, следует, что потери зерна за молотилкой зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» не превышают допустимого уровня (1,5 %) при подаче соответственно до 12, 13 и 8 кг/с.

Дробление и макротравмирование зерна. Дробление зерна рабочими органами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» составило соответственно 0,9; 0,7 и 1,1%. Определено, что доля макротравм у зерна, вымолоченного комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б», составляет 14,1%, что больше, чем за комбайнами РСМ-142 «Акрос-530» (10,7%) и «Нива-Эффект» (12,7%). При этом, у вымолоченных зерен всеми комбайнами больше травмирован зародыш, чем эндосперм.

Экспериментальные данные показали, что на уборке семенных посевов желательно использовать современный комбайн РСМ-142 «Акрос-530».

При расчетах обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин учитываются фактические и требуемые значения выбранных частных показателей, а также коэффициентов весомости  $\alpha_{i(j)}$ .

Фактические значения частных показателей:  $W_0$ ,  $Зт$ ,  $Q_{за}$ ,  $П$ ,  $Д$  и  $Мт$  выбраны по результатам экспериментальных исследований, а требуемые – исходя из лучших результатов, достигнутых при уборке зерновых культур всеми марками зерноуборочных комбайнов: производительность за час основного времени  $W_0^{TP} = 5,42$  га/ч; удельные затраты труда  $Зт^{mp} = 0,185$  чел.·ч/га; эксплуатационный расход топлива для: РСМ-10Б «Дон-1500Б»  $Q_{за}^{mp} = 10,1$  кг/га, РСМ-142 «Акрос-530»  $Q_{за}^{mp} = 9,4$  кг/га и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»  $Q_{за}^{mp} = 13,0$  кг/га; потери зерна  $П^{mp} = 0,79\%$ ; дробление  $Д^{TP} = 0,7\%$  и макротравмирование зерна  $Мт^{TP} = 10,7\%$ .

Значения коэффициентов весомости  $\alpha_{i(j)}$  частных показателей определены методом относительных частот (табл. 1).

Таблица 1 – Значения коэффициентов  $\alpha_{i(j)}$  частных показателей

Частный показатель	$W_0$	$Зт$	$Q_{за}$	$П$	$Д$	$Мт$
$\alpha_{i(j)}$	0,91	0,67	0,77	0,85	0,56	0,44

По зависимости (7) рассчитаны значения обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{ЭФ.}^{ИСП}$  (рис. 6) и по выражению (8) – значения относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{ЭФ.ОТН.}^{ИСП}$  (рис. 7).

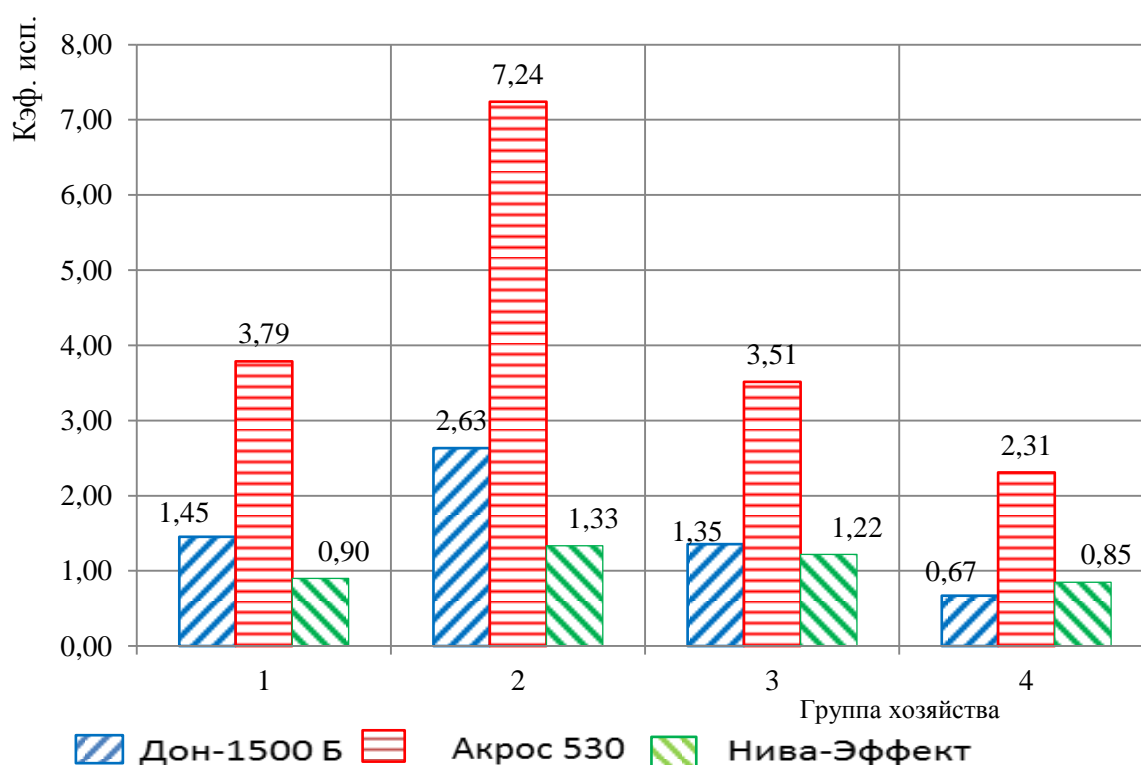


Рисунок 6 – Изменение обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов

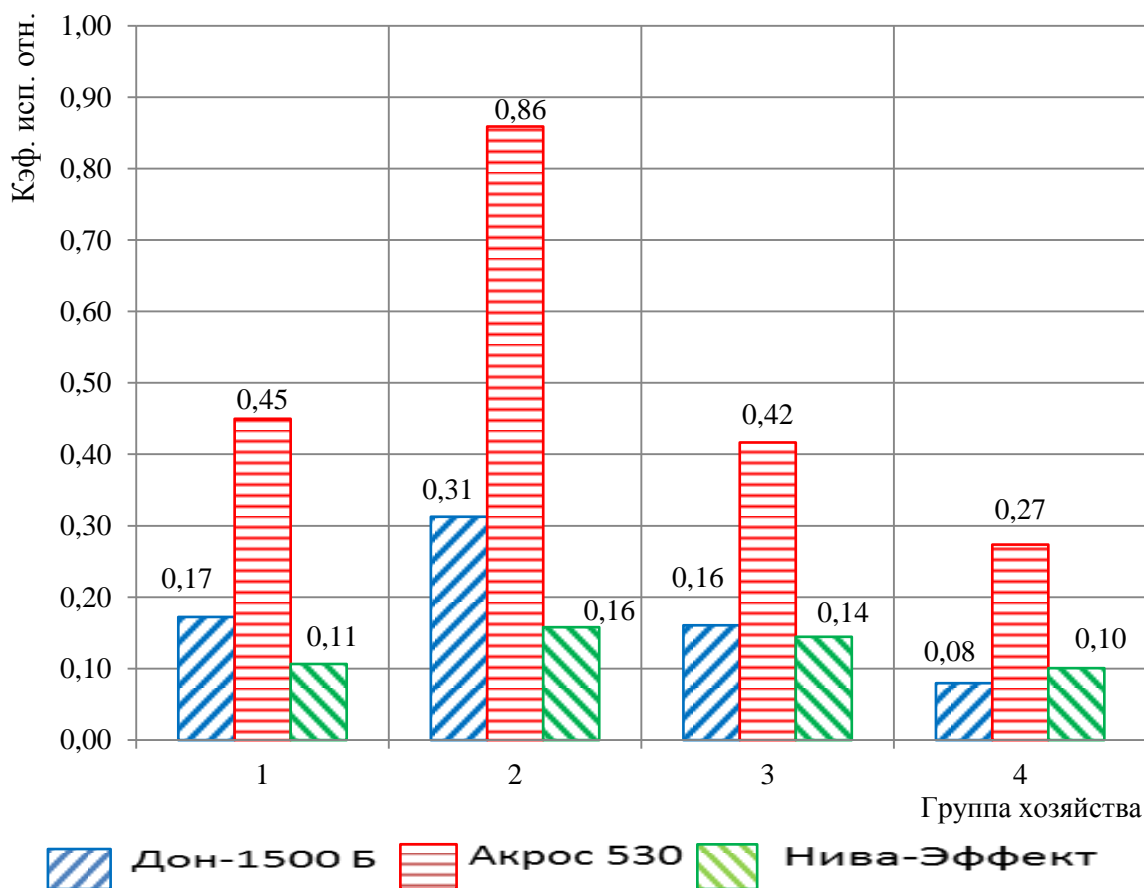


Рисунок 7 – Изменение относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов

Результаты, представленные на рисунках 6 и 7, показали:

- во всех группах хозяйств максимальную эффективность использования имеют комбайны РСМ-142 «Акрос-530»;
- максимальное значение обобщенного критерия эффективности использования имеют зерноуборочные комбайны РСМ-142 «Акрос-530» ( $K_{эф.}^{исп} = 7,24$ ) в хозяйствах второй группы.

С учетом этих данных, представленных на рисунке 7, построены зависимость изменения относительного обобщенного критерия эффективности использования РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» от их годовой наработки (рис. 8).

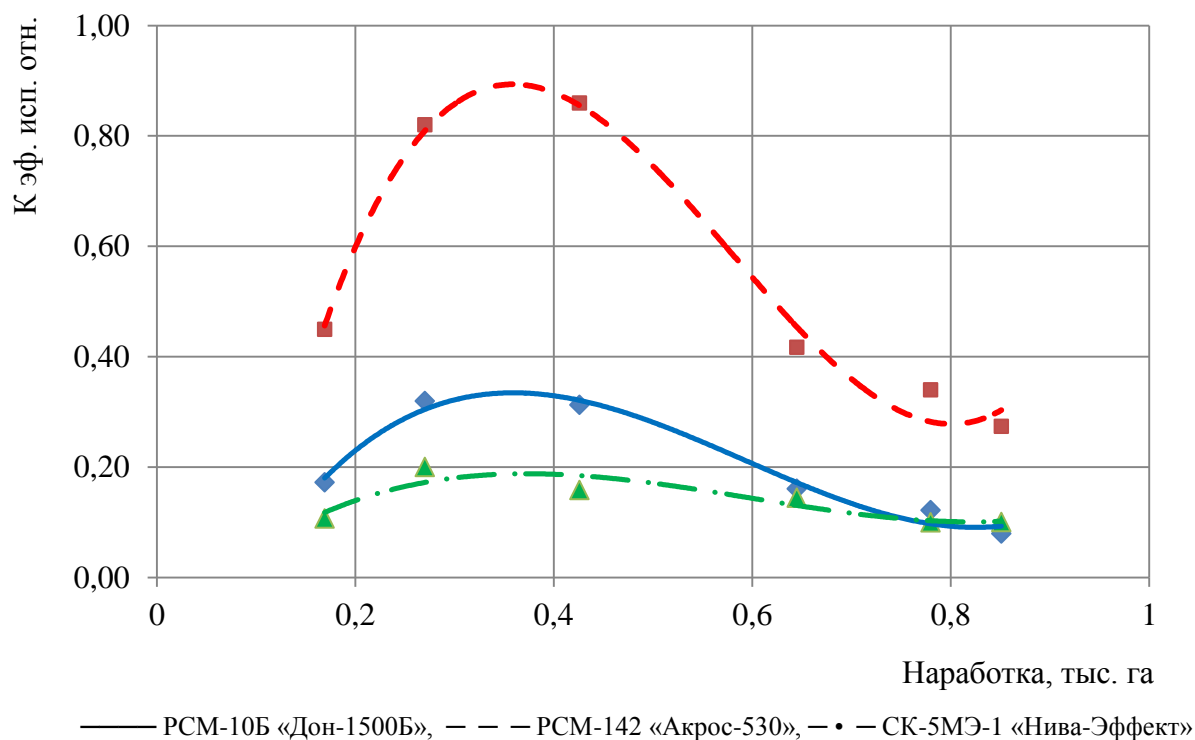


Рисунок 8 – Изменение относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов от годовой наработки

Зависимости, представленные на рисунке 8, с величиной достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,98; 0,97$  и  $0,92$  соответственно для РСМ-142 «Акрос-530», РСМ-10Б «Дон-1500Б» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» описываются уравнениями:

для зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б»

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 4,81 S_{\Gamma}^3 - 8,55 S_{\Gamma}^2 + 4,28 S_{\Gamma} - 0,32, \quad (17)$$

для зерноуборочного комбайна РСМ-142 «Акрос-530»

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 14,23 S_{\Gamma}^3 - 24,75 S_{\Gamma}^2 + 12,26 S_{\Gamma} - 0,98, \quad (18)$$

для зерноуборочного комбайна СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 1,93 S_{\Gamma}^3 - 3,46 S_{\Gamma}^2 + 1,77 S_{\Gamma} - 0,09, \quad (19)$$

где  $S_{\Gamma}$  – годовая наработка зерноуборочного комбайна в тыс. га.

После дифференцирования зависимостей (17), (18) и (19) по годовой наработке  $S_{\Gamma}$ , приравнивания полученных выражений к нулю и их решения, определили, что относительный обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов в условиях Волгоградской области будет максимальным при годовой наработке  $S_{\Gamma}$ , равной 360 - 370 га.

**В четвертой главе «Технические решения проблемы повышения качества уборки за счет совершенствования конструкции зерноуборочных комбайнов» предложена усовершенствованная конструкция молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна классической схемы, обеспечивающая снижение недомолота в соломе и полове, и конструкции двух устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, для которых проведена оптимизация геометрических и кинематических параметров; дана оценка эффективности использования зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.**

Известно, что во время уборки зерновых культур зерноуборочными комбайнами потери зерна не должны превышать уровня, определенного агротехническими требованиями. Однако, как показали наши исследования, при потерях зерна озимой пшеницы за молотилкой зерноуборочного комбайна «Дон-1500Б», равных 1,4 %, недомолот в соломе и полове составил 14,9 % от суммарных потерь зерна.

С целью снижения недомолота в соломе и полове, предложено МСУ (патент РФ №2181237), которое обеспечивает, по сравнению с серийным зерноуборочным комбайном, снижение потерь зерна до уровня 1,3 % за счет сокращения потерь за молотилкой из-за недомолота в соломе и полове. Однако усовершенствование конструкции МСУ классической схемы не приводит к существенному снижению механического повреждения зерна. В связи с этим, необходимо усовершенствовать конструкцию зерноуборочного комбайна таким образом, чтобы потери зерна недомолотом в соломе и полове, а также дробление и травмирование зерна были бы существенно ниже, чем при уборке зерновых культур серийным комбайном.

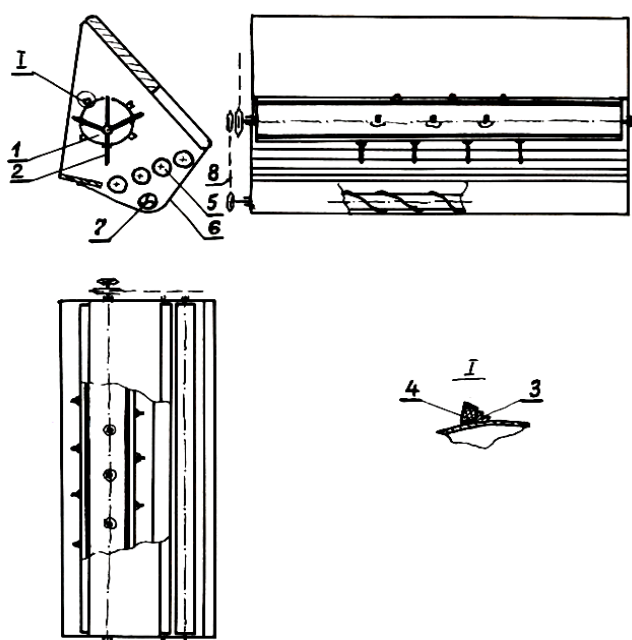
Для решения данной проблемы предлагается использовать в конструкции комбайна МСУ, изготовленное по патенту РФ №2181237, совместно с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы .

Такое сочетание позволит на первом этапе обмолота зерновой культуры выделять и собирать в отдельный бункер минимально дробленное и травмированное зерно, которое может использоваться в качестве семян, а на втором –

осуществлять вымолот оставшегося зерна МСУ усовершенствованной конструкции, а также сбор его в основной бункер комбайна.

Разработано несколько устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы (патенты РФ №2382542, № 2202165).

Устройство по патенту РФ №2382542 представляет собой модернизированную проставку комбайна, рисунок 9.



1 – бите́р проставки, 2 – пальчиковый механизм, 3 – планки, 4 – ремни,  
5 – ролики, 6 – кожух, 7 – зерновой шнек, 8 – цепная передача  
Рисунок 9 – Схема модернизированной проставки

Устройство работает следующим образом. Растения, срезанные жаткой, подаются в устройство, в котором они перемещаются между бите́ром 1 и роликами 5. За счет воздействия на срезанные растения пальчикового механизма 2 и ремней 4, закрепленных на планках 3, нарушается связь зерна с колосом и осуществляется выделение из колоса наиболее спелых и ценных зерен, которые просыпаются между роликами 5 и затем подаются зерновым шнеком 7 и элеватором в отдельный бункер комбайна.

С целью исследования качества работы устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, выбраны независимые факторы, уровни и интервалы их варьирования.

При оптимизации выбранных факторов оценивали дробление (Д) и вымолот (В) зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносо-

ломистой массы. При этом использовался план Рехтшафнера.

По результатам экспериментальных исследований рассчитаны коэффициенты  $B_0$ ,  $B_i$ ,  $B_{ij}$  и  $B_{ii}$  уравнения регрессии:

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2, \quad (20)$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии (20) оценивалась по критерию Стьюдента. Незначимые коэффициенты были исключены.

Получены следующие уравнения регрессии в кодированном виде:

$$D = 0,050 + 0,033x_1 + 0,038x_2 - 0,037x_3 + 0,073x_4 + 0,002x_1x_2 - 0,001x_1x_3 + 0,004x_1x_4 - 0,001x_2x_3 + 0,004x_2x_4 - 0,001x_3x_4 + 0,127x_1^2 + 0,112x_2^2 + 0,177x_3^2 + 0,077x_4^2, \quad (21)$$

$$B = 10,6 + 0,31x_1 + 0,41x_2 - 0,24x_3 + 0,81x_4 + 0,07x_1x_2 - 0,08x_1x_3 + 0,09x_1x_4 - 0,01x_2x_3 + 0,02x_2x_4 - 0,08x_3x_4 - 1,12x_1^2 - 1,23x_2^2 - 1,37x_3^2 - 0,72x_4^2 \quad (22)$$

Адекватность математических моделей проверялась по критерию Фишера. Критерий Фишера при исследовании дробления зерна равен  $F_d = 0,1211$  и вымолота  $F_b = 0,2842$ . При этом  $F < F_{0,05}$  ( $F_{0,05} = 2,1646$ ).

Результаты оптимизации факторов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные значения факторов

Обозначение и наименование фактора	При исследованиях дробления зерна		При исследованиях вымолота зерна	
	в кодированном виде	в раскодированном виде	в кодированном виде	в раскодированном виде
$x_1$ – количество планок на битере проставки, шт.	-0,13	3,74	0,14	4,28
$x_2$ – высота планки, мм	-0,16	18,2	0,17	19,85
$x_3$ – зазор между остовом битера и роликом на входе, мм	0,1	73,5	-0,10	64,5
$x_4$ – частота вращения битера, мин <sup>-1</sup>	-0,47	199,9	0,57	335,1

Определены коэффициенты  $B_{11}$ ,  $B_{22}$ ,  $B_{33}$ ,  $B_{44}$  и значения критерия оптимизации в точке  $Y_s$ .

В результате получены уравнения регрессии в канонической форме:

$$Y_D - 0,03 = 0,127X_1^2 + 0,112X_2^2 + 0,177X_3^2 + 0,077X_4^2, \quad (23)$$

$$Y_B - 10,8 = -1,11X_1^2 - 1,22X_2^2 - 1,39X_3^2 - 0,71X_4^2. \quad (24)$$

Так как все коэффициенты при квадратичных членах уравнения регрессии дробления зерна положительные, а при квадратичных членах уравнения ре-

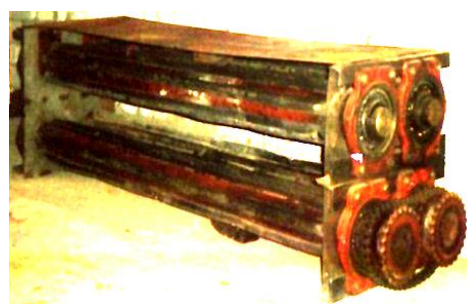
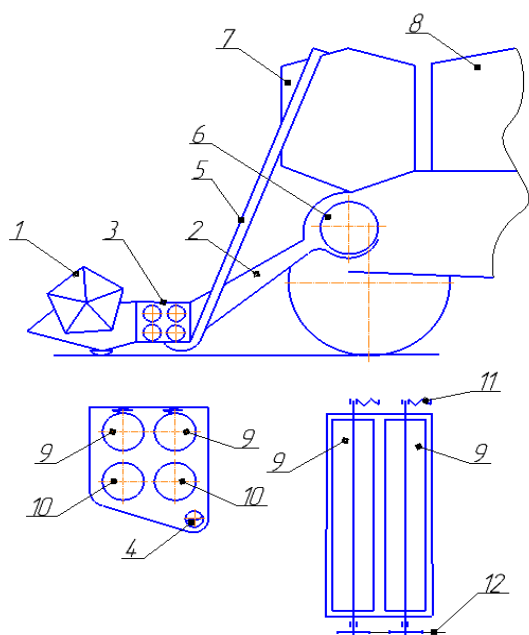
грессии вымолота зерна отрицательные, то поверхности откликов дробления и вымолота зерна есть четырехмерные параболоиды, у которых координаты центров поверхностей соответствуют оптимальным значениям исследуемых факторов.

При определении оптимальных геометрических и кинематических параметров исследуемого устройства была решена компромиссная задача с использованием двумерных сечений.

В результате решения компромиссной задачи определено:  $x_1 = 4$  шт.,  $x_2 = 19$  мм,  $x_3 = 70$  мм и  $x_4 = 300$  мин<sup>-1</sup>.

Экспериментальные исследования устройства с оптимизированными геометрическими и режимными параметрами проведены с механической и вакуумной (патент РФ №2594527) системами транспортировки предварительно обмолоченного зерна в отдельный бункер. Применение вакуумной системы транспортировки зерна позволяет снизить травмирование зерна на 20-28%, по сравнению с механической.

Разработана, изготовлена и исследована в реальных условиях конструкция зерноуборочного комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленным между жаткой и наклонной камерой (патент РФ № 2202165). Устройство зерноуборочного комбайна показано на рисунке 10.



а)

- 1 – жатка, 2 – наклонная камера,
- 3 – устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы (а),
- 4 – шнек, 5 – система транспортировки зерна,
- 6 – молотильный аппарат, 7 – отдельный бункер, 8 – основной бункер, 9 – верхний ярус вальцов, 10 – нижний ярус вальцов,
- 11 – механизм регулировки зазоров,
- 12 – привод

Рисунок 10 – Схема зерноуборочного комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы



Отличие работы предложенного комбайна от серийного состоит только в том, что растения, срезанные режущим аппаратом жатки 1, частично обмолачиваются на «мягком режиме» устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы 3; вымолоченное зерно подается в отдельный бункер 7, а частично обмолоченные растения наклонной камерой 2 направляются в молотильный аппарат 6 комбайна для дальнейшего обмолота.

Установлено, что на дробление  $D$  и вымолот  $B$  зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы существенное влияние оказывают четыре фактора:  $x_1$  – количество планок на вальце,  $x_2$  – угол наклона планки относительно продольной оси вальца,  $x_3$  – молотильный зазор и  $x_4$  – частота вращения ведущего вальца первой пары.

В результате оптимизации факторов определено, что для обеспечения отбора в отдельный бункер зерноуборочного комбайна до 10% минимально дробленного зерна устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы должно иметь следующие значения факторов:  $x_1=4$  шт.,  $x_2=0^\circ\pm 5^\circ$ ,  $x_3=35\pm 5$  мм и  $x_4=260\pm 50$  мин<sup>-1</sup>.

Дробление зерна комбайном, оборудованного устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, можно определить по

выражению:

$$D_c = \sum_{i=1}^n D_i + D_{y.n.o.} \quad (25)$$

где  $D_i$  – дробление зерна  $i$ -м рабочим органом комбайна;  $i = 1 \dots n$  – номер рабочего органа;  $D_{y.n.o.}$  – дробление зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы представляет собой количество зерна, прошедшего через поток хлебной массы под ролики (патент РФ №2382542) или вальцы нижнего яруса (патент РФ №2202165). Процесс вымолота зерна рассматривался нами с вероятностной точки зрения.

Определены зависимости вероятности прохода свободного зерна под ролики (патент РФ №2382542) или вальцы нижнего яруса (патент РФ №2202165) устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы:

$$Z(t) = 1 - \exp \left[ - \sum_{k=1}^n \left( 1 - \frac{d_s + d}{a_c \sin \Theta} \right)_k i [1 + k(t)] \times \frac{1000 q_s t}{m_s} \right]. \quad (26)$$

и вероятности дробления зерна данным устройством:

$$D_c = K_1 \left\{ 1 - \exp \left[ - \sum_{k=1}^n \left( 1 - \frac{d_3 + d}{a_c \sin \Theta} \right)_k i [1 + k(t)] \times \frac{1000 q_3}{m_3} t \right] \right\}, \quad (27)$$

где  $K_1$  – коэффициент пропорциональности, показывающий соотношение дробления и вымолота зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, в определенных условиях уборки зерновых культур;  $d_3$  – приведенный диаметр зерна;  $d$  – диаметр стебля;  $\Theta$  – угол падения зерна;  $m_3$  – масса одного зерна;  $i$  – количество слов зерносоломистой массы над минимальным участком шириной  $a_c$ ;  $q_3$  – секундная подача зерна в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Полученные зависимости вероятностей сепарации и дробления зерна дают возможность выполнить анализ вымолота и повреждения зерна предложенными устройствами и рассчитать частные показатели эффективности использования зерноуборочных комбайнов, основываясь на вероятностном подходе, без использования других методов.

Дана сравнительная оценка по обобщенному и относительному критериям эффективности использования зерноуборочных комбайнов с предложенными конструкторскими решениями по отбору минимально травмированного зерна в отдельный бункер, изготовленных по патентам РФ №2202165 и №2382542, между собой и серийным зерноуборочным комбайном.

Результаты расчета обобщенного и относительного критериев эффективности использования зерноуборочных комбайнов серийного и оборудованных устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы представлены в таблице 3.

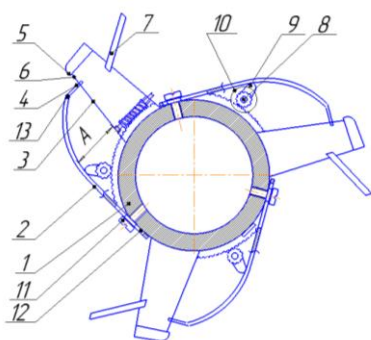
Таблица 3 – Значения обобщенного и относительного обобщенного критериев эффективности использования зерноуборочных комбайнов

Показатель	Серийный зерноуборочный комбайн	Зерноуборочный комбайн, оборудованный устройством устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы	
		по патенту №2202165	по патенту № 2382542
$K_{ЭФ}^{ИСП}$	2,714	4,270	5,299
$K_{ЭФ.ОТН.}^{ИСП}$	0,322	0,507	0,629

Из представленных в таблице 3 данных следует, что применение зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, существенно повышает эффективность их использования.

**В пятой главе «Повышение качества уборки зерновых культур за счет совершенствования конструкции молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа»** представлены теоретические предпосылки обмолота зерновых культур инерционно-очесным МСУ; даны оценки дробления и травмирования зерна инерционно-очесным МСУ, надежности и эффективности использования зерноуборочных машин с МСУ инерционно-очесного типа.

Для повышения эффективности качества уборки зерновых культур необходимо также снижать потери зерна с одновременным снижением затрат энергии на обмолот растений. Для решения этой задачи предлагается использовать инерционно-очесный способ обмолота, разработанный в ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ применительно к обмолоту сорго, а затем адаптированный в данной работе к обмолоту проса путем использования щелевого битера с транспортирующей пластиной (патент РФ №2601228).



1 – основание, 2 – лопасть, 3 – кронштейн, 4 – ограничитель, 5 – обмолачивающая кромка, 6 – щель, 7 – транспортирующая пластина, 8 – кулачковый вал, 9 – кулачек, 10 – механизм поворота, 11 – винт, 12 – паз, 13 – ось

Рисунок 11 – Схема щелевого битера

Данный щелевой битер МСУ может быть адаптирован к влажности убираемой культуры, в зависимости от которой изменяют размер *A* (рис. 11) с помощью механизма поворота 10, который поворачивает кулачок 9, воздействующий на лопасть 2, изменяя ее кривизну.

Колосья или метелки, обмолачиваемых на корню растений, поочередно проглаживаются лопастями 2 соседних битеров от основания к вершине, передавая их от одного битера к другому. При этом зерна, имеющие слабую механическую связь с колосом (метелкой), за счет сил инерции отрываются от плодоножки. Необмолоченные зерновки захлестываются вокруг обмолачивающей кромки 5 и попадают в щель 6. Обмолачивающая кромка 5, изгибает плодоножку с зерном на длине, заданной ограничителем 4, и очесывает зерно. После этого зерно поступает на транспортирующую пластину 7, с которой центробежной

силой выбрасывается за пределы битера.

Таким образом, при использовании данного способа обмолота одни зерна отделяются от их плодоножек за счет сил инерции, а остальные – очесом.

Разработанные опытные образцы уборочных машин с МСУ инерционно-очесного типа однотипны и включают: энергетическое средство 1, например, самоходное шасси или трактор (рис. 12, 13), один или несколько модулей 2, навесное устройство 3 с прямоточной выносной молотильной камерой, жатку 4, бункер для сбора зерна 5, систему транспортировки зерна 6, транспортер растений 7, тележку 8, электрооборудование и сигнализацию 9.

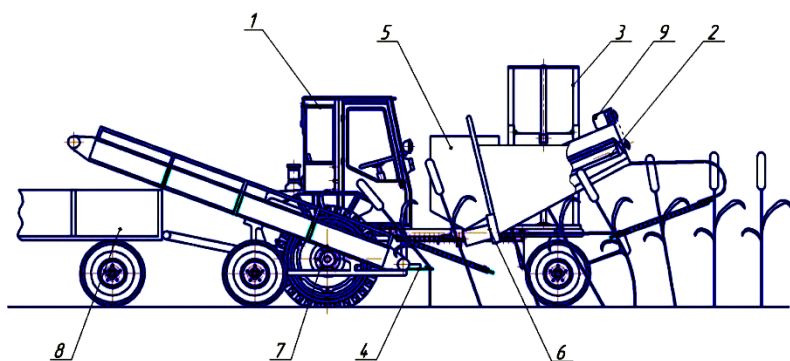


Рисунок 12 - Схема машины с МСУ инерционно-очесного типа



Рисунок 13 – Фотографии машины с МСУ инерционно-очесного типа и щелевых битеров

Для выполнения уборки зерновых культур с максимально возможной производительностью за смену необходимо использовать зерноуборочную машину с оптимальным количеством модулей МСУ инерционно-очесного типа.

При определении числа модулей зерноуборочной машины принят критерий оптимизации – максимальная производительность машины за смену при условии выполнения уборочных работ в оптимальные агротехнические сроки и ограничению по степени использования мощности двигателя зерноуборочной машины (в расчетах коэффициента использования мощности двигателя принят равным 0,94). При использовании в зерноуборочной машине в качестве энергетического средства трактора МТЗ-82.1 получено оптимальное число модулей, равное 5.

Используя результаты, полученные в работах Ряднова А.И., Скворцова А.К., Шарипова Р.В. и Иленевой С.В., проанализированы теоретические условия обмолота зерновых культур МСУ инерционно-очесного типа на примере

зернового сорго и проса. Анализ исследований показывает, что во время очеса зерна происходит отрыв зерна от плодоножки за счет ее разрыва и излома.

Рассматривая системы сил, действующих на плодоножку в момент ее разрыва и излома (рис.14а), на зерно в момент попадания его в щель битера (рис.14б) и на зерно в момент удара по нему лопастью битера (рис.14в), получены зависимости для определения теоретических условий вымолота зерна МСУ инерционно-очесного типа:

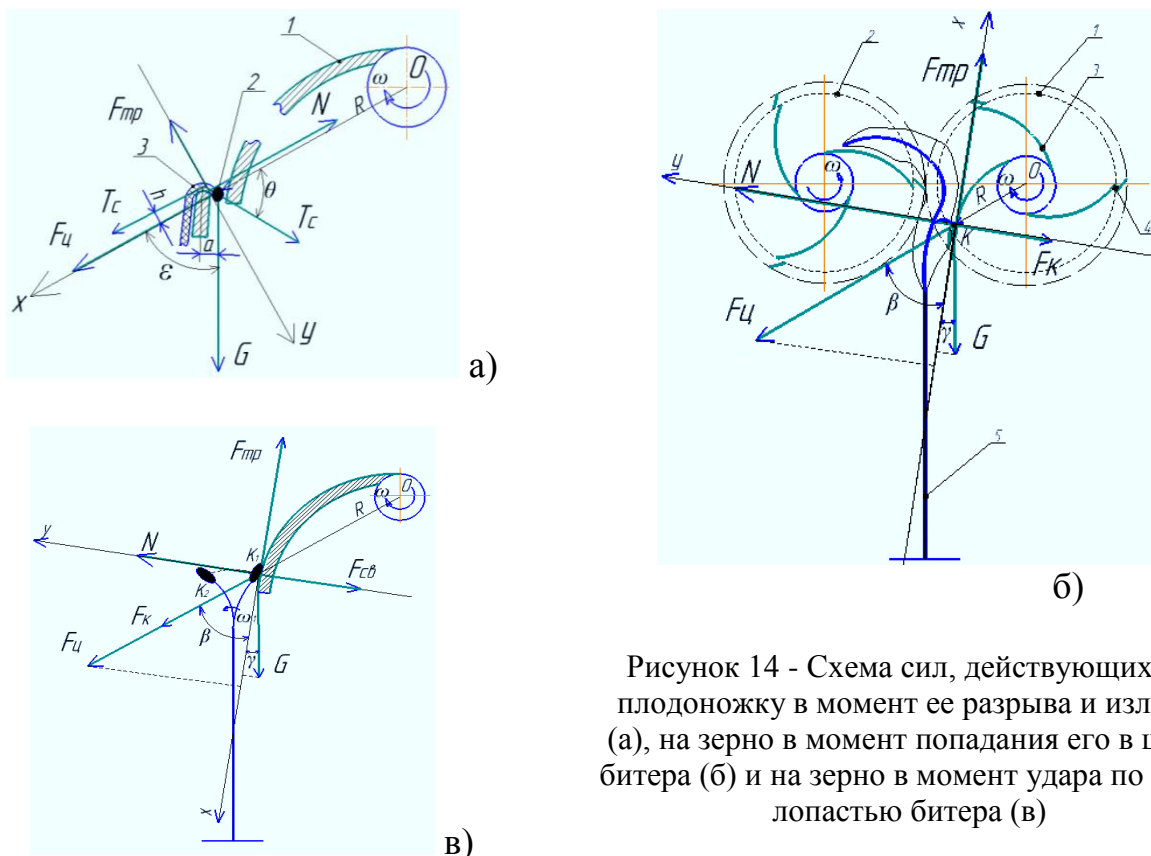


Рисунок 14 - Схема сил, действующих на плодоножку в момент ее разрыва и излома (а), на зерно в момент попадания его в щель битера (б) и на зерно в момент удара по нему лопастью битера (в)

1) условие излома плодоножки от изгиба произойдет, если  $\sigma_{из} \geq [\sigma_{из}]$ ,

где напряжение изгиба

$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из}, \quad (28)$$

где  $M_{из} = G \cdot a + F_u \cdot h = m_3(ga + \omega^2 R h)$  - изгибающий момент (здесь  $a$  и  $h$  - соответственно плечи внешних силы тяжести зерна  $G$  и центробежной силы  $F_u$ ),  $W_{из} = \pi d_n^3 / 32$  - момент сопротивления (здесь  $d_n$  - диаметр плодоножки в месте контакта ее с лопастью битера);

2) минимальное значение угловой скорости битера  $\omega$ , при которой зерно будет поступать к щели битера:

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{g(f \sin \gamma - \cos \gamma)}{R \cos \beta + f \left( -2R_L + R \sin \beta + \frac{R^2}{R_L} \right)}}, \quad (29)$$

где  $f$  - коэффициент трения плодоножки о лопасть битера,  $R$  - радиус кривизны лопа-

сти битера,  $R_l$  – радиус лопасти,  $\gamma$  - угол между направлением оси  $x$  и вектором силы тяжести зерна  $G$ ,  $\beta$  - угол между направлением оси  $x$  и вектором центробежной силы;

3) условие отрыва зерна от плодоножки за счет сил инерции:

$$\frac{\left[ \frac{(F_{ц} + F_{к}) \cos \beta + G \cos \gamma}{f} + (F_{ц} + F_{к}) \sin \beta - G \sin \gamma \right]^2 d^2}{m_3 \omega^2 R^2 L_B} \geq F_{св} , \quad (30)$$

где  $F_{св}$  – сила связи зерна с плодоножкой,  $F_{к}$  – сила инерции Кориолиса,  $d$  – диаметр зерна,  $L_B$  - длина плодоножки.

Необходимые для отделения зерна угловая скорость битера МСУ и сила инерции зерна определяются по вышеуказанным зависимостям при установленных геометрических и кинематических параметрах МСУ и свойствах сельскохозяйственной культуры, подлежащей обмолоту.

Для выявления резервов повышения эффективности использования новой конструкции зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа дана оценка показателей надежности ее систем. Определено, что лимитирующими надежностью данной машины являются жатка, система транспортировки обмолоченного зерна в бункер комбайна и модуль.

Рассчитаны значения наработки на отказ  $t_0$  и коэффициента готовности  $Kz$  машины (без учета уровня надежности энергетического средства). Они достаточно высоки  $t_0 = 87,22$  ч и  $Kz = 0,985$ .

С целью сравнения по обобщенному критерию эффективности использования зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа, оборудованного битером по патенту РФ №2601228, и серийного зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» экспериментальными исследованиями определены частные показатели на уборке проса (табл.4).

Таблица 4 – Значения частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин

Показатель	Серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б»	Опытная зерноуборочная машина
$W_0$ , га/ч	2,66	0,86
$Zm$ , чел.·ч/га	0,602	0,602
$Q_{за}$ , кг/га	10,8	6,3
$P$ ,%	4,1	1,09
$D$ , %	0,5	0,5
$Mm$ ,%	10,0	10,0

Результаты исследований частных показателей использования серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и опытной двухмодульной зерноуборочной машины, оборудованной МСУ инерционно-очесного типа, позволили рассчитать значения обобщенного и относительного критериев эффективности использования этих машин (табл.5).

Таблица 5 – Значения обобщенного и относительного критериев эффективности использования серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и зерноуборочной машины, оборудованной МСУ с щелевым битером по патенту РФ №2601228

Показатель	Серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б»	Опытная зерноуборочная машина
$K_{Эф}^{ИСП}$	1,306	2,723
$K_{Эф.ОТН.}^{ИСП}$	0,155	0,323

Двухмодульная зерноуборочная машина с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа на уборке проса имеет обобщенный коэффициент использования  $K_{Эф}^{ИСП}$  в 2 раза выше чем серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б».

**В шестой главе «Экономическая эффективность применения конструкторских усовершенствований зерноуборочных машин»** представлены показатели экономической эффективности применения технического решения с максимальным значением обобщенного критерия эффективности использования.

Из результатов оценки обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин предложенных технических решений повышения качества уборки зерновых культур следует, что максимальное значение данного критерия соответствует использованию зерноуборочного комбайна, оборудованного модернизированной проставкой, которая обеспечивает при предварительном обмолоте зерносоломистой массы выделение малотравмированного зерна и сбор его в отдельный бункер зерноуборочного комбайна.

Расчет показал, что годовой экономический эффект применения зерноуборочного комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы на уборке озимой пшеницы с урожайностью 2,68 т/га и при средней годовой нагрузке на один комбайн в условиях Волгоградской области 426 га составил 797832 рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В настоящее время при оценке эффективности использования машин сельскохозяйственного назначения чаще всего применяется концепция пригодности, на основе которой разрабатывается обобщенный критерий эффективности.

2. Разработан обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин, учитывающий фактические и требуемые значения частных показателей и их относительную важность.

3. По экспериментальным данным определены фактические значения частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» (производительность за час основного времени  $W_0$ ; удельные затраты труда  $Zm$ ; эксплуатационный расход топлива  $Q_{за}$ ; прямые потери зерна  $P$ ; дробление зерна  $D$  и макротравмирование зерна  $Mm$ ) в хозяйствах первой группы (со средней годовой наработкой комбайнов до 170 га), второй (с наработкой 171 – 435 га), третьей (с наработкой 436 – 700 га) и четвертой группы (с наработкой более 701 га).

Рассчитан обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{эф}^{ИСП}$ , по значениям которого установлено:

– во всех группах хозяйств максимальную эффективность использования имеют комбайны РСМ-142 «Акрос-530»;

– максимальное значение обобщенного критерия эффективности использования имеют зерноуборочные комбайны РСМ-142 «Акрос-530» ( $K_{эф}^{ИСП} = 7,24$ ) в хозяйствах второй группы.

Установлены зависимости изменения относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов от годовой наработки  $S_r$ :

$$\text{РСМ-10Б «Дон-1500Б»} \quad K_{эф.отн.}^{ИСП} = 4,81 S_r^3 - 8,55 S_r^2 + 4,28 S_r - 0,32,$$

$$\text{РСМ-142 «Акрос-530»} \quad K_{эф.отн.}^{ИСП} = 14,23 S_r^3 - 24,75 S_r^2 + 12,26 S_r - 0,98,$$

$$\text{СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»} \quad K_{эф.отн.}^{ИСП} = 1,93 S_r^3 - 3,46 S_r^2 + 1,77 S_r - 0,09.$$

Относительный обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов в условиях Волгоградской области будет максимальным при годовой наработке  $S_r$ , равной 360 - 370 га.



4. Разработаны конструкции МСУ (патент РФ №2181237) и устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы (патенты РФ № 2202165 и №2382542) зерноуборочного комбайна с вакуумной системой транспортировки (патент РФ №2594527) предварительно обмолоченного зерна в отдельный бункер.

Определены зависимости вероятности прохода свободного зерна под ролики (патент РФ №2382542) и вальцы нижнего яруса (патенты РФ № 2202165) предложенных устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, позволяющие выполнить анализ вымолота и повреждения зерна, а также рассчитать частные показатели эффективности использования зерноуборочных комбайнов.

По критерию оптимизации – минимальному уровню дробления зерна определено, что для модернизированной проставки (патент РФ №2382542): количество планок на битере проставки должно быть 4 штуки, высота планки – 19 мм, зазор между остовом битера и роликом на входе – 70 мм и частота вращения битера -  $300 \text{ мин}^{-1}$ ; а для устройства (патент РФ №2202165): количество планок на вальце – 4 штуки, угол наклона планки относительно продольной оси вальца –  $0^\circ \pm 5^\circ$ , молотильный зазор –  $35 \pm 5$  мм и частота вращения ведущего вальца первой пары –  $260 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$ .

Оборудование зерноуборочных комбайнов типа РСМ-10Б «Дон-1500Б» устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы с оптимизированными геометрическими и кинематическими параметрами обеспечивает сбор в отдельный бункер до 10% зерна с дроблением не более 0,1%. При использовании модернизированной проставки чистота зерна в дополнительном бункере составила 88,2%, а в основном – 97,7%, макротравмирование – 2,0% и микротравмирование зерна – 3,1%; при использовании устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного между жаткой и наклонной камерой, – соответственно 82,5%, 97,2%, 2,4% и 3,6%.

Обобщенный критерий эффективности использования серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и оборудованного устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам РФ №2202165 и №2382542, составил соответственно  $K_{\text{эф}}^{\text{ИСП}} = 2,714$ ,  $K_{\text{эф}}^{\text{ИСП}} = 4,270$

и  $K_{эф}^{исп} = 5,299$ , а относительный обобщенный критерий эффективности – соответственно 0,322; 0,507 и 0,629.

5. Предложена конструкция щелевого битера (патент РФ №2601228) модуля МСУ инерционно-очесного типа зерноуборочной машины, для которой разработаны теоретические предпосылки обмолота зерновых культур, позволяющие определить условия излома плодоножки и отрыва зерна от плодоножки и минимальное значение угловой скорости битера, при которой зерно будет поступать в щель битера.

По обобщенному критерию использования  $K_{эф}^{исп}$  двухмодульная зерноуборочная машина с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа на уборке проса в 2 раза эффективнее серийного зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б».

6. Годовой экономический эффект применения зерноуборочного комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы на уборке озимой пшеницы с урожайностью 2,68 т/га и при средней годовой нагрузке на один комбайн в условиях Волгоградской области 426 га составил 797832 рублей.

### **Рекомендации производству**

Рекомендуется использовать:

- обобщенный критерий эффективности использования при выборе зерноуборочных машин;
- зерноуборочные комбайны, оборудованные устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патентам РФ №2202165, №2382542 и №2601226, и зерноуборочные машины с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа с битером по патенту РФ №2601228 для сбора зерна на семенные цели.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин применять при разработке средств автоматизации и создании информационной базы внешних факторов уборки зерновых культур для различных почвенно-климатических зон России и параметров зерноуборочных машин с целью решения задач оптимизации и управления уборочным процессом.

Продолжить усовершенствование зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа для уборки зерновых колосовых культур.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ

### Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. Бышов, Н.В. Машина для уборки зерновых культур / Н.В. Бышов, А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.–2018.– № 1 (49). – С. 220 - 227.
2. **Федорова, О.А.** Анализ парка зерноуборочных комбайнов Волгоградской области / **О.А. Федорова**, О.И. Поддубный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 235 - 243.
3. **Федорова, О.А.** Факторы, влияющие на показатели использования зерноуборочных комбайнов / **О.А. Федорова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4 (48). – С. 239-245.
4. **Федорова, О.А.** Комплексный критерий оценки эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов [Электронный ресурс] / **О.А. Федорова** // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 4(28). – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=520>.
5. Тронеv, С.В. Повышение производительности зерноуборочного комбайна / С.В. Тронеv, А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Научное обозрение. – 2017. – №21. – С.37-43.
6. Тронеv, С.В. Способ обеспечения высокой производительности зерноуборочного комбайна / С.В. Тронеv, **О.А. Федорова** // Успехи современной науки. – 2017. – Том 6, №3. – С. 219-223.
7. Ряднов, А.И. Методика выбора скорости соргоуборочного комбайна при отказах режущего аппарата / А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, **О.А. Федорова**, А.С. Фаронов // Успехи современной науки. – 2017. – Том 6, №3. – С. 202-206.
8. Ряднов, А.И. Теоретическая модель обмолота метелочных культур инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 253.

9. Ряднов, А.И. Повышение производительности соргоуборочного комбайна / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – С. 225.

10. Ряднов, А.И. Оценка дробления и травмирования зерна озимой пшеницы при уборке соргоуборочным комбайном / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**, С.А. Давыдова // Естественные науки. – 2014. – №3. – С. 75-79.

11. Кузнецов, Н.Г. Определение параметров молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа / Н.Г. Кузнецов, Р.В. Шарипов, **О.А. Федорова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3 (35). – С. 190-195.

12. Ряднов, А.И. Оценка пропускной способности рабочих органов соргоуборочного комбайна [Текст] / А.И. Ряднов, С.В. Тронев, Р.В. Шарипов, **О.А. Федорова** // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – С. 119-123.

13. Ряднов, А.И. Обоснование числа модулей комбайна с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11. – С. 1010-1014.

14. Ряднов, А.И. Оптимизация конструктивно-технологических показателей молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа / А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, **О.А. Федорова** // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №06(090). – IDA [article ID]: 0901306032. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/32.pdf>.

15. Ряднов, А.И. Вероятность вымолота и дробления зерна устройством предварительного обмолота хлебной массы / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3 (27). – С. 188-193.

16. Ряднов, А.И. Усовершенствованная наклонная камера / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**, С.Е. Попов // Сельский механизатор. – 2011. – №1. – С. 7.

#### **В изданиях базы «Scopus»**

17. Овчинников, А.С. EVALUATION OF RELIABILITY OF SORGHUM HARVESTER / А.С. Овчинников, А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**, Р.В. Шарипов, С.Д. Фомин // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – VOL. 12, NO. 7, APRIL 2017. – S. 2277-2284.

## Монографии

18. Ряднов, А.И. Методы оценки эффективности уборки сельскохозяйственных культур: монография / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** (разделы 2.2, 3.4, 4.2 и 4.3). – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2008. – 108 с.

19. Ряднов, А.И. Технические и технологические решения снижения потерь зерна при уборке: монография / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – 136 с.

## Патенты на изобретения

20. Патент на изобретение №2181237 РФ, МКИ А 01F12/18, 12/20, 12/22. Молотильно-сепарирующее устройство / **Федорова О.А.** – Патентообладатель Федорова Ольга Алексеевна. – Оpubл. 20.04.02, Бюл. №11.

21. Патент на изобретение №2202165 РФ, А01D41/00, А01F12/00. Зерноуборочный комбайн / Цепляев А.Н., Ряднов А.И., **Федорова О.А.** – ФГБОУ ВПО Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. Заявка: 2000109659/13, 17.04.2000. Опубликовано: 20.04.2003.

22. Патент на изобретение № 2382542 РФ, А01D 41/08. Устройство предварительного обмолота, преимущественно для семенных целей / Ряднов А.И., Тронев С.В., Шарипов Р.В., Скворцов И.П., **Федорова О.А.**; заявитель и патентообладатель – Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия – №2008140812; заявл. 14.10.2008; опубл. 27.02.11, Бюл.№6.А01D41/00, А01D41/02.

23. Патент на изобретение № 2594527 РФ, МПК А01D 41/12. Система транспортировки зерна в комбайне / А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, **О.А. Федорова**; В.А. Кочергин, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. заявка № 2015120607/13; заявл. 29.05.2015; опубл. 20.08.2016, Бюл. №23.

24. Патент на изобретение № 2601226 РФ, МПК А01 F 12/18. Устройство предварительного обмолота зерна / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. заявка № 2015140384/13; заявл. 22.09.2015; опубл. 27.10.2016, Бюл. №30.

25. Патент на изобретение № 2601228 РФ, МПК А01D 41/08. Щелевой битеер молотильно-сепарирующего устройства / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. заявка № 2015140386/13; заявл. 22.09.2015; опубл. 27.10.2016, Бюл. №30.

**Публикации в журналах, сборниках научных трудов,  
материалах научных конференций**

26. Ряднов, А.И. Повышение качества убираемого зерна путем снижения его травмирования / А.И. Ряднов, Д.Н. Орлов, **О.А. Ряднова** // Тезисы докладов I межвузовской научно-практической конференции студентов и молодых ученых Волгоградской области. Сельское хозяйство/ Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 1994. – С. 61-62.

27. Ряднов, А.И. Устройство частичного обмолота зерна /А.И. Ряднов, **О.А. Ряднова**// Информ. листок №455/94 / ЦНТИ. – Волгоград, 1994. – 2 с.

28. Ряднов, А.И. Повышение урожайности зерновых культур за счет использования нетравмированных семян /А.И. Ряднов, **О.А. Ряднова**// Информ. листок №290-95/ ЦНТИ. – Волгоград, 1995. – 3 с.

29. Ряднов, А.И. Травмированность семян и засоренность хлебостоя зерновых культур /А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**// Научн. сообщения КДН, бюл. №9. – Волгоград, 2000. – С.52-54.

30. Ряднов, А.И. Математическая модель сепарации свободного зерна /А.И. Ряднов, С.В. Тронеv, **О.А. Федорова**// На рубеже тысячелетия: Экология, экономика, образование, медицина: сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – Т. 8. – С. 194-198.

31. **Федорова, О.А.** Совершенствование технологии уборки зерновых культур на семена /О.А. Федорова // Материалы 5 региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. – Волгоград: ВГСХА, 2001. – С.124-126.

32. Ряднов, А.И. Методика оценки эффективности обмолота зерновых культур на семена /А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** //Совершенствование технологии и технологических средств механизации сельского хозяйства. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – С. 169-172.

33. Ряднов, А.И. Способ выделения нетравмированного зерна комбайном «Дон-1500» /А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**// Материалы науч. конф. профессорско-преподавательского состава и аспирантов С.- Петербургского ГАУ. – С.-Петербург – Пушкин, 2002. – С. 55-58.

34. Ряднов, А.И. Теоретические предпосылки выбора показателя эффективности уборки зерновых культур /А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**// Научный

вестник Инженерные науки. Вып. 3/ Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2002. – С. 67-70.

35. **Федорова, О.А.** Пути снижения травмирования зерна при уборке [Текст] / О.А. Федорова, А.Н. Цепляев, А.И. Ряднов // Научный вестник Инженерные науки. Вып. 3 / Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2002. – С. 84-87.

36. Ряднов, А.И. Теоретические предпосылки вымолота зерна устройством предварительного обмолота / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова** // Проблемы агропромышленного комплекса: материалы Международной науч.- практической конференции / ВГСХА. – Волгоград, 2003. – С. 94-96.

37. **Федорова, О.А.** Факторы, влияющие на эффективность использования зерноуборочных комбайнов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова // Материалы региональной научно-практической конференции. – Волгоград: Волгоградская ГСХА 2008. – С. 49-54.

38. Ряднов, А.И. Обоснование длины ездки автомобилей при перевозке зерна от комбайнов [Текст] / А.И. Ряднов, **О.А. Федорова**, К.А. Матвеева // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – С. 156-158.

39. **Федорова, О.А.** Повышение сменной производительности зерноуборочных комбайнов / О.А. Федорова // Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике: материалы Национальной научно-практической конференции, Волгоград, 10 ноября 2017 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – Часть 2. – С. 74-78.

40. **Федорова, О.А.** Устройство предварительного обмолота зерна / О.А. Федорова, А.А. Пеньков // Материалы 30-й Международного научно-технического семинара им. В. В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» / ООО «Амирит». – Саратов, 2017. – С. 74-75.

Подписано в печать \_\_\_\_\_ г. Формат 60x84 1/16

Усл. печ. л. 2,0 Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
«Нива»

400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26