

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева»**



*На правах рукописи*

Федорова Ольга Алексеевна

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

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского  
хозяйства

**Диссертация**

на соискание ученой степени доктора технических наук

**Научный консультант:**

Бышов Николай Владимирович,  
доктор технических наук, профессор

Рязань – 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕР- НОУБОРОЧНЫХ МАШИН. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДО- ВАНИЯ.....	13
1.1 Обзор научных работ по исследованию качества уборки зер- новых культур .....	13
1.2 Критерии оценки эффективности использования машин в аг- ропромышленном комплексе.....	34
1.3 Цель и задачи исследования.....	42
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ОБОБ- ЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗО- ВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН.....	44
2.1 Основные положения комплексной оценки использования зерноуборочных машин .....	44
2.2 Факторы, влияющие на эффективность использования зерно- уборочных машин .....	50
2.3 Функциональная схема формирования обобщенного критерия использования зерноуборочных машин .....	56
2.4 Обоснование частных показателей эффективности использо- вания зерноуборочных машин .....	57
2.5 Обоснование обобщенного критерия эффективности использо- вания зерноуборочных машин .....	62
2.6 Выводы по разделу 2.....	69
3 ОЦЕНКА ЧАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН .....	71
3.1 Размерно-массовые характеристики некоторых сортов зерно- вых колосовых культур, влияющих на показатели эффекти- вности использования зерноуборочных машин.....	71
3.2 Оценка сменной производительности зерноуборочных машин на примере уборки зерновых культур в условиях Волгоград- ской области.....	77

3.3	Результаты оценки потерь, дробления и травмирования зерна рабочими органами зерноуборочных комбайнов.....	89
3.4	Удельные затраты труда на уборке зерновых культур .....	95
3.5	Эксплуатационный расход топлива зерноуборочными комбайнами.....	96
3.6	Результаты оценки весомости частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов .....	99
3.7	Результаты расчета обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов.....	100
3.8	Выводы по разделу 3.....	110
4	<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УБОРКИ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ.....</b>	<b>114</b>
4.1	Усовершенствованная конструкция молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна классической схемы .....	114
4.2	Конструкция устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного в проставке зерноуборочного комбайна. ....	116
4.3	Теоретические основы оценки вымолота и дробления зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы .....	119
4.4	Методика исследования устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы .....	128
4.5	Оптимизация геометрических и кинематических параметров устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.....	137
4.6	Конструкция устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного между жаткой и наклонной камерой зерноуборочного комбайна, и оптимизация его геометрических и кинематических параметров....	155
4.7	Результаты сравнительных экспериментальных исследований зерноуборочных комбайнов с устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы .....	171
4.8	Оценка эффективности использования зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройством частичного вымолота	

	зерна из скошенной зерносоломистой массы .....	181
4.9	Выводы по разделу 4.....	184
5	ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ МО- ЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ИНЕРЦИ- ОННО-ОЧЕСНОГО ТИПА.....	186
5.1	Теоретические предпосылки обмолота зерновых культур инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устрой- ством .....	186
5.2	Оценка качества уборки зерновых культур зерноуборочной машиной с инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством.....	210
5.3	Оценка надежности зерноуборочной машины с инерционно- очесным молотильно-сепарирующим устройством .....	214
5.4	Оценка эффективности использования зерноуборочных машин с молотильно - сепарирующим устройством инерционно- очесного типа.....	226
5.5	Выводы по разделу 5.....	231
6	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ ЗЕРНО- УБОРОЧНЫХ МАШИН.....	233
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	238
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	242
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	279

## ВВЕДЕНИЕ

**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 сельского 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 зерно-

уборочных 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 параметрами, рассчитать обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов серийного и оборудованного разработанными устройствами, по которому выбрать наиболее эффективное техническое решение.

5. Разработать конструкцию щелевого битера 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 по-



казателей 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 основном 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.

# **1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ**

## **1.1 Обзор научных работ по исследованию качества уборки зерновых культур**

Современное сельскохозяйственное производство включает в себя комплекс организационных, технологических, технических, экономических и экологических аспектов. В него вовлечены посевные площади возделываемых сельскохозяйственных культур, трудовые ресурсы, технические средства, обеспечивающие качественное выполнение сельскохозяйственных работ с учетом условий их использования.

Особое место в производстве сельскохозяйственных культур занимает процесс производства зерновых культур. В данном процессе завершающим и наиболее ответственным этапом является уборка урожая. Ошибка в выборе технологии и способа уборки, неверный подбор марок зерноуборочных машин применительно к заданным условиям уборки, недостаток уборочной техники, низкая их надежность, плохая подготовка к использованию, низкая квалификация комбайнеров и обслуживающего персонала и ряд других факторов ведут к увеличению сроков уборки, вследствие чего снижается качество уборки, растут материальные убытки.

Одним из основных показателей, которым определяется качества уборки, являются потери зерна.

Снижение потерь уже выращенного урожая зерновых культур невозможно без применения адаптированной к условиям уборки технологии.

Совершенствованию существующих и разработке новых технологий уборки зерновых культур посвящено много работ отечественных ученых. Это научные работы Артемова В.Е. [13], Бурьянова А.И. [29, 30], Горбачева И.В. [42], Гудкова А.Н. [59], Емельянова А.М. [70], Жалнина Э.В. [81], Иванченко П.Г. [93], Канарева Ф.М. [103], Каплина И.Н. [104],

Кубышева В.А. [126], Пенкина М.Г. [190], Рунчева М.С. [203], Скворцова А.К. [253] и других.

Из обзора научных работ следует, что разработано большое разнообразие технологий уборки зерновых культур. Однако до настоящего времени в Российской Федерации наибольшее распространение получила технология, называемая «прямое комбайнирование» или однофазная уборка. Особенностью прямого комбайнирования является то, что уборку основного массива поля, не засоренного сорняками, с не полеглыми и равномерно созревшими растениями, начинают по достижении твердой (полной) спелости зерна.

Если убираемая культура не соответствует требованиям уборки прямым комбайнированием, то применяют двухфазную уборку – раздельное комбайнирование. Данная технология уборки зерновых культур также достаточно часто используется в хозяйствах нашей страны.

Прямое и раздельное комбайнирование относятся к традиционным технологиям уборки зерновых культур.

Прямое комбайнирование по сравнению с раздельной уборкой позволяет сократить сроки уборки, снизить затраты труда и средств. Однако раздельное комбайнирование рекомендуют применять на уборке семенных посевов [205], оно позволяет убирать засоренные посева, неравномерно созревающие поля зерновых культур.

Основными недостатками прямого комбайнирования являются: зависимость от влажности зерносоломистой массы, засоренности посевов, неравномерности созревания, высокие требования к выполнению работ в оптимальные сроки, особенно при уборке легко осыпающихся и голозерных культур.

К основным недостаткам раздельной уборки относятся: возможное прорастание зерна, находящегося в валках, при выпадении затяжных осадков, необходимость в этом случае подсушки хлебной массы в валках, повышенные затраты труда и средств.

В некоторых хозяйствах нашей страны и за рубежом эпизодически применяются индустриально-поточные технологии, такие как «невейка» - с обработкой невеяного вороха на стационаре (разработчики – ВИМ, ГСКБ г. Таганрог, СибИМЭ, ВНИПТИМЭСХ), трехфазная с измельчением зерно-соломистой массы в процессе скашивания, с досушиванием – Кубанская индустриальная (разработчик – Кубанский СХИ) и без досушивания (разработчики – ГСКБ ПО «Ростсельмаш» и ВИМ), ленточная – с транспортировкой скошенной зерносоломистой массы с помощью ленточного накопителя на край поля, где осуществляется обмолот (разработчик – УНИИМЭСХ), с обмолотом зерносоломистой массы на краю поля из предварительно сформированных стогов (разработчики – НПО «Казсельхозмеханизация», ГСКБ ПО «Ростсельмаш» и ВИМ) и другие. Однако перечисленные выше технологии уборки зерновых культур не нашли широкого распространения.

Рассмотренные технологии уборки зерновых культур нами разделены на три группы: комбайновые, индустриально-поточные с обработкой всего биологического урожая на стационарных пунктах и индустриально-поточные с отделением зерновой части растений на поле и обработкой в стационарных условиях (см. табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Технологии уборки зерновых культур

Наименование группы технологий	Комбайновые	Индустриально-поточные	
		с обработкой всего биологического урожая на стационарных пунктах	с отделением зерновой части растений на поле и обработкой в стационарных условиях
Наименование технологии	1. Прямое комбайнирование – однофазная уборка. 2. Раздельное комбайнирование - двухфазная уборка	1. Трехфазная. 2. Латвийская [192]. 3. Кубанская индустриальная [81]. 4. Шведская [248]. 5. Ленточная [40] и другие.	1. Невейка [76]. 2. Очесывание на корню с применением машины М.А.Пустыгина [199]. 3. Очесывание на корню инерционно-очесным способом [229]. 4. Двойной срез [64]. 5. С предварительным обмолотом [231] и другие.

До настоящего времени комбайновые технологии имеют преимущества по сравнению с другими по ряду показателей. Однако при выборе зерноуборочной машины, обеспечивающей реализацию той или иной технологии уборки зерновых культур необходимо учитывать условия уборки и чтобы был обеспечен максимальный сбор выращенного урожая с минимальными потерями зерна, высоким качеством зерна с минимальным его травмированием, с минимальными затратами труда и средств. Учесть множество требований при выборе технологии уборки возможно по комплексному критерию эффективности [205].

В настоящее время разрабатываются новые безкомбайновые технологии и совершенствуются существующие технологии уборки зерновых культур с использованием серийных и вновь разрабатываемых зерноуборочных комбайнов.

Особое место при этом отводится разработкам технологий уборки как зерновых колосовых, так и зерновых метелочных культур методом очеса без предварительного скашивания растений, то есть на корню. Это связано с большими затратами. Так, по данным [253], затраты на уборку метелочных культур, особенно риса, превышают более чем на 30% затрат на их производство. При этом, во время уборки существенны потери, дробление, а также обрушивание и травмирование зерна. Так по данным Абаева В.В. [2] при уборке риса методом очеса на корню получается существенно меньше по объему зерносоломистый ворох, состоящий из свободного зерна (70-80%), оборванных метелок (20-30%) и соломистых частиц (5-7%).

Авторы работы [299] отмечают, что ошибка выбора стратегии уборки определяют сезонные потери зерна, зависящие от скорости созревания и выполнения уборки зерновых культур, от метеорологических условий (осадки, относительная влажность, температура воздуха), площадей убираемых зерновых культур, их вида, сорта и урожайности, количества зерноуборочной техники и их характеристик.



В данной работе также показано, что потери зерна на всех операциях уборочного процесса (скашивание, подбор валков, обмолот, послеуборочная обработка зерна) зависят от режимов работы, качества и своевременности регулировок рабочих органов в зависимости от условий уборки.

Таким образом, обзор и анализ существующих технологий уборки зерновых культур показал, что при выборе той или иной технологии уборки следует учитывать не только природно-климатические, но технические возможности и экономические условия хозяйства.

Исследованию потерь зерна при уборке урожая посвящены работы Адашь А.В. [6], Бурьянова М.А. [33], Ерохина Г.Н. [71], Казакова В.Е. [99], Лесняк О.Н. [136], Ловчикова А.П. [142], Морозова А.Х. [159], Пенкина М.Г. [189], Пугачева А.Н. [197, 198], Ряднова А.И. [225, 226] и других ученых.

Считаем, что наиболее полная классификация видов потерь зерна зерноуборочными комбайнами дана А.Н. Пугачевым в работах [197, 198].

А.Н. Пугачев разделил все потери на два вида: механические потери машинами и биологические или естественные.

Механические потери зерна подразделены на прямые и косвенные.

К прямым потерям отнесены потери за молотилкой комбайна в виде потерь за молотильным устройством, очисткой, соломотрясом, элеваторами, шнеками и в местах соединений, жаткой комбайна, валковой жаткой и подборщиком в виде свободного зерна, в срезанных и несрезанных колосьях.

К косвенным потерям зерна отнесены дробление, плющение, обрушивание, макроповреждения и микроповреждения.

В работе [171] отмечалось, дробленое зерно приводит к увеличению потерь уже выращенного урожая, а также к снижению цены зерна. Исследования КубНИИТиМ, ВНИПТИМЭСХ, а также центра испытаний техники DLG (Германия) показали, что в бункер попадает не все дробленое зерно, часть его распыляется по полю мелких частей раздробленного зерна и муки.

По опытным данным КубНИИТиМ [171] теряется более 50 % от дробленого зерна. При уборке зерновых культур зерноуборочными комбайнами с

классической схемой (бильный барабан, клавишный соломотряс) допускает дробление 2 - 4%, но фактически оно составляет 3 - 6% (с учетом прямых потерь). При уборке зерновых культур зерноуборочными комбайнами с аксиально-роторной схемой МСУ и роторными соломосепараторами дробление зерна составляет 0,4 – 0,6 %. Из отмеченного выше можно предположить, что при обновлении парка комбайнов хозяйства следует отдавать предпочтение зерноуборочным комбайнам с аксиально-роторной схемой МСУ, как более производительным и менее травмирующим зерно. Однако, как показывают результаты многих исследований, дробление зерна зависит от сорта и урожайности убираемой культуры, влажности зерна и засоренности поля сорняками, технического состояния рабочих органов комбайна и многих других факторов.

Дробление зерна, как считает И.Г. Строна [258, 259], это расчленение зерна на несколько частей, а макротравмы – это отчленение некоторой части органического вещества от зерна. Макротравмы относятся к повреждениям наиболее опасным для жизни семян. Макроповрежденные семена зачастую теряют всхожесть.

Микроповреждения – это повреждения зародыша (частично поврежден, повреждены оболочки зародыша и оболочки около зародыша) и эндосперма (поврежден, ушибы, вмятины, внутренние трещины).

Биологические потери А.Н. Пугачев также, как и механические, разделяет на прямые и косвенные.

К прямым биологическим потерям отнесены: осыпание зерна из колосьев и их обламывание, прораствание зерна в валках и на корню, а также потери зерна от грызунов и других вредителей.

К косвенным биологическим потерям отнесены потери качества зерна.

Важнейшими из потерь являются механические.

Прямые и косвенные механические потери зерна во многом зависят от конструктивных особенностей зерноуборочных машин, регулировок и технического состояния рабочих органов, режимов использования, агротехнического состояния убираемой культуры, биологических и физико-механических

свойств обмолачиваемой массы, а также организации уборки и других факторов.

В работе [258] показано, что механические потери зерна приносят больший убыток, чем прямые потери.

В настоящее время принято, что дробление зерна зерноуборочными машинами при уборке на продовольственные цели и фуражные нужды не должно превышать 2% , а при уборке на семена – 1%. Нормативы на макро- и микротравмирование зерна не установлены.

Достаточно много научных работ посвящено влиянию травмирования семян на их посевные качества. Это работы Казакова В.Е. [99], Лесняк О.Н. [136], Пугачева А.Н. [197, 198], Ряднова А.И. [205, 221, 226], Строны И.Г. [258], Тарасенко А.П. [266], Чазова С.А. [293, 294, 295, 297] и других ученых.

Так, экспериментальные исследования А.И. Ряднова, результаты которых представлены в работе [205] и в таблице 1.2, показали, что на каждый процент семян с макротравмами приходится снижение биологической урожайности ячменя южной зоне на 0,2 ц/га, а в северо-западной зоне Волгоградской области на 0,3 ц/га, а яровой пшеницы – соответственно на 0,3 ц/га и 0,4 ц/га. Биологическая урожайность яровой пшеницы «Саратовская 42» на делянках, засеянных фактическим (Факт.) посевным материалом оказалась ниже в южной зоне Волгоградской области в 1,82 раза и в северо-западной зоне в 1,48 раз, чем на делянках, засеянных семенами без травм (Б/тр.), таблица 1.2.

Многолетние исследования ученых и производственный опыт уборки зерновых культур в различных регионах Российской Федерации показывают, что для минимизации потерь уже выращенного урожая уборку зерновых культур необходимо выполнять в оптимальные агротехнические сроки. Для обеспечения данного условия следует учитывать достаточно много факторов: площади, занятые зерновыми культурами, количество зерноуборочных машин, используемых в хозяйстве на уборке, их техническая характеристика и год использования, обеспеченность высококвалифицированными комбайнерами, урожайность, погодные условия и другие.

Таблица 1.2 – Зависимость биологической урожайности зерновых культур от травмирования семян

№ пп	Культура, сорт	Зона	Доля травмированных семян	Фаза спелости зерна				
				Восковая			Начало твердой	Твердая
				начало	Середин	Конец		
1	Яровая пшеница	Южная	Б/гр.	23.7	23.9	24.8	24.6	24.0
2			Факт.	12.8	13.0	13.3	13.2	13.2
3			20%мктр	20.4	20.6	21.2	21.1	20.8
4			60%мктр	16.3	16.5	16.6	16.5	16.4
5			15%Мтр	19.0	19.1	20.0	19.9	19.2
6			30%Мтр	13.6	13.7	14.4	14.3	14.0
7			45%Мтр	10.1	10.3	10.7	10.6	10.4
1	Саратовская 42	Северо-западная	Б/гр.	30.7	31.7	32.1	32.3	32.0
2			Факт.	20.9	21.4	21.7	21.7	21.6
3			20%мктр	25.1	29.9	30.0	30.2	30.1
4			60%мктр	24.5	25.6	25.7	25.9	25.8
5			15%Мтр	24.7	25.8	26.0	26.1	25.9
6			30%Мтр	18.1	19.7	19.8	19.9	19.7
7			45%Мтр	13.0	14.4	14.4	14.6	14.4
1	Яровой ячмень	Южная	Б/гр.	24,4	25,3	25,5	25,3	25,2
2			Факт.	22.6	23.5	23.7	23.6	23.5
3			20%мктр	27.3	28.5	28.7	28.6	28.6
4			60%мктр	25.4	26.4	26.7	26.6	26.5
5			15%Мтр	26.3	27.4	27.6	27.4	27.3
6			30%Мтр	22.8	24.1	24.3	21.1	24.0
1	Донецкий 8	Северо-западная	Б/гр.	38,6	39,1	39,6	39,8	39,6
2			Факт.	30.0	30.8	31.2	31.3	31.1
3			20%мктр	36.2	37.3	37.4	37.7	37.6
4			60%мктр	33.0	34.1	34.2	34.4	34.2
5			15%Мтр	33.8	34.8	34.8	35.3	35.1
6			30%Мтр	29.5	30.1	30.2	30.4	30.3

Рассмотрим более подробно некоторые факторы, влияющие на выполнение уборки зерновых культур в оптимальные агротехнические сроки.

Парк зерноуборочных машин сельскохозяйственного предприятия и его структура определяются, в первую очередь, объемами площадей сельскохозяйственных культур, убираемых зерноуборочными машинами.

Площади сельскохозяйственных культур в Российской Федерации, убираемые зерноуборочными комбайнами в 2005 – 2015 годы, по данным экспертно-аналитического центра агробизнеса представлены в Приложении А, а суммарные площади – на рисунке 1.1.

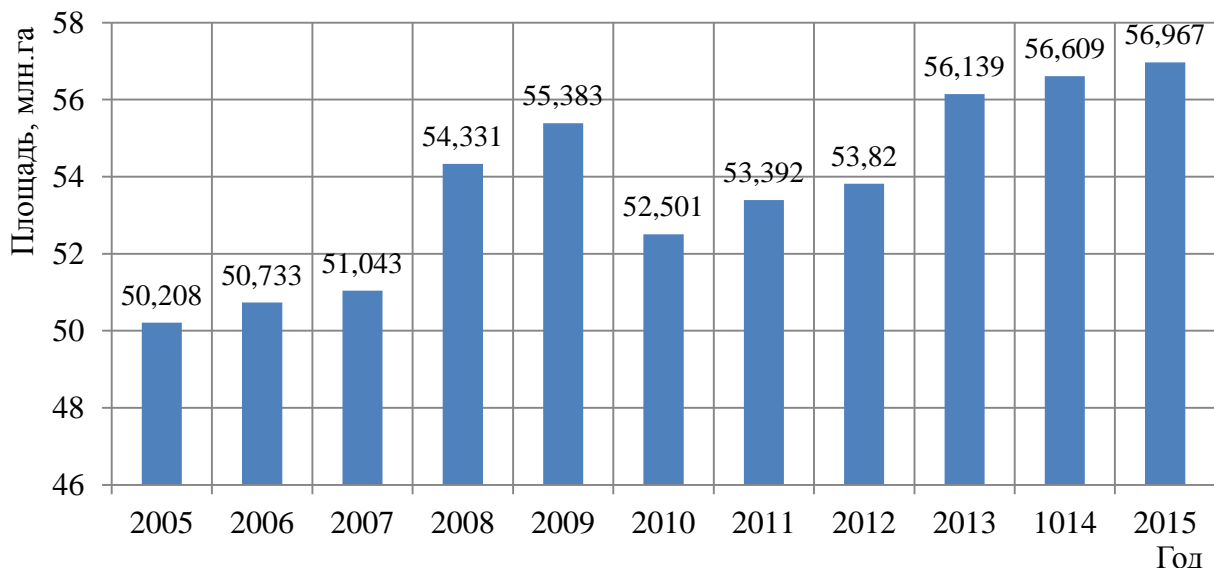


Рисунок 1.1 – Суммарные площади зерновых культур  
в Российской Федерации

Из всех культур, убираемых зерноуборочными комбайнами, наибольшую площадь занимает пшеница (озимая и яровая), рисунок 1.2, на втором месте находится ячмень и на третьем - подсолнечник. Например, 2015 году эти культуры занимали соответственно 47,0; 15,6 и 12,3% от общей посевной площади. Суммарные площади основной культуры России – пшеницы в 2015 г. составили 26,8 млн. га, что больше по сравнению, например, с 2010 г. и 2012 г. соответственно на 0,8% и 8,01%.

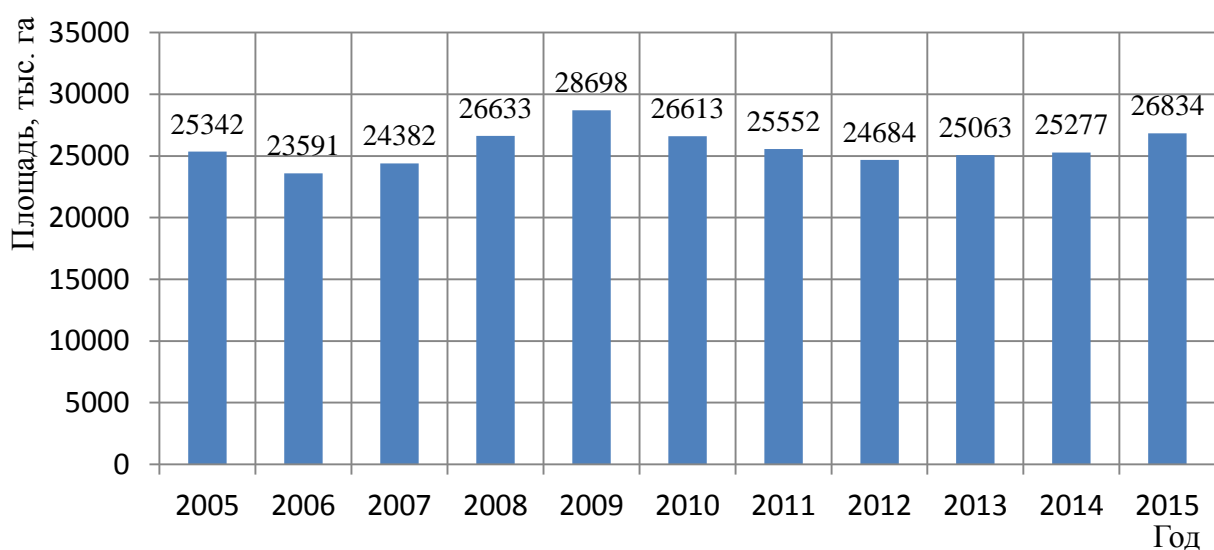


Рисунок 1.2 – Суммарные площади пшеницы, убираемые зерноуборочными  
комбайнами

За последние сто лет в производство внедрены новые сорта зерновых культур, новые технологии их возделывания, шире начали применять минеральные удобрения, средства по борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений. Все это позволило существенно увеличить урожайность зерновых культур. Так, по данным работы [310] средняя урожайность озимой пшеницы с 1910 года по 2010 год увеличилась во Франции и Германии примерно с 18 ц/га до 72 ц/га, в России с 7 ц/га до 24 ц/га, т.е. в 3 раза и более.

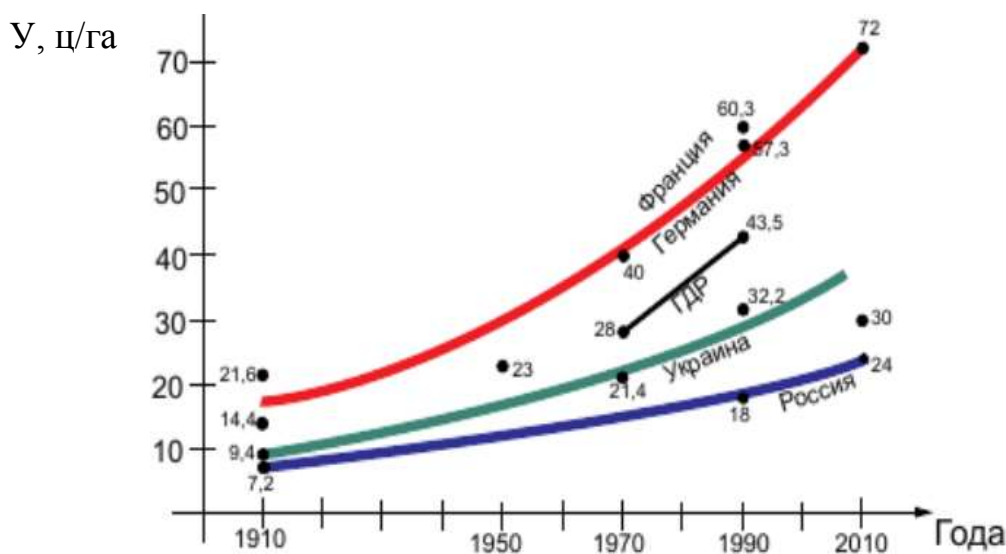


Рисунок 1.3 – Урожайность озимой пшеницы за период 1910 -2010 годы

Возросшая урожайность требует применение более производительных зерноуборочных комбайнов.

В хозяйства России на смену зерноуборочным комбайнам СК-5 «Нива», СК-6-2 «Колос», СКД-5 «Сибиряк» поступили современные как отечественные, так и импортные комбайны. Парк зерноуборочных комбайнов существенно обновляется высокопроизводительными комбайнами. Это объясняет некоторое снижение за последние годы количества зерноуборочных машин, имеющих в сельскохозяйственных предприятиях России различных форм собственности. По данным работы [193], построен график изменения количества зерноуборочных комбайнов в России (рис. 1.4). Так, в 2013 и 2014 годах наблюдался минимум зерноуборочных комбайнов. Однако

в эти годы хозяйства приобрели максимальное количество комбайнов (рис. 1.5).

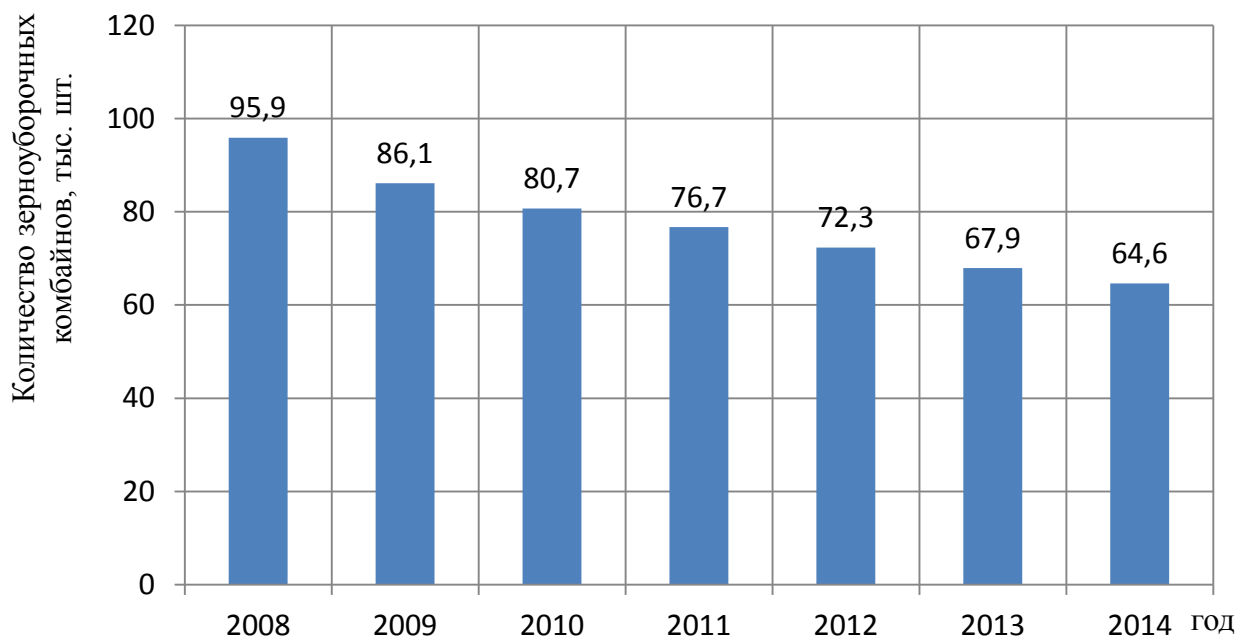


Рисунок 1.4 – Динамика количества зерноуборочных комбайнов в России

В среднем по Российской Федерации с 2008 г. по 2014 г. на 1000 га посевных площадей зерновых колосовых и метелочных культур приходилось один или два комбайна. В 2016 г. по данным Росстата [202] – 2 комбайна. Лишь в Дальневосточном Федеральном округе этот показатель равен 9, что несколько превышает требуемый уровень, равный 7 - 8. Лучший показатель обеспеченности хозяйств уборочной техникой в Дальневосточном Федеральном округе существенно ниже, чем в передовых, с точки зрения производства зерна на душу населения, странах. Так, к примеру, на 1000 га зерновых культур приходится: в Германии – 28, в Дании – 21, во Франции – 16, в США – 15, в Великобритании – 14 комбайнов. Из этого следует вывод о необходимости пополнения сельскохозяйственных предприятий России зерноуборочной техникой.

Наряду с низкой обеспеченностью хозяйств зерноуборочной техникой, она к тому же недостаточно обновляется. В среднем по Российской Федерации коэффициент обновления хозяйств уборочной техникой составил всего

4,9. Максимальный коэффициент обновления техники (7,1) в Дальневосточном ФО, а минимальный (3,1) – в Сибирском ФО.

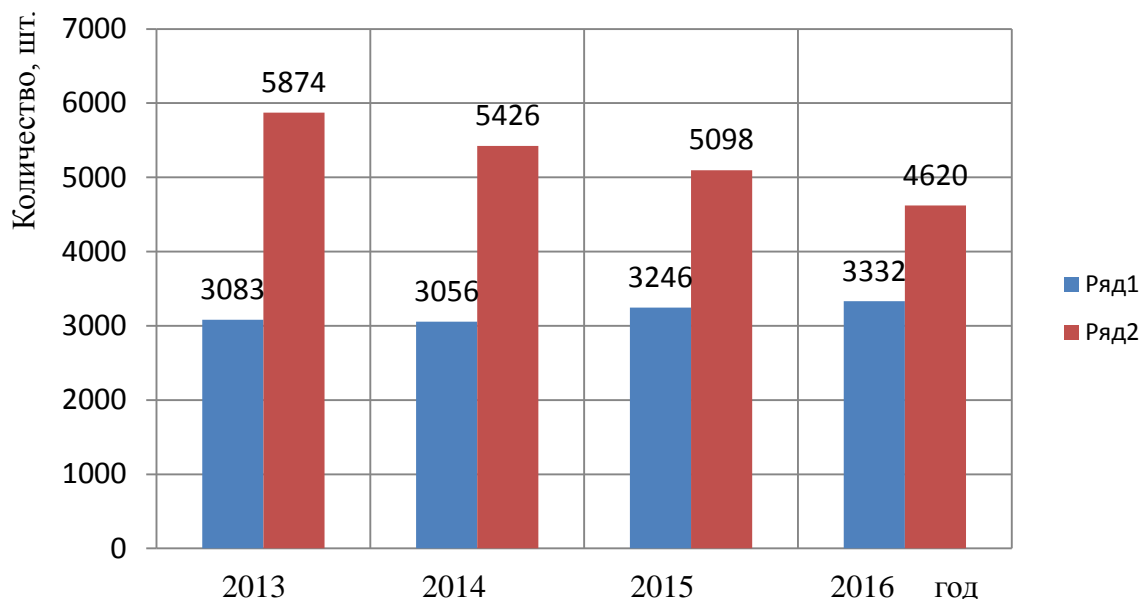


Рисунок 1.5 – Количество зерноуборочных комбайнов российского производства (ряд1) и всего (ряд 2), реализуемых в хозяйствах РФ

Учеными ВИМ Российской академии сельскохозяйственных наук с участием ученых других научных учреждений страны разработал концепцию развития средств механизации уборки зерновых культур в России. Данная концепция предполагает выпуск шести классов комбайнов с пропускной способностью от 1,0 до 12,0 кг/с.

Выбор классов зерноуборочных комбайнов для конкретного региона страны, обеспечивающих уборку возделываемых зерновых культур с высокой эффективностью, весьма затруднителен, так как требуется учитывать множество разнородных факторов. Использование какого-то одного класса зерноуборочного комбайна возможно только в хозяйствах, имеющих малые площади одной зерновой культуры. Однако крупные сельскохозяйственные предприятия возделывают различные зерновые культуры, что требует применение нескольких классов комбайнов. При этом могут быть использованы разномарочные комбайны как с классическим типом молотильно-сепарирующего устройства, так и аксиального (роторного) типа. Однако



применение разномарочных комбайнов приводит к проблемам их технического обслуживания и ремонта.

В сельскохозяйственном производстве, как в России, так и в других странах наибольшее распространение получили зерноуборочные комбайны с классическим молотильно-сепарирующим устройством, причем однобарабанные. Это связано, в первую очередь, с высокой надежностью технологического процесса обмолота и предварительной очистки зерна, а также возможностью осуществлять обмолот зерновых колосовых, зернобобовых, метелочных и масляничных культур. Однако при уборке зерновых культур при неблагоприятных условиях и при уборке трудно обмолачиваемых культур более эффективными являются комбайны с двухбарабанным молотильно-сепарирующим устройством. Данное преимущество комбайнов с двухбарабанным молотильно-сепарирующим устройством учитывают зарубежные фирмы при разработке новых марок зерноуборочных машин.

В настоящее время селекционерами разработаны короткостебельные сорта зерновых культур. При уборке таких культур существенные преимущества по производительности, потерям и дроблению зерна имеют зерноуборочные комбайны с аксиальным молотильно-сепарирующим устройством. Однако у таких зерноуборочных комбайнов более низкие показатели ремонтпригодности, более высокий расход топлива, худшее распределение обмолоченного зерна по решетам, чем у комбайнов с классическим молотильно-сепарирующим устройством.

Разработкой принципиально новых зерноуборочных машин, совершенствованием рабочих органов серийно выпускаемых зерноуборочных комбайнов занимались многие конструктора и ученые. Следует отметить научные работы Байзакова Ж.С. [16], Бердышева В.Е. [19, 20], Бурьянова А.И. [31], Гудкова А.Н. [59], Джамбуршина А.Ш. [64], Емельянова А.М. [70], Жалнина Э.В. [82], Заднепровского Р.П. [88], Мещерякова И.К. [91], Пескова Ю.А. [91], Иванченко П.Г. [93], Изаксона Х.И. [94], Колесова Г.В. [109], Кузина Г.А. [127], Русанова А.И. [204], Ряднова А.И. [236],

Серого Г.Ф. [248], Сухопарова А.И. [263], Царева Ю.А. [291], Шаткуса Д.И. [304], Ярмашева Ю.Н. [91]. Благодаря данным научным работам разработаны и внедрены в производство высокопроизводительные зерноуборочные комбайны: РСМ-10Б «Дон-1500 Б» (рис.1.6), РСМ-142 «Акрос 530» (рис.1.7), РСМ-101 «Вектор 410» (рис.1.8), РСМ-181 «Торум 740» (рис.1.9), СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» (рис.1.10), Енисей 1200 (рис.1.11) и другие, которые в настоящее время широко используются на уборке зерновых культур в Российской Федерации. В Российской Федерации используются также зерноуборочные комбайны зарубежного производства: Полесье 1218 (рис.1.12), Джон Дир (рис.1.13) и другие.



Рисунок 1.6 – Зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500 Б»



Рисунок 1.7 – Зерноуборочный комбайн РСМ-142 «Акрос 530»



Рисунок 1.8 – Зерноуборочный комбайн РСМ-101 «Вектор 410»



Рисунок 1.9 – Зерноуборочный комбайн РСМ-181 «Торум 740»



Рисунок 1.10 – Зерноуборочный комбайн СК-5МЭ-1 «Нива – Эффект»



Рисунок 1.11 – Зерноуборочный комбайн Енисей 1200



Рисунок 1.12 – Зерноуборочный комбайн Полесье 1218



Рисунок 1.13 – Зерноуборочный комбайн Джон Дир

Таблица 1.3 – Сравнительные технические характеристики зерноуборочных комбайнов

Показатель	Марка зерноуборочного комбайна							
	РСМ-10Б «Дон-1500 Б»	РСМ-142 «Акрос 530»	РСМ-101 «Вектор 410»	СК-5МЭ-1 «Нива-Эф-фект»	РСМ-181 «Горум 740»	Енисей 1200	Поле-сье 1218	Джон Дир 9500
Пропускная способность, кг/с	10	9,7	7,6	5,5	15,5	8	12	9
Производительность, т/ч	14	22	11	7,2	40	9	18,5	8,9
Ширина захвата жатки, м	6,0/ 7,0/ 8,6	6,0/ 7,0/ 9,0	5,0/ 6,0/ 8,6	4,1/ 5,0/ 6,0	6,0/ 7,0/ 9,0	6,5	6,0/ 7,0/ 9,2	6,7
Диаметр барабана/ротора, мм	800	800	800	600	762	550	600/ 800	660
Длина барабана/ротора, мм	1484	900	1184	1185	3200	1200	1500	1362
Частота вращения барабана/ротора, мин <sup>-1</sup>	900	1800/ 3400	945	1260	250- 1000	459- 1354	440- 875	150- 960
Угол охвата подбарабанья деки, град.	130	130	130	146	360	127	83/130	142
Тип соломотряса	5-ти кла- виш.	5-ти кла- виш.	4-х кла- виш.	4-х кла- виш.	-	4-х кла- виш.	5-ти кла- виш.	6-ти кла- виш.
Общая площадь очистки, м <sup>2</sup>	12,27	4,74	9,796	7,69	5,2	3,4	5,0	4,11
Вместимость бункера, м <sup>3</sup>	6	9	6	3	10,5	4,5	8	7,2
Мощность двигателя, кВт	173	184	154	106,5	294	103	243	162
Масса комбайна без жатки, кг	9983	13740	9500	6637	16350	9730	16600	11230

Основные исследования качества уборки зерновых культур проводились в условиях Волгоградской области. В связи с этим, анализ статистиче-

ских данных по парку используемых зерноуборочных комбайнов выполнен нами для данной области в работе [285] на основе статистической отчетности Комитета по сельскому хозяйству. Установлено, что средняя годовая нагрузка на один зерноуборочный комбайн в 2017 году составила 450 га.

Распределения парка зерноуборочных комбайнов хозяйств Волгоградской области представлены по группам на рисунке 1.14, между комбайнами отечественного и импортного производства – на рисунке 1.15, по группам отечественного производства – на рисунке 1.16 и по группам импортного производства – на рисунке 1.17. При этом все марки комбайнов, например, СК-5, СК-5М, СК-5МЭ-1 «Нива – Эффект» отнесены к группе комбайнов «Нива»; к группе комбайнов «Дон» – марки Дон-1500, Дон-1500А, Дон-1500Б – и так далее.

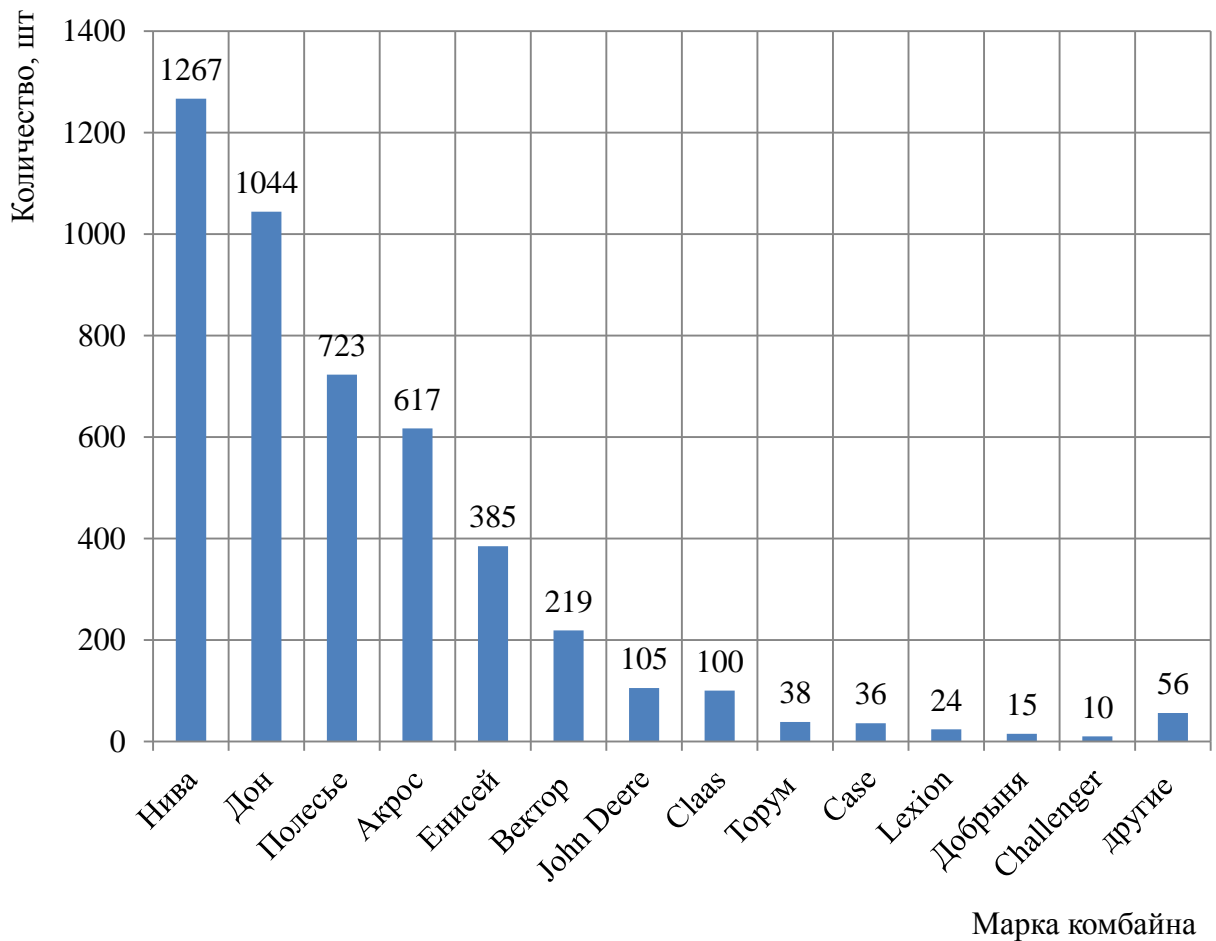


Рисунок 1.14 – Распределение зерноуборочных комбайнов Волгоградской области по группам

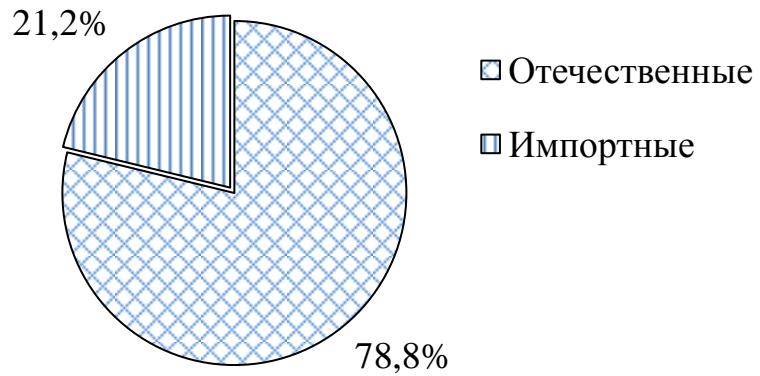


Рисунок 1.15 – Распределение количества зерноуборочных комбайнов отечественного и импортного производства

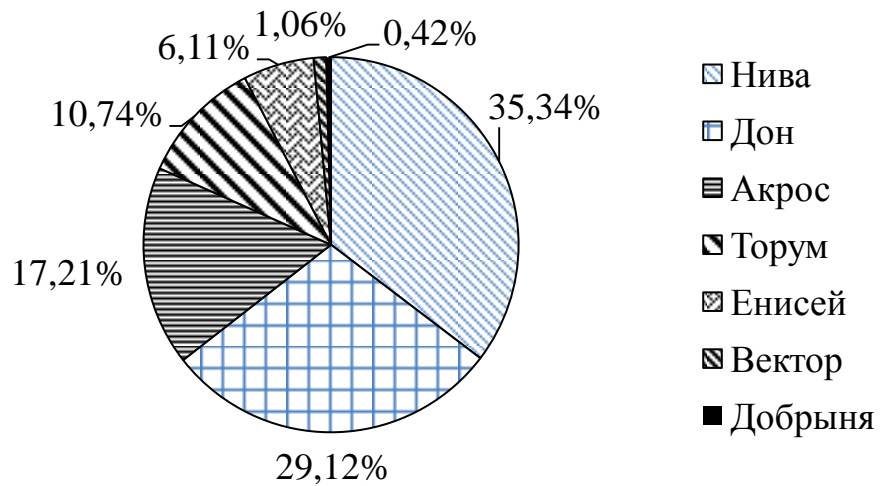


Рисунок 1.16 – Распределение зерноуборочных комбайнов отечественного производства по группам

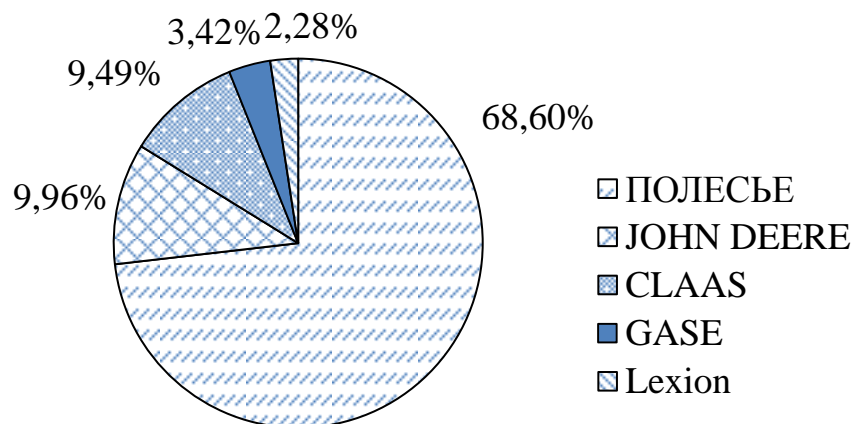


Рисунок 1.17 – Распределение зерноуборочных комбайнов зарубежного производства по группам

Из представленных на рисунках 1.14 – 1.17 данных следует, что в условиях Волгоградской области большая доля зерноуборочных комбайнов приходится на группы комбайнов отечественного производства, таких как «Нива», «Дон» и «Акрос». Статистические данные также позволили получить распределение по маркам зерноуборочных комбайнов (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Распределение зерноуборочных комбайнов по маркам

Группа комбайнов	Марка комбайна	Количество, шт	Доля, %
«Нива»	СК-5	466	36,78
	СК-5М	191	15,07
	СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»	588	46,41
	СК-5Р	22	1,74
«Дон»	Дон-1500	153	14,65
	Дон-1500А	86	8,24
	Дон-1500Б	805	77,11
«Акрос»	Акрос 550 и его предшественник Акрос 530	394	63,86
	Акрос 585 и его предшественник Акрос 580	10	1,62
	Акрос 590	41	6,64
	Акрос 595 Plus	172	27,88

Данные, представленные в таблице 1.4, показывают, что наиболее распространенными зерноуборочными комбайнами в условиях Волгоградской области являются СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», Дон-1500Б и Акрос 530 (550).

В связи с этим, дальнейшие исследования будем выполнять на примере наиболее распространенных комбайнов.

Снижение потерь зерна при уборке зерновых культур, как показано выше, во многом определяется продолжительностью уборки, которая, в свою очередь, зависит от надежности зерноуборочных комбайнов [205], а надежность – от срока эксплуатации. Так, например, для зерноуборочных комбайнов СК-5 «Нива», эксплуатируемых в условиях Волгоградской области на 01.01.2018 г. средний срок службы составляет 18 лет, а комбайнов импортного производства и современных марок комбайнов компании «Ростсельмаш» -



8 лет. На рисунке 1.18 показано распределение зерноуборочных комбайнов по продолжительности использования в хозяйствах Волгоградской области.

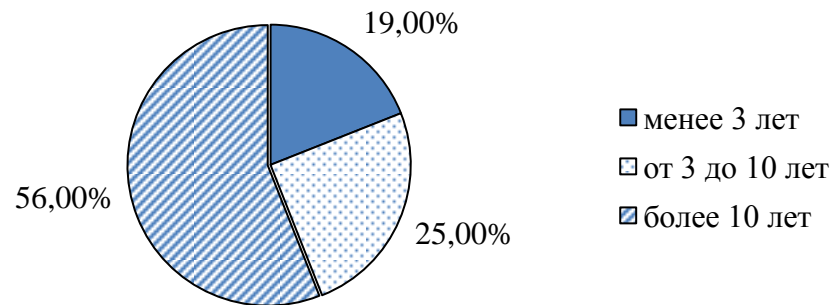


Рисунок 1.18 – Распределение зерноуборочных комбайнов по продолжительности использования в хозяйствах Волгоградской области

Таким образом, существующие зерноуборочные комбайны имеют различные технические характеристики, преимущества и недостатки. Поэтому выбор марок зерноуборочных комбайнов следует осуществлять с учетом совокупности множества факторов: природно-климатических и хозяйственных условий, убираемых культур и других, влияющих на частные показатели и обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин.

Как показывает практический опыт использования современных зерноуборочных комбайнов и обзор научных исследований, наличие у зерноуборочных комбайнов хороших технических характеристик является необходимым условием высокоэффективного их использования. Но этого не достаточно. Для повышения эффективности их использования необходимо учитывать многие факторы. Это подтверждается в научных работах Арютова Б.А. [14], Бердышева В.Е. [24], Борисовой Л.В. [27], Бурьянова А.И. [32], Бышова Н.В. [37], Гудкова Д. А. [60], Зангиева А. А. [89], Кидяевой Н. П. [106], Ковалевой А. В. [107], Лебедева А.Т. [135], Ловчикова А.П. [142], Лонцевой И. А. [144], Плешакова В.Н. [191], Пустыгина М.А. [199],

Ряднова А.И. [205], Стружкина Н.И. [261], Тихоновского В.В. [269], Шарипова Р.В. [303] и других ученых.

## **1.2 Критерии оценки эффективности использования машин в агропромышленном комплексе**

Основная задача исследований эффективности технических систем, в том числе и зерноуборочных машин, состоит в выборе стратегии использования машин, которая обеспечивает наилучший результат в данных условиях. До настоящего времени при выборе стратегии выполнения заданной операции чаще всего применяют критерии минимальной себестоимости, минимальных затрат труда или максимального полезного эффекта, например, производительности труда.

Анализ научных исследований многих отечественных и зарубежных ученых показал, что наиболее простыми при определении, но при этом надежными являются показатели, которые учитывают функционирование машины во времени. К таким показателям относится, прежде всего, наиболее распространенный и достаточно универсальный технико-экономический показатель – производительность машины, а также коэффициент использования времени смены, показатели надежности машины и т. д. Данные показатели применимы для оценки использования всего парка зерноуборочных машин.

Широко используемые показатели имеют не только преимущества при их использовании, но и недостатки.

До настоящего времени широко применяются при технико-экономических обоснованиях различных технологических процессов, в том числе и уборки зерновых культур, методики, разработанные еще в начале 20 столетия, учитывающие минимум полных расходов на выполнение заданной операции или использование машины.

Так, при использовании критерия – минимальная себестоимость сначала рассчитывают прямые эксплуатационные затраты на уборке зерновых

культур по формуле (1.1), а затем их относят к убранной площади или к валовому сбору зерна.

$$C = C_z + C_a + C_{p\text{то}} + C_{\text{тсм}} + C_{\text{вр}}, \quad (1.1)$$

где  $C_z$  – заработная плата комбайнеров, руб.;

$C_a$  – амортизационные отчисления на реновацию зерноуборочного комбайна, руб.;

$C_{\text{пто}}$  – затраты на ремонт, техническое обслуживание и хранение комбайнов, руб.;

$C_{\text{тсм}}$  – стоимость расходуемых материалов (топлива, смазочных и вспомогательных материалов), руб.;

$C_{\text{вр}}$  – стоимость вспомогательных работ (подвозка и заправка топливом, смазочными материалами и др.) , руб..

Выбор зерноуборочных комбайнов при обновлении парка зерноуборочных комбайнов в работе [171] рекомендуется осуществлять по следующим главным критериям: степени снижения себестоимости работ, уменьшения потребности в топливе и механизаторах.

Затем использовались методы, основанные на определении коэффициента эффективности капитальных вложений, или обратной ему величины – срока их окупаемости.

Опубликован ряд работ, в которых дается сравнение технологических процессов в растениеводстве с учетом энергозатрат. Так, в работе [169] оценивается минимум энергозатрат с учетом количества технических средств, участвующих в технологическом процессе ( $n_m$ ) и их энергонасыщенности ( $N_m$  – мощность д.в.с.):

$$\Sigma(n_m \cdot N_m) \rightarrow \min, \quad (1.2)$$

Учеными была сформирована целая группа единичных показателей эффективности, которые определялись как отношение экономического ре-

зультата (или эффекта) к одному из показателей хозяйственного ресурса или соответствующего их прироста.

К показателям хозяйственного ресурса относятся, в частности:

- трудовые затраты (оценивается производительность труда);
- производственные фонды (оценивается показатель фондоотдачи);
- капитальные вложения (оценивается эффективность капитальных вложений при учете прироста продукции).

В качестве единичного показателя эффективности использовался также показатель рентабельности производства.

Все выше перечисленные показатели предполагают затратный принцип при оценке эффективности. Эти критерии являются несколько односторонними, но при этом они в ряде случаев вполне приемлемыми.

Репетов А.Н. в работе [200] предложил, а в работе [201] применил к сравнению зерноуборочных комбайнов Дон-1500Б, Дон-2600 и Western 8570 комплексный показатель в виде функции качества работы зерноуборочного комбайна, представляющей объем треугольной пирамиды в пространстве

$$V = 1/6XYZ, \quad (1.3)$$

где  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – соответственно потери, дробление и засоренность зерна, отложенные в пространстве в декартовых прямоугольных координатах.

В работе [108] предложено оценивать агротехнологическую эффективность использования зерноуборочных комбайнов по обобщенному критерию, который определяется как среднее значение пропускной способности комбайна из всех максимальных значений данного показателя, получаемых для возможных сочетаний условий уборки зерновых культур в данной почвенно-климатической зоне. Однако данный обобщенный критерий эффективности возможно использовать только при значительном объеме статистической информации.

Авторы работы [74] при расчете типоразмеров зерноуборочных комбайнов для разных регионов Российской Федерации применяют обобщенный

зональный коэффициент  $K_z$ , учитывающий влажность соломы, засоренность и полеглость стеблестоя и неравномерность урожая по длине гона. В данной работе представлены значения  $K_z$  для Федеральных округов Российской Федерации, таблица 1.5.

Таблица 1.5 – Значения обобщенного зонального коэффициента

Федеральный округ Российской Федерации	$K_z$
Центральный	0,82
Северо-Западный	0,71
Южный	0,92
Приволжский	0,82
Уральский	0,76
Сибирский	0,78
Дальневосточный	0,67

Однако коэффициент  $K_z$  учитывает показатели состояния убираемой культуры и не учитывает один из важнейших показателей работы зерноуборочных комбайнов в хозяйстве - интенсивность их использования. В работе [307] предложен универсальный (на взгляд авторов статьи) показатель работы комбайнов, определяемый как отношение доли валового намолота зерна комбайном или группой комбайнов в суммарном намолоте всеми комбайнами хозяйства к доле одного комбайна или группы комбайнов в комбайновом парке. Данный показатель авторами работы [307] назван коэффициентом опережения. Коэффициент опережения определялся для 13 групп комбайнов, отличающихся по сезонному намолоту зерна. Данный коэффициент используется для характеристики зерноуборочных комбайнов. Однако применять его в качестве показателя оценки условий использования зерноуборочных комбайнов весьма затруднительно, поскольку он учитывает только годовой намолот зерна комбайнами без учета урожайности и других характеристик зерновой культуры, без учета убираемых площадей зерновых культур и соотношения в комбайновом парке зерноуборочных комбайнов с различной пропускной способностью молотильно-сепарирующего устройства.

Весьма часто для сравнения использования зерноуборочных комбайнов применяется целевая функция, учитывающая минимум потерь или дробления зерна. Данная целевая функция применена, в частности, в работе [65], при этом использованы ограничения по производительности и расходу топлива.

Учеными разработаны различные методические подходы моделирования эффективности использования зерноуборочных комбайнов. Так, авторы работы [240], в критерии потерь эффективности  $Kn$  учитывают показатели потребительских свойств зерноуборочных комбайнов ( $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i$ ); условий аграрного товаропроизводителя ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_k$ ) и внешних условий ( $B_1, B_2, \dots, B_n$ ):

$$Kn = f(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i, Y_1, Y_2, \dots, Y_k, B_1, B_2, \dots, B_n). \quad (1.4)$$

Однако весьма часто возникают ситуации неопределенности при выборе критерия эффективности. В этом случае необходимо применять дополнительные принципы или правила выбора критерия эффективности. Критерий эффективности вырабатывается на основе одной из следующих концепций рациональной выработки решений: пригодности, оптимизации, адаптивизации [164].

В соответствии с концепцией пригодности любое решение будет рациональным, если значение выбранного показателя эффективности будет не ниже требуемого уровня  $W^{mp}$ , т.е.

$$W(u) \geq W^{mp}, \quad u \in U, \quad (1.5)$$

где  $U$  – множество возможных решений.

В соответствии с концепцией оптимизации рациональным решением будет такое, при котором обеспечивается максимальный эффект

$$W(u^*) = \max W(u), \quad u \in U. \quad (1.6)$$

По концепции адаптивизации имеется возможность оперативно реагировать на текущую или прогнозную информацию для достижения заданного результата при изменяющихся условиях рассматриваемой операции.

По концепции адаптивизации лучшим считается результат  $u(t)$  из множества  $U(t, \tau)$ . При этом выполняется условие

$$W_t(u^*(t), \tau) \geq W_t^{mp}(u(t), \tau), \quad u(t) \in U(t, \tau), \quad (1.7)$$

где  $t$  – время,  $\tau$  – упреждение прогноза.

Из перечисленных выше концепций рациональной выработки решений к настоящему времени наиболее разработана концепция пригодности.

Одной из первых научных работ по применению концепции пригодности при оценке эффективности уборки зерновых колосовых культур является работа Ряднова А.И. [205]. Автор данной работы при выборе способа уборки зерновых культур в зависимости от нагрузки на один агрегат в течение сезона учитывал 5 частных показателей: темп уборки зерновых колосовых культур в хозяйстве (ТУ), вероятность выполнения уборочной машиной технологической операции в течение смены ( $P_0$ ), биологическая урожайность зерновой колосовой культуры (Бу), потери (Пк) и травмирование зерна (Тр) уборочными агрегатами.

Для каждого выбранного частного показателя эффективности рассчитывалось отношение его фактического значения  $W_\mu$  к требуемому  $W_\mu^{mp}$ :

$$K_\mu = W_\mu / W_\mu^{mp}. \quad (1.8)$$

Для идеальной технологии уборки зерновых культур все значения  $W_\mu = W_\mu^{tr}$ , т.е.  $K_\mu = 1$ . В этом случае идеальная технология уборки условно представлена многоугольником с числом углов, равным числу частных показателей эффективности. При этом углы многоугольника размещаем на осях частных показателей с координатами, равными 1 (рис. 1.19). Начало отчета  $K_\mu$  минимизируемых показателей – в центре пересечения осей, а максимизируемых – на внешней окружности. Рассчитав значения  $K_\mu$  для реальных технологий уборки, строятся для рассматриваемых технологий уборки многоугольники.

Технологии уборки зерновых колосовых культур сравнивались по обобщенному коэффициенту

$$\mu_0 = P_c / P_u; \quad \mu_0 \geq 1, \quad (1.9)$$

где  $P_c$ ,  $P_u$  – площади, относящиеся к сравниваемым и идеальному технологиям уборки.

Чем ближе  $\mu_0$  к 1, тем эффективнее технология уборки.

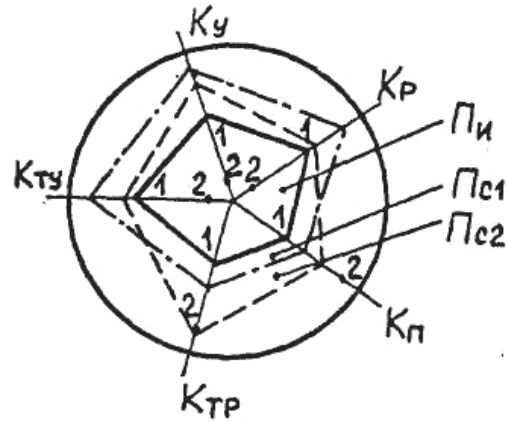


Рисунок 1.19 – Многокритериальная оценочная модель

При сравнении эффективности использования серийного зерноуборочного комбайна и экспериментального, оборудованного устройством предварительного обмолота зерна, по комплексному критерию учитывались биологическая урожайность убираемой зерновой культуры и доля дробленых зерен [283].

В работе [303] при выборе максимально эффективной технологии уборки веничного сорго максимальный эффект и минимальные затраты формализованы следующим образом:

$$\begin{cases} u^* : \max_{u \in U} \varphi(K(u)); \\ K_1(u) \geq 1; \\ K_2(u) \leq 1, \end{cases} \quad (1.10)$$

$$\text{где } K_1 = \prod_{i=1}^{m_1} \frac{W_i}{W_i^{\text{тр}}}, K_2 = \prod_{i=m_1+1}^m \frac{W_i}{W_i^{\text{тр}}}.$$

Зависимость (1.10) автор работы представил в виде графика (рис.1.20)



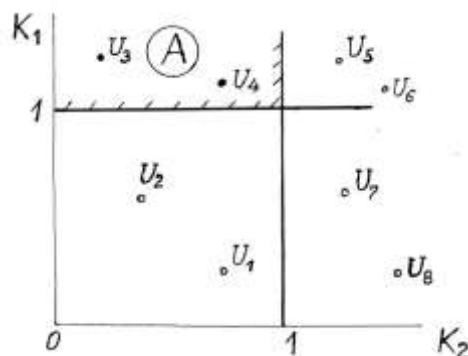


Рисунок 1.20 – Схема метода «затраты - эффект»

На рисунке 1.20 символами  $u_1, u_2, \dots, u_8$  показано соотношение «затраты – эффект» для возможных технологий уборки сорго. Зона эффективных технологий уборки сорго является зона А (см. рис. 1.20), а лучшей из двух технологий  $u_3$  и  $u_4$  является технология  $u_3$ , так как для нее выполняется условие  $K_1 > 1, K_2 < 1$ , а значение  $K_1$  для  $u_3$  больше, чем для  $u_4$ , значение  $K_2$  для  $u_3$  меньше, чем для  $u_4$ .

В работе [12] показано, что учитывать себестоимость перевозки рулонов сена в комплексном критерии целесообразно в случае, если разница между составляющими (одного или более) эксплуатационных затрат, определяющих себестоимость сравниваемых технологий, более 10%.

Бердышев В.Е. в работе [23] при комплексной оценке качества работы зерноуборочных комбайнов использовал два единичных показателя – потери зерна за комбайном прямые  $\Pi_3$  и дроблением  $\Pi_{др}$ .

Автор представил комплексный критерий эффективности в виде:

$$k_3 = m \left\{ \frac{\Pi_3^{don} \Pi_{др}^{don}}{\gamma_1 \gamma_2 \Pi_3 \Pi_{др}} \right\}, \quad (1.11)$$

где  $\Pi_3^{don}, \Pi_{др}^{don}$  – соответственно допустимые уровни прямых потерь и дробления зерна,  $\gamma_1, \gamma_2$  – соответственно коэффициенты относительной важности прямых потерь и дробления зерна.

Таким образом, при оценке эффективности использования машин сельскохозяйственного назначения в настоящее время чаще всего применяется концепция пригодности, на основе которой разрабатывается критерий эффективности, учитывающий фактический и желаемый уровни частных показателей, входящих в его состав.

### **1.3 Цель и задачи исследования**

**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 параметрами, рассчитать обобщенный критерий эффективности использования зерноубороч-

ных комбайнов серийного и оборудованного разработанными устройствами, по которому выбрать наиболее эффективное техническое решение.

5. Разработать конструкцию щелевого битера для модуля МСУ инерционно-очесного типа зерноуборочной машины, исследовать процесс обмола 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.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

### **2.1 Основные положения комплексной оценки использования зерноуборочных машин**

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

Необходимость комплексной оценки использования зерноуборочных машин возникла исходя из требований сопоставления результатов работы отдельной зерноуборочной машины или нескольких машин, объединенных в уборочное звено или уборочно-транспортный комплекс, не только по отдельным частным показателям, но и по обобщенному критерию. Использование обобщенного критерия позволяет установить относительную степень достижения заданного лицом, принимающим решение, результата, а также дать сравнительную характеристику результатов работы различных марок зерноуборочных машин в отличающихся условиях их эксплуатации.

Комплексная оценка использования зерноуборочных машин является:

- инструментом учета показателей работы машин, анализа и планирования их использования в различных почвенно-климатических условиях;
- индикатором научно-технического прогресса в области комбайностроения и использования зерноуборочных машин в хозяйственных условиях;

- критерием оценки использования различных марок зерноуборочных машин;
- критерием оценки использования различных способов уборки зерновых культур;
- критерием оценки использования зерноуборочных машин в различных почвенно-климатических условиях;
- результатом эффективности работы лица, принимающего решение;
- результатом полноты реализации принятых решений;
- основой для выбора лучших в данных условиях вариантов использования зерноуборочных машин.

Этапы комплексной оценки использования зерноуборочных машин могут быть следующими [164]:

1. Проблемный анализ;
2. Концептуальное исследование;
3. Операционные исследования;
4. Детальные исследования.
5. Принятие решения.

На этапе проблемного анализа:

- определяется проблема исследования и ее актуальность;
- устанавливаются причины ее возникновения и взаимосвязи с другими проблемами;
- дается описание условий использования зерноуборочной техники;
- определяются факторы, влияющие на эффективность использования зерноуборочных машин;
- определяется полнота, достоверность и достаточность имеющейся о проблемной ситуации в использовании зерноуборочных машин;
- формируются и анализируются возможные цели, при достижении которых решается проблема повышения эффективности использования зерноуборочной техники, из которых выбирается одна в качестве цели исследования;

- на основе выбранной цели исследования и сложившейся ситуации уборки зерновых культур в данной почвенно-климатической зоне выбираются и конкретизируются задачи комплексной оценки использования зерноуборочных машин;

- выбираются пути и средства достижения поставленной цели и решения задач исследования;

- оцениваются наличные и требуемые ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели и решения задач исследования;

- выбираются частные показатели эффективности использования зерноуборочных машин;

- обосновывается функция соответствия реального результата использования зерноуборочных машин требуемому, желаемому;

- определяется математическое выражение комплексного критерия эффективности использования зерноуборочных машин.

На этапе концептуальных исследований определяется алгоритм комплексной оценки эффективности, выявляются эффекты от выбранных факторов, влияющих на показатели использования зерноуборочных машин, устанавливаются направления операционных исследований и уточняются задачи исследований.

На этапе операционных исследований оценивается эффективность использования зерноуборочных машин с учетом качественных и количественных показателей их работы, а также конструктивных особенностей машины, ее показателей надежности и технического обслуживания.

На этапе детальных исследований по результатам предыдущего этапа конкретизируются методики исследований, ставятся дополнительные задачи по уточнению зависимостей единичных показателей и комплексного критерия эффективности и дается их оценка с использованием экспериментальных данных и с учетом возможных ограничений.

На этапе принятия решений дается анализ полученных результатов, планируются мероприятия по внедрению в производство полученных научных решений.

Рассмотренные в разделе 1 настоящей работы критерии эффективности применяются при оценке эффективности использования зерноуборочных машин в конкретных условиях их эксплуатации. Так, при расчете частных показателей (производительность зерноуборочных машин, потери, дробление и чистота бункерного зерна и другие) учитывались не только подача хлебной массы, параметры рабочих органов и их регулировки, но и факторы, характеризующие условия уборки.

Высокоэффективное использование парка зерноуборочных комбайнов хозяйства невозможно без выполнения одного из важнейших агротехнических требований, предъявляемых к уборке зерновых культур, - соблюдение оптимальных сроков уборки. Выполнить данное требование возможно при высокой интенсивности работы зерноуборочных комбайнов, то есть высокой их производительности по площади. Но имея только высокую производительность зерноуборочных комбайнов, нельзя решить проблему снижения потерь зерна, если, к примеру, в рассматриваемом хозяйстве площадь зерновых культур, приходящаяся на один зерноуборочный комбайн, будет существенной (800 га и более). Так, например, в 2014 году суммарные площади всех зерновых культур в Российской Федерации, убираемые 64,6 тысячами зерноуборочных комбайнов разных марок, составила 56609 тысяч га, то есть на один комбайн приходилась площадь, равная 876 га. Однако данный расчет выполнялся для среднестатистического комбайна. Например, по данным Гостехнадзора в Волгоградской области 21 % комбайнов имеют среднюю пропускную способность молотилки 6 кг/с, 32 % - 8 кг/с, 39 % - 10 кг/с и 8 % - 12 кг/с и более. Отсюда следует, что средневзвешенная пропускная способность зерноуборочного комбайна составляет 8,8 кг/с.

Следует отметить, что в Российской Федерации в 2016 г. 10,8 % сельскохозяйственных предприятий являются крестьянско-фермерскими хозяй-

ствами, площади которых составляли 26,3 % посевных площадей страны, из них располагают площадью до 5 га – 18%, до 20 га - 30%, до 50 – 27, до 100 – 14, до 200 – 8,2, более 2000 га – 2,8% [202]. При этом, как следует из данных «Информагротех» и ГОСНИТИ, даже при достаточно высоком уровне машинообеспеченности крестьянских хозяйств в них выполняется не более 33,4% от суммарного объема механизированных работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур в оптимальные агротехнические сроки.

Следует отметить также, что уборка разных зерновых культур выполняется в разные сроки, что свидетельствует о необходимости другого подхода к выбору годовой нагрузки на один зерноуборочный комбайн.

Как отмечалось в разделе 1 настоящей работы, рекомендуется иметь на 1000 га убираемых площадей, как минимум 7 среднестатистических зерноуборочных комбайнов. Из этого следует, что на один зерноуборочный комбайн должно приходиться 143 га, а в настоящее время, как показано выше, один комбайн убирает в среднем 876 га.

Допустим, что желаемая годовая наработка зерноуборочного комбайна, равная 143 га, соответствует первой группе хозяйств, а годовая наработка, равная 876 га – последней группе. Допустим также, что границы групп хозяйств отклонены от выбранных значений годовой наработки на +20 % для первой группы и – 20 % для последней группы, то есть равны соответственно 170 га и 700 га.

Для того чтобы определить количество групп зерноуборочных комбайнов по их средней годовой наработке, воспользуемся статистическими данными по Волгоградской области. Эти данные показали, что средняя годовая наработка комбайнов существенно отличается в различных сельскохозяйственных предприятиях. В некоторых хозяйствах комбайны имеют наработку до 60 мото-часов, в других – от 60 мото-часов до 130 мото-часов, что соответствует нормативу годовой наработки большинства отечественных зерноуборочных комбайнов, в ряде хозяйств – от 130 до 240 мото-часов и в некоторых – более 240 мото-часов.



Представленные данные позволили разделить все хозяйства на четыре группы.

Найдя разницу между границами первой и четвертой групп и разделив эту разницу на 2, получим интервал годовой нагрузки зерноуборочных комбайнов для второй и третьей групп. Интервал равен 265 га.

С учетом вышесказанного, нами все хозяйства разделены на четыре группы по площади убираемых зерновых культур, приходящейся в течение года на один зерноуборочный комбайн со средневзвешенной пропускной способностью МСУ, равной 8,8 кг/с (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Группы хозяйств

Группа хозяйства	1	2	3	4
Интервал средней годовой наработки зерноуборочного комбайна, га	не более 170	171 - 435	436 - 700	701 и более

К первой группе хозяйств Волгоградской области относятся 9 % хозяйств, ко второй – 27 %, к третьей – 42 % и к четвертой – 22 %. При этом во всех группах хозяйств у каждого отдельного зерноуборочного комбайна своя интенсивность использования.

Средняя годовая нагрузка на один комбайн, приведенный к комбайну со средневзвешенной пропускной способностью, определяется по следующей формуле:

$$S_r = \frac{\sum_{i=1}^N S_{0i}}{N}, \quad (2.1)$$

где  $S_{0i}$  – годовая наработка комбайна  $i$ -й марки, га;

$N$  – количество приведенных к средневзвешенной пропускной способности комбайнов, используемых в хозяйстве.

Таким образом, предложено комплексную оценку эффективности использования зерноуборочных машин осуществлять по группам хозяйств, классифицируемых по средней годовой наработке одного комбайна.

## **2.2 Факторы, влияющие на эффективность использования зерноуборочных машин**

Академик В.П. Горячкин указывал, что конечный результат любого, чаще всего очень сложного явления, зависит от большинства различного рода элементов, из которых недостаточно выделить второстепенные и главные, нужно еще доказать, что выбранные элементы являются и достаточными и необходимыми, как делается при решении математических и механических задач [43].

Учитывая данное положение академика В.П. Горячкина, можно отметить, что при выборе совокупности факторов необходимо учитывать количественное или качественное их влияние на каждый рассматриваемый показатель эффективности использования зерноуборочных машин.

Основываясь на опубликованных научных исследованиях процесса уборки зерновых культур и использования зерноуборочных машин, отметим, что факторов, влияющих на эффективность использования зерноуборочных машин, достаточно много. При этом они разнородны и неравнозначны по влиянию на эффективность использования машин. Кроме того, ряд из них взаимозависимы.

Учитывая материал, изложенный в работах [205 и 230], отметим, что на эффективность использования зерноуборочных машин влияют факторы используемых зерноуборочных машин, факторы состояния убираемой зерновой культуры и факторы условий уборки (рис.2.1).

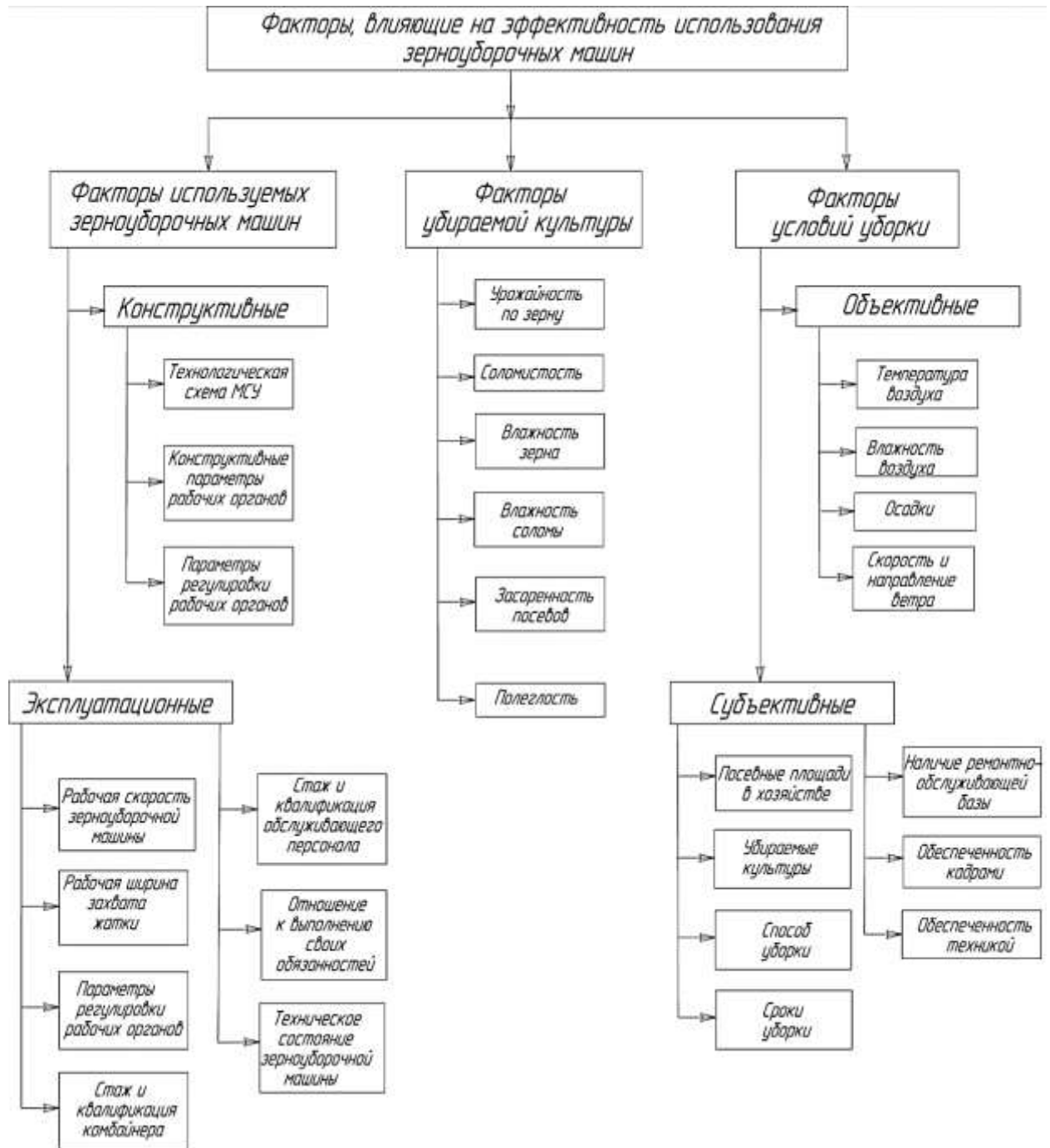


Рисунок 2.1 – Факторы, влияющие на эффективность использования зерноуборочных машин

Группу факторов используемой машины можно подразделить на две подгруппы: конструктивные и эксплуатационные. Конструктивные факторы закладываются конструкторами при обосновании технологической схемы зерноуборочной машины, а реализуются в процессе их эксплуатации. Зерноуборочные машины могут иметь классическую схему молотильно-сепарирующего устройства (Дон-1500Б, ACROS 530 и 580, VECTOR 410,

Нива-Эффект и др.), так и аксиально-роторную схему (TORUM 740, СКИФ-330, International Harvester 1480, White 9700 и другие).

По данным [91, 23] комбайны с аксиально-роторной схемой молотильно-сепарирующего устройства имеют существенные преимущества по сравнению с комбайнами, имеющими классическую схему. Например, потери зерна меньше (в 1,5...2 раза), что объясняется более высокой интенсивностью обмолота и сепарации хлебной массы; более низкий уровень дробления и макро- и микротравмирования зерна в связи с применением дифференцированного принципа обмолота, а также более «мягкому» действию на зерно.

Кроме технологической схемы машины к этой группе факторов относятся: конструктивные параметры рабочих органов (диаметр и длина барабана, количество клавиш и др.), пределы регулировок рабочих органов, обеспечивающие конструкцией, диапазон изменения скоростей движения зерноуборочной машины и фактическая скорость при уборке, используемые жатки или подборщики и их рабочая ширина захвата, фактические значения регулировочных параметров молотильно-сепарирующего устройства (например, для зерноуборочного комбайна с классической схемой это частота вращения молотильного барабана, зазор барабан-дека) и системы очистки (например, для зерноуборочного комбайна с классической схемой это обороты вентилятора очистки, степень открытия жалюзи и др.),

К эксплуатационным факторам отнесены: рабочая скорость комбайна, рабочая ширина захвата жатки, параметры регулировок рабочих органов, стаж работы комбайнеров и обслуживающего персонала и их квалификация, отношение комбайнеров и обслуживающего персонала к своим обязанностям, техническое состояние узлов и механизмов зерноуборочной машины.

Рассмотрим некоторые факторы данной группы.

Эффективность зерноуборочных машин при их использовании зависит также от конструктивных параметров его рабочих органов. Например, использование молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа конструкции Волгоградского ГАУ [220, 253] позволяет в 50 и более раз

снизить затраты энергии на обмолот; разработанный малый колосовой шнек к зерноуборочному комбайну с классической схемой молотильно-сепарирующего устройства [177] позволяет за счет равномерного распределения колосовой фракции, поступающей на повторный обмолот, снизить дробление зерна на 14...18% от уровня дробления серийного комбайна.

Рабочая скорость зерноуборочной машины. Она должна обеспечивать как оптимальную загрузку молотилки хлебной массой, так и минимальные потери зерна при уборке.

Ширина захвата жатки обеспечивает наряду со скоростью движения комбайна оптимальную загрузку молотилки комбайна.

Регулировки молотильно-сепарирующего устройства влияют на потери зерна как количественные, так и качественные, а также на технологические отказы и неисправности.

Стаж работы комбайнеров и обслуживающего персонала и их квалификация. Ряднов А.И. в работе [205] показал, что при уборке зерновых культур «Дон-1500» в условиях недостаточного увлажнения доля основного времени в течение смены для комбайнов, на которых работали комбайнеры со стажем в четыре года на 41% выше, чем со стажем в один год. В этой же работе показано, что производительность зерноуборочных комбайнов «Дон-1500» при обслуживании их комбайнерами третьего класса ниже на 15,2%, чем у комбайнов, обслуживаемых комбайнерами первого класса.

При использовании зерноуборочных машин без технического обслуживания и некачественного ремонта ухудшается техническое состояние их рабочих органов. Например, имеются факты деформации днища жатки, корпуса наклонной камеры, жалюзи решет и удлинителя, прогиба деки подбарабанья, вала мотовила, износа бичей барабана и планок подбарабанья, изгиба спирали шнеков жатки, выгрузного, зернового и колосового и другие неисправности.

Неисправности молотильного аппарата, очистки, наклонной камеры, механизмов транспортирования зерна приводят к повышению потерь, дроб-

ления и травмирования зерна – важнейших частных показателей эффективности [198].

Не рекомендуется использовать новые зерноуборочные комбайны без качественной их обкатки, обеспечивающей притирку сопрягаемых деталей, без проверки качества сборки и проведения необходимых регулировок рабочих органов в соответствии с инструкцией по эксплуатации и условиями эксплуатации особенно при уборке семенных посевов зерновых культур из-за возможного значительного (более 1%) их травмирования [198, 260, 266 и др.].

Эти факторы управляемые.

Ко второй группе факторов относятся: урожайность зерновой культуры, соломистость, влажность зерна, засоренность, полеглость растений и другие.

Учеными селекционерами и семеноводами особое внимание при создании новых сортов зерновых культур уделяется повышению потенциала их урожайности, устойчивости к различным болезням и вредителям, приспособленности к заданным условиям производства, возможности убирать их механизированным способом с минимальными потерями и травмированием зерна. Загрузка молотильно-сепарирующего устройства обеспечивается урожайностью зерновых культур, соломистостью и некоторыми другими факторами второй группы факторов. При оптимальной загрузке молотильно-сепарирующего устройства, как известно, достигается при прочих равных условиях максимальная производительность комбайна и минимальные потери зерна.

Влияние данной группы факторов на эффективность использования зерноуборочных машин можно оценить, например, на основе сравнения времени основной работы комбайнов, эксплуатируемых в хозяйствах северо-западной и южной зон Нижнего Поволжья. Установлено [205], что время основной работы комбайнов в южной зоне на 7,9% больше, чем в северо-

западной. Это объясняется меньшей урожайностью, влажностью и соломи-  
стостью убираемых культур в южной зоне.

Эти факторы частично управляемые.

Группа факторов, относящихся к условиям уборки можно подразделить на две подгруппы: объективные и субъективные. К объективным факторам относятся факторы, связанные с природно-климатическими условиями: среднесуточная температура воздуха, количество выпавших осадков при уборке, влияющих на влажность воздуха и зерна и соломы, скорость и направление ветра и другие.

Эти факторы относятся к неуправляемым.

Субъективные факторы связаны с хозяйственными условиями. К ним можно отнести: посевные площади под зерновые культуры в рассматриваемом сельскохозяйственном предприятии, возделываемые (убираемые) сельскохозяйственные культуры, выбранные организация и способ уборки, наличие в хозяйстве ремонтно-обслуживающей базы, обеспеченность хозяйства уборочной техникой и обеспеченность, как комбайнерами, так и обслуживающим персоналом.

Рассмотрим некоторые факторы данной подгруппы, например, способ уборки. Сравнивая по комплексному критерию эффективности одно- и двухфазный способы уборки зерновых колосовых культур, автор работы [205] доказал – при годовой нагрузке на один зерноуборочный комбайн до 60 га однофазный способ уборки существенно эффективнее двухфазного, однако при больших годовых нагрузках, а также при уборке зерновых культур на семена эффективнее двухфазный.

Многие исследователи процесса уборки зерновых культур показали, что одним из важнейших факторов, влияющих на уровень таких частных показателей эффективности, как потери зерна и производительность комбайнов, являются оптимальные сроки уборки. Несоблюдение оптимальных сроков уборки в сторону их увеличения приводит существенным потерям зерна от самоосыпания. Так, ряд авторов показывают, что на каждый день задерж-

ки уборки озимой пшеницы по сравнению с оптимальными сроками, потери зерна увеличиваются на 0,8 - 1,0 %, следовательно, снижается урожай. При этом ухудшается качество зерна и увеличивается его способность к дроблению и травмированию.

Кроме того, для зерновых культур важно соблюдать оптимальные сроки уборки, поскольку это связано с зернообразованием и созреванием, с формированием посевных и урожайных качеств семян, а также товарных и технологических показателей.

Эти факторы частично управляемые.

Повышение эффективности использования зерноуборочных машин возможно за счет адаптации их системы технического обслуживания к условиям функционирования, основными факторами которой являются следующие: форма организации технического обслуживания (подгруппа субъективных факторов в группе факторов уборки) и качество технического обслуживания, т.е. отношение к выполнению своих обязанностей (подгруппа эксплуатационных факторов в группе факторов использования зерноуборочных машин).

### **2.3 Функциональная схема формирования обобщенного критерия использования зерноуборочных машин**

Основной принцип комплексной оценки эффективности использования зерноуборочных машин основан на получении значений совокупности частных показателей.

Учитывая сформулированный выше принцип, сначала рассмотрим факторы, влияющие на эффективность использования зерноуборочных машин ( $X_1, X_2 \dots X_j; Y_1, Y_2 \dots Y_\gamma, Z_1, Z_2 \dots Z_\nu$ ) и на их основе выберем частные показатели эффективности  $W_i$ . Затем, рассматривая возможные формы обобщенного критерия эффективности, требуемые (желаемые или идеальные) значения частных показателей и их коэффициенты важности (весомости)  $\alpha_i$ , выбираем вид функции агрегирования  $\varphi$ . На основе экспериментальных ис-



следований или экспертной оценки частных показателей эффективности  $W_i$  и коэффициентов важности  $\alpha_i$  осуществляется расчет обобщенного критерия  $K_{ЭФ}^{ИСП}$ .

Функциональная схема формирования обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин представлена на схеме (рисунок 2.2).

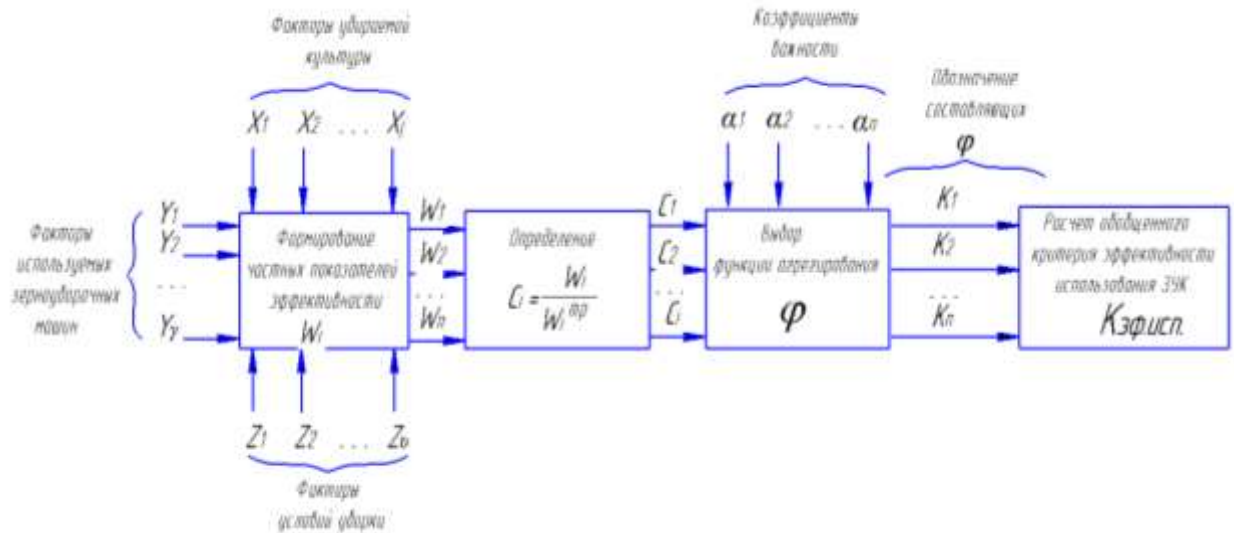


Рисунок 2.2 – Функциональная схема формирования обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин

Данная схема наглядно показывает взаимосвязь факторов, влияющих на частные показатели, с обобщенным критерием эффективности использования зерноуборочных машин.

#### 2.4 Обоснование частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин

Уборка зерновых культур является весьма сложным технологическим процессом, который выполняется участниками уборки с применением различных машин и механизмов, в том числе зерноуборочных машин. От эффективности использования зерноуборочных машин во многом зависят результаты уборки. Оценить эффективность использования зерноуборочных

машин возможно совокупностью количественных и качественных показателей.

Эффективность использования зерноуборочных машин на уборке, как следует из обзора научной литературы (см. раздел 1), можно оценить рядом единичных или частных (далее частных) показателей эффективности. Такой подход комплексной оценки эффективности использования зерноуборочных машин основан на дифференцированном методе, суть которого состоит в сравнении фактически полученных значений частных показателей эффективности с наилучшими значениями аналогичных показателей.

При выборе частных показателей следует учесть требования, предъявляемые к ним [164]:

1. Частный показатель в совокупности всех показателей должен иметь определенную важность. Следует в дальнейшем использовать наиболее важные показатели, которые существенным образом влияют на эффективность использования зерноуборочных машин.

2. При оценке частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин следует учитывать наилучший из всех достигнутых уровней соответствующих показателей.

3. Возможность повышения уровня частных показателей за счет внедрения в производство как технических, так и технологических мероприятий.

4. Частные показатели эффективности должны быть однородными в группе показателей, без качественного повторения и применения лишних показателей.

5. Выбранные частные показатели должны быть совместимы с рядом показателей оценки качества технологического процесса.

6. Возможность оценки частных показателей и проверки полученных результатов при повторных исследованиях.

С учетом представленных выше требований в дальнейшем определялся состав и структура частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин.

Все частные показатели эффективности использования зерноуборочных машин можно представить как совокупность показателей технико-экономических и качества работы зерноуборочных машин.

При выборе частных показателей эффективности, которые отвечали бы практическим целям, использовался метод экспертных оценок [164]. Этот метод позволяет учесть не только знания ученых в области уборки зерновых культур и практический опыт специалистов сельскохозяйственных предприятий, но и качественный характер исследуемых показателей.

Для экспертизы были привлечены преподаватели сельскохозяйственных вузов, ученые и специалисты НИИ сельского хозяйства, инженеры-механики, агрономы и экономисты сельскохозяйственных предприятий. Все эксперты связаны с проблемой уборки зерновых культур.

Цель экспертизы состояла в получении информации, которая позволяет судить о влиянии выбранных частных показателей на эффективность использования зерноуборочных машин.

Все эксперты, разделенные по группам специальностей, представили результаты интуитивно-логического анализа поставленных перед ними вопросов.

Затем выполнена предварительная обработка результатов, представленных экспертами. Из множества частных технико-экономических показателей работы зерноуборочных машин, которые влияют на эффективность их использования, были выбраны следующие показатели: производительность зерноуборочной машины за час основного времени, эксплуатационный расход топлива зерноуборочной машиной, себестоимость уборки одного гектара площади зерновых культур, удельные затраты труда – отношение суммарных затрат труда при выполнении зерноуборочной машиной работ в течение уборочного сезона к убранной площади зерновых культур, удельная цена зерноуборочной машины – отношение цены зерноуборочной машины к его пропускной способности; из множества частных показателей качества работы зерноуборочных машин выбраны прямые потери зерна за зерноуборочными

машинами, дробление, макро- и макротравмирование зерна рабочими органами уборочных машин; из множества частных показателей условий применимости уборочных машин выбрана годовая нагрузка на одну зерноуборочную машину.

Анализ выбранных частных показателей показал, что производительность зерноуборочной машины за час основного времени и эксплуатационный расход топлива зерноуборочной машиной взаимосвязаны с себестоимостью уборки одного гектара площади зерновых культур, что не удовлетворяет предъявляемые к частным показателям эффективности требованиям. В связи с тем, что производительность зерноуборочной машины за час основного времени и эксплуатационный расход топлива зерноуборочной машиной возможно оценивать с высокой точностью и выполнять проверку полученных результатов при повторных исследованиях, то данные показатели будем учитывать в дальнейших исследованиях.

Годовая нагрузка на одну зерноуборочную машину зависит от производительности зерноуборочной машины за час основного времени. В связи с этим, данный показатель в дальнейшем не рассматривался в качестве составного элемента обобщенного критерия эффективности использования.

Как известно, эксплуатационный расход топлива зерноуборочной машиной есть отношение расхода топлива к объему выполненной работы (в нашем случае к убранной зерноуборочной машиной площади зерновой культуры).

Так как оценку микротравмирования зерна выполняют органолептическими методами, а также его слабое влияние на качество продовольственного и фуражного зерна, то данный показатель был исключен из дальнейших исследований.

Таким образом, выбраны следующие частные показатели эффективности использования зерноуборочных машин:

1) производительность зерноуборочной машины за час основного времени,  $W_0$ , га/ч;

- 2) удельные затраты труда,  $Zm$ , чел.·ч/га;
- 3) эксплуатационный расход топлива,  $Q_{ca}$ , кг/га;
- 4) прямые потери зерна,  $P$ , %;
- 5) дробление зерна,  $D$ , %;
- 6) макротравмирование зерна,  $Mm$ , %;

При обработке экспертной информации использовалась известная методика ранжирования частных показателей эффективности [164].

При ранжировании частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов все эксперты располагали оцениваемые показатели в порядке их возрастания, по своему предпочтению и приписывали каждому из рассматриваемых частных показателей ранг в виде натуральных чисел от 1 до  $m$  (здесь  $m$  – число рассматриваемых частных показателей эффективности). При этом более предпочтительному показателю приписывался ранг 1, а менее предпочтительному – ранг  $m$ .

Следующий этап – обработка предпочтений экспертов, анализ рангов частных показателей и определение предпочтений группы экспертов по отношению к рассматриваемым частным показателям.

После получения распределения рассматриваемых частных показателей по важности, рассчитывались коэффициенты ранговой корреляции  $\rho$  Спирмена для оценки независимости мнений экспертов [164]:

$$\rho = 1 - \frac{6}{m(m^2 - 1)} \sum_{i=1}^m (r_{1i} - r_{2i})^2, \quad (2.2)$$

где  $r_{1i}$  и  $r_{2i}$  – ранг, отнесенный соответственно первым и вторым экспертом к  $i$ -му показателю.

Групповое мнение экспертов оценивалось по среднему значению коэффициентов Спирмена:

$$\rho = 2 \sum \rho_i / n(n - 1). \quad (2.3)$$

Используя метод относительных частот, были рассчитаны коэффициенты относительной важности всех рассматриваемых частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин [164]:

$$\varepsilon_i = \frac{\sum_{l=1}^n r_i^l}{\sum_{l=1}^n \sum_{i=1}^m r_i^l}, \quad (2.4)$$

где  $r_i^l$  – ранг, присвоенный  $j$ -му частному показателю  $l$  экспертом  $m$ .

Наилучший показатель будет иметь ранг  $(m - 1)$ , а наихудший – ранг 0. Кроме того, следует учитывать, что  $\sum \varepsilon_i = 1$ .

Из вышесказанного следует, что оценку эффективности использования зерноуборочных машин необходимо выполнять не только дифференцированно – по каждому отдельному частному показателю, но и комплексно – по совокупности частных показателей, сформированных в обобщенный критерий с учетом важности каждого частного показателя.

## **2.5 Обоснование обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин**

В главе 1 настоящей работы рассмотрены некоторые возможные критерии оценки эффективности использования машин сельскохозяйственного назначения. Из представленного выше материала следует, что наиболее приемлемым для оценки эффективности использования зерноуборочных машин при различных условиях их функционирования является обобщенный критерий эффективности, который наряду с учетом совокупности частных показателей, зависящих от множества факторов, учитывает соответствие их фактических значений требуемым, то есть наилучшим или желаемым для данных условий с точки зрения лица, принимающего решение.

Учитывая результаты исследований многих ученых, представленных в работах [12, 21, 22, 23, 205, 209, 211 и др.], были определены следующие эта-

пы оценки обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин на уборке зерновых культур при различных условиях их функционирования:

- анализ возможных факторов (природно-климатических, убираемой культуры, используемых уборочных машин, технологий уборки и других), которые влияют на эффективность использования зерноуборочных машин;

- выбор из совокупности возможных факторов наиболее значимых на основе использования экспериментальных данных и результатов их математической обработки;

- на основе изучения литературных источников и опыта использования зерноуборочных машин в реальных условиях их эксплуатации выбор частных показателей оценки эффективности использования зерноуборочных машин, ранжирование и предварительная оценка степени их влияния на обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин;

- экспериментальная оценка важнейших частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин;

- теоретическое обоснование или выбор из наилучших значений частных показателей эффективности, полученных в результате использования зерноуборочных машин в реальных условиях эксплуатации или испытаний, например, на МИС, желаемых (требуемых) значений единичных показателей эффективности;

- разработка математического выражения обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин, включающего совокупность выбранных единичных показателей с учетом их относительной важности;

- оценка обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин в различных группах хозяйств, анализ полученных результатов;

– разработка рекомендаций производству по повышению эффективности использования зерноуборочных машин для различных групп хозяйств.

Обзор научно-исследовательских работ по оценке эффективности использования различных технических систем машин (см. п.1.2 работы) позволил выявить наиболее приемлемую функцию агрегирования в виде отношения частных показателей эффективности  $W_i$  (здесь  $i = 1, m_1$ ), значения которых в процессе уборки зерновых культур следует увеличивать, к показателям  $W_j$  (здесь  $j = m_1 + 1, m$ ), значения которых в процессе уборки зерновых культур следует уменьшать [12, 23, 205]:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} W_i}{\prod_{j=m_1+1}^m W_j}. \quad (2.5)$$

Размерность  $W_i$  и  $W_j$  соответствует размерности выбранных частных показателей.

Рассматривая зависимость (2.5), можно отметить, что:

- 1) числитель зависимости может быть представлен как целевой эффект использования зерноуборочных машин, а знаменатель – затраты по достижению данного эффекта;
- 2) функция агрегирования - векторная величина;
- 3) условие использования выбранной функции агрегирования - однородность единичных показателей обеих групп.

Чтобы привести выбранную функцию агрегирования к скалярному виду и выполнить условие однородности частных показателей обеих групп, а также исключить влияние на обобщенный критерий эффективности размерности и физического смысла частных показателей эффективности, используем методику, предложенную Рядновым А.И. в работах [205, 213], которая основана на методе эквивалентного преобразования функции агрегирования в безразмерный вид [205].



В функции агрегирования (2.5) фактические значения всех частных показателей  $W_{i(j)}$  разделим на соответствующие требуемые значения  $W_{i(j)}^{\text{тп}}$ .

Получим новый вид функции агрегирования:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \frac{W_i}{W_i^{\text{тп}}}}{\prod_{j=m_1+1}^m \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}}}. \quad (2.6)$$

Затем учтем важность каждого частного показателя эффективности путем введения в функцию агрегирования (2.6) коэффициентов важности  $\alpha_{i(j)}$  частных показателей эффективности.

При этом необходимо учесть, что:

- при  $m > 1$   $\alpha_{i(j)} \neq 1$  и  $\alpha_{i(j)} \neq 0$ ;
- если  $\alpha_{i(j)} \rightarrow 1$ , то степень влияния частного показателя на обобщенный критерий эффективности (на значение функции агрегирования) увеличивается, а при  $\alpha_{i(j)} \rightarrow 0$  – снижается. Однако в этом случае влияние данного  $i$ -го или  $j$ -го частного показателя на обобщенный критерий не отвергается полностью.

Учитывая вышесказанное, представим функцию агрегирования (2.6) в виде:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тп}}}}{\prod_{j=m_1+1}^m \alpha_j \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}}}, \quad (2.7)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тп}}} &= K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{m_1}, \\ \prod_{j=m_1+1}^m \alpha_j \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}} &= K_{m_1+1} \cdot \dots \cdot K_m \end{aligned} \right\} \cdot \quad (2.8)$$

Для идеального (желаемого, требуемого) случая для всех частных показателей эффективности  $\frac{W_i}{W_i^{\text{тп}}} = 1$  и  $\frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}} = 1$ .

Тогда,

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i}{\prod_{j=m_1+1}^m \alpha_j}. \quad (2.9)$$

На рисунке 2.3 графически показан характер изменения коэффициентов  $Ki(j)$ , входящих в обобщенный критерий эффективности, для случая, к примеру, когда выбрано 7 частных показателей эффективности, из которых показатели  $W_1 \dots W_4$  желательно увеличивать, а показатели  $W_5, W_6$  и  $W_7$  – уменьшать.

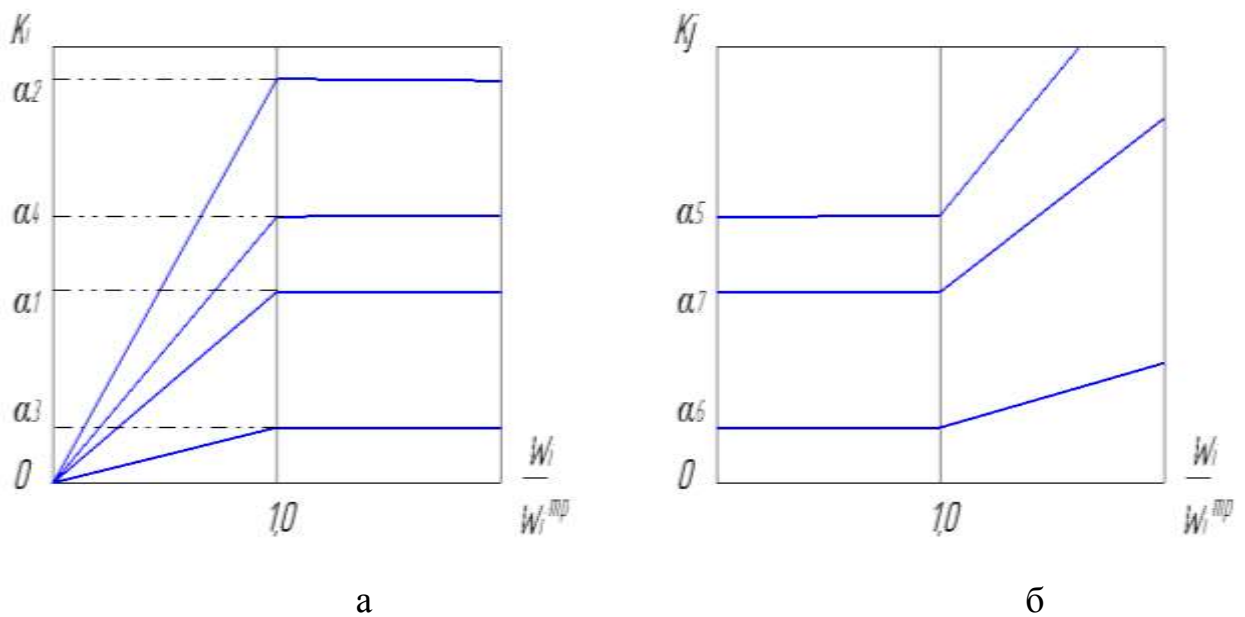


Рисунок 2.3 – Изменение коэффициентов  $Ki(j)$   
при  $i = 1 \dots m_1$  (а) и  $j = m_1+1 \dots m$  (б)

Коэффициенты, входящие в числитель функции агрегирования, изменяются по зависимости (рис.2.3-а):

$$K_i = \begin{cases} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{tp}}, & \text{если } \frac{W_i}{W_i^{tp}} < 1,0 \\ \alpha_i, & \text{если } \frac{W_i}{W_i^{tp}} \geq 1,0. \end{cases} \quad (2.10)$$

Коэффициенты, входящие в знаменатель функции агрегирования, изменяются по зависимости (рис.2.3-б):

$$K_j = \begin{cases} \alpha_j, & \text{если } \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}} \leq 1,0 \\ \alpha_j \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}}, & \text{если } \frac{W_j}{W_j^{\text{тп}}} > 1,0. \end{cases} \quad (2.11)$$

Учитывая обозначения (2.8), представим функцию агрегирования следующим образом:

$$\varphi(W) = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{m1}}{K_{m1+1} \cdot \dots \cdot K_m}. \quad (2.12)$$

Обобщенный критерий эффективности есть математическое ожидание функции агрегирования:

$$K_{\text{Э}} = m\{\varphi(W)\}. \quad (2.13)$$

Учитывая выбранные частные показатели эффективности использования зерноуборочных машин (на примере зерноуборочных комбайнов), а также зависимости (2.10), (2.11) и (2.12), получим математическое выражение для расчета обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов

$$K_{\text{Э}}^{\text{ИСП}} = \frac{K_{W_0}}{K_{3m} K_{Q_{2a}} K_{\Pi} K_{Д} K_{Mm}}, \quad (2.14)$$

где  $K_{W_0}$  – коэффициент, учитывающий важность и степень достижения фактическим значением  $W_0$  требуемого (данный частный показатель желательно повышать);

$K_{3m}$ ,  $K_{Q_{2a}}$ ,  $K_{\Pi}$ ,  $K_{Д}$  и  $K_{Mm}$  – соответственно коэффициенты, учитывающие важность и степень достижения фактическими значениями  $3m$ ,  $Q_{2a}$ ,  $\Pi$ ,  $Д$  и  $Mm$  требуемых (данные частные показатели желательно снижать).

По зависимости (2.14)  $K_{\text{Э}}^{\text{ИСП}}$  может быть больше 1. В этом случае достаточно сложно оценить степень достижения идеального (желаемого, требуемого) уровня. В связи с этим, введем понятие относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин – отноше-

ние фактического обобщенного критерия эффективности использования  $K_{\text{ЭФ}}^{\text{ИСП}}$  к требуемому  $K_{\text{ЭФ.ТР}}^{\text{ИСП}}$ :

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = \frac{K_{\text{ЭФ}}^{\text{ИСП}}}{K_{\text{ЭФ.ТР}}^{\text{ИСП}}}. \quad (2.15)$$

Структурную схему повышения эффективности использования зерноуборочных машин можно получить на основе функциональной схемы формирования обобщенного критерия эффективности (рис. 2.2) в виде (рис. 2.4):

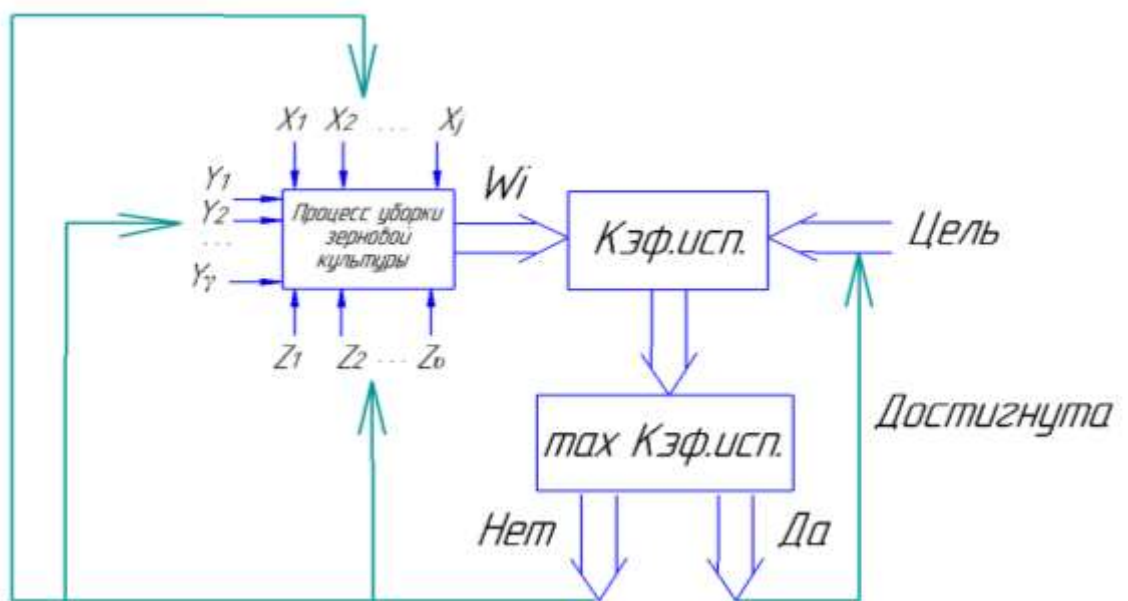


Рисунок 2.4 – Структурная схема повышения эффективности использования зерноуборочных машин

Повышение эффективности использования зерноуборочных машин с учетом условий их функционирования сводится к решению задачи:

$$K_{\text{ЭФ}}^{\text{ИСП}}(X, Y, Z) \rightarrow \max K_{\text{ЭФ}}^{\text{ИСП}} \text{ при } W_i \in f(W_i), \quad (2.16)$$

где  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – соответственно факторы убираемой зерновой культуры, состояния используемых зерноуборочных машин и условий уборки, влияющих на частные показатели  $W_i$ ,

$f(W_i)$  – ограничения частных показателей.

## 2.6 Выводы по разделу 2

1. Предложено комплексную оценку эффективности использования зерноуборочных машин осуществлять по обобщенному критерию с учетом значений его частных показателей и их относительной важности.

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

К первой группе хозяйств отнесены хозяйства со средней годовой наработкой зерноуборочного комбайна не более 170 га, ко второй группе – хозяйства с годовой наработкой 171 – 435 га, к третьей группе - 436 – 700 га и к четвертой группе - хозяйства с годовой наработкой зерноуборочного комбайна со средневзвешенной пропускной способностью МСУ – более 701 га.

3. Изучены факторы, влияющие на обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных машин. Они разделены на три группы: факторы убираемой зерновой культуры, использования зерноуборочных машин и условий уборки. Все факторы рассмотрены также и с точки зрения их управляемости.

4. Предложена функциональная схема формирования обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин, включающая: выбор факторов, влияющих на критерий эффективности; формирование частных показателей эффективности, определение их фактических и требуемых значений и коэффициентов относительной важности каждого частного показателя; выбор функции агрегирования и приведение ее к математическому выражению обобщенного критерия.

5. Обоснованы частные показатели эффективности использования зерноуборочных машин: производительность зерноуборочной машины за час основного времени,  $W_0$  ; удельные затраты труда,  $Zt$  ; эксплуатационный

расход топлива,  $Q_{га}$ ; прямые потери зерна,  $П, \%$ ; дробление зерна,  $Д$  и макротравмирование зерна,  $Мт$ .

6. Предложено математическое выражение обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин, основанное на выбранной функции агрегирования, учитывающей требование по увеличению эффективности использования зерноуборочных машин за счет повышения значений одних и снижения других частных показателей, а также отношение фактических значений всех частных показателей к соответствующим требуемым значениям и важность каждого частного показателя.

7. Введено понятие относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин.

### **3 ОЦЕНКА ЧАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

#### **3.1 Размерно-массовые характеристики некоторых сортов зерновых колосовых культур, влияющих на показатели эффективности использования зерноуборочных машин**

Важнейшими факторами, влияющими на показатели эффективности уборки и использования зерноуборочных машин, являются характеристики убираемой культуры, такие как: высота растений и ее изменение на убираемом участке; урожайность, определяемая, в первую очередь, средней массой одного зерна в колосе и по его длине; изменение влажности зерна в колосе и ее среднее значение; засоренность хлебостоя; соломистость и другие.

Без знания основных характеристик убираемой культуры не возможно качественно провести экспериментальные исследования и сделать анализ влияния факторов убираемой культуры на показатели качества работы зерноуборочных машин.

В связи с этим нами проведена оценка размерно-массовых характеристик наиболее распространенных в условиях проведения экспериментальных исследований - зоны южных черноземов Волгоградской области озимой пшеницы сорта Мироновская Юбилейная и яровой пшеницы сорта Саратовская 42.

Результаты измерений высоты 50 растений озимой пшеницы и 50 растений яровой пшеницы представлены в Приложении В.

Установлено, средняя высота озимой пшеницы составила 0,916 м с коэффициентом вариации 0,06. Данные показатели для яровой пшеницы составили соответственно 0,644 м и 0,07.

Аналогичные исследования были выполнены для этих же сортов озимой и яровой пшеницы в условиях светлокаштановых почв. Установлено, что

в этой зоне высота растений на 12 – 16 % меньше, чем в зоне южных черноземов при большем коэффициенте ее вариации.

Из научной литературы [233, 247, 258, 266 и др.] известно, что как на дробление, так и на макро- и микротравмирование зерна зерноуборочными машинами оказывает влияние выравненность зерна по размерам.

Выполнены исследования выравненности зерна озимой пшеницы сорта Мироновская Юбилейная и яровой пшеницы сорта Саратовская 42 при полной спелости зерна и через 5 дней после скашивания в валок. Исследования проводились в условиях зоны южных черноземов Волгоградской области. Результаты оценки выравненности зерна представлены в таблице 3.1.

Из полученных результатов следует – более выравненными являются зерна яровой пшеницы, чем озимой. Наряду с этим, установлено, растягивание сроков уборки снижает выравненность зерна и долю крупных зерен в колосе. Из данного факта следует подтверждение одного из агротехнических требований о соблюдении оптимальных сроков уборки.

Выполнены также исследования по оценке изменения средней массы зерна озимой и яровой пшеницы указанных выше сортов по длине колоса.

Установлено, что зерна и озимой и яровой пшеницы с максимальной массой формируются в средней части колоса (рис. 3.1).

Таблица 3.1 – Результаты оценки выравненности зерна

Размер ячейки сита, мм	Выравненность зерна озимой пшеницы, %		Выравненность зерна яровой пшеницы, %	
	спелость зерна полная	в валке на 6 день после скашивания	спелость зерна полная	в валке на 6 день после скашивания
3,0	78,5	61,8	85,5	66,1
2,7	8,3	16,7	5,6	17,3
2,5	4,8	7,3	3,5	7,0
2,2	3,5	6,1	2,2	3,3
2,0	2,3	3,4	1,5	2,2
1,7	1,0	2,2	0,9	1,2
Сход с 1,7	1,8	2,5	0,8	2,9



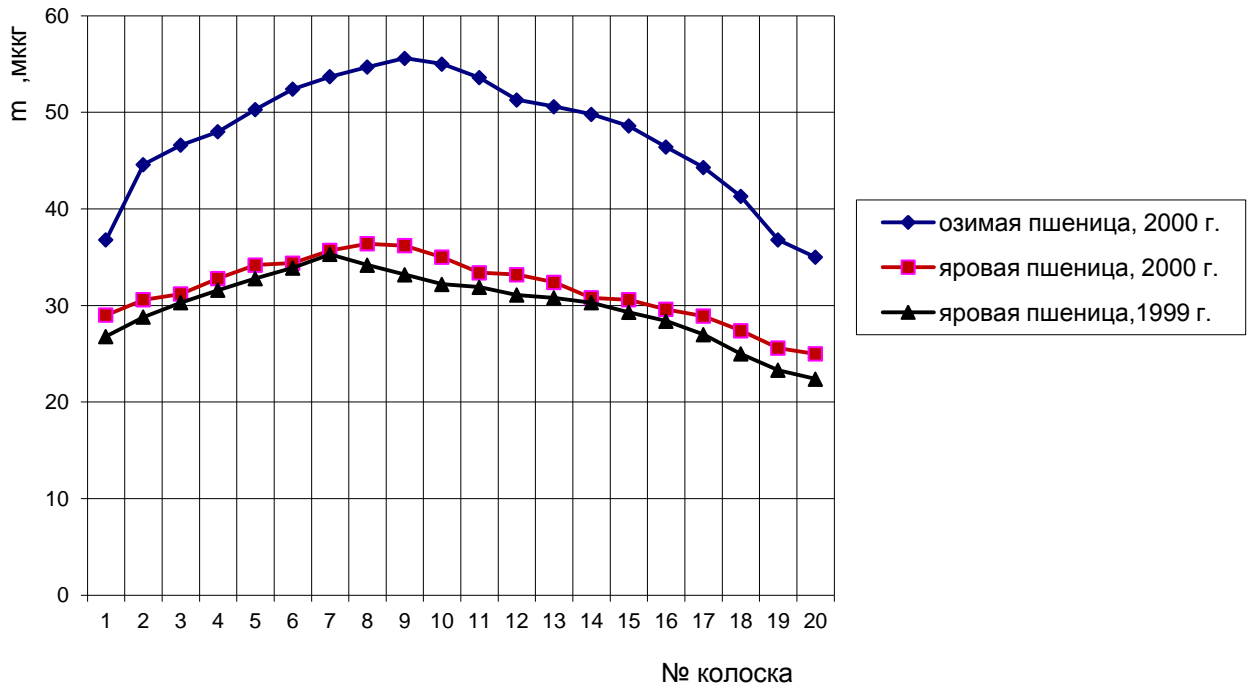


Рисунок 3.1 – Средняя масса зерна в колосе

Нами принято, что колосок под номером один находится у основания колоса, а под номером двадцать – у вершины.

Результаты оценки средней массы зерна показали, что максимальную массу имеют зерна, расположенные ближе к центру колоса: у озимой пшеницы в колоске №9, а у яровой пшеницы – в колосках №7 и №8, а минимальную – зерна у вершины колоса.

Средняя масса одного зерна озимой пшеницы равна 46,88 мкг, а яровой – 29,48 мкг (1999 г.) и 31,26 мкг (2000 г), среднеквадратическое отклонение – соответственно 6,3; 3,58 и 3,35, а коэффициент вариации – 0,134; 0,121 и 0,107.

Из полученных данных следует, что при лучшей выравненности зерна наблюдается минимальный разброс его массы.

Влажность зерна в колосе зерновых колосовых культур оценивалась в уборочные сезоны 1998 – 2000 г.г., в зоне южных черноземов Волгоградской области (крестьянское хозяйство Ю.И. Березина, Михайловский район). Скашивание зерновых культур в валки выполнялось зерноуборочным ком-

байном с валковой жаткой ЖВН-6А. Влажность зерна при скашивании равнялась 33...35%. Средняя высота растений в годы исследования составляла 0,66...0,72 м, а густота стеблестоя равнялась 390...460 шт./м<sup>2</sup>. Средняя высота среза устанавливалась 0,15 м. Средняя температура и влажность воздуха в годы исследований изменялись незначительно – не более чем на 10 %. Только в шестой день уборки 2000 года, в 12 часов был дождь в течение 26 минут.

Измерение влажности зерна выполнялось в течение двенадцати дней после того как были скошены и уложены в валки растения. Замеры влажности зерна проводились через каждые 4 часа, а в день, когда был дождь – через каждые 2 часа. Полученные в результате экспериментов данные по оценке интенсивности снижения влажности зерна в колосе скошенных и уложенных в валок растений представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты оценки интенсивности снижения влажности зерна

День после скашивания растений в валок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Интенсивность снижения влажности зерна, %	3,5-5,0	3,0-4,0	3,0-4,0	3,0-3,5	3,0-3,2	3,0-3,1	2,0-2,2	1,9-2,0	1,5-1,7	0,5-0,8	0,5-0,8	0,4-0,5

Из данных, представленных в таблице 3.2, следует, что максимальное снижение влажности зерна происходит в первые дни нахождения скошенных растений в валке, а затем интенсивность снижения влажности зерна уменьшается ежедневно на 0,4 - 0,6%. Такой характер изменения интенсивности снижения влажности зерна наблюдался во все годы исследований.

После дождя влажность зерна возрастала в течение 1,5 часов на 1%, а затем снижалась.

Изучено также изменение влажности зерна в течение суток. Установлено, что влажность зерна снижается в дневное время, причем с максимальной интенсивностью с 16 до 20 часов, а увеличивается в ночное время с максимальной интенсивностью с 4 до 6 часов. Это объясняется дефицитом влаги в атмосферном воздухе в дневное время суток и выпадением росы ранним утром. Кроме того, проведены исследования изменения влажности зерна по длине колоса. Оценка влажности зерна по длине колоса осуществлялась с 12 до 13 часов в первый, третий, пятый, седьмой и девятый дни после укладки скошенных растений в валок. Результаты исследований показаны на рисунке 3.2.

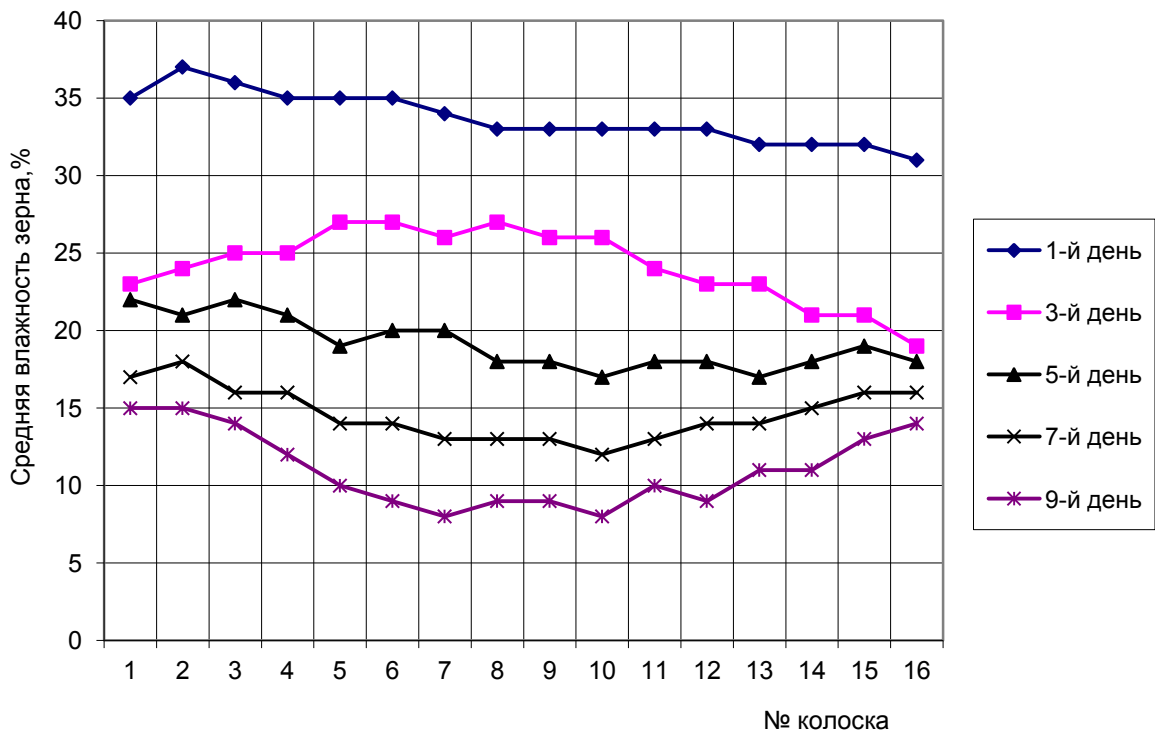


Рисунок 3.2 – Средняя влажность зерна по длине колоса

Представленные на рисунке 3.2 графики показывают, что средняя влажность зерна по длине колоса изменяется в зависимости от дня нахождения скошенных растений в валке по-разному. Так, в первый день средняя влажность зерна в колосе составила 33,75% (фаза «середины восковой спелости»). При этом максимальную влажность (до 37%) имело зерно вто-

рого колоска, а минимальную зерна верхней части колоса (зерно 13-го колоска имело влажность 32,0%, 14-го колоска 31,8%, 15-го – 32,0% и 16-го – 30,8%). На наш взгляд, такая закономерность изменения влажности зерна по длине колоса связана с поступлением в зерно из стебля скошенного растения пластических веществ, имеющих более высокую влажность, чем зерно, и при этом, в более удаленные от стебля зерна пластического вещества поступает меньше, чем в зерна близкие к стеблю.

В третий день нахождения скошенных растений в валке максимальную влажность имели зерна 5, 6 и 8 колосков, т.е. колосков, находящихся в середины колоса, а минимальную – колоски верхней части (№16). В третий день средняя влажность зерна равнялась 23,9% (фаза «конец восковой спелости»).

В пятый и последующие дни нахождения скошенных растений в валке минимальную влажность имели зерна середины колоса, а максимальную – нижней и верхней частей. Следует отметить, что при снижении средней влажности зерна в колосе разность между влажностями зерен, находящихся в верхней и нижней частях колоса, и расположенных в середине колоса, увеличивается. Например, в пятый день нахождения скошенных растений в валке максимальную влажность имело зерно второго колоска, минимальную – десятого. Кроме того, в этот день наблюдается минимальный разброс влажности зерна. Из этого факта следует вывод о том, что подбор валков зерновых культур в условиях Волгоградской области следует осуществлять в 4 – 6 дни после их скашивания. В этом случае не потребуется выполнять перерегулировки комбайнов в течение смены, за счет чего повысится производительность и снизятся сроки уборки. Незначительные колебания влажности в течение смены окажут положительное влияние на качество работы зерноуборочных комбайнов.

Из рисунка 3.2 следует, что в 7 и 9 дни нахождения скошенных растений в валке зерна средних колосков достигают фазы «полной спелости».

Таким образом, знания размерно-массовых характеристик зерновых колосовых культур и закономерностей их изменения позволят правильно выбрать технологию и организацию уборки, начало уборочных работ, регулировки рабочих органов и режимы работы зерноуборочных комбайнов при выполнении экспериментальных исследований.

### **3.2 Оценка сменной производительности зерноуборочных машин на примере уборки зерновых культур в условиях Волгоградской области**

Важнейшим показателем использования зерноуборочных машин (далее в данном разделе зерноуборочных комбайнов) является их сменная производительность. От сменной производительности зависят сроки уборки зерновых культур, от которых, как известно из ряда научных работ [76, 81, 205], зависят потери зерна самоосыпанием.

Сменная производительность зерноуборочных комбайнов зависит от значительного числа факторов, как конструктивных самого комбайна, так и от эксплуатационных и организационных.

Если рассмотреть известную формулу расчета производительности за час сменного времени

$$W_{см} = 0,36B_p v_p \tau, \quad (3.1)$$

где  $B_p$  – рабочая ширина хедера жатки, м;

$v_p$  – рабочая скорость комбайна, м/с;

$\tau$  – коэффициент использования времени смены, определяемый как отношение времени основной работы к времени смены,

то можно отметить, что рабочая ширина хедера жатки и рабочая скорость комбайна определяются не только конструктивными значениями этих величин, но и квалификацией комбайнера и рядом других факторов; коэффициент использования времени смены зависит также от квалификации комбайнера (это будет показано ниже), условий уборки и от организации уборочных работ.

Для изыскания резервов повышения  $W_{см}$  зерноуборочных комбайнов, а следовательно, и эффективности их использования, проведен хронометраж работы наиболее распространенных в условиях Волгоградской области зерноуборочных комбайнов групп «Дон» (Приложение Б1 и Приложение Б2), «Акрос» (Приложение Б3) и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» (Приложение Б4). Хозяйства Волгоградской области, в которых проводились исследования, являются типичными для соответствующих групп и находятся в северо-западной и южной зонах области. Комбайны групп «Дон» и «Акрос» были оборудованы жатками с шириной захвата 7 м, а комбайн СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» - пятиметровой. Уборка велась прямым комбайнированием.

Оценка производительности выбранных зерноуборочных комбайнов выполнялась сначала при уборке озимых ячменя и пшеницы, а затем яровых ячменя и пшеницы при средней урожайности соответственно 2,6; 3,8; 0,7 и 1,58 т/га. Только в этом случае осуществлялась уборка перечисленных выше зерновых культур. Выбор данных культур с существенно отличающейся урожайностью связан с обеспечением подачи хлебной массы на обмолот в молотилку, равной пропускной способности комбайнов исследуемых марок.

Результаты обработки хронокарт представлены на рисунке 3.3.

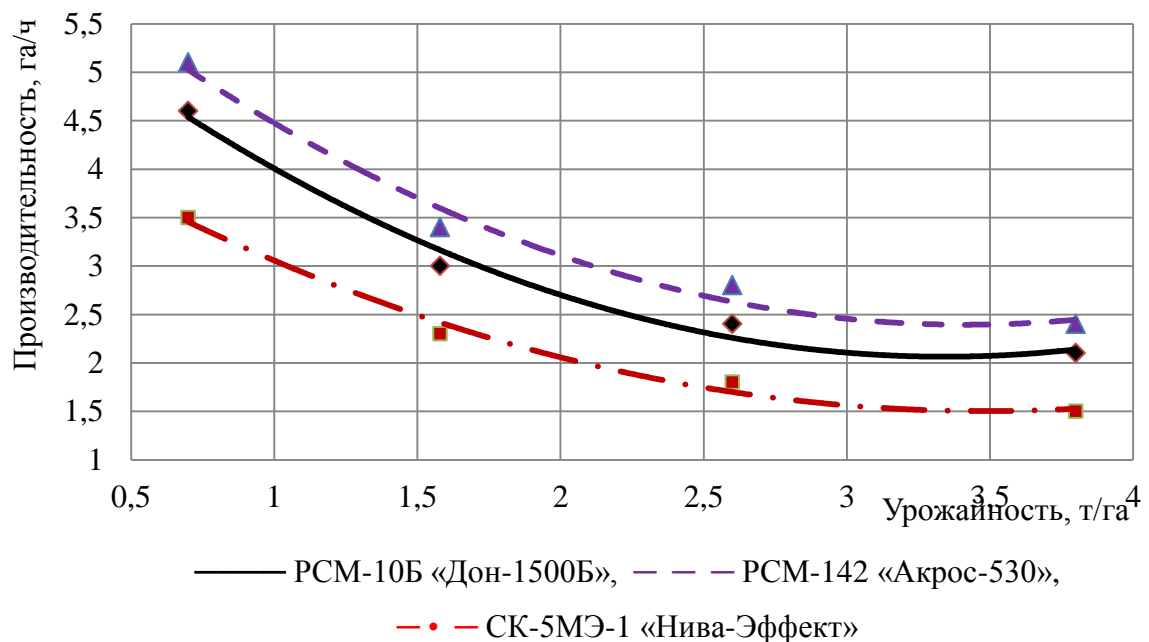


Рисунок 3.3 – Зависимости производительности зерноуборочных комбайнов за час сменного времени от урожайности зерновых колосовых культур

Рассматривая зависимости, представленные на рисунке 3.3, можно отметить, что с увеличением урожайности зерновых культур производительность за час сменного времени зерноуборочных комбайнов снижается. Причем, интенсивность снижения производительности за час сменного времени уменьшается с ростом урожайности убираемых культур.

Интенсивность использования зерноуборочных комбайнов по группам хозяйств различна.

Под интенсивностью использования зерноуборочных комбайнов мы понимаем среднюю годовую наработку одного комбайна в гектарах убранной площади.

Все исследования выполнялись в Волгоградской области, входящей наряду с тремя республиками (Адыгея, Калмыкия, Крым), Астраханской и Ростовской областями, Краснодарским краем и городом федерального значения – Севастополь в Южный федеральный округ.

Из всех субъектов Южного федерального округа Волгоградская область, так же как Краснодарский край и Ростовская область, является основным зерносеющим регионом.

Как отмечалось выше, все хозяйства Волгоградской области были условно разделены на 4 большие группы по средней годовой наработке одного зерноуборочного комбайна.

Были выбраны в каждой группе хозяйства, которые являются типичными для Волгоградской области по структуре посевных площадей, наличию уборочной техники, обеспеченности комбайнерами, средствами полевого ремонта и ТО.

Оценку средней годовой наработки зерноуборочных комбайнов выполняли для РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», как более распространенных в хозяйствах Волгоградской области в настоящее время. Полученные статистические данные представлены в таблице 3.3 в соответствии классификацией хозяйств.

Таблица 3.3 – Средняя годовая наработка на один комбайн в типичных хозяйствах Волгоградской области

Группа хозяйств	Средняя наработка на один комбайн за год, га				
	2011	2012	2013	2014	Среднее
Первая	163	184	172	158	169
Вторая	404	427	428	443	426
Третья	607	712	624	638	645
Четвертая	660	967	902	879	851

Из статистических данных, представленных в таблице 3.3, следует, что максимальная средняя годовая наработка комбайнов, равная 851 га относится к хозяйствам четвертой группы. Для хозяйств данной группы и максимальное значение среднеквадратического отклонения средней годовой наработки комбайнов. Характерным хозяйством является агрофирма «Гелио Пакс». Подразделения данной агрофирмы расположены в Михайловском и Новоаннинском районах Волгоградской области, имеют большие площади (до 15 тыс. га) и удалены друг от друга на расстоянии более 50 км. Средняя годовая наработка одного комбайна в данном хозяйстве показана на рисунке 3.5.

Наименьшая годовая наработка комбайнов (169 га на один комбайн при среднеквадратическом отклонении в 11,4 га) приходится на хозяйства первой группы. К таким хозяйствам относятся хозяйства или с малыми площадями зерновых культур, или с большими площадями, но и большим количеством зерноуборочных комбайнов. Нами выбраны следующие типичные хозяйства данной группы: ИП «Глава КФХ Березин Ю.И.» Михайловского района и ООО «Пионер-Агро» Клетского района. Например, в ИП «Глава КФХ Березин Ю.И.» Михайловского района в 2017 году тремя зерноуборочными комбайнами (РСМ-142 «Акрос-530», СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» и СК-5 М «Нива») было убрано 498 га. Следовательно, один физический комбайн убрал 166 га.

Выбраны типичные хозяйства второй группы: ОАО «РАО Алексеевское» и СПК «Андреевский» Алексеевского района и третьей группы: ИП



«Глава КФХ Бондарев В.В.» Октябрьского района, СПК «Племзавод Тростянский» Новоаннинского района и ИП «Глава КФХ Невмержицкий В.В.» Котельниковского района Волгоградской области. Например, в ИП «Глава КФХ Бондарев В.В.» Октябрьского района три комбайна (РСМ-142 «Акрос-530», два РСМ-101 «Вектор 410») в 2017 году убрали 1154 га. В этом хозяйстве средняя годовая наработка одного физического зерноуборочного комбайна составила 385 га.

На рисунке 3.4 представлены статистические данные по изменению среднегодовой наработки зерноуборочных комбайнов в зависимости от года их эксплуатации в трех типичных хозяйствах первой, третьей и четвертой групп хозяйств Волгоградской области в течение 7 уборочных сезонов.

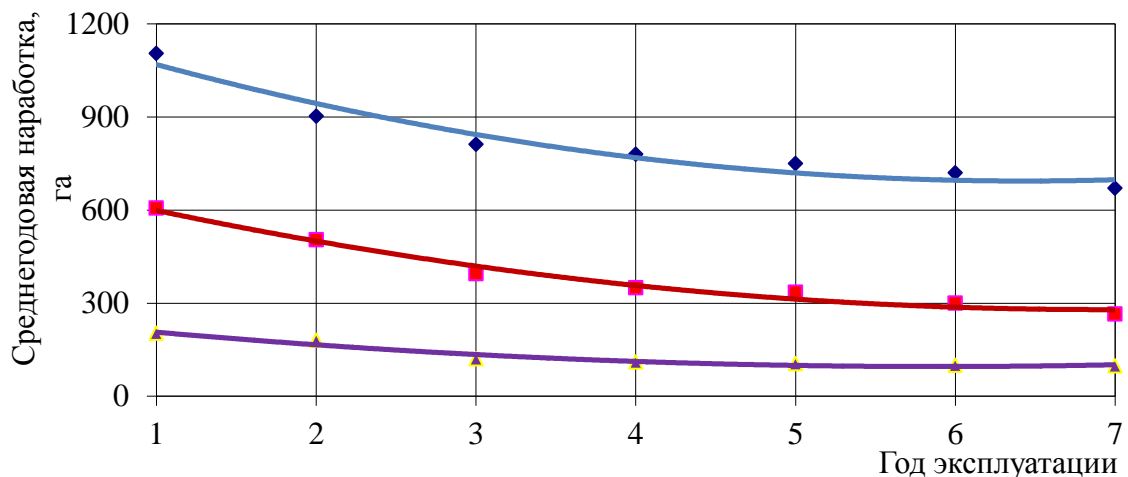


Рисунок 3.4 – Зависимость среднегодовой наработки зерноуборочных комбайнов от года эксплуатации

Статистические данные показали, что в исследуемых хозяйствах использование зерноуборочных комбайнов отличается не только по среднему значению годовой выработки, но и по среднему квадратическому отклонению.

Из результатов исследований следует, что с увеличением года эксплуатации зерноуборочных комбайнов их среднегодовая наработка снижается, причем, интенсивность снижения данного показателя максимальная в первые 3 года. Это связано, на наш взгляд со снижением уровня надежности зерноуборочных комбайнов при увеличении их возраста.

Значения коэффициента вариации среднегодовой выработки увеличивается в 3 – 4 раза за 7 лет эксплуатации зерноуборочных комбайнов. Данный факт можно объяснить большим значением коэффициента вариации показателей безотказности, в том числе и наработки на отказ, для зерноуборочных комбайнов, находящихся в эксплуатации несколько лет, чем новых.

До введения санкций странами ЕС на Российскую Федерацию среди ученых и производителей были дискуссии о соотношении зерноуборочных комбайнов отечественных и зарубежных фирм в парке хозяйств. До 2014 года не было четкой концепции и научного обоснования о комплектовании машинно-тракторного парка хозяйств зерноуборочными комбайнами иностранных фирм. Для решения данного вопроса применительно к условиям Волгоградской области нами проведены сравнительные исследования показателей использования зерноуборочных комбайнов Дон-1500А, Дон -1500Б и Клаас Доминатор Мега 208, 218 в хозяйствах агрофирмы «Гелио-Пакс».

Рассмотрим изменение средней годовой наработки групп зерноуборочных комбайнов «Дон» и «Клаас Доминатор Мега» в течение 4 лет (рис. 3.5).

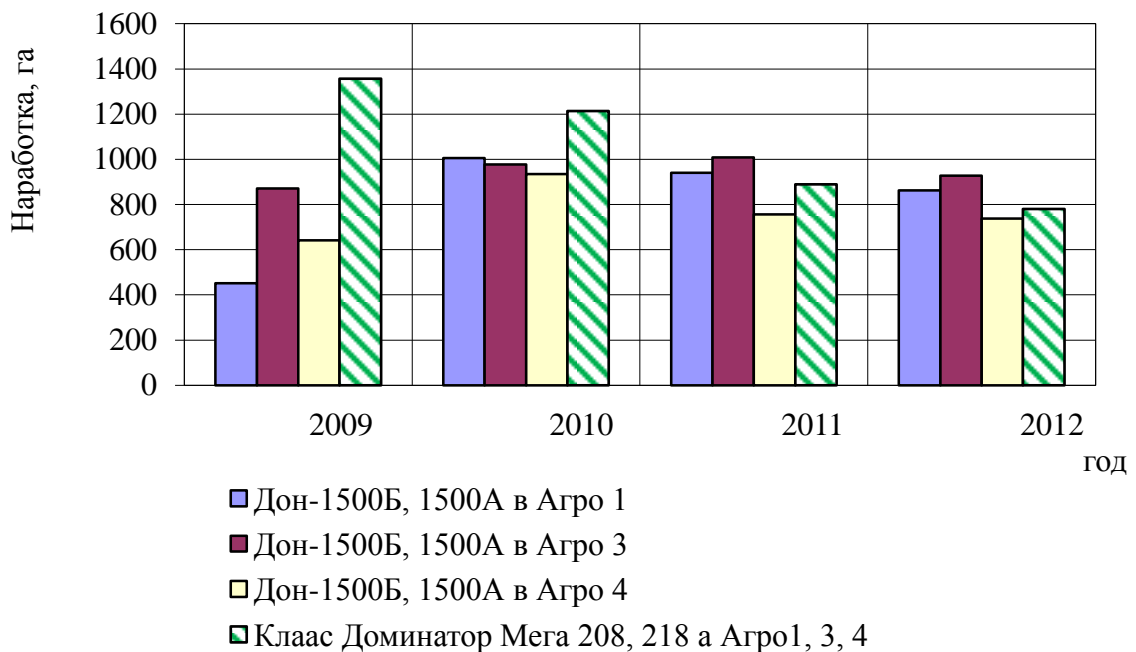


Рисунок 3.5 – Средняя годовая наработка зерноуборочных комбайнов групп «Дон» и «Клаас Доминатор Мега»

Как следует из данных, представленных на рисунке 3.5 годовая наработка на 1 комбайн в хозяйствах агрофирмы «Гелио – Пакс» была и остается достаточно высокой. Один комбайн в год убирает до 1000 га. Это составляет 2 - 2,5 годовых нормы.

На большую нагрузку комбайнов указывает и то, что во всех хозяйствах зерноуборочные комбайны группы «Дон» за год выработывали срок гарантийной эксплуатации, отработав по 700-730 мото-часов (тогда как нормативная нагрузка при гарантийной эксплуатации 600 мото-часов рассчитана заводом «Ростсельмаш» на 2 года). Как видно из рисунка 3.5, нагрузка на комбайн «Дон» в последние годы превзошла нагрузку на комбайны марки Клаас Доминатор Мега, при этом качество уборки не ниже, чем у импортных комбайнов.

В последние годы в хозяйствах страны широко используются зерноуборочные комбайны РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530», СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект».

По результатам хронометража работы комбайнов при уборке озимой пшеницы в хозяйствах с различной нагрузкой на один комбайн получены зависимости изменения производительности зерноуборочных комбайнов за час сменного времени от группы хозяйства (рис. 3.6).

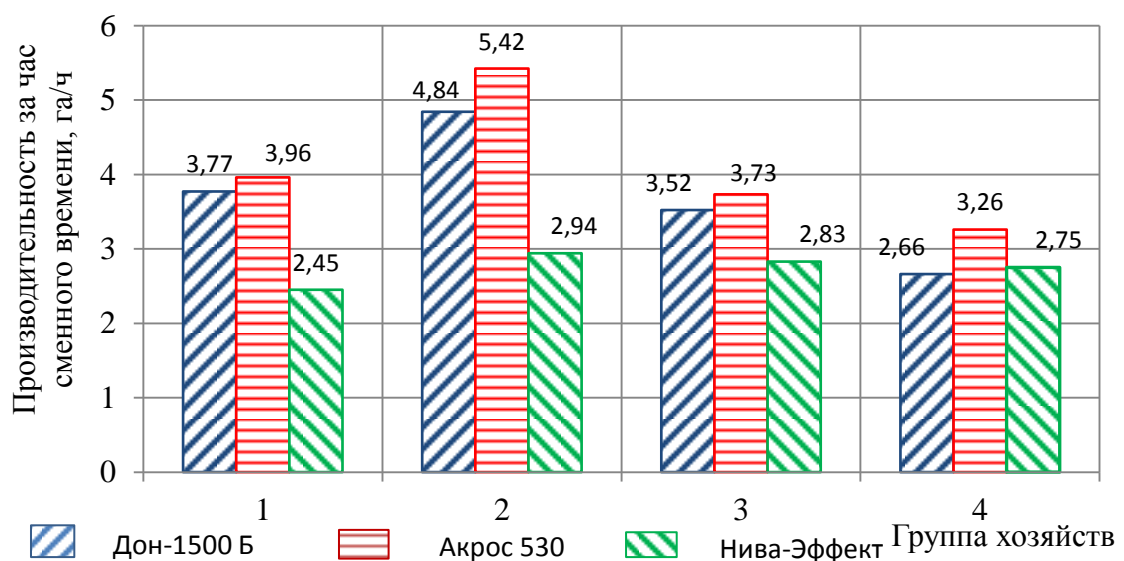


Рисунок 3.6 – Зависимости изменения производительности зерноуборочных комбайнов за час сменного времени от группы хозяйства

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 путей повышения производительности зерноуборочных комбайнов нами получено распределение затрат времени смены по ее элементам. Исследования проводились методом хронометража работы комбайнов РСМ-10 «Дон-1500Б» в соответствии с [50] в течение ряда лет в типичных хозяйствах четырех групп хозяйств Волгоградской области. Результаты исследований представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Распределение затрат времени смены, %

Элементы затрат времени смены	Группа хозяйств			
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая
Время основной работы	70,5	70,8	69,1	68,2
Время поворотов	3,8	3,7	3,7	3,6
Время на выполнение технологического обслуживания	5,2	5,9	5,9	5,8
Время на устранение технологических отказов	7,2	7,3	7,5	8,3
Время на холостые переезды	5,7	5,2	5,8	4,3
Время подготовки агрегата к работе	0,6	0,5	0,7	0,9
Время на регламентированные затраты	0,1	0,1	0,2	0,1
Время на ежемесячное техническое обслуживание	6,3	6,5	7,1	8,8

Данные таблицы 3.4 показывают, что коэффициент использования времени смены  $\tau$  изменяется от 0,682 в четвертой группе хозяйств до 0,708 во второй. При этом следует отметить, что время смены во всех хозяйствах используется недостаточно эффективно.

Чтобы снизить непроизводительные затраты времени необходимо использовать все возможные организационные, экономические и технические резервы.

Анализ представленных в таблице 3.4 результатов показывает, что значительны затраты времени на ЕТО зерноуборочных комбайнов. Причем, наибольшие затраты времени на ежесменное техническое обслуживание в четвертой группе хозяйств. Это связано либо с низким уровнем обеспеченности хозяйств средствами технического обслуживания (крестьянские (фермерские) хозяйства с недостатком зерноуборочной техники), либо с высокой загруженностью службы технического обслуживания (крупные хозяйства). Такая же тенденция наблюдается и при ТО-1 и ТО-2 зерноуборочных комбайнов.

Результаты обработки хронокарт сплошного хронометража работы комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б» в хозяйствах Волгоградской области показали, что среднестатистическая часовая производительность данного комбайна равна 11,3 тонны за 1 час основного времени или 4,12 га/ч.

Рассматривая результаты сплошного хронометража работы комбайнов, было замечено, что одним из факторов, влияющим на время основной (чистой) работы комбайнов, а, следовательно, на  $\tau$ , является продолжительность рабочего дня.

Установлено, что  $\tau$  в зависимости от продолжительности рабочего дня изменяется циклично (рис. 3.7). Максимально используется время смены при продолжительности рабочего дня 7,5 и 11 часов, а минимально – при продолжительности смены, равной 9 часам.

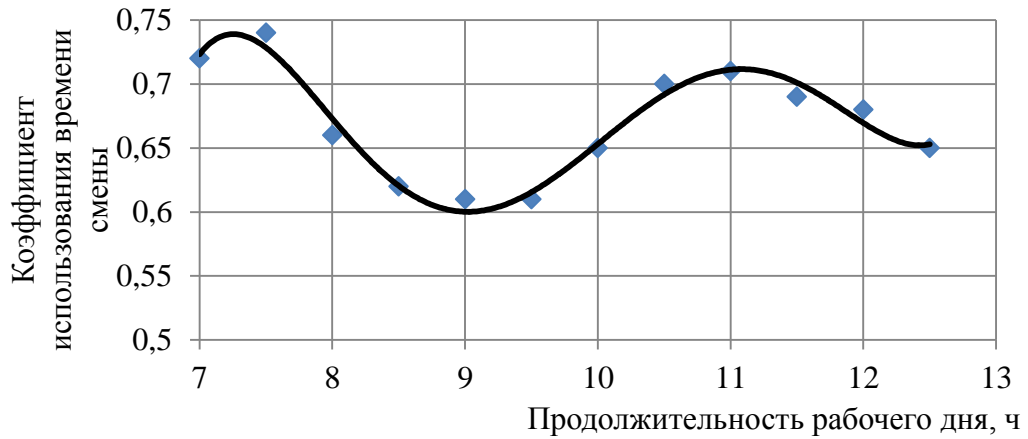


Рисунок 3.7 – Зависимость коэффициента использования времени смены от продолжительности рабочего дня

Статистические данные с высокой точностью ( $R^2 = 0,96$ ) аппроксимируются полиномом 5-го порядка:

$$\tau = 0,0024t^5 - 0,118t^4 + 2,312t^3 - 22,372t^2 + 106,68t - 199,71, \quad (3.2)$$

где  $t$  – продолжительность рабочего дня.

Экспериментальными данными установлено, что одним из факторов, влияющим на  $\tau$  является также квалификация комбайнера, определяющая, в частности, стажем работы.

По экспериментальным данным построена зависимость изменения  $\tau$  от стажа работы комбайнера, рисунок 3.8.

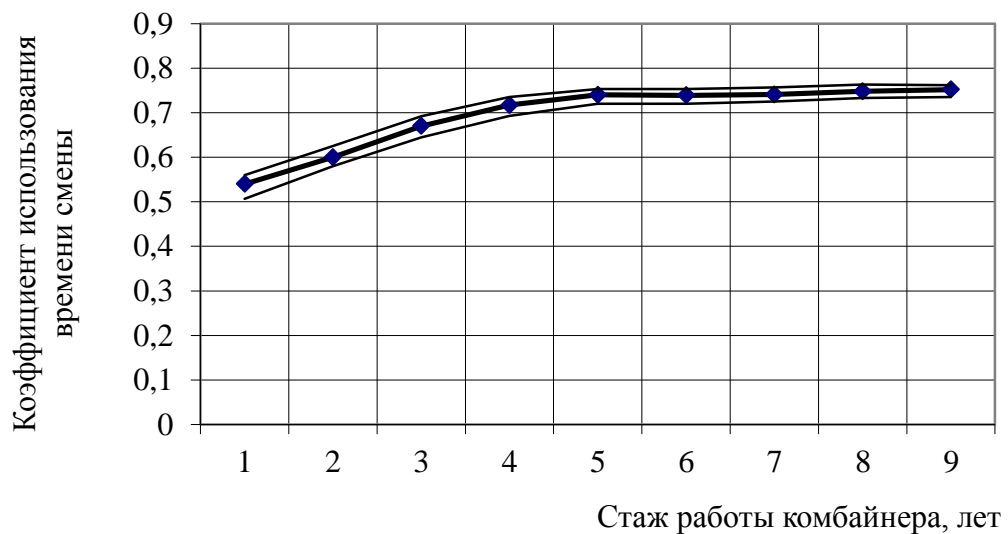


Рисунок 3.8 – Изменение коэффициента использования времени смены в зависимости от стажа работы комбайнера

Зависимость, показанная на рисунке 3.8, с ошибкой не более 3,5 % описываются уравнением:

$$\tau = \sqrt[8]{0,046Cm} - 0,144, \quad (3.3)$$

где  $Cm$  – стаж работы комбайнера.

Результаты показывают, что  $\tau$  при малом стаже работы существенно изменяется, а при большом стаже (более 5 лет) он возрастает не более чем на 5 % на один дополнительный год стажа работы.

Значительное влияние на  $\tau$  оказывает обеспеченность хозяйств обслуживающим персоналом. Для получения такой зависимости были использованы полученные статистические данные по обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом и данные сплошного хронометража. Обеспеченность хозяйств обслуживающим персоналом выбрана следующая: 25%, 50%, 75% и от нормативной потребности и полная.

На рисунке 3.9 представлена зависимость  $\tau$  от коэффициента обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом  $On$  ( $On = 0,1 \dots 1,0$ ;  $On \neq 0$ ).

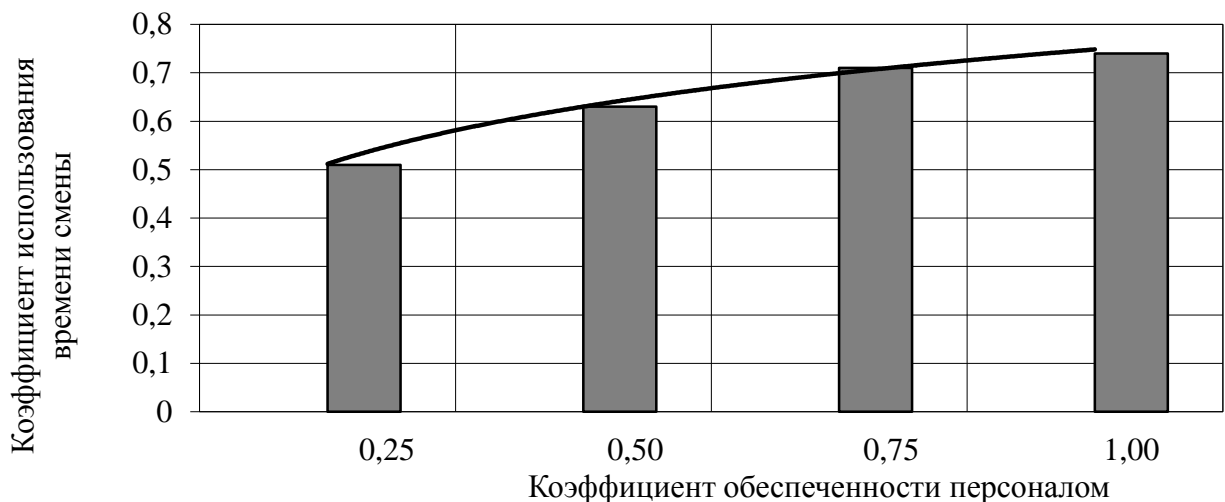


Рисунок 3.9 – Зависимость  $\tau$  от коэффициента обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом

Из рисунка 3.9 следует, что максимально эффективно используются комбайны при полной обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом.

Изменение коэффициента  $\tau$  от коэффициента обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом описывается зависимостью с достоверностью  $R^2 = 0,99$ :

$$\tau = 0,17 \ln O_n + 0,748. \quad (3.4)$$

Исследования использования зерноуборочных комбайнов проводились в хозяйствах с различной оснащённостью дилерских пунктов передвижными средствами технического обслуживания. Установлено, что  $\tau$  при изменении оснащённости дилерских пунктов передвижными средствами технического обслуживания не остается постоянным. Получены значения  $\tau$  комбайнов в зависимости от оснащённости дилерских пунктов передвижными средствами технического обслуживания: отсутствуют средства (это зафиксировано в ряде крестьянских (фермерских) хозяйств), оснащённость на 50% от нормативной потребности и полная. Результаты изменения  $\tau$  от коэффициента оснащённости дилерских пунктов передвижными средствами технического обслуживания  $O_{ТО}$  ( $O_{ТО} = 0 \dots 1,0$ ) представлены на рисунке 3.10.

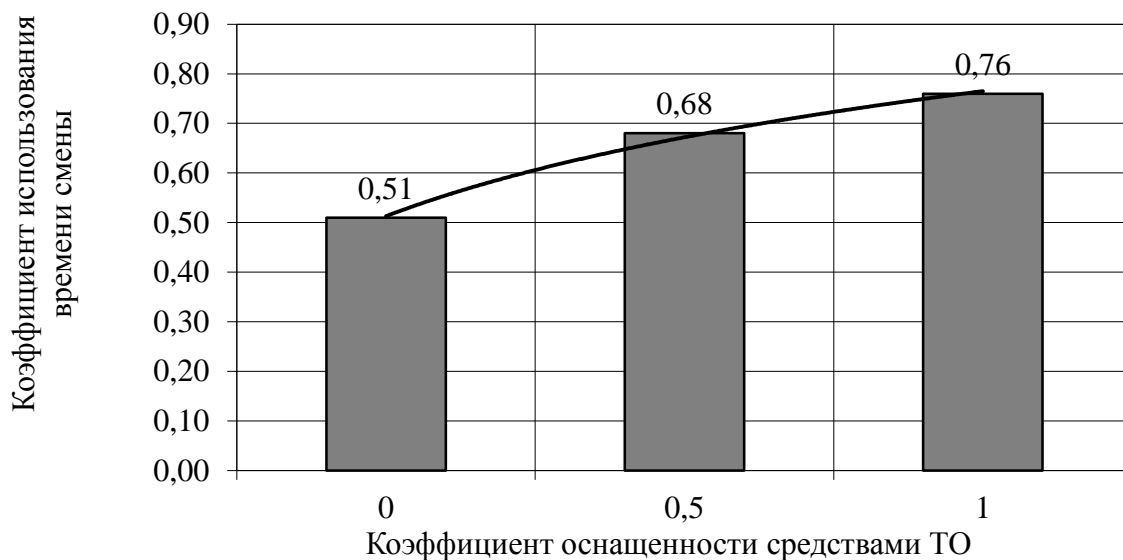


Рисунок 3.10 – Зависимость  $\tau$  от коэффициента оснащённости дилерских пунктов передвижными средствами технического обслуживания

Значения  $\tau$  изменяются при увеличении оснащённости дилерских пунктов передвижными средствами ТО: с 0,51 при отсутствии их в хозяйстве до 0,68 при оснащении передвижными средствами ТО на 50% , т.е.  $\tau$  увеличива-



ется на 33%; с 0,68 при оснащении хозяйства передвижными средствами ТО на 50% до 0,76 при необходимом количестве передвижных средств ТО, т.е. на 12%.

Представленная на рисунке 3.10 зависимость достаточно точно (достоверность  $R^2 = 0,99$ ) описывается формулой:

$$\tau = -0,18O_{TO}^2 + 0,43O_{TO} + 0,51. \quad (3.5)$$

Таким образом, полученные значения коэффициента использования времени смены в зависимости от различных факторов позволяют выполнить прогнозирование производительности зерноуборочных комбайнов за смену.

### **3. 3 Результаты оценки потерь, дробления и травмирования зерна рабочими органами зерноуборочных комбайнов**

Известно несколько методов оценки качества работы зерноуборочных комбайнов [11, 52, 197 и др.]. При этом качество работы оценивают по суммарным потерям зерна за комбайном, дроблению, травмированию и сорности бункерного зерна.

В реальных условиях использования зерноуборочных комбайнов применение существующих методов оценки качества работы затруднительно, в первую очередь, из-за высокой их трудоемкости. Кроме того, важным недостатком известных методов является их низкая эффективность при оценке качества работы зерноуборочных комбайнов с измельчителем.

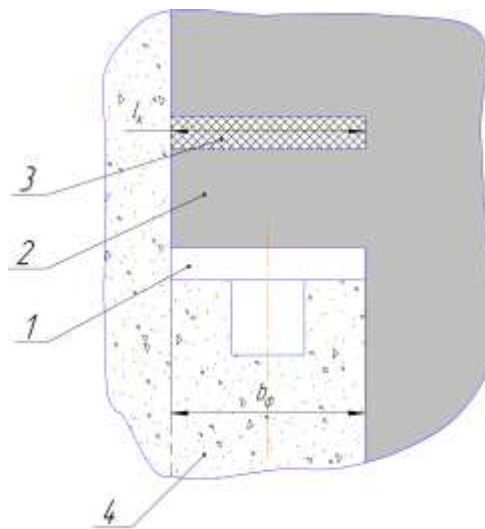
Оценку потерь зерна за зерноуборочными комбайнами выполняли по методике, разработанной на кафедре ЭМТП Волгоградского ГАУ [184]. Данная методика прошла успешную апробацию на Северокавказской МИС в 2016 г.

Суть этой методики состоит в следующем.

Подготавливаются специальные коврики из резины, длина которых  $l_k$ , близка к конструктивной ширине захвата хедера зерноуборочного комбайна, а ширина может изменяться от 0,5 м до 1,0 м.

До начала исследований на участке поля выполняется прокос (рис. 3.11), размеры которого равны размерам используемого коврика. Срезанные растения обмолачивают вручную. Определяют массу вымолоченного зерна  $Z_a$ .

На прокос укладывают коврик 3 перпендикулярно направлению движения зерноуборочного комбайна. Осуществляют проход комбайна 1 по необранному полю, обмолачивая зерновую культуру, и по стерне участка, на котором уложен коврик. При этом определяют фактическую ширину захвата хедера  $b_\phi$ . С коврика 3 собирают зерносоломистую массу, из которой выделяют зерно и взвешивают, определяя его массу  $m_2$ .



1 –комбайн; 2 – необработанный участок поля; 3 – коврик;  
4 – обработанный участок поля

Рисунок 3.11 – Схема эксперимента

При исследованиях учитывают различные варианты ширины захвата хедера  $b_\phi$ . Он может быть равным длине коврика  $l_k$ , меньше или больше.

В первом случае потери зерна  $Z_n$  равны массе зерна  $m_2$ , во втором случае  $Z_n > m_2$  и в третьем случае  $Z_n < m_2$ .

По полученным данным рассчитывают потери зерна:

$$\Pi = \frac{Z_n}{Z_a} 100\% , \quad (3.6)$$

где  $Z_n = m_2 l_k / b_\phi$  – масса зерна на коврике;

$Z_a$  – масса зерна с участка, убранного вручную.

Исследования потерь зерна выполнялись на одном поле ИП «Глава КФХ Березин Ю.И.» Михайловского района Волгоградской области при уборке озимой пшеницы, урожайность которой в момент эксперимента составляла 3,8 т/га. Перед проведением эксперимента определялись также соломистость и влажность зерна, которые соответственно равнялись 1:1,08 и 14%.

Зерноуборочные комбайны РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» были отрегулированы в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Подача предварительно рассчитывалась исходя из урожайности зерновой культуры, а формировалась за счет изменения рабочей скорости. Проходы комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» выполнялись последовательно. Повторность – пятикратная. Результаты экспериментов представлены в Приложении Г и на рисунке 3.12.

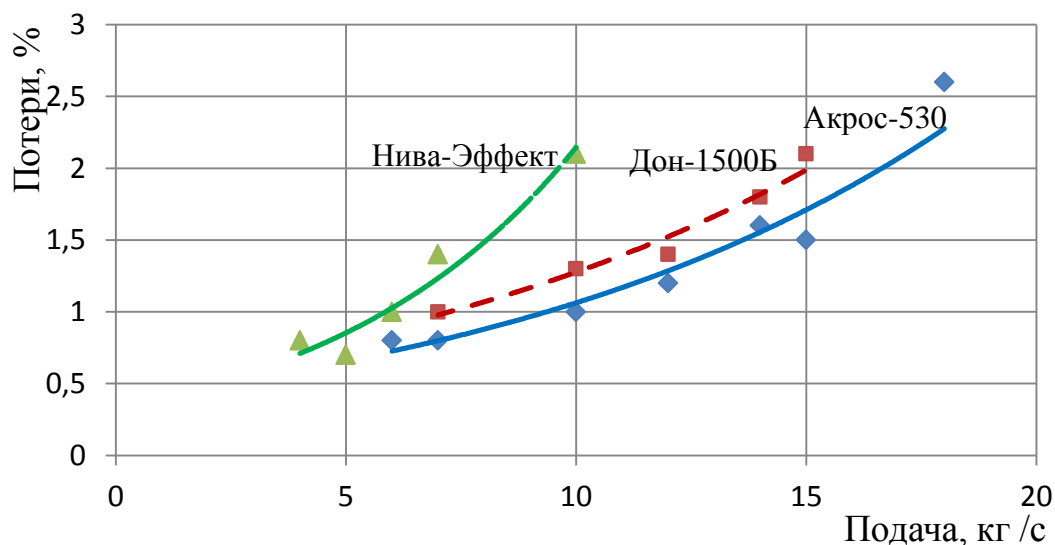


Рисунок 3.12 – Зависимости потерь зерна озимой пшеницы комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» от подачи

Результаты экспериментов подтвердили результаты исследований многих ученых – с увеличением подачи хлебной массы на обмолот потери зерна за молотилкой растут.

Полученные данные по потерям зерна  $P$  в % в зависимости от подачи  $q$  хлебной массы на обмолот в молотильную камеру с высокой точностью описываются следующими уравнениями:

для комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» с достоверностью  $R^2 = 0,98$ :

$$P = 0,489 e^{0,089q}, \quad (3.7)$$

для комбайна РСМ-142 «Акрос-530» с достоверностью  $R^2 = 0,99$ :

$$P = 0,356 e^{0,096q}, \quad (3.8)$$

для комбайна СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» с достоверностью  $R^2 = 0,96$ :

$$P = 0,288 e^{0,184q}, \quad (3.9)$$

где  $q$  - подача зерносоломистой массы на обмолот в молотильно-сепарирующее устройство зерноуборочного комбайна, кг/с.

Из данных, представленных на рисунке 3.12, 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, равного 1,5%, при подаче соответственно до 12, 13 и 8 кг/с. Допустимый уровень потерь зерна достигался при фактической подаче массы на обмолот в комбайны выше пропускной способности молотилки, указанной в технических характеристиках этих комбайнов (см. табл.1.2).

Потери зерна зерноуборочными комбайнами при оценке обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» рассчитывали соответственно по зависимостям (3.7), (3.8) и (3.9).

При оценке потерь зерна за зерноуборочными комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» проведены также исследования дробления зерна озимой пшеницы рабочими органами (рис. 3.13).

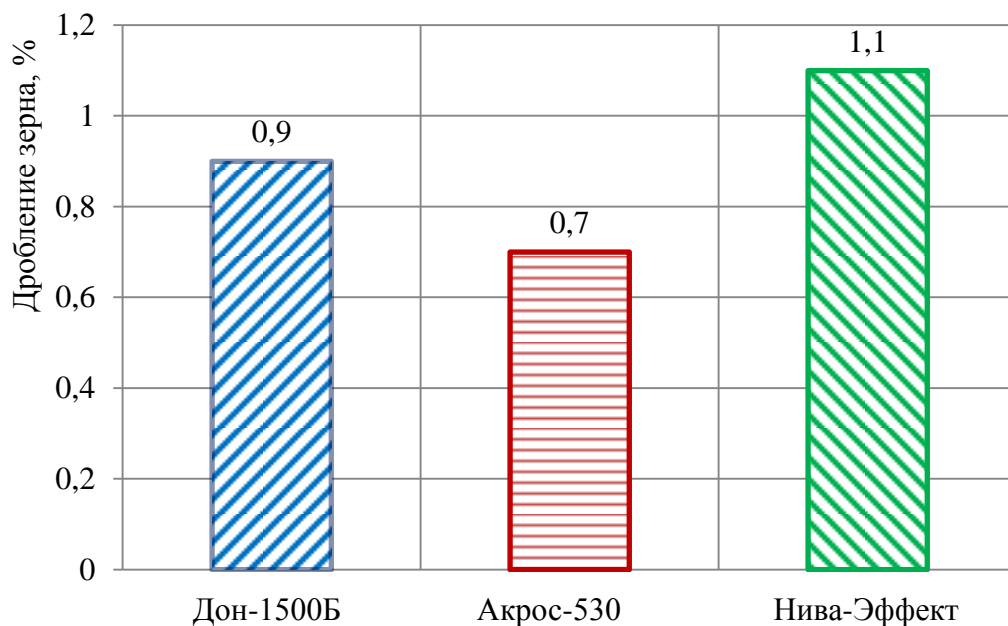


Рисунок 3.13 – Дробление зерна зерноуборочными комбайнами

Пробы зерна для оценки его дробления брались при подаче хлебной массы на обмолот, равной паспортному значению пропускной способности молотилки при допустимом уровне потерь зерна 1,5%, из 3 разных слоев зерна в зерновом бункере. Масса зерна в каждой навеске равнялась 50 г. Влажность зерна во всех случаях была 14%.

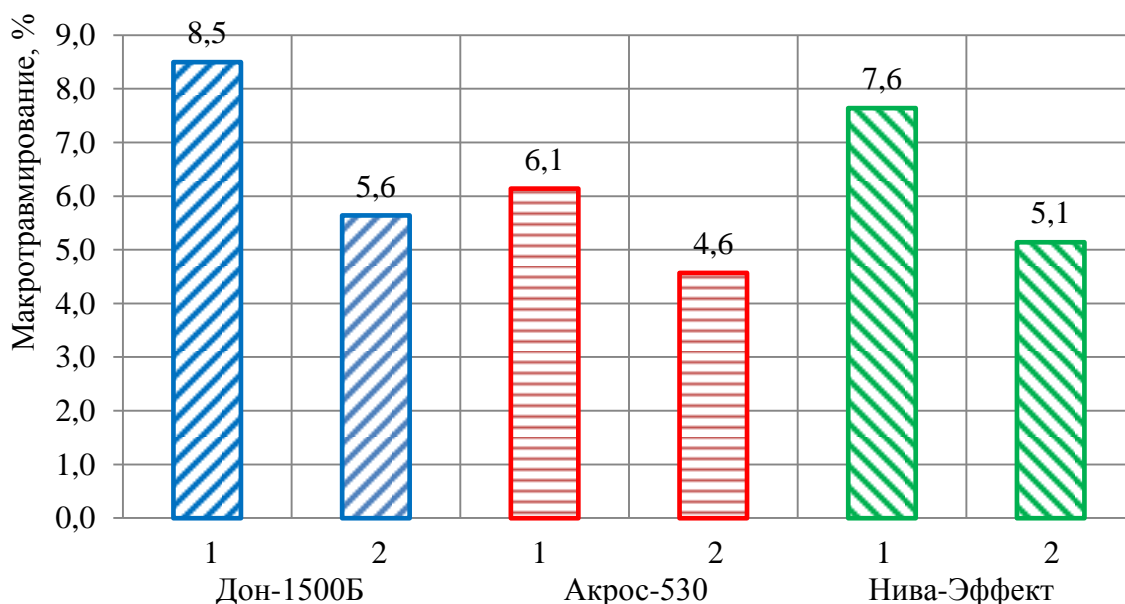
Экспериментальные данные, представленные в Приложении Д, показали, что дробление зерна всеми исследуемыми зерноуборочными комбайнами соответствует агротехническим требованиям на уборку для продовольственных целей (2%). Дробление зерна зерноуборочным комбайном СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» не соответствовало агротехническим требованиям на уборку зерновых культур на семена (1 %).

Более высокий уровень дробления зерна комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» по сравнению с РСМ-142 «Акрос-530» связан с большим износом рабочих органов молотильно-сепарирующего устройства данного комбайна.

Одним из важнейших факторов, влияющих на сохранность зерна и посевные качества семян, является их степень травмирования. В настоящей ра-

боте изучено макротравмирование семян: доля семян, имеющих макротравмы зародыша и эндосперма. Макротравмы определялись известным методом: зерно замачивалось в анилиновом красителе 1 % концентрации в течение 1 минуты, затем, используя лупу, каждое зерно рассматривалось и сортировалось по видам травм и определялась доля каждой травмы. Оценка травмирования проводилась одновременно с оценкой дробления зерна, т.е. при одинаковых условиях.

Результаты исследования макротравмирования семян озимой пшеницы представлены в Приложении Е и на рисунке 3.14.



1 – Макротравмы зародыша; 2 – Макротравмы эндосперма

Рисунок 3.14 – Макротравмирование зерна зерноуборочными комбайнами

Из данных, представленных на рисунке 3.14, следует, что в среднем 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.

Таким образом, доля дробленого и макротравмированного зерна пшеницы составляет за комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» - 15,0%, за РСМ-142 «Акрос-530» - 11,4% и за «Нива-Эффект» - 13,8%. Из этого следует, что на

уборке семенных посевов желательно использовать современный зерноуборочный комбайн РСМ-142 «Акрос-530».

### 3.4 Удельные затраты труда на уборке зерновых культур

Во втором разделе настоящей работы показано, что одним из частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин являются удельные затраты труда – отношение суммарных затрат труда при выполнении зерноуборочной машиной работ в течение уборочного сезона к убранной площади зерновых культур:

$$ЗТ = \frac{(Ч_k Т_{сез.} + Ч_{вр} Т_{сез.всп.})}{W}, \quad (3.10)$$

где  $Ч_k$  и  $Ч_{вр}$  – количество комбайнеров и вспомогательных рабочих, обслуживающих зерноуборочный комбайн, чел.;

$Т_{сез.}$  и  $Т_{сез.всп.}$  – соответственно продолжительность работы комбайнера на данной марке зерноуборочного комбайна и вспомогательных рабочих на обслуживании комбайна в течение уборочного сезона (или за смену), ч;

$W$  – средняя годовая наработка (или производительность за смену) одного зерноуборочного комбайна, га.

На каждом из всех наблюдаемых зерноуборочных комбайнов в типичных хозяйствах всех четырех групп Волгоградской области в период исследований работал только один комбайнером, без помощника. В течение смены все операции по подготовке зерноуборочного комбайна к работе, в том числе и ежесменное техническое обслуживание, выполнял только комбайнер. В этом случае при расчете затрат труда учитывается производительность зерноуборочных комбайнов за час сменного времени (см. рис. 3.6). Результаты расчета затрат труда при использовании зерноуборочных комбайнов в хозяйствах 4 групп представлены на рисунке 3.15.

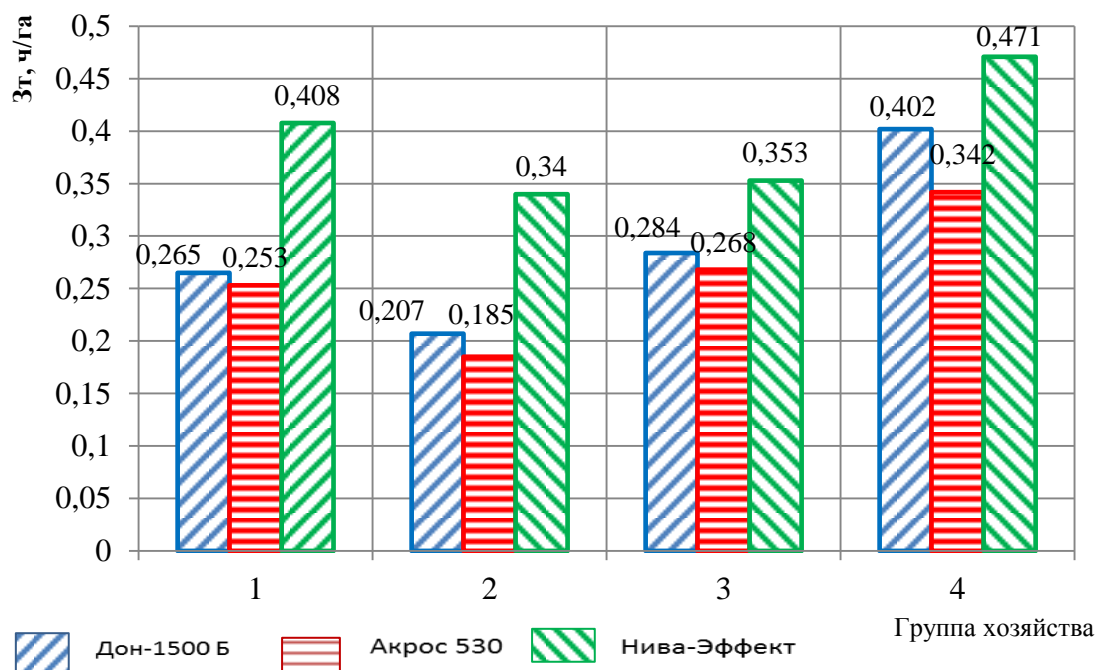


Рисунок 3.15– удельные затраты труда при использовании зерноуборочных комбайнов

Представленные на рисунке 3.15 результаты исследований показали, что минимальные затраты труда относятся к использованию зерноуборочных комбайнов РСМ-142 «Акрос-530» во всех четырех группах хозяйств. Использование комбайнов во второй группе хозяйств максимально эффективно по частному показателю – удельные затраты труда.

### 3.5 Эксплуатационный расход топлива зерноуборочными комбайнами

Одним из выбранных для оценки эффективности использования зерноуборочных комбайнов является эксплуатационный расход топлива.

Для оценки эксплуатационного расхода топлива зерноуборочными комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» в хозяйствах четырех групп использовалась учетная документация. По учетной документации определяли расход топлива каждым исследуемым зерноуборочным комбайном в литрах, которые затем переводили в килограммы.



По полученным статистическим данным определен расход дизельного топлива  $Q_{ga}$  в хозяйствах с различной средней годовой нагрузкой на один уборочный агрегат (рис. 3.16). Отметим также, что расход дизельного топлива  $Q_{ga}$  определялся с учетом расхода топлива при холостых переездах комбайнов, при техническом обслуживании и полевом ремонте, а также на остановках при работающем двигателе.

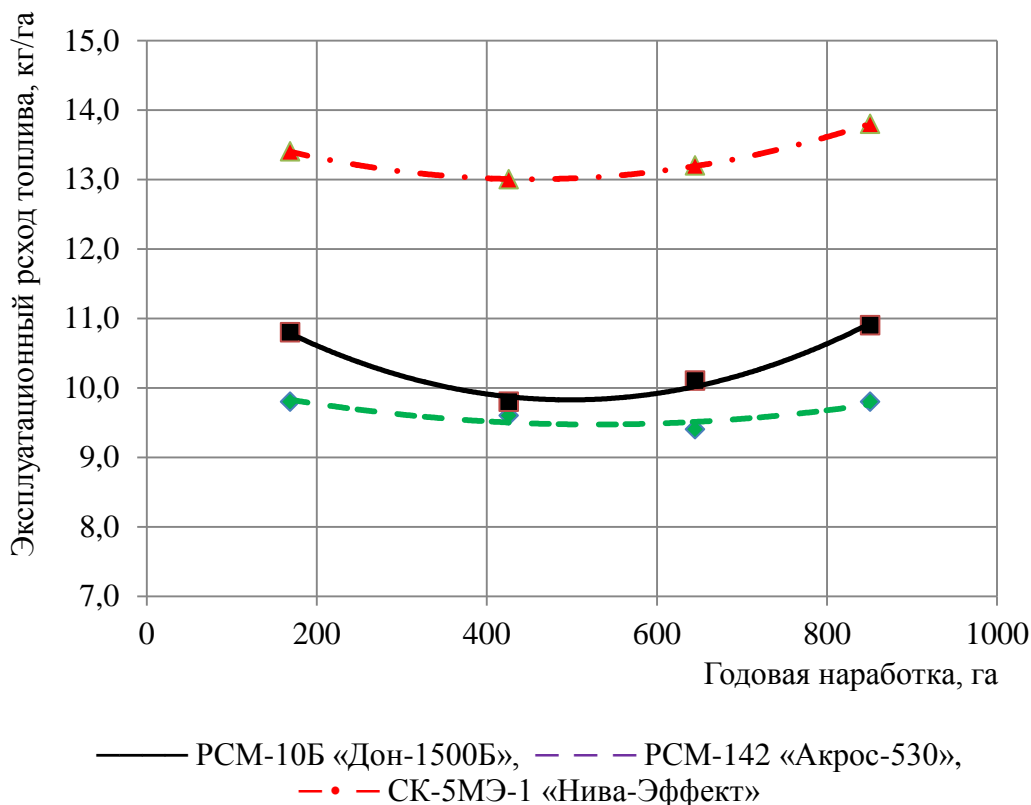


Рисунок 3.16 – Изменение эксплуатационного расхода топлива комбайнами в зависимости от годовой наработки

Представленные на рисунке 3.16 результаты показывают, что минимальный эксплуатационный расход топлива приходится на зерноуборочные комбайны, средняя годовая наработка которых в хозяйствах составляет 500 – 700 га.

Установлено, что эксплуатационный расход топлива данной марки зерноуборочного комбайна в зависимости от годовой наработки изменяется незначительно, до 10%.

Кроме того, установлено, что характер изменения эксплуатационного расхода топлива комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» в зависимости от годовой наработки одинаков. Эксплуатационный расход топлива комбайном СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» выше, чем у комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б» и РСМ-142 «Акрос-530». Это связано с меньшей годовой наработкой комбайнов данной марки.

Сплошной хронометраж работы зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б» позволил получить статистическую информацию по эксплуатационному расходу топлива комбайнами в зависимости от года их эксплуатации (рис. 3.17).

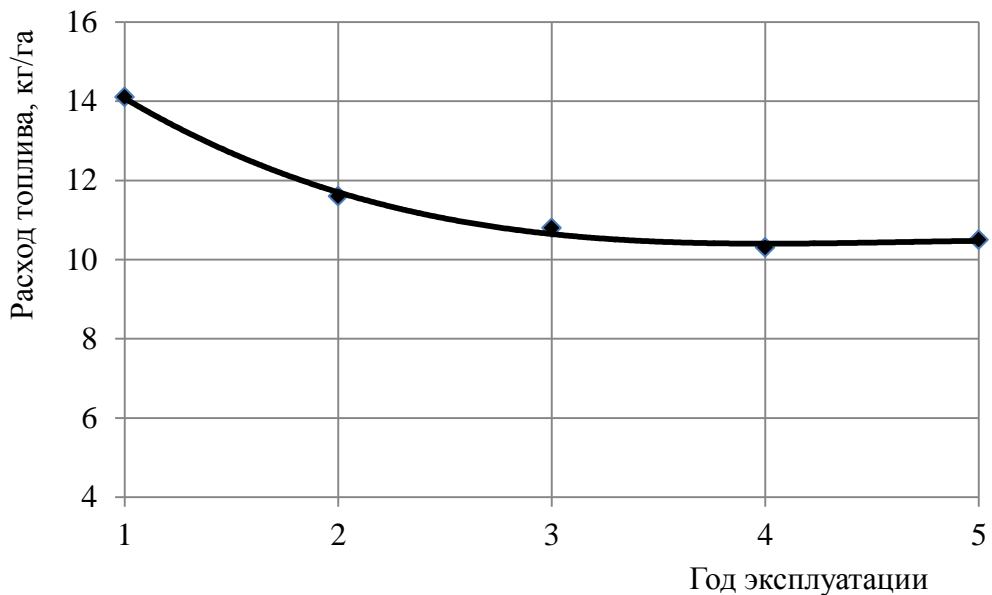


Рисунок 3.17 – Изменение эксплуатационного расхода топлива комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б» в зависимости от года их эксплуатации

Рассматривая зависимость изменения эксплуатационного расхода топлива комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б» в зависимости от года их эксплуатации, можно также отметить, что эксплуатационный расход топлива незначительно снижается только в первые три года, причем максимальный приходится на первый год эксплуатации. На наш взгляд, это связано с приработкой элементов топливной аппаратуры, как двигателя, так и рабочих органов комбайна.

### 3.6 Результаты оценки весомости частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов

Во втором разделе настоящей работы выбраны следующие частные показатели эффективности использования зерноуборочных комбайнов:

- 1) производительность зерноуборочной машины за час основного времени,  $W_0$ , га/ч;
- 2) удельные затраты труда,  $Zm$ , чел.·ч/га;
- 3) эксплуатационный расход топлива,  $Q_{ca}$ , кг/га;
- 4) прямые потери зерна,  $P$ , %;
- 5) дробление зерна,  $D$ , %;
- 6) макротравмирование зерна,  $Mm$ , %.

С целью оценки весомости данных частных показателей в обобщенном критерии эффективности использования зерноуборочных машин применена методика, представленная в разделе 2 настоящей работы.

Были определены значения коэффициентов относительной важности  $\varepsilon_i$  по формуле (2.5) с использованием данных экспертной оценки. При этом учитывались, ограничения (см. раздел 2).

По результатам опроса 12 экспертов в области уборки зерновых культур получены данные, необходимые для определения коэффициентов относительной важности частных показателей эффективности использования зерноуборочных машин. Эти данные представлены в Приложениях К1 и К2, а рассчитанные значения коэффициентов  $\varepsilon_{i(j)}$  – в таблице 3.5.

Затем определялась важность (весомость) частных показателей по коэффициентам их относительной важности  $\varepsilon_{i(j)}$ .

При определении нормированной частной функции эффективности предполагалось использовать условия достаточной общности, в соответствии с которыми нормированная функции эффективности для частного показателя, имеющего первый ранг в ранжированной последовательности, равна 1. В связи с этим, произведено приведение коэффициентов относительной важности к условию достаточной общности.

Расчетные значения коэффициентов весомости  $\alpha_{i(j)}$ , полученные по

формуле  $f_i(W_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-z^2/2} dz$ , в зависимости от ранга единичного показателя эффективности представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Значения коэффициентов  $\varepsilon_{i(j)}$  и  $\alpha_{i(j)}$  частных показателей

Частный показатель	$W_0$	$3m$	$Q_{за}$	$\Pi$	$D$	$Mm$
$\varepsilon_{i(j)}$	0,294	0,117	0,228	0,278	0,072	0,011
Ранг	1	4	3	2	5	6
$\alpha_{i(j)}$	0,91	0,67	0,77	0,85	0,56	0,44

Полученные значения коэффициентов важности  $\alpha_i$  частных показателей будут учтены при расчете обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин.

### 3.7 Результаты расчета обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов

Из теоретических предпосылок, представленных в разделе 2 настоящей работы, следует, что для расчета обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{эф.}^{исп}$  необходимо знать фактические и требуемые значения всех частных показателей эффективности, входящих в обобщенный критерий.

Фактические значения выбранных частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов, а именно, производительности зерноуборочной машины за час основного времени,  $W_0$ , га/ч; удельных затрат труда,  $3m$ , чел.·ч/га; эксплуатационного расхода топлива,  $Q_{за}$ , кг/га; прямых потерь зерна,  $\Pi$ ,%; дробления зерна,  $D$ , % и макротравмирования зерна,  $Mm$ ,%, выберем из результатов экспериментальных исследований, представленных в данном разделе настоящей работы.

Первый из исследуемых частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов – производительность зерноуборочной машины за час основного времени.

Фактические значения производительности зерноуборочной машины за час основного времени выбираем из статистических данных, представленных на рисунке 3.6, с учетом значений коэффициента использования времени смены.

Требуемое значение производительности зерноуборочных комбайнов за час основного времени определим исходя из лучших результатов, достигнутых при уборке зерновых культур всеми марками зерноуборочных комбайнов:  $W_0^{TP} = 5,42$  га/ч.

Требуемый уровень удельных затрат труда выбран из лучших, достигнутых при уборке зерновых культур:  $3m^{mp} = 0,185$  чел.·ч/га

Требуемый уровень эксплуатационного расхода топлива выбран по лучшим из достигнутых для данной марки комбайна: РСМ-10Б «Дон-1500Б»  $Q_{га}^{mp} = 10,1$  кг/га, РСМ-142 «Акрос-530»  $Q_{га}^{mp} = 9,4$  кг/га и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»  $Q_{га}^{mp} = 13,0$  кг/га. Это связано с существенным отличием мощности двигателей комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б» (173 кВт) и РСМ-142 «Акрос-530» (184 кВт) от СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» (106, 5 кВт).

Выше показано, что значения потерь зерна зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект», которые необходимо использовать при расчете обобщенного критерия эффективности использования комбайнов, рекомендуется рассчитывать по зависимостям (3.7), (3.8) и (3.9).

Расчеты показали, что потери зерна озимой пшеницы равны:

– 1,19 % за зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» при подаче, соответствующей паспортной пропускной способности молотилки, равной 10 кг/с;

– 1,04 % за зерноуборочным комбайном РСМ-142 «Акрос-530» при подаче, соответствующей паспортной пропускной способности молотилки, равной 9,7 кг/с;

– 0,79 % за зерноуборочным комбайном СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» при подаче, соответствующей паспортной пропускной способности молотилки, равной 5,5 кг/с.

Известно, что потери зерна во многом зависят от продолжительности уборки [197, 198 и др.]. Увеличение сроков уборки всего на один день по сравнению с оптимальными сроками, установленными агротехническими требованиями на уборку, потери зерна растут от 0,7% до 1,0%.

По статистическим данным, представленным в Приложении Л, и среднестатистической продолжительности работы комбайнов в течение суток (принято 14 ч) определена продолжительность уборки в хозяйствах четырех групп: соответственно 12, 11, 9 и 7 суток. Кроме того, учитывая распределение посевных площадей хозяйств по зерновым культурам, определили, что сроки уборки озимой пшеницы не превышают оптимальные.

Требуемое значение потерь зерна – минимальное, достигнутое при уборке озимой пшеницы зерноуборочными комбайнами исследуемых марок. По экспериментальным данным  $P^{mp} = 0,79\%$ .

Уровень дробления и макротравмирования зерна при уборке урожая зависит от множества факторов [9, 18, 35, 41, 67, 90, 101, 137, 142, 151, 153, 174, 196, 217, 219, 221, 234 и др.]. Например, интенсивность использования зерноуборочных комбайнов может влиять на уровень дробления и травмирования зерна, при прочих равных условиях, только в случае увеличения сроков уборки, в результате чего влажность зерна снижается, что отрицательно сказывается на уровне дробления и травмирования зерна. Однако прогнозировать изменение влажности зерна в процессе уборки весьма сложно, т.к. даже в течение одних суток влажность зерна, например, при уборке озимой пшеницы в Ленинградской области изменяется существенно: от 17,0 до

27,9%, а в Краснодарском крае колеблется в меньших пределах: от 11,0 до 15,7% [197].

Исследования эффективности использования зерноуборочных комбайнов нами проводились в условиях Волгоградской области. В данных условиях в настоящее время основным способом уборки зерновых культур, в том числе и озимой пшеницы, является прямое комбайнирование. Прямое комбайнирование озимой пшеницы рекомендуется начинать в момент достижения зерном фазы твердой спелости (влажность зерна менее 17%) и, если допустить, что погодные условия не изменялись в течение уборки зерновых культур, то влажность зерна за оптимальные сроки уборки в третьей и четвертой группах хозяйств снизятся до 13 – 12 %, а в первой и второй группах хозяйств за период, превышающий оптимальный срок уборки соответственно на два и один день, влажность зерна озимой пшеницы снизится до 14 – 15 %. При таком снижении влажности зерна изменением дробления и макротравмирования зерна можно пренебречь.

Требуемый уровень дробления и макротравмирования зерна выбрали из лучших значений, достигнутых серийными зерноуборочными комбайнами:  $D^{TP} = 0,7\%$ ,  $Mm^{TP} = 10,7\%$ .

Зная фактические и требуемые значения частных показателей использования зерноуборочных комбайнов, а также коэффициенты важности  $\alpha_{i(j)}$ , представленных в таблице 3.5, по зависимостям (2.8) рассчитаны коэффициенты  $K_{W_0}$ ,  $K_{Зт}$ ,  $K_{Qга}$ ,  $K_{П}$ ,  $K_{Д}$  и  $K_{Мт}$ .

Затем по зависимости (2.14) рассчитаны значения обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{эф.}^{исп.}$  и по выражению (2.15) – значения относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{эф.отн.}^{исп.}$ .

Принятые фактические и требуемые значения частных показателей использования зерноуборочных комбайнов и расчетные значения обобщенного и относительного обобщенного критериев эффективности использова-

ния в зависимости от группы хозяйства представлены соответственно в таблицах 3.6, 3.7 и 3.8.

Таблица 3.6– Значения частных и требуемых показателей и обобщенного критерия эффективности использования комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б»

Показатель	Группа хозяйства			
	1	2	3	4
$W_0$ , га/ч	3,77	4,84	3,52	2,66
$W_0^{mp}$ , га/ч	5,42			
$K_{W_0}$	0,633	0,813	0,591	0,447
$Zm$ , чел.·ч/га	0,265	0,207	0,284	0,402
$Zm^{mp}$ , чел.·ч/га	0,185			
$K_{Zm}$	0,960	0,750	1,029	1,456
$Q_{за}$ , кг/га	10,8	9,8	10,1	10,9
$Q_{за}^{mp}$ , кг/га	9,8			
$K_{Q_{за}}$	0,849	0,770	0,794	0,856
$\Pi$ , %	1,19	1,19	1,19	1,19
$\Pi^{mp}$ , %	0,79			
$K_{\Pi}$	1,280	1,280	1,280	1,280
$D$ , %	0,9	0,9	0,9	0,9
$D^{mp}$ , %	0,7			
$K_D$	0,720	0,720	0,720	0,720
$Mm$ , %	14,1	14,1	14,1	14,1
$Mm^{mp}$ , %	10,7			
$K_{Mm}$	0,580	0,580	0,580	0,580
$K_{\text{эф.}}^{\text{исп.}}$	1,454	2,634	1,355	0,670
$K_{\text{эф.отн.}}^{\text{исп.}}$	0,173	0,313	0,161	0,080



Таблица 3.7– Значения частных и требуемых показателей и обобщенного критерия эффективности использования комбайнов РСМ-142 «Акрос-530»

Показатель	Группа хозяйства			
	1	2	3	4
$W_0$ , га/ч	3,96	5,42	3,73	3,26
$W_0^{mp}$ , га/ч	5,42			
$K_{W_0}$	0,665	0,910	0,626	0,547
$Zm$ , чел.·ч/га	0,253	0,185	0,268	0,342
$Zm^{mp}$ , чел.·ч/га	0,185			
$K_{Zm}$	0,916	0,670	0,971	1,239
$Q_{ca}$ , кг/га	9,8	9,6	9,4	9,8
$Q_{ca}^{mp}$ , кг/га	9,4			
$K_{Q_{ca}}$	0,803	0,786	0,770	0,803
$P$ , %	0,9	0,9	0,9	0,9
$P^{mp}$ , %	0,79			
$K_P$	0,968	0,968	0,968	0,968
$D$ , %	0,7	0,7	0,7	0,7
$D^{mp}$ , %	0,7			
$K_D$	0,56	0,56	0,56	0,56
$Mm$ , %	10,7	10,7	10,7	10,7
$Mm^{mp}$ , %	10,7			
$K_{Mm}$	0,440	0,440	0,440	0,440
$K_{эф.}^{исп.}$	3,788	7,239	3,512	2,307
$K_{эф.отн.}^{исп.}$	0,450	0,859	0,417	0,274

Таблица 3.8 – Значения частных и требуемых показателей и обобщенного критерия эффективности использования комбайнов СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»

Показатель	Группа хозяйства			
	1	2	3	4
$W_0$ , га/ч	2,45	2,94	2,83	2,75
$W_0^{mp}$ , га/ч	5,42			
$K_{W_0}$	0,411	0,494	0,475	0,462
$Zm$ , чел.·ч/га	0,408	0,34	0,353	0,471
$Zm^{mp}$ , чел.·ч/га	0,185			
$K_{Zm}$	1,478	1,231	1,278	1,706
$Q_{za}$ , кг/га	13,4	13	13,2	13,8
$Q_{za}^{mp}$ , кг/га	13,0			
$K_{Q_{za}}$	0,794	0,770	0,782	0,817
$\Pi$ , %	0,79	0,79	0,79	0,79
$\Pi^{mp}$ , %	0,79			
$K_{\Pi}$	0,850	0,850	0,850	0,850
$D$ , %	1,1	1,1	1,1	1,1
$D^{mp}$ , %	0,7			
$K_D$	0,880	0,880	0,880	0,880
$Mm$ , %	12,7	12,7	12,7	12,7
$Mm^{mp}$ , %	10,7			
$K_{Mm}$	0,522	0,522	0,522	0,522
$K_{\text{эф.}}^{\text{исп.}}$	0,898	1,333	1,217	0,848
$K_{\text{эф.отн.}}^{\text{исп.}}$	0,107	0,158	0,144	0,101

При расчете относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин учитывали, что для идеального (желаемого, требуемого) случая для всех частных показателей эффективности

$\frac{W_i}{W_i^{тр}} = 1$ . Затем по зависимости (2.9) рассчитали значение  $\phi(W)$ , которое соответствует значению обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных машин для идеального (желаемого, требуемого) случая  $K_{эф.тр.}^{исп.} = 8,422$ .

По данным таблиц 3.6 – 3.8 построены графики изменения обобщенного (рис. 3.18) и относительного (рис. 3.19) обобщенного критериев эффективности использования зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» в зависимости от группы хозяйства.

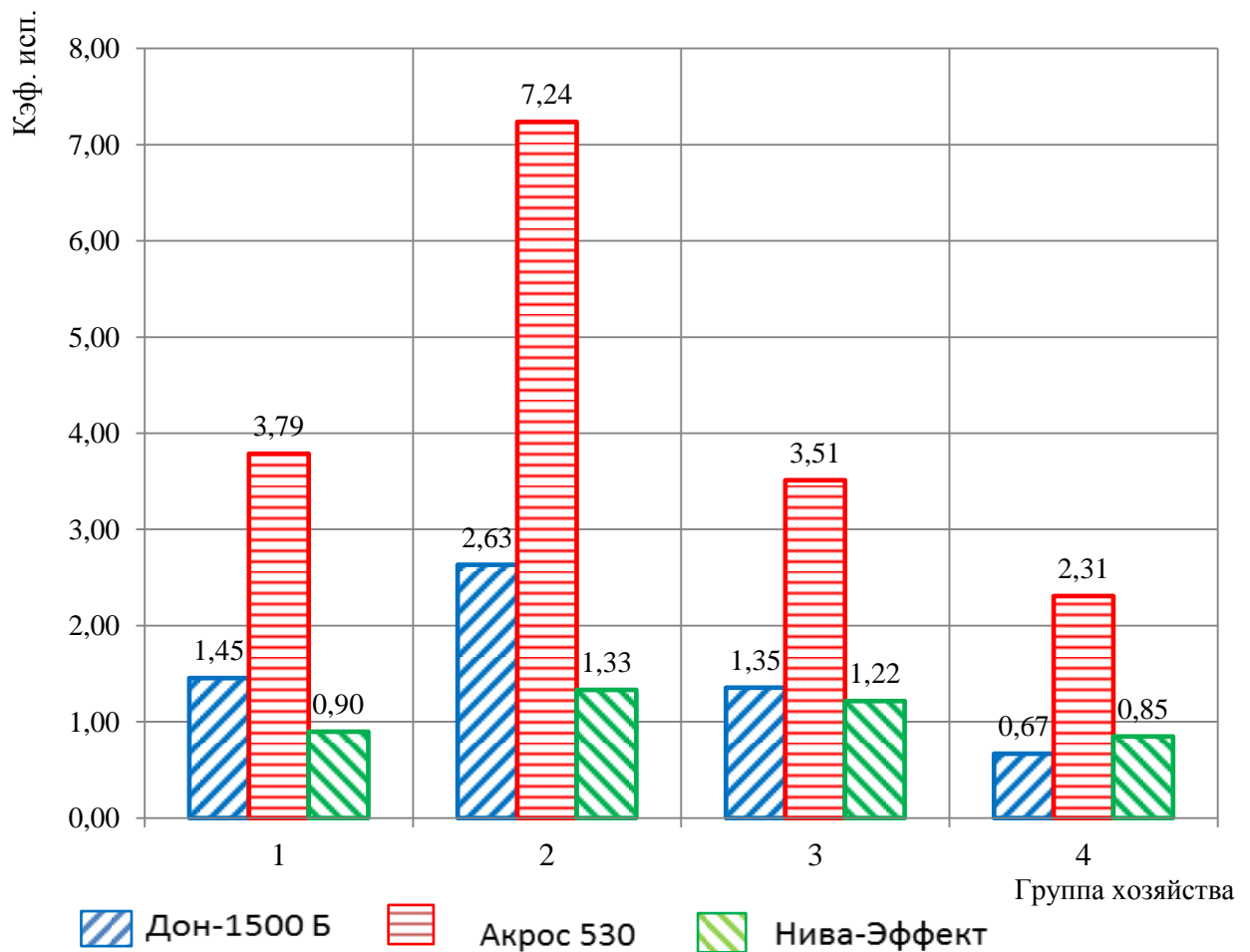


Рисунок 3.18 – Изменение обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов

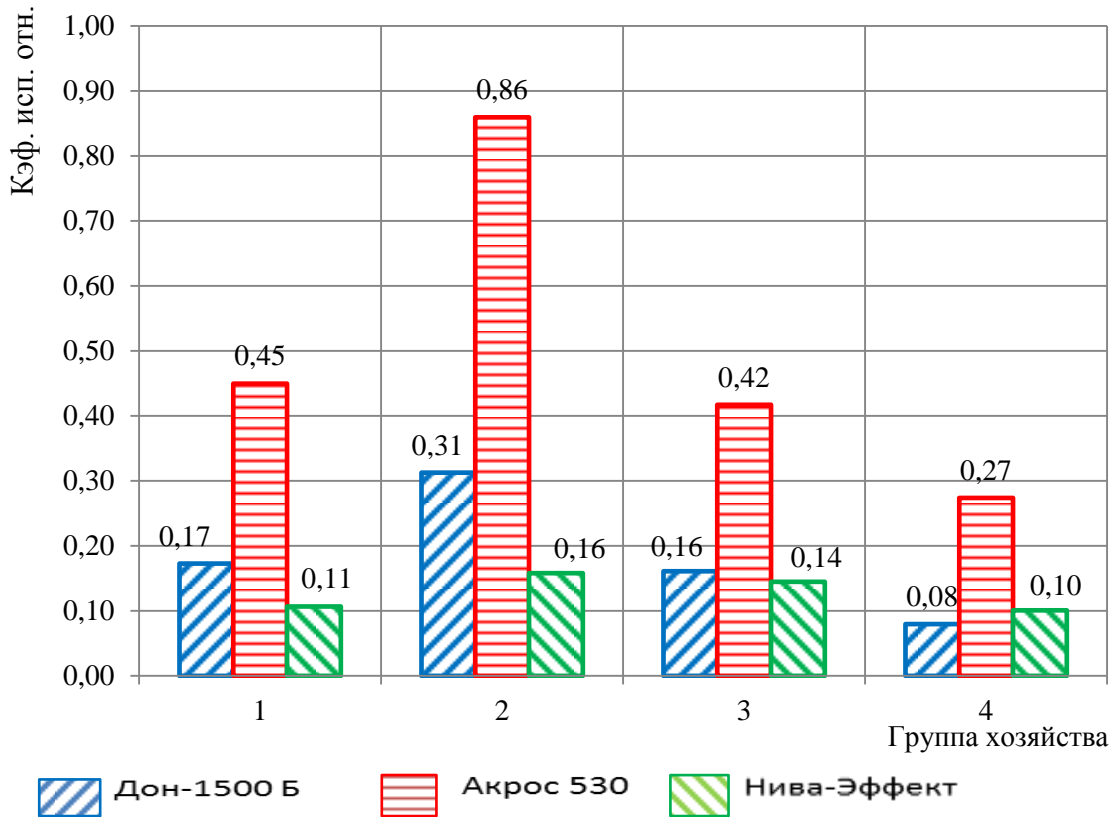


Рисунок 3.19 – Изменение относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов

Результаты, представленные на рисунках 3.18 и 3.19, 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 3.19, построены зависимость изменения относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» от их годовой наработки (рис. 3.20).

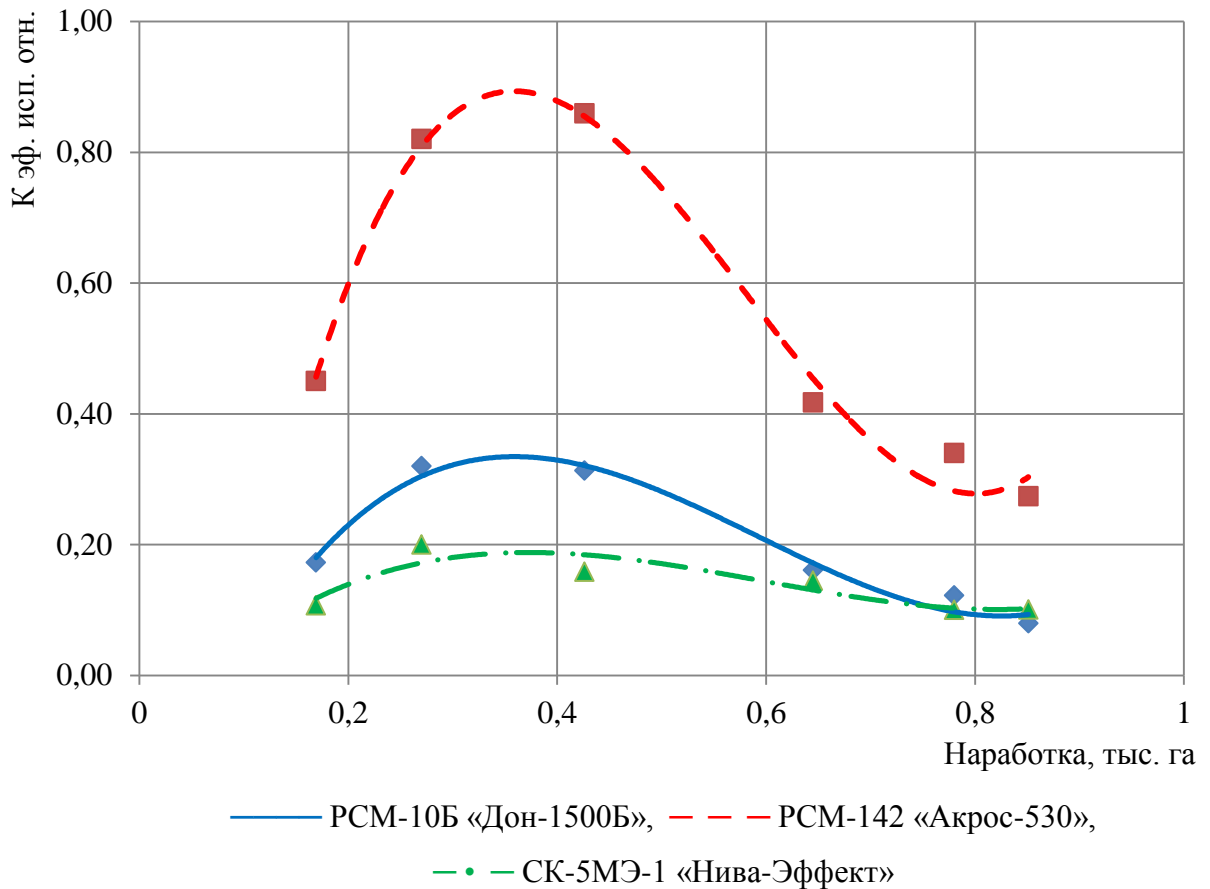


Рисунок 3.20 – Изменение относительного обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов от годовой наработки

Зависимости, представленные на рисунке 3.20, с величиной достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,98; 0,97$  и  $0,77$  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»

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 4,81 S_{\Gamma}^3 - 8,55 S_{\Gamma}^2 + 4,28 S_{\Gamma} - 0,32, \quad (3.11)$$

для зерноуборочного комбайна РСМ-142 «Акрос-530»

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 14,23 S_{\Gamma}^3 - 24,75 S_{\Gamma}^2 + 12,26 S_{\Gamma} - 0,98, \quad (3.12)$$

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

$$K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 1,93 S_{\Gamma}^3 - 3,46 S_{\Gamma}^2 + 1,77 S_{\Gamma} - 0,09, \quad (3.13)$$

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

После дифференцирования зависимостей (3.11), (3.12) и (3.13) по годовой наработке  $S_g$ , 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  $S_g$ , равной 360 - 370 га.

### 3.8 Выводы по разделу 3

1. По экспериментальным данным определена наработка за час сменного времени зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» в четырех группах хозяйств Волгоградской области.

Установлено:

- 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».

2. Дано распределение затрат времени смены зерноуборочными комбайнами в четырех группах хозяйств. Установлено, что коэффициент использования времени смены  $\tau$  изменяется от 0,682 в четвертой группе хозяйств до 0,708 во второй. При этом следует отметить, что время смены во всех хозяйствах используется недостаточно эффективно.

Кроме того, определены зависимости изменения коэффициента использования времени смены от: продолжительности рабочего дня, стажа работы комбайнера, обеспеченности хозяйств обслуживающим персоналом, оснащенности дилерских пунктов подвижными средствами технического обслуживания.

3. По экспериментальным данным установлены математические зависимости потерь зерна озимой пшеницы зерноуборочными комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» от подачи хлебной массы на обмолот. Определено, 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, равного 1,5%, при подаче соответственно до 12, 13 и 8 кг/с. Допустимый уровень потерь зерна достигался при фактической подаче массы на обмолот в комбайны выше пропускной способности молотилки, указанной в технических характеристиках этих комбайнов.

4. Дана оценка дробления зерна зерноуборочными комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект». Дробление составило соответственно 0,9 %, 0,7 % и 1,1 %.

5. Определено макро- и микротравмирование зерна зерноуборочными комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»: в среднем 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.

6. Рассчитаны затраты труда при использовании зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» в хозяйствах четырех групп. Установлено, что минимальные затраты труда относятся к использованию зерноуборочных комбайнов РСМ-142 «Акрос-530» во всех четырех группах хозяйств, а максимальные – комбайнов СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект».

7. Определен эксплуатационный расход топлива зерноуборочными комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» в хозяйствах четырех групп. Установлено, что характер изменения эксплуатационного расхода топлива всеми исследуемыми марками

комбайнов в зависимости от годовой наработки одинаков, причем, эксплуатационные расходы топлива комбайнами РСМ-10Б «Дон-1500Б» и РСМ-142 «Акрос-530» близки во всех группах хозяйств. Эксплуатационный расход топлива комбайном СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» выше, чем у комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б» и РСМ-142 «Акрос-530».

8. По результатам экспертной оценки определены коэффициенты относительной важности всех рассматриваемых частных показателей эффективности использования зерноуборочных комбайнов. Наиболее важными являются: производительность зерноуборочного комбайна за час основного времени, прямые потери зерна и эксплуатационный расход топлива.

При расчете обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов учитывались экспериментальные значения частных показателей и лучшие из достигнутых при уборке зерновых культур, которые приняты за требуемые значения: производительность за час основного времени  $W_0^{TP} = 5,42$  га/ч; удельные затраты труда  $Zm^{mp} = 0,185$  чел.ч/га; эксплуатационный расход топлива для: РСМ-10Б «Дон-1500Б»  $Q_{га}^{mp} = 10,1$  кг/га, РСМ-142 «Акрос-530»  $Q_{га}^{mp} = 9,4$  кг/га и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»  $Q_{га}^{mp} = 13,0$  кг/га; потери зерна  $P^{mp} = 0,79\%$ ; дробление  $D^{TP} = 0,7\%$  и макротравмирование зерна  $Mm^{TP} = 10,7\%$ .

9. Результаты расчета обобщенного критерия эффективности использования зерноуборочных комбайнов  $K_{\text{эф.}}^{ИСП}$ , 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» ( $K_{\text{эф.}}^{ИСП} = 7,24$ ) в хозяйствах второй группы.

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



$$\text{РСМ-10Б «Дон-1500Б» } K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 4,81 S_{\Gamma}^3 - 8,55 S_{\Gamma}^2 + 4,28 S_{\Gamma} - 0,32;$$

$$\text{РСМ-142 «Акрос-530» } K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 14,23 S_{\Gamma}^3 - 24,75 S_{\Gamma}^2 + 12,26 S_{\Gamma} - 0,98;$$

$$\text{СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект» } K_{\text{ЭФ.ОТН.}}^{\text{ИСП}} = 1,93 S_{\Gamma}^3 - 3,46 S_{\Gamma}^2 + 1,77 S_{\Gamma} - 0,09.$$

Относительный обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочный комбайнов в условиях Волгоградской области будет максимальным при годовой наработке  $S_{\Gamma}$ , равной 360 - 370 га.

## 4 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УБОРКИ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

### 4.1 Усовершенствованная конструкция молотильно-сепарирующего устройства зерноуборочного комбайна классической схемы

Известно, что при уборке зерновых культур зерноуборочными комбайнами потери зерна не должны превышать уровня, определенного агротехническими требованиями. Однако, как показали экспериментальные исследования, при потерях зерна озимой пшеницы за молотилкой зерноуборочного комбайна «Дон-1500», равных 1,4%, недомолот в соломе и полове составил 14,9% от суммарных потерь зерна [283].

С целью снижения недомолота в соломе и полове предложено молотильно-сепарирующее устройство (патент РФ №2181237) [178], рисунок 4.1.

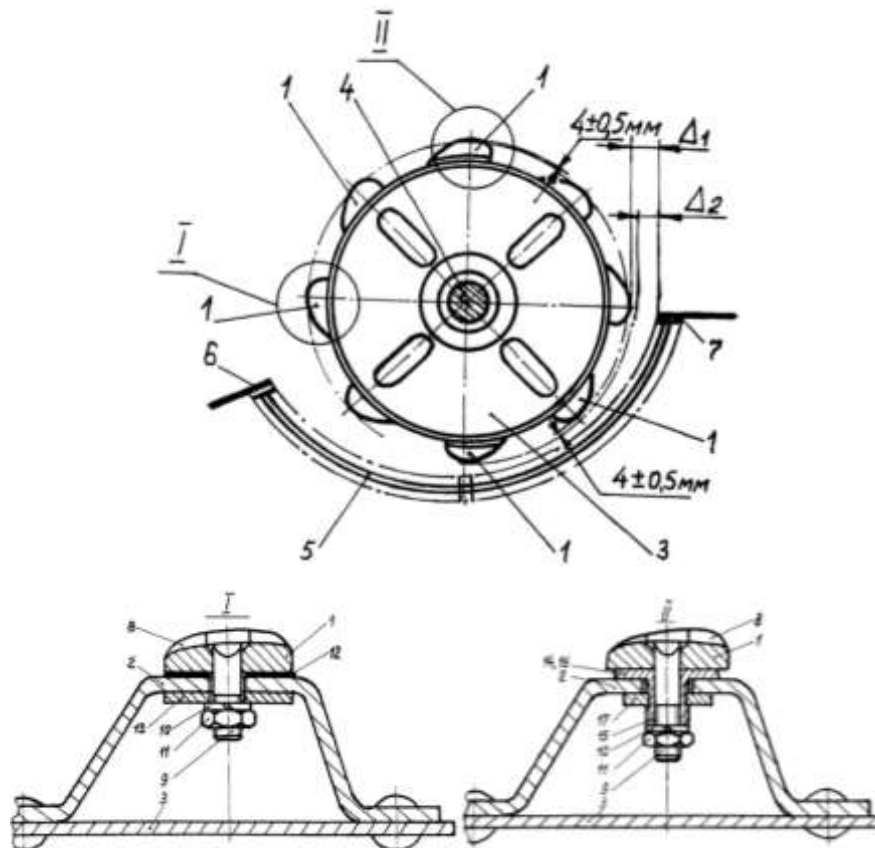


Рисунок 4.1 – Молотильно-сепарирующее устройство  
по патенту РФ №2181237

Молотильно-сепарирующее устройство, схема которого показана на рисунке 4.1, включает бичи 1, смонтированные на подбичниках 2, барабан 3, установленный на валу 4, прутково-планчатую деку 5. Молотильные зазоры на входе в молотильное пространство (между планкой 6 и бичами) и на выходе (между планкой 7 и бичами) регулируются с помощью специального механизма 14 в виде резьбовой втулки 15 в подбичнике с фланцем 16. На бичах выполнены рифы 8 с правым и левым наклоном к оси бича. Все бичи соединены с соответствующими подбичниками болтами 9, шайбами 10 и гайками 11. Между бичами и подбичниками установлены регулировочные прокладки 12, а между подбичниками и шайбами – планки 13.

Резьбовая втулка фиксируется на подбичнике фасонной гайкой 17.

Работает предлагаемое молотильно-сепарирующее устройство аналогично серийному.

Исследования зерноуборочного комбайна «Дон-1500», оборудованного молотильно-сепарирующим устройством, изготовленным по патенту РФ №2181237 [178], на уборке озимой пшеницы показали, что применение такого зерноуборочного комбайна, позволяет снизить потери зерна до уровня 1,3% за счет сокращения потерь недомолотом в соломе и полове соответственно на 1,9% и 1,1%. Однако при этом чистота бункерного зерна снижается с 95,8% до 94,9% и дробление зерна увеличивается с 2,4% до 2,8%.

Таким образом, выполненные до настоящего времени усовершенствования конструкции молотильно-сепарирующего устройства классической схемы не приводят к существенному снижению дробления и травмирования зерна. В связи с этим, возникла необходимость усовершенствование конструкции зерноуборочного комбайна, которая обеспечивала бы одновременно минимальные потери зерна недомолотом в соломе и полове и существенное снижение, по сравнению с серийным комбайном, дробления и травмирования зерна.

Считаем, что наряду с применением усовершенствованной конструкции молотильно-сепарирующего устройства следует использовать в кон-

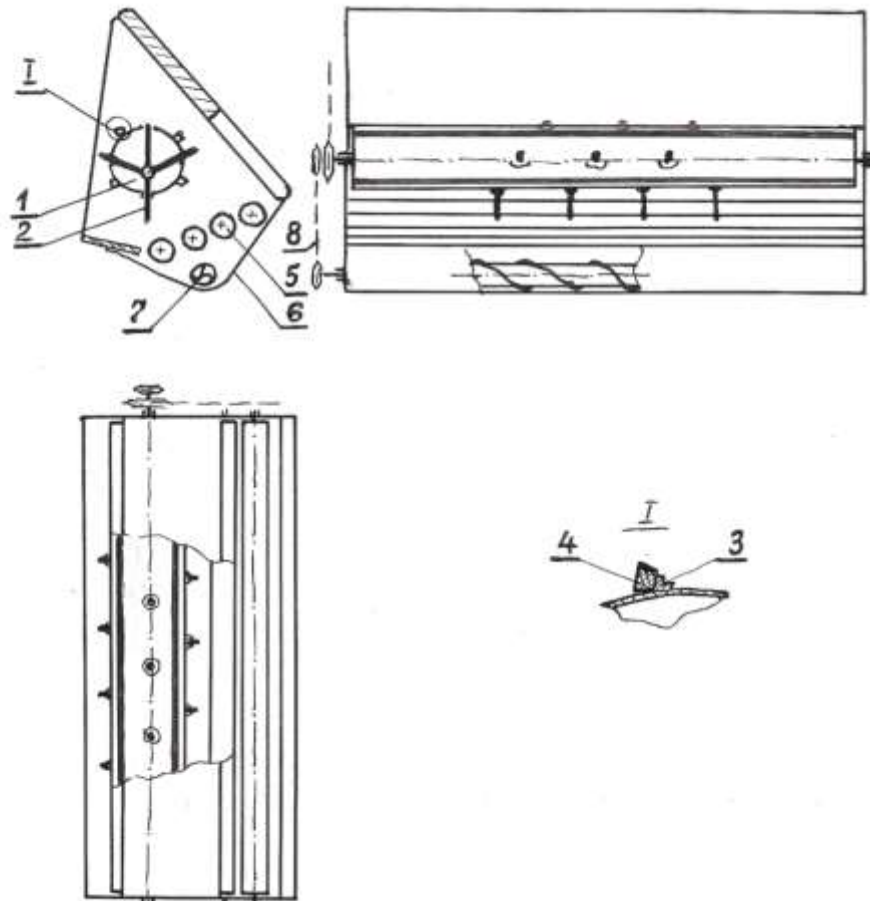
струкции зерноуборочного комбайна устройство предварительного обмолота зерносоломистой массы. Такое сочетание позволит на первом этапе обмолота зерновой культуры выделять минимально дробленое и минимально травмированное зерно и собирать его в отдельный бункер зерноуборочного комбайна для дальнейшего использования в качестве семян, а на втором этапе осуществлять вымолот из колосьев оставшегося зерна молотильно-сепарирующим устройством усовершенствованной конструкции [178] и сбор его в основной бункер зерноуборочного комбайна для продовольственных и фуражных целей.

#### **4.2 Конструкция устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного в проставке зерноуборочного комбайна**

Одно из основных требований к зерноуборочным машинам – снижение дробления и травмирования зерна при обмолоте зерновых культур. Выполнение данного требования особенно важно при уборке зерновых культур на семена. Это связано, прежде всего, с тем, что семена с минимальной долей травмирования зародыша и эндосперма имеют высокую полевую всхожесть [233], лучше хранятся.

Для снижения дробления и травмирования зерна во время уборки используют различные устройства и приспособления к зерноуборочным машинам. Так, в Волгоградском государственном аграрном университете разработаны, испытаны и внедрены в ряде хозяйств Волгоградской области несколько таких устройств [180, 181, 187, 236, 239]. Данные устройства позволяют выделять из общей массы минимально травмированные зерна и собирать их в отдельный бункер. Например, применяемое при рядовой уборке зерновых колосовых культур устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы [181] является модернизированной проставкой зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» со вспомогательными механизмами.

Модернизированная проставка содержит битер 1 (рис. 4.2) с серийным пальчиковым механизмом 2. К битеру 1 приварены планки 3, которые предназначены для крепления ремней 4. Под битером 1 смонтированы ролики 5, а под ними, в кожухе 6, расположен зерновой шнек 7.



1- битер проставки, 2- пальчиковый механизм, 3 – планки, 4 – ремни,  
5 - ролики, 6 – кожух, 7 - зерновой шнек, 8 - цепная передача

Рисунок 4.2 - Схема модернизированной проставки

Элементы проставки изображены на фотографиях, представленных на рисунках 4.3 – 4.6.



Рисунок 4.3 - Шнек для транспортировки вымолоченного зерна



Рисунок 4.4 - Место установки транспортирующих роликов и шнека



Рисунок 4.5 - Элементы усовершенствованной конструкции проставки



Рисунок 4.6 - Комплект транспортирующих роликов, установленных в корпусе проставки

Устройство работает следующим образом. Растения, срезанные жаткой, подаются в устройство, в котором они перемещаются между битером 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.

#### **4.3 Теоретические основы оценки вымолота и дробления зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зернослоистой массы**

На качественный результат уборки зерновых колосовых культур влияют различные факторы, например, устройство комбайна [19, 20, 213, 236 и др.], качество его технического обслуживания [211], методы и организация уборки [75, 81, 209] и многие другие обстоятельства. Качество работы зерноуборочных комбайнов можно оценить различными показателями, одним из которых служит дробление зерна.

Дробление зерна в зерноуборочных комбайнах, в том числе и в РСМ-10Б «Дон-1500Б», может происходить на всех этапах перемещения зерна начиная от рабочих органов режущего аппарата и мотовила до выгрузного шнека.

Суммарное дробление зерна рабочими органами можно представить в виде:

$$D = \sum_{i=1}^n D_i, \quad (4.1)$$

где  $D_i$  – дробление зерна  $i$ -м рабочим органом комбайна, %;

$i = 1 \dots n$  – номер рабочего органа.

При оборудовании комбайна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы выражение для оценки дробления зерна можно представить в виде:

$$D' = \sum_{j=1}^l D_j + \sum_{k=1}^m D_k + D_{у.п.о.}, \quad (4.2)$$

где  $j$  – номер рабочего органа комбайна, установленного до устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы ( $j = 1 \dots l$ );

$k$  – номер рабочего органа комбайна, установленного за устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы ( $k = l + 1 \dots m$ );

$D_{у.п.о.}$  – дробление зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, %.

Причем,  $n = l + m$ .

Результаты оценки дробления зерна при использовании зерноуборочного комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы и с применением серийного зерноуборочного комбайна будут выражаться разностью:

$$\Delta D = D - D' = \sum_{i=1}^n D_i - \left( \sum_{j=1}^l D_j + \sum_{k=1}^m D_k + D_{у.п.о.} \right). \quad (4.3)$$

Дробление зерна в отдельном бункере зерноуборочного комбайна, оборудованного устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, будет меньше дробления зерна из бункера серийного комбайна на величину:



$$\Delta Dc = \sum_{i=1}^n Di - \left( \sum_{j=1}^l Dj + Du.n.o. \right) \quad (4.4)$$

Из уравнения (4.4) следует, что дробление зерна в отдельном бункере комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы, определится выражением:

$$Dc = \sum_{j=1}^l Dj + Du.n.o. \quad (4.5)$$

Урожайность зерновой культуры ( $У$ , т/га) можно представить как сумма вымолота ( $В$ , т/га), недомолота ( $Н$ , т/га) и суммарных потерь ( $П$ , т/га) зерна:

$$У = В + Н + П. \quad (4.6)$$

Допустим, что для конкретных условий уборки и режимов работы зерноуборочного комбайна потери зерна за комбайном будут постоянными, тогда

$$В + Н = Const. \quad (4.7)$$

В ряде научных работ, в том числе [148], отмечалось, что при увеличении недомолота снижается дробление зерна.

Тогда, можно допустить, что дробление зерна комбайном с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы равно:

$$Dc = K_1 В, \quad (4.8)$$

где  $K_1$  - коэффициент пропорциональности, показывающий соотношение дробления и вымолота зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы, в определенных условиях уборки зерновых культур.

В формуле (4.8) вымолот зерна выражен в процентах от урожайности убираемой зерновой культуры.

Из этого следует, что определить долю дробленого зерна в общем намолоте можно по величине вымолота его устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Основываясь на том, что вымолотом зерна является тот объём зерна, который прошел через слой хлебной массы под вальцы нижнего ряда, следует также анализировать процесс прохождения зерна сквозь поток хлебной массы, которая перемещается по устройству частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Проанализируем данный процесс с вероятностной точки зрения [39], так как вероятностное представление процесса сепарации дает возможность принять во внимание установленную независимость поведения отделяемых свободных зерен и одновременно с этим обнаружить общие зависимости, которым подчиняется поведение всех локально независимых элементов.

Применим некоторые допущения касательно протекания процесса:

1. Процедура поступления вороха хлебной массы в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы имеет направленное течение.

2. Процесс прохождения зерна сквозь поток зерносоломистой массы, поступившей на предварительный обмолот, и вымолот из нее зерна основным барабаном комбайна осуществляются автономно.

3. Сепарация свободного зерна через слои зерносоломистой массы и между вальцами нижнего ряда осуществляется моментально.

Если описать возможность застоя свободного зерна в потоке хлебной массы в межвальцовом участке  $Y(t)$  некоторой зависимостью от времени  $f(t)$ :

$$Y(t) = f(t). \quad (4.9)$$

То вероятность  $Z(t)$  сепарирования свободного зерна в межвальцовом участке за время  $t$  можно сформулировать как разность

$$Z(t) = 1 - f(t). \quad (4.10)$$

Исходя из условий стационарности и ординарности получим [138]:

$$f(t) = e^{-\lambda t}, \quad (4.11)$$

где  $\lambda$  – интенсивность сепарации свободного зерна.

В связи с тем, что в определенный момент времени в устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы может быть несколько зон с различной шириной и толщиной потока условие ординарности, заложенное при выводе этой зависимости недопустимо.

Вследствие этого для соблюдения условия ординарности необходимо выбирать такой участок устройства предварительного обмолота, в котором данное условие, и по ширине, и по толщине соломистого потока можно считать выполнимым.

По ширине в устройстве предварительного обмолота хлебной массы такой участок обнаруживается между осями рядом расположенных стеблей пространственной решетки, минимальная ширина которой равна  $a_c$ .

Тогда, число минимальных участков равно:

$$n = \frac{\eta l}{a_c}, \quad (4.12)$$

где  $l$  – длина вальца устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, м;

$\eta$  – коэффициент использования длины вальца устройства.

Ширину устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, на которой осуществляется сепарация свободного зерна, можно определить по формуле:

$$H_s = \eta l. \quad (4.13)$$

Интенсивность сепарации свободного зерна на участке шириной  $a_c$  можно рассчитать по выражению:

$$\lambda_{a_c} = P_{a_c} X_{c.z.a_c}, \quad (4.14)$$

где  $P_{ac}$  – вероятность сепарации отдельного свободного зерна в единицу времени;

$X_{c.z.ac}$  – количество свободных зерен, проходящих через минимальный участок  $a_c$ .

$$X_{c.z.ac} = 1000 \frac{q_{c.z.} a_c}{m_z H_e}, \quad (4.15)$$

где  $q_{c.z.}$  – секундная подача свободного зерна в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы, кг/с;

$m_z$  – масса одного зерна, кг.

Свободное зерно при сепарации сначала проходит через соломистую решетку зерносомистой массы, а затем между вальцами нижнего ряда устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы.

Полная вероятность  $P$  сепарации свободного зерна в устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы определится выражением:

$$P = P_o i P_e, \quad (4.16)$$

где  $P_o$  – вероятность прохождения свободного зерна сквозь один слой зерносомистой массы;

$i$  – число слоев в зерносомистой массе между расположением свободного зерна и вальцами нижнего ряда устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы;

$P_e$  – вероятность прохождения свободного зерна между вальцами нижнего ряда устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы.

Вероятность прохождения свободного зерна сквозь один слой зерносомистой массы [138]:

$$P_0 = 1 - \frac{d_3 - d}{a_c \sin \Theta}, \quad (4.17)$$

где  $d_3$  – приведенный диаметр зерна, м;

$d$  – диаметр стебля, м;

$\Theta$  – угол падения зерна, град.

В связи с тем, что расстояние между вальцами нижнего ряда устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы значительно больше размеров пространственной решетки зерносоломистой массы, то можно допустить, что вероятность прохождения свободного зерна между вальцами нижнего ряда устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы  $P_0 = 1$ .

Для расчета количества слоев зерносоломистой массы  $i$  над минимальным участком  $a_c$  примем, что сечение хлебной массы, подающейся на предварительный обмолот, имеет форму прямоугольника с шириной, равной длине вальца  $l$ , и высотой – толщине слоя зерносоломистой массы  $\Delta$ .

Для расчета фактической подачи зерносоломистой массы в молотильный аппарат комбайна необходимо знать данные по ширине захвата жатки  $B_{ж}$ , скорости его движения  $v_k$  и урожайности убираемой культуры  $U$ :

$$q = 0,1 U B_{ж} v_k . \quad (4.18)$$

Для определения подачи хлебной массы в молотильный аппарат Э.И. Липкович [138] рекомендовал использовать зависимость

$$q = \Delta \eta \rho u l, \quad (4.19)$$

где  $\eta$  – коэффициент использования длины вальца устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы;

$\rho$  – плотность обмолачиваемой зерносоломистой массы, кг/м<sup>2</sup>;

$u$  – скорость подачи зерносоломистой массы в молотильный аппарат, м/с.

Сопоставив зависимости (4.18) и (4.19), получим, что толщина слоя хлебной массы, подающейся на предварительный обмолот:

$$\Delta = 0,1U B_{жс} v_{к}/\eta_{pul}. \quad (4.20)$$

Допустим, что толщина потока хлебной массы в молотильном зазоре изменяется по зависимости [138]:

$$\Delta(t) = \Delta[1 + k(t)], \quad (4.21)$$

где  $k$  – постоянная, устанавливаемая опытным путем по графическим зависимостям изменения толщины потока зерносоломистой массы  $\Delta$  от времени перемещения ее в процессе обмолота.

Слой зерносоломистой массы в момент времени  $t$

$$i(t) = i[1 + k(t)]. \quad (4.22)$$

Ширина минимального участка  $a_c$ :

$$a_c = m_c / \gamma_c L d, \quad (4.23)$$

где  $m_c$  – средняя масса одного стебля зерновой культуры, кг;

$L$  – средняя длина стебля зерновой культуры, м;

$\gamma_c$  – объемная масса соломы, кг/м<sup>3</sup>.

Вероятность сепарации свободного зерна через пространственную решетку зерносоломистой массы на минимальном участке  $a_c$  равна:

$$P_{ac} = P_o i[1 + k(t)]. \quad (4.24)$$

Учитывая выражения (4.14), (4.15) и (4.24), получим зависимость для расчета интенсивности сепарации зерна на выбранном участке  $a_c$ :

$$\lambda_{a_c} = P_{ac} X_{c.з.a_c} = P_o i[1 + k(t)] \times \frac{1000 q_3 a_c}{m_3 H_8}. \quad (4.25)$$

На всем участке  $H_8$  устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы интенсивность сепарации зерна с учетом выражений (4.12), (4.13) и (4.17), определится по зависимости:

$$\lambda = \sum_{k=1}^n \left( 1 - \frac{d_3 + d}{a_c \sin \Theta} \right)_k i[1 + k(t)] \times \frac{1000q_3}{m_3}. \quad (4.26)$$

Вероятность того, что свободное зерно задержится в потоке зерносоломистой массы устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, можно определить по выражению:

$$Y(t) = \exp \left\{ \left[ -P_6 \sum_{k=1}^n \left( 1 - \frac{d_3 + d}{a_c \sin \Theta} \right)_k i[1 + k(t)] \times \frac{1000q_3}{m_3} t \right] \right\}. \quad (4.27)$$

Вероятность прохода свободного зерна под вальцы нижнего ряда устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы при  $P_6 = 1$  примет вид:

$$Z(t) = 1 - \exp \left[ - \sum_{k=1}^n \left( 1 - \frac{d_3 + d}{a_c \sin \Theta} \right)_k i[1 + k(t)] \times \frac{1000q_3}{m_3} t \right]. \quad (4.28)$$

С учетом зависимостей (4.8) и (4.28), получим зависимость расчета вероятности дробления зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы:

$$D_c = K_1 \left\{ 1 - \exp \left[ - \sum_{k=1}^n \left( 1 - \frac{d_3 + d}{a_c \sin \Theta} \right)_k i[1 + k(t)] \times \frac{1000q_3}{m_3} t \right] \right\}. \quad (4.29)$$

Данная зависимость выведена нами и опубликована в работе [206].

Полученная вероятностная модель сепарации и дробления зерна дает возможность основательно проанализировать процесс осуществления вымолота и повреждения зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы и рассчитать частные параметры, основываясь на вероятностном подходе, без использования других методов.

#### 4.4 Методика исследования устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы

С целью исследования устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы выбрано пять независимых факторов, которые существенным образом влияют на качественные показатели работы устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы:  $x_1$  – количество планок на битере,  $x_2$  – высота планки,  $x_3$  – зазор между остовом битера и роликом на входе,  $x_4$  – частота вращения битера,  $x_5$  – угол наклона планки битера. Все выбранные факторы количественно измеримы, их возможно контролировать и при экспериментальных исследованиях можно для каждого фактора обеспечить несколько уровней варьирования. Каждый исследуемый фактор устанавливался на верхнем (+1) и нижнем (-1) уровнях. Чтобы сократить затраты средств и времени при выполнении отсеивающих экспериментов применялась дробная реплика  $2^{5-2}$  [7, 38, 69, 140, 155]. Опыты выполнялись в 1...3 серии с 3-х кратной повторностью. очередность опытов определялась по таблице случайных чисел. Для всех опытов принимались в качестве откликов – дробление зерна и вымолот его из обмолачиваемой хлебной массы. Из проведенных опытов рассчитывалось среднее значение исследуемого отклика. Отсеивающие эксперименты проводились по плану, представленному в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - План отсеивающих экспериментов

№ опыта			Обозначение факторов и их уровни					Отклик	
1-я серия	2-я серия	3-я серия	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	Д, %	В, %
10	12	20	-1	-1	-1	-1	-1		
2	18	14	+1	+1	-1	-1	-1		
8	16	19	-1	-1	+1	+1	-1		
17	6	13	+1	-1	+1	-1	+1		
22	25	5	-1	+1	+1	-1	+1		
11	9	23	+1	-1	-1	+1	+1		
15	7	1	-1	+1	-1	+1	+1		
21	3	4	+1	+1	+1	+1	-1		



Для данного плана эксперимента генерирующие соотношения имеют вид:

$$X_4 = X_1 X_2 X_3; \quad (4.30)$$

$$X_5 = -X_1 X_2$$

Согласно генерирующим соотношениям система смешанных оценок имеет вид:

$$1 = X_1 X_2 X_3 X_4 = -X_1 X_2 X_5 = -X_3 X_4 X_5; \quad (4.31)$$

$$X_1 = X_2 X_3 X_4 = -X_2 X_5 = -X_1 X_3 X_4 X_5;$$

$$X_2 = X_1 X_3 X_4 = -X_1 X_5 = -X_2 X_3 X_4 X_5;$$

$$X_3 = X_1 X_2 X_4 = -X_1 X_2 X_3 X_5 = -X_4 X_5;$$

$$X_4 = X_1 X_2 X_3 = -X_1 X_2 X_4 X_5 = -X_3 X_5;$$

$$X_5 = X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 = -X_1 X_2 = -X_3 X_4 .$$

При проведении экспериментальных исследований соблюдались следующие требования: фактическая влажность обмолачиваемой зерносоломистой массы должна отличаться от средней не более чем на 1%, поступление обмолачиваемой зерносоломистой массы в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы должно равняться пропускной способности молотилки комбайна (для РСМ-10Б «Дон-1500Б» 10 кг/с), используемые при определении дробления зерна приборы, оборудование и материалы должны быть подготовлены до начала экспериментов.

При проведении отсеивающих экспериментов влажность зерна была 12%.

План основных экспериментальных исследований был разработан после получения результатов отсеивающего эксперимента и их анализа.

Объект исследования – устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б».

Задача исследования – оптимизация геометрических и кинематических параметров устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

В процессе экспериментов необходимо и достаточно чтобы все факторы могли варьироваться на верхнем и нижнем уровнях, следует также выявить области оптимума, что необходимо для определения коэффициентов уравнения регрессии при квадратичных ее членах и их взаимодействия.

Области определения значений факторов определим, исходя из условий принципиальной возможности принимать факторами значений внутри выбранной области определения, технических возможностей используемого при экспериментах оборудования и приборов и предварительных технико-экономических расчетов.

Верхний уровень фактора  $x_1$  – количество планок на битере проставки принят равным 6. Такое количество планок выбрано по длине внешней образующей вальца битера. Выбор максимального диаметра вальца битера ограничивался геометрическими размерами устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, требуемым минимальным зазором между вальцами верхнего и нижнего ярусов, равномерности воздействия планок на обмолачиваемую массу и нагруженности вальцов. По расчетам и с учетом вышеотмеченных требований определен основной уровень фактора  $x_1 = 4$ . Принят интервал варьирования  $x_1$ , равный 2. Тогда нижний уровень фактора равен 2.

С целью снижения травмирования зерна при обмолоте планки были изготовлены резинотканевых ремней. Поэтому исходя из этого высота планки (фактор  $x_2$ ) соответствовала высоте сечения клиновых ремней. Были использованы ремни, у которых высота профиля равнялась 13,5 мм (В-1600Т), 19,0 мм (Г-1600Т) и 23,5 мм (Д-1600Т ГОСТ 1284.1-80). Одинаковый интервал варьирования фактора  $x_2$  достигался применением прокладок различной толщины, устанавливаемых между ремнем и вальцом битера.

Нижний уровень высоты планки принят равным 14 мм, основной – 19 мм и верхний – 24 мм, при этом интервал варьирования равен 5 мм.

Верхний и нижний уровни варьирования зазора между остовом битера и роликом на входе (фактор  $x_3$ ) выбраны с учетом степени сжатия валка гре-

бенками битера проставки зерноуборочного комбайна. Максимальный и минимальный зазоры между остовом битера и днищем проставки зерноуборочного комбайна соответственно равны 105 и 35 мм. Исходя из этого выбраны: верхний уровень равным 105 мм, а нижний – 35 мм. Тогда, если интервал варьирования равен 35 мм, то фактор  $x_3$  на основном уровне равен 70 мм.

Для частоты вращения битера (фактор  $x_4$ ) основной уровень был выбран из условия неразрывности потока обмолачиваемой массы, подающей проставкой комбайна в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы. По технической характеристике РСМ-10Б «Дон-1500Б» частота вращения битера проставки равна 261 мин<sup>-1</sup>. Так как имеется возможность осуществления привода ведущего вала устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы с помощью цепной передачи и, учитывая промышленно выпускаемые звездочки, был выбран интервал варьирования частоты вращения ведущего вальца, равным 130 мин<sup>-1</sup>. В этом случае принимаем верхний уровень  $x_4$ , равным 391 мин<sup>-1</sup>, а нижний – 131 мин<sup>-1</sup>.

Уровни фактора  $x_5$  – угла наклона планки относительно продольной оси вальца определены опытным путем. При этом учитывалось условия перемещения обмолачиваемой массы вальцами первого ряда к вальцам второго ряда без сгуживания на одну сторону устройства. Верхний уровень фактор  $x_5$  выбран равным +30°, а нижний – -30°. При этом основной уровень равен 0°, а интервал варьирования – 30°.

Таким образом, для всех выбранных факторов назначены необходимые уровни и интервалы варьирования, таблица 4.2.

Таблица 4.2 – Наименование факторов, уровни и интервалы их варьирования

Обозначение и наименование факторов	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	0	-1	1	
$x_1$ – количество планок на битере проставки, шт.	4	2	6	2
$x_2$ – высота планки, мм	19	14	24	5
$x_3$ – зазор между остовом битера и роликом на входе, мм	70	35	105	35
$x_4$ – частота вращения битера, мин <sup>-1</sup>	261	131	391	130
$x_5$ – угол наклона планки относительно продольной оси вальца, град	0	-30	+30	30

Из пяти выбранных факторов угол наклона планки относительно продольной оси вальца (фактор  $x_5$ ) является несущественным. В связи с этим, в последующих экспериментах учитывались четыре фактора -  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_4$ .

Исследования конструкции устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы в лабораторных условиях осуществлялись с применением метода планирования эксперимента, который позволяет оптимизировать значения конструктивных параметров устройства.

Оценивали дробление (Д) и вымолот (В) зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы при изменении оптимизируемых факторов.

В соответствии с выбранными значениями оптимизируемых факторов изготовлены экспериментальные образцы устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Перед началом экспериментов устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы было отрегулировано для заданных условий уборки.

Выбран для оптимизации конструкции по 4-м факторам план Рехтшафнера.

Опыты при реализации плана планируется проводить с трехкратной повторностью.

Кодирование факторов проводилось по выражению [155]:

$$x_1 = \frac{x_i - x_o}{E_i}, \quad (4.32)$$

где  $x_1$  – кодированное значение фактора (безразмерная величина) верхний уровень +1; а нижний –1, в центре эксперимента будет нулевой уровень);

$x_i$  - натуральное значение фактора;

$x_o$  – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

$E_i$  - натуральное значение интервала варьирования фактора определяемое по формуле [155]:

$$E_i = \frac{x_i^g - x_i^h}{2}, \quad (4.33)$$

где  $x_i^g$  - натуральное значение на верхнем уровне;

$x_i^h$  – натуральное значение на нижнем уровне.

После реализации матрицы эксперимента рассчитываются коэффициенты регрессии уравнения по формулам [155]:

$$b_0 = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{Y}_n}{N}; \quad b_i = \frac{\sum_{n=1}^N x_{in} \cdot \bar{Y}_n}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}, \quad (4.34)$$

$$b_{i\mu} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{ju}^2}; \quad b_{ii} = \frac{\sum_{n=1}^N x_{iu}^2 \cdot \bar{Y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2},$$

где  $\bar{Y}_n$  - значение критерия оптимизации, полученное в  $i$ -том опыте;

$i$  – порядковый номер столбца матрицы эксперимента.

После расчета коэффициента регрессии проверяется адекватность полученной модели второго порядка. Адекватность представления результатов

опытов полиномами второго порядка будем проверять по критерию Фишера, который вычисляется по формуле [155]:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2} \quad (4.35)$$

где  $S_{ад}^2$  – дисперсия адекватности;

$S_y^2$  – дисперсия ошибки опыта;

Дисперсию адекватности вычисляют по зависимостям [155]:

$$S_{ад}^2 = \frac{m \sum_1^N \left( Y_u - \hat{Y}_u \right)^2}{N - n - 1}; \quad (4.36)$$

$$S_{ад}^2 = \frac{m \left( \sum_1^{N-2} Y_u - N \sum_1^N b_i^2 \right)}{N - n - 1},$$

где  $\hat{Y}_u$  – значение параметра оптимизации, вычисленное по уравнению регрессии;

$n$  – число факторов.

Дисперсию ошибки опыта определяют согласно выражению [155]:

$$S_y^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^m (Y_{iu} - \bar{Y}_u)^2}{N(m-1)}; \quad (4.37)$$

где  $Y_{iu}$  – значение параметра оптимизации в параллельных опытах;

$m$  – число параллельных опытов (повторностей).

Гипотезу адекватности принимают, если расчетное значение  $F$  – критерия меньше табличного ( $F < F_{табл.}$ ) [7, 155].

$F_{табл.}$  выбирали из таблицы с числом степеней свободы числителя критерия Фишера  $f_1 = N - n - 1$  и знаменателя  $f_2 = N(m-1)$

Значимость коэффициентов регрессии рассчитывают по критерию Стьюдента (t-критерию) путем нахождения доверительного интервала для того или иного коэффициента регрессии [7]:

$$\Delta b_i = t \frac{t \cdot S\{b_i\}}{\sqrt{N}}, \quad (4.38)$$

где  $S\{b_i\}$ - квадратичная ошибка коэффициента регрессии.

Дисперсии коэффициентов регрессии рассчитывали по формуле [7]:

$$S^2 \{b_i\} = \frac{S_y^2}{\sum_{i=1}^n x_{iu}^{-2}}. \quad (4.39)$$

Анализ полученных уравнений регрессии планируется выполнять с помощью двухмерных сечений, при этом надо решить компромиссную задачу, в которой требуется найти значения факторов, обеспечивающих заданную норму вымолота зерна и минимальное дробление зерна. Для построения двухмерных сечений проводится каноническое преобразование полученных уравнений регрессии.

Значения коэффициентов регрессии в канонической форме определяют, решая характеристические уравнения.

В соответствии с целью и задачами данного исследования планируется использовать прямые методы оценки дробления и травмирования зерна.

Для определения доли дробленого зерна необходимо выделять в каждом опыте по 3 навески. Масса каждой навески 50 г. Навески выделять из нижней, средней и верхней частей зернового вороха, образываемого устройством предварительного обмолота зерносоломистой массы. Навески разбирать вручную на дробленое и целое зерно. Затем взвешивать составные части. Долю дробленого зерна определять в процентах от общей массы навески.

Необходимое число измерений находим в зависимости от надежности опыта  $N$  и относительной ошибки измерения  $\Delta$  по таблице Приложения Н.

В практике исследований по механизации сельскохозяйственного производства достаточно надежнажность опыта  $H = 0,7$  [7].

При ошибке измерения  $\Delta = 0,2$  и  $H = 0,7$  принимаем количество опытов, равное 29.

Для оценки травмирования зерна разработано много методов. Однако из-за значительной трудоемкости многие из них неприемлемы в хозяйственных условиях. В данной работе использовался метод окрашивания, в соответствии с которым окрашивание семян осуществляется анилиновым красителем зеленого цвета 1% концентрации с продолжительностью 60 с. После промывания в воде окрашенные семена необходимо рассматривать под лупой с семикратным увеличением. Затем провести сортировку зерен на 2 фракции: без травм и с травмами. Фракции взвешивать и определять долю травмированных зерен в процентах от общей массы навески. После этого травмированные зерна снова сортировать на микро- и макротравмированные, которые в свою очередь необходимо распределять по виду травм.

По результатам обработки результатов исследования и их анализа изготовлена новая конструкции устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы и установлена на зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б».

Полевые исследования новой конструкции устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы проводились по методике, представленной в ОСТ 70.8.1-76 Машины зерноуборочные. Программы и методы испытаний.

Для сравнения показателей работы опытного зерноуборочного комбайна, оборудованного устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, использован серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б».



#### 4.5 Оптимизация геометрических и кинематических параметров устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы

Предварительные исследования показали, что макро- и микротравмирование зерна устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы изменялись коллинеарно дроблению при изменении входных факторов. При оптимизации геометрических и кинематических параметров устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы достаточно было использовать один показатель повреждаемости. Поскольку оценить дробление зерна можно с меньшими затратами труда, чем при оценке макро-и микротравмирования зерна, то дробление зерна было выбрано в качестве отклика.

Настройка рабочих органов устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы осуществлялась исходя из данных условий уборки.

Условия проведения экспериментальных исследований на уборке озимой пшеницы представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Условия проведения исследований

Условия	Значение показателя	
Средняя урожайность, т/га	3,8	4,1
Средняя засоренность бункерного зерна, %	5	5
Средняя соломистость	0,6	0,5
Средняя влажность зерна, %	14	12

Матрица плана 4-х факторного эксперимента представлена в таблице 4.4. Результаты экспериментальных исследований и расчета дробления и вымолота зерна озимой пшеницы представлены в таблицах 4.5 и 4.6.

Таблица 4.4 - Матрица проведения экспериментальных исследований

№ опыта	Фактор			
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
1	-1	-1	-1	-1
2	-1	1	1	1
3	1	-1	1	1
4	1	1	-1	1
5	1	1	1	-1
6	-1	1	-1	-1
7	1	-1	1	-1
8	1	-1	-1	1
9	1	1	1	-1
10	-1	1	-1	1
11	-1	-1	1	1
12	1	0	0	0
13	0	1	0	0
14	0	0	1	0
15	0	0	0	1

Примечание: 0 - средний, -1 – нижний и 1 – верхний уровни факторов.

Таблица 4.5 - Результаты экспериментальных исследований и расчета дробления и вымолота зерна озимой пшеницы

№	Дробление D <sub>iq</sub> , %			$\bar{D}$ , %	(D <sub>iq</sub> -D <sub>i</sub> ) <sup>2</sup>			D <sub>i</sub> , %	(D <sub>i</sub> - $\bar{D}$ ) <sup>2</sup>
	1	2	3		1	2	3		
1	0,45	0,46	0,41	0,44	0,0001	0,0004	0,0009	0,436	0,000016
2	0,56	0,58	0,6	0,58	0,0004	0,0000	0,0004	0,58	0,000000
3	0,58	0,58	0,55	0,57	0,0001	0,0001	0,0004	0,568	0,000004
4	0,74	0,75	0,73	0,74	0,0000	0,0001	0,0001	0,736	0,000016
5	0,53	0,5	0,47	0,5	0,0009	0,0000	0,0009	0,5	0,000000
6	0,58	0,57	0,56	0,57	0,0001	0,0000	0,0001	0,572	0,000004
7	0,45	0,44	0,4	0,43	0,0004	0,0001	0,0009	0,432	0,000004
8	0,65	0,65	0,65	0,65	0,0000	0,0000	0,0000	0,648	0,000004
9	0,46	0,44	0,42	0,44	0,0004	0,0000	0,0004	0,44	0,000000
10	0,68	0,68	0,62	0,66	0,0004	0,0004	0,0016	0,656	0,000016
11	0,51	0,51	0,48	0,5	0,0001	0,0001	0,0004	0,5	0,000000
12	0,21	0,21	0,21	0,21	0,0000	0,0000	0,0000	0,208	0,000004
13	0,21	0,19	0,2	0,2	0,0001	0,0001	0,0000	0,202	0,000004
14	0,19	0,19	0,19	0,19	0,0000	0,0000	0,0000	0,191	0,000001
15	0,21	0,21	0,18	0,2	0,0001	0,0001	0,0004	0,199	0,000001

Таблица 4.6 - Экспериментальные данные и результаты расчета вымолота зерна озимой пшеницы

№	Вымолот $B_{iq}$ , %			$\bar{B}$ , %	$(B_{iq}-B_i)^2$			$B_i$ , %	$(\bar{B}-B_i)^2$
	1	2	3		1	2	3		
1	4,8	5,0	4,9	4,90	0,0100	0,0100	0,0000	4,94	0,0016
2	6,8	6,7	6,6	6,70	0,0100	0,0000	0,0100	6,72	0,0004
3	6,4	6,5	6,6	6,50	0,0100	0,0000	0,0100	6,48	0,0004
4	8,4	8,4	8,1	8,30	0,0100	0,0100	0,0400	8,32	0,0004
5	6,1	5,5	5,8	5,80	0,0900	0,0900	0,0000	5,78	0,0004
6	6,4	6,3	6,2	6,30	0,0100	0,0000	0,0100	6,34	0,0016
7	4,9	5,0	4,8	4,90	0,0000	0,0100	0,0100	4,94	0,0016
8	7,2	7,4	7,3	7,30	0,0100	0,0100	0,0000	7,28	0,0004
9	5,4	5,4	5,4	5,40	0,0000	0,0000	0,0000	5,38	0,0004
10	6,9	7,4	7,3	7,20	0,0900	0,0400	0,0100	7,24	0,0016
11	6,0	6,2	5,8	6,00	0,0000	0,0400	0,0400	6,04	0,0016
12	9,8	9,7	9,9	9,80	0,0000	0,0100	0,0100	9,8	0,0000
13	9,9	9,7	9,8	9,80	0,0100	0,0100	0,0000	9,8	0,0000
14	9,0	9,0	9,0	9,00	0,0000	0,0000	0,0000	9,04	0,0016
15	10,9	10,8	10,4	10,7	0,0400	0,0100	0,0900	10,7	0,0000

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

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2, \quad (4.40)$$

Значимость коэффициентов уравнения регрессии (4.40) оценивалась по критерию Стьюдента. При этом малозначимые коэффициенты исключались и выполнялся повторный расчет коэффициентов уравнения регрессии. Получено следующие уравнения регрессии в кодированном виде:

$$D = 0,050 + 0,033x_1 + 0,038x_2 - 0,037x_3 + 0,073x_4 + 0,002x_1x_2 - 0,001x_1x_3 + 0,004x_1x_4 + - 0,001x_2x_3 + 0,004x_2x_4 - 0,001x_3x_4 + 0,127x_1^2 + 0,112x_2^2 + 0,177x_3^2 + 0,077x_4^2, \quad (4.41)$$

$$B = 10,6 + 0,31x_1 + 0,41x_2 - 0,24x_3 + 0,81x_4 + 0,07x_1x_2 - 0,08x_1x_3 + + 0,09x_1x_4 - 0,01x_2x_3 + 0,02x_2x_4 - 0,08x_3x_4 - 1,12x_1^2 - 1,23x_2^2 - 1,37x_3^2 - 0,72x_4^2 \quad (4.42)$$

Адекватность математических моделей проверялась по критерию Фишера.

Критерий Фишера при исследовании дробления зерна равен  $F_d = 0,1211$  и вымолота  $F_v = 0,2842$ . При этом  $F < F_{0.05}$  ( $F_{0.05} = 2,1646$  – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 5%). Таким образом, математические модели адекватны результатам эксперимента.

Полученные оптимальные значения исследуемых факторов представлены в таблице 4.7.

Полученные математические модели второго порядка привели к типовой канонической форме:

$$Y - Y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + \dots + B_{kk}X_k^2, \quad (4.43)$$

где  $Y$  и  $Y_s$  – соответственно значения критерия оптимизации текущее и в оптимальной точке;

$X_1, X_2, \dots, X_k$  – новые оси координат, повернутые относительно старых  $x_1, x_2, \dots, x_k$ ;

$B_{11}, B_{22}, \dots, B_{kk}$  – коэффициенты уравнения регрессии в канонической форме.

Таблица 4.7 - 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

Используя ЭВМ и программу, разработанную авторами работы [62], 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, имеют вид:

$$Y_D - 0,03 = 0,127X_1^2 + 0,112X_2^2 + 0,177X_3^2 + 0,077X_4^2, \quad (4.44)$$

$$Y_B - 10,8 = -1,11X_1^2 - 1,22X_2^2 - 1,39X_3^2 - 0,71X_4^2. \quad (4.45)$$

Так как все коэффициенты при квадратичных членах уравнения регрессии дробления зерна положительны, а при квадратичных членах уравнения регрессии вымолота зерна отрицательны, то поверхности откликов дробления и вымолота зерна есть четырехмерные параболоиды с координатами центров поверхностей в оптимальных значениях исследуемых факторов.

При определении оптимальных геометрических и кинематических параметров исследуемого устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы была решена компромиссная задача с использованием двумерных сечений, представленных на рисунках 4.7 – 4.12.

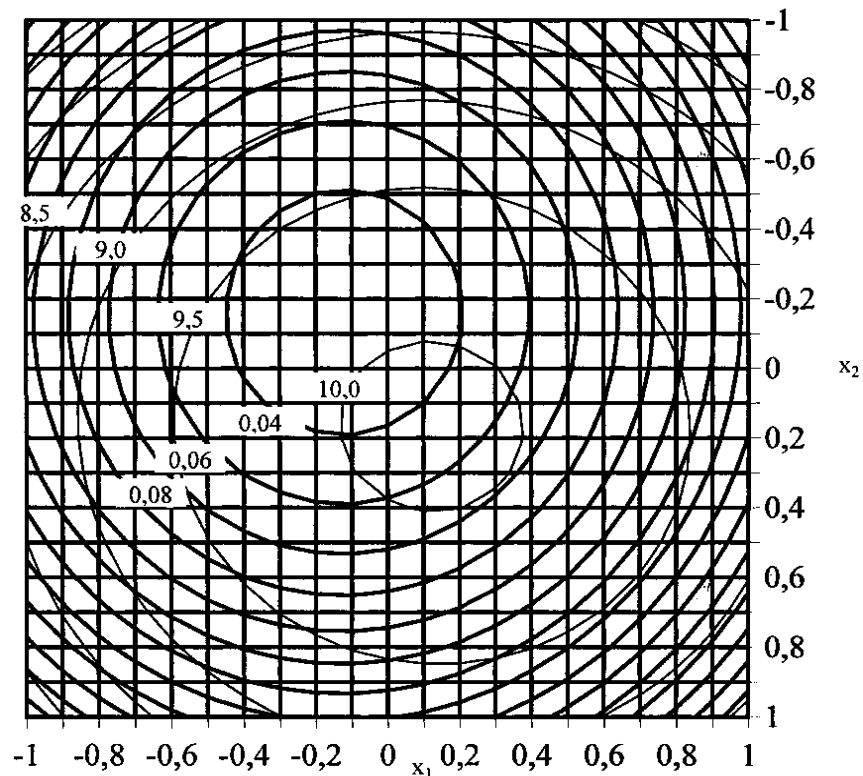


Рисунок 4.7 - Двумерное сечение при исследовании факторов  $x_1$  и  $x_2$

Основной критерий оптимизации – изменение дробления зерна, а дополнительный – вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

При этом решали компромиссную задачу – определяли значения факторов, при которых дробление зерна минимально при заданной доли вымолота (10...15% от суммарного) минимально травмированного зерна.

При анализе построенных двумерных сечений, построенных по уравнениям регрессии применительно к факторам: количество планок на битере проставки ( $x_1$ ) и высота планки ( $x_2$ ), остальные факторы фиксировались на оптимальных уровнях относительно основного оптимизируемого критерия:  $x_3=0,1$  и  $x_4=-0,47$ .

Учитывая, что двумерное сечение имеет общую зону оптимума, то можно рекомендовать для данного случая оптимальные значения факторов:  $x_1 = -0,1 \dots +0,1$  и  $x_2 = 0 \dots +0,1$ .

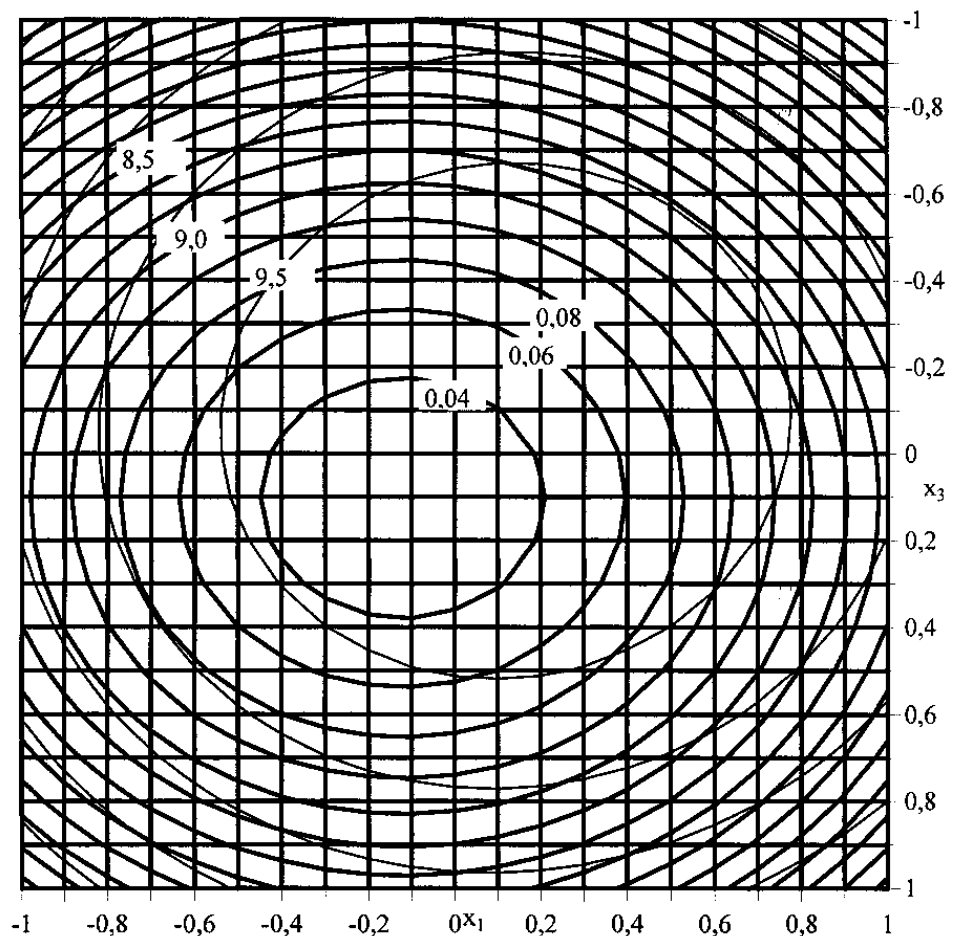


Рисунок 4.8 - Двумерное сечение при исследовании факторов  $x_1$  и  $x_3$

При анализе построенных двумерных сечений, построенных по уравнениям регрессии применительно к факторам: количество планок на битере проставки ( $x_1$ ) и зазор между остовом битера и роликом на входе ( $x_3$ ), остальные факторы фиксировались на оптимальных уровнях относительно основного оптимизируемого критерия:  $x_2=-0,16$  и  $x_4=-0,47$ .

Учитывая, что двумерное сечение имеет общую зону оптимума, то можно рекомендовать для данного случая оптимальные значения факторов:  $x_1 = -0,1 \dots +0,1$  и  $x_3 = -0,1 \dots +0,1$ .

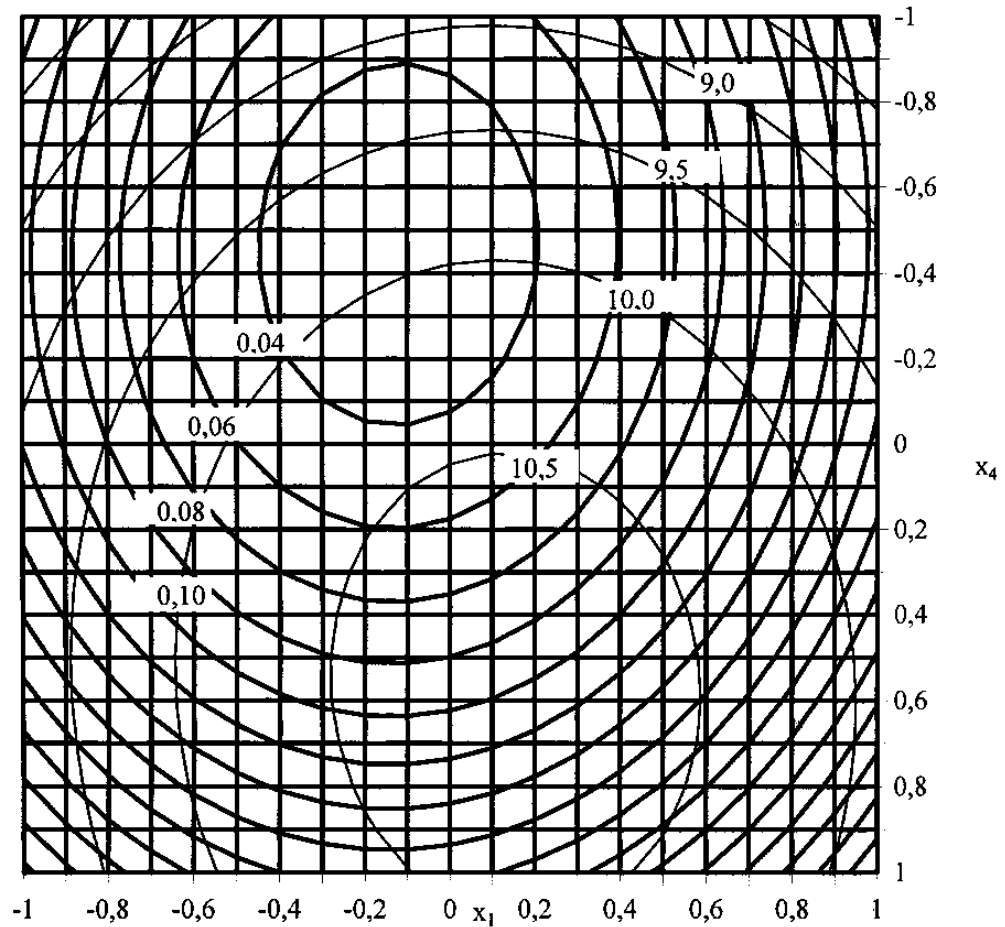


Рисунок 4.9 - Двумерное сечение при исследовании факторов  $x_1$  и  $x_4$

При анализе построенных двумерных сечений, построенных по уравнениям регрессии применительно к факторам: количество планок на битере проставки ( $x_1$ ) и частота вращения битера ( $x_4$ ), остальные факторы фиксировались на оптимальных уровнях относительно основного оптимизируемого критерия:  $x_2=-0,16$  и  $x_3=0,1$ .

Учитывая, что двумерное сечение имеет общую зону оптимума, то можно рекомендовать для данного случая оптимальные значения факторов:  $x_1 = -0,1 \dots +0,1$  и  $x_4 = -0,2 \dots -0,1$ .

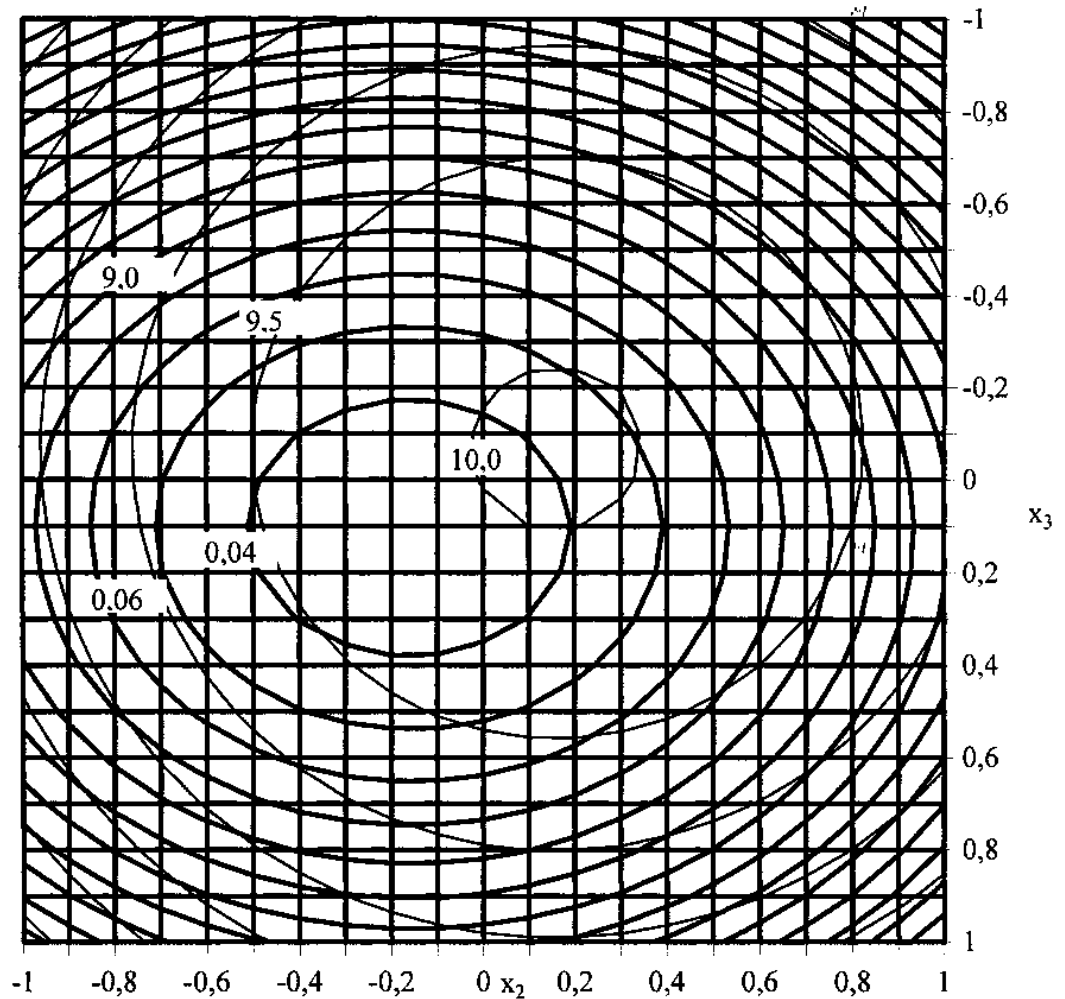


Рисунок 4.10 - Двумерное сечение при исследовании факторов  $x_2$  и  $x_3$

При анализе построенных двумерных сечений, построенных по уравнениям регрессии применительно к факторам: высота планки ( $x_2$ ) и зазор между остовом битера и роликом на входе ( $x_3$ ), остальные факторы фиксировались на оптимальных уровнях относительно основного оптимизируемого критерия:  $x_1 = -0,13$  и  $x_4 = -0,47$ .

Учитывая, что двумерное сечение имеет общую зону оптимума, то можно рекомендовать для данного случая оптимальные значения факторов:  $x_2 = 0 \dots +0,1$  и  $x_3 = 0 \dots +0,1$ .



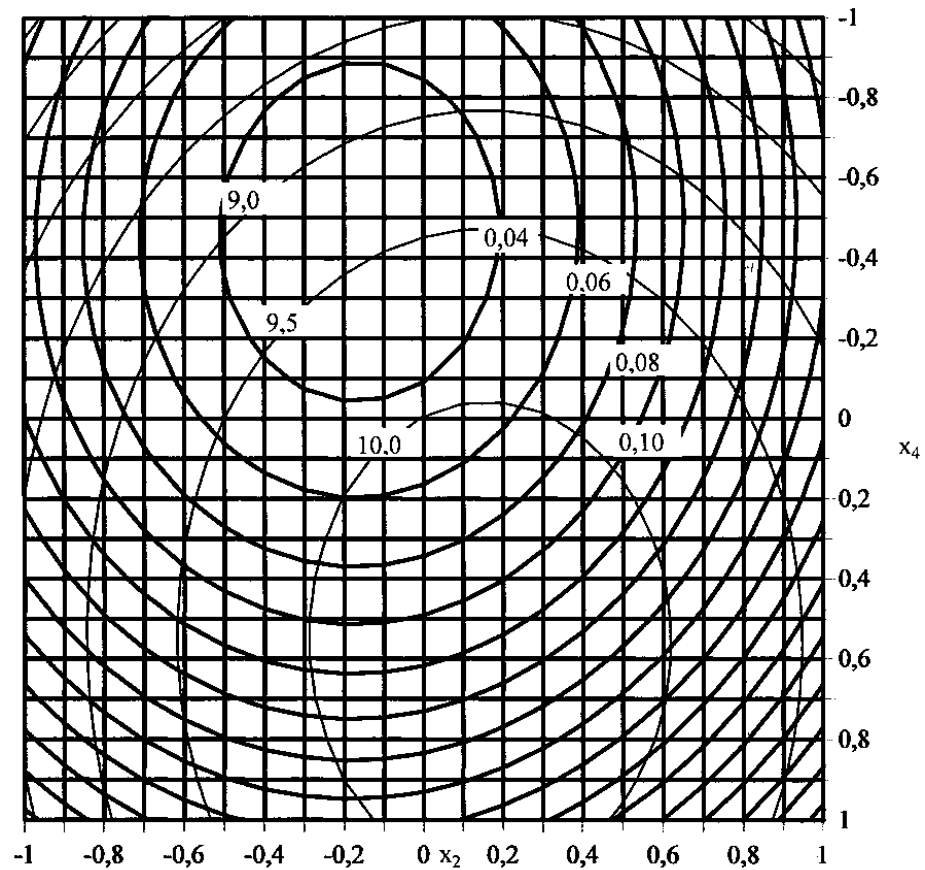


Рисунок 4.11 - Двумерное сечение при исследовании факторов  $x_2$  и  $x_4$

При анализе построенных двумерных сечений, построенных по уравнениям регрессии применительно к факторам: высота планки ( $x_2$ ) и частота вращения битера ( $x_4$ ), остальные факторы фиксировались на оптимальных уровнях относительно основного оптимизируемого критерия:  $x_1 = -0,13$  и  $x_3 = 0,1$ .

Учитывая, что двумерное сечение имеет общую зону оптимума, то можно рекомендовать для данного случая следующие оптимальные значения рассматриваемых факторов:  $x_2 = 0 \dots +0,1$  и  $x_4 = +0,1 \dots +0,2$ .

При анализе построенных двумерных сечений, построенных по уравнениям регрессии применительно к факторам: зазор между остовом битера и роликом на входе ( $x_3$ ) и частота вращения битера ( $x_4$ ), остальные факторы фиксировались на оптимальных уровнях относительно основного оптимизируемого критерия:  $x_1 = -0,13$  и  $x_2 = -0,16$ .

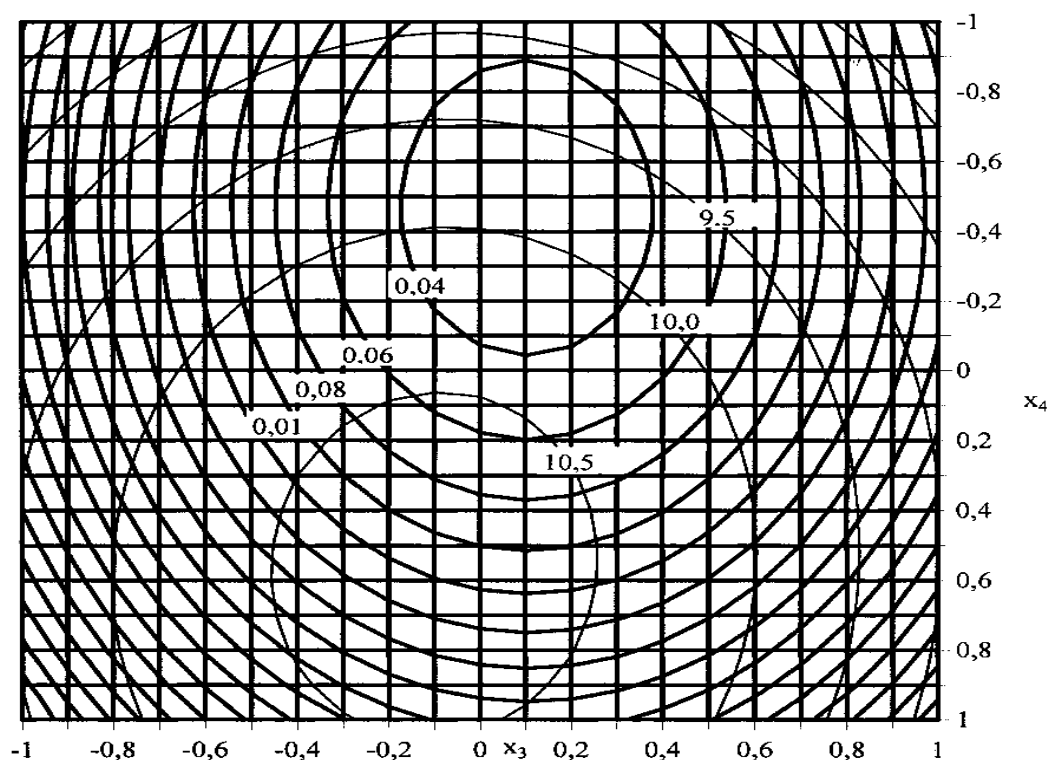


Рисунок 4.12 - Двумерное сечение при исследовании факторов  $x_3$  и  $x_4$

Учитывая, что двумерное сечение имеет общую зону оптимума, то можно рекомендовать для данного случая следующие оптимальные значения рассматриваемых факторов:  $x_3 = 0 \dots +0,1$  и  $x_4 = +0,1 \dots +0,2$ .

Таким образом, в результате решения компромиссной задачи определено:  $x_1$  – количество планок на битере проставки равно 4 шт.,  $x_2$  – высота планки – 19 мм,  $x_3$  – зазор между остовом битера и роликом на входе – 70 мм и  $x_4$  – частота вращения битера -  $300 \text{ мин}^{-1}$ .

При рассчитанных значениях геометрических и кинематических параметрах устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы дробление зерна озимой пшеницы составило 0,1%, а вымолот зерна – 10%.

В разработанном нами устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы при рядовой уборке зерновых культур вымолоченное зерно перемещается шнеком в зерносорник, из которого по зернопроводу воздушным потоком, создаваемым вентилятором, подается в отдельный бункер зерноуборочного комбайна.

Тем не менее, в данной конструкции имелось много недостатков. Например, механизм транспортировки зерна от устройства предварительного обмолота в зерносортировщик представлял собой шнек, который существенно травмирует зерно, за счет чего снижается эффективность применения устройства предварительного обмолота. Кроме того, на старой конструкции вентилятор установлен непосредственно на жатке комбайна. Это технологически неудобно – трудно подвести привод к вентилятору и ограничено место для его крепления.

На сегодняшний день для транспортировки зерна зерноуборочные комбайны оборудованы горизонтальными и вертикальными винтовыми конвейерами. Данные конвейеры создаются и проектируются без учета травмирования зерна при его транспортировке, и кроме того имеют некоторые недостатки, например, при увеличении угла наклона конвейера снижается его производительность [58], а при увеличении частоты вращения шнека растет энергозатратность [125].

Наряду с винтовыми конвейерами в сельском хозяйстве для перемещения грузов находят применение пневматические транспортеры, которые имеют ряд достоинств: доставка груза возможна как в горизонтальном, вертикальном, так и в наклонном направлениях, простая проводка труб, небольшие габаритные размеры, высокая надежность во время использования, изолирование груза от внешней среды, возможность автоматического управления и другие.

Классифицируют пневмотранспортные установки в зависимости от способа влияния воздуха на перемещаемое сырьё. В первом случае поток воздуха оказывает действие на каждую частицу транспортируемого сырья (под влиянием аэродинамических сил). Во втором случае это установки, в которых воздушный поток применяется только для уменьшения коэффициента внутреннего трения перемещаемого материала (аэрация), а транспортировка частиц сырья происходит за счет гравитационных сил, т.е. собственного веса [122].

В зависимости от способа создания воздушного потока, а также условий его движения и перемещаемого сырья в трубопроводе пневмотранспортные установки делятся на всасывающие, работающие за счет перепада давления, нагнетательные, действующие при давлении, и комбинированные, сочетающие первые два вида установок.

Во всасывающих транспортерах перемещение материала и воздушного потока происходит за счет создания вакуума или давления, создаваемого воздуходувной машиной. Как правило, такие установки используют для перемещения сырья на незначительные расстояния. Главным достоинством пневмотранспортной установки данного типа является возможность перемещения сыпучего сырья из нескольких мест в одно.

Второй тип установок подразделяется по устройству трубопровода с прямолинейной и произвольной формам [26]. В нагнетательных пневмотранспортных устройствах перемещаемое сырье транспортируется в струе сжатого воздуха (по принципу эжекции). В них мощность давления или скорость воздушного потока увеличивается либо постоянно, либо динамически. Преимущество данных установок состоит в том, что транспортируемое сырье может перемещаться по трубопроводам с разветвленной сетью элементов.

В установках всасывающе-нагнетающего действия [26] для создания разрежения или давления используют такие воздуходувные машины как, например, вентиляторы высокого давления или вакуум-насос-компрессоры. Данные установки включают в себя достоинства представленных выше установок. Наиболее эффективными считаются те установки, в которых применяется одна воздуходувная машина, создающая перепад давления на обеих ветвях (всасывающей и нагнетающей) трубопровода [26].

Следует отметить, что общим недостатком для вышеупомянутых установок является невысокий коэффициент полезного действия (к.п.д. не превышает 0,5).

Для перемещения слипающегося сельскохозяйственного сырья или сырья с повышенной влажностью применяют метатели вентиляторного типа,

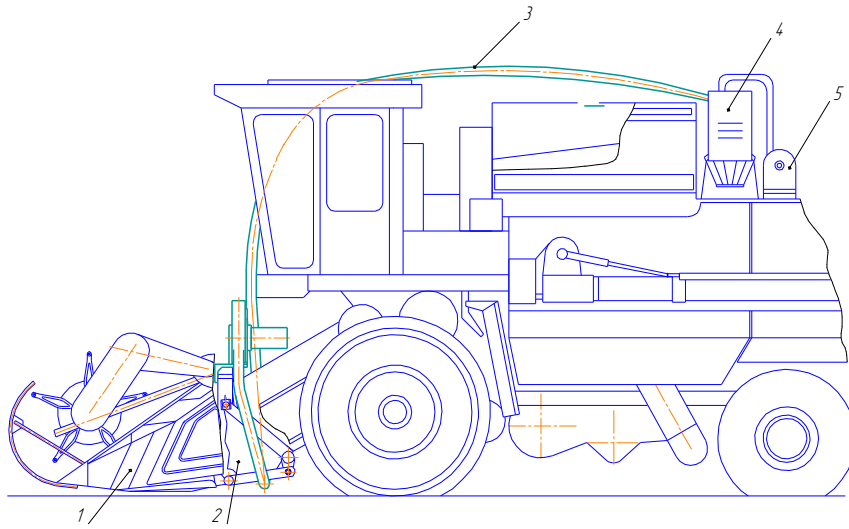
имеющие наибольший к.п.д. по сравнению с пневмотранспортными установками. С помощью рабочего колеса метателя перемещаемое сырьё ускоряется и далее подается в трубопровод. В момент всасывания перемещаемого материала и части воздуха скорость последнего имеет меньшее значение, т.к. происходит превращение энергии скорости в силу давления. Порция воздуха в данный момент времени способствует торможению транспортируемого сырья. Торможение груза происходит до момента пока в результате трения скорость транспортирования материала не будет равна скорости воздушного потока. Затем воздух содействует перемещению материала, при этом, не являясь несущим компонентом в связи с небольшим расходом. При этом зерно, имеющее высокую влажность и обмолоченное при помощи комбайна с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, неприемлемо транспортировать с применением метателей вентиляторного типа из-за высокого повреждения зерна.

Таким образом, системы пневматического перемещения зерна в комбайнах должны осуществлять предварительную очистку зерна от пыли и легких примесей, обладая при этом необходимой производительностью при разрешенном уровне повреждения зерна.

Усовершенствование устройства предварительного обмолота зерна состоит в том, что в новой конструкции отказались от перемещения обмолоченного зерна механическими устройствами, а применили для этого вакуумный транспортер зерна (патент РФ № 2594527 [186]). Преимущество данного устройства состоит в том, что транспортирование зерна происходит в нем за счет разрежения воздуха. Смесь зерна, половы и пыли от устройства предварительного обмолота зерна, установленного в проставке 2 (см. рисунок 4.13), по трубопроводу 3, под влиянием разрежения воздуха, создаваемого вентилятором 5, поступает в циклон 4, а далее – в отдельный бункер.

Данная конструкция устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы с вакуумным транспортером зерна обеспечивает снижение травмирования зерна на 20-28% по сравнению с механиче-

ским. Кроме того, вся внутренняя поверхность трубопровода, с которой контактирует зерно в процессе его перемещения, изготовлена из резины. Это также снижает повреждение зерна при ударах о стенки.



1 – жатка, 2 - модернизированная проставка, 3 – трубопровод,  
4 – циклон, 5 – вентилятор

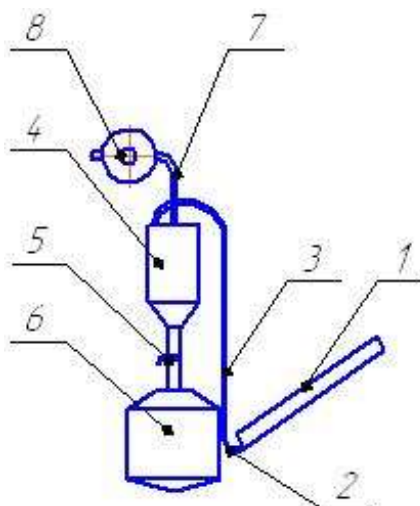
Рисунок 4.13 – Схема зерноуборочного комбайна с усовершенствованной конструкцией устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерно-соломистой массы

В экспериментальном образце был установлен трубопровод транспортировки зерна диаметром 0,1м, применялся электродвигатель привода вентилятора мощностью 2,5 кВт.

Однако технические характеристики предложенного транспортера зерна требуют оптимизации. Критериями оптимизации выбраны степень травмирования и высота подъема зерна.

Предварительные экспериментальные исследования показали, что вакуумный транспортер с данными характеристиками поднимает зерно на высоту более 3-х метров, что достаточно для конструкции современного зерноуборочного комбайна.

Система подачи зерна из зерносорника комбайна в его отдельный бункер предложена в работах [186, 214] и показана на рисунке 4.14.



- 1 - скатная доска; 2 - зерносорбник; 3 – трубопровод; 4 – циклон;  
 5 – заслонка; 6 – бункер для минимально травмированного зерна;  
 7 – трубопровод; 8 – вентилятор

Рисунок 4.14 – Система подачи зерна из зерносорбника комбайна в его отдельный бункер

Обмолоченное устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы зерно самотеком по скатной доске 1 поступает в зерносорбник 2. Из зерносорбника 2 оно подается по трубопроводу 3 с помощью вентилятора 8 в циклон 4. В циклоне 4 за счет центробежных сил, действующих на зерно, происходит его очистка от пыли и легких примесей.

Из циклона 4 зерно падает вниз и накапливается на заслонке 5, после открытия которой оно перемещается в отдельный бункер 6 комбайна. При открытии заслонки 5 автоматически отключается вентилятор 8.

Пыль и легкие примеси, отделенные от зерна, перемещаются воздушным потоком, созданным вентилятором 8, по трубопроводу 7 и выбрасываются наружу.

Для максимального отделения от зерна пыли и легких примесей рекомендуется следующее отношение диаметра циклона  $d_{\text{цикл.}}$  к диаметру трубопровода  $d_{\text{трубы}}$  :

$$d_{\text{цикл.}} / d_{\text{трубы}} \leq 5. \quad (4.46)$$

Для данного соотношения  $d_{\text{цикл.}}$  к  $d_{\text{трубы}}$  отделение пыли и легких примесей от зерна достигает 90%.

Множество существующих методов расчета пневматических транспортеров и циклонов, которые используются соответственно для транспортировки и очистки зерна сложны для практического применения. Поэтому мы предложили упрощенную методику расчета некоторых элементов схемы пневмотранспортера зерна.

На движущиеся частицы при вертикальном перемещении их по трубопроводу действуют три силы:  $G$  – сила тяжести,  $F$  – центробежная,  $Q$  – аэродинамическая [102].

Спроецируем эти силы на оси координат:

$$X: F \sin \alpha = 0, \quad (4.47)$$

$$Y: Q - G + F \cos \alpha = 0, \quad (4.48)$$

где  $\alpha$  – угол отклонения силы  $F$  от от силы  $Q$ , град.

Учитывая выражения (4.47) и (4.48) получим выражение аэродинамической силы зерна, которая является движущей:

$$Q = G - F \cos \alpha. \quad (4.49)$$

Вертикальная скорость зерна  $v_p$  (м/с) в транспортере равна [15]:

$$v_p = v - v_{KP}, \quad (4.50)$$

где  $v$  – скорость воздушного потока, м/с;

$v_{KP}$  – скорость витания (критическая), м/с.

Полный напор  $p_H$  в вертикальной части пневмотранспортера равен [122]:

$$p_H = p_D + p_C, \quad (4.51)$$

где  $p_D$  – динамический или скоростной напор, Па;

$p_C$  – скоростной напор, Па.

Из равенства кинетической энергии смеси зерна, примесей и воздуха:



$$E = \frac{m_{\Gamma} \cdot v_p^2}{2} + \frac{m_{\epsilon} \cdot v}{2} \quad (4.52)$$

и работы воздушного потока:

$$W = p_{\text{Д}} \cdot S \cdot v, \quad (4.53)$$

где  $m_{\Gamma}, m_{\epsilon}$  – соответственно масса смеси зерна с примесями, т.е. перемещаемого груза, и воздуха, кг,

$S$  – площадь сечения трубопровода, м<sup>2</sup>.

определим динамический напор  $p_{\text{Д}}$ .

Учитывая, что

$$m_{\Gamma} = \rho_{\epsilon} V \quad \text{и} \quad m_{\epsilon} = \rho_{\epsilon} V, \quad (4.54)$$

где  $\rho_{\epsilon}$  – плотность груза, кг/м<sup>3</sup>,

$\rho_{\epsilon}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup> и

$V$  – объем погонного метра трубопровода, м<sup>3</sup>,

а также коэффициент массовой концентрации смеси

$$k_m = \frac{m_{\epsilon}}{m_{\Gamma}}, \quad (4.55)$$

получим зависимость для определения динамического напора:

$$p_{\text{Д}} = 0,5 \rho_{\text{В}} \left( v + k_m \frac{v_p^2}{v} \right). \quad (4.56)$$

Статический напор  $p_{\text{С}}$  можно представить в виде суммы трех составляющих:

$$p_{\text{С}} = p_{\text{T}} + p_{\text{М}} + p_{\text{П}}, \quad (4.57)$$

где  $p_{\text{T}}$  – потери давления на трение перемещаемого груза по трубопроводу

$$p_{\text{T}} = p'_{\text{T}} (1 + k_c k_m), \quad (4.58)$$

здесь  $p'_T$  – потери давления на трение при движении воздуха по трубам, Па,

$k_C$  – коэффициент, зависящий от концентрации смеси, физико-механических свойств и скорости перемещаемого груза;

$P_M$  – сумма местных сопротивлений:

$$P_M = 0,5k_\xi \cdot \rho_B \cdot v^2, \quad (4.59)$$

здесь  $k_\xi$  – коэффициент местного сопротивления;

$P_\Pi$  – потери давления при подъеме груза на высоту  $h$ :

$$P_\Pi = k_m \cdot g \cdot \rho_B \cdot h_{\text{под}}, \quad (4.60)$$

здесь  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение или тяжести.

В этом случае, формулу для расчета полного напора можно представить в виде:

$$P_H = P_D + P_T + P_M + P_\Pi. \quad (4.61)$$

Рассчитав  $P_H$ , а также  $v_p$  в вертикальной части транспортера по формуле (4.50) и площадь  $S$  для принятого диаметра предварительно определим объемный расход воздуха  $q_{OPB}$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ):

$$q_{OPB} = v_p S, \quad (4.62)$$

а затем и мощность двигателя  $N_\Pi$ , (Вт), необходимую для привода вентилятора системы транспортировки зерна:

$$N_\Pi = \frac{q_{OPB} \cdot P_H}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3}, \quad (4.63)$$

где  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$  – соответственно к.п.д. вентилятора, подшипников и передачи.

Для транспортировки зерна из зерноборника в отдельный бункер зерноуборочного комбайна с одновременной очисткой его в циклоне при расче-

те мощности двигателя рекомендуется принимать следующие исходные данные: высота, на которую поднимается зерно до 4 м, влажность зерна от 8% до 16 %, подача зерна по воздуховоду до 10 кг/с, диаметр воздуховода от 0,1 м до 0,15 м, скорость в выхлопной трубе циклона до 6 м/с.

Сравнение различных существующих схем транспортировки зерна из зерносорника в отдельный бункер зерноуборочного комбайна [213] показало, что применение предложенной схемы пневматической системы транспортировки зерна предпочтительнее других.

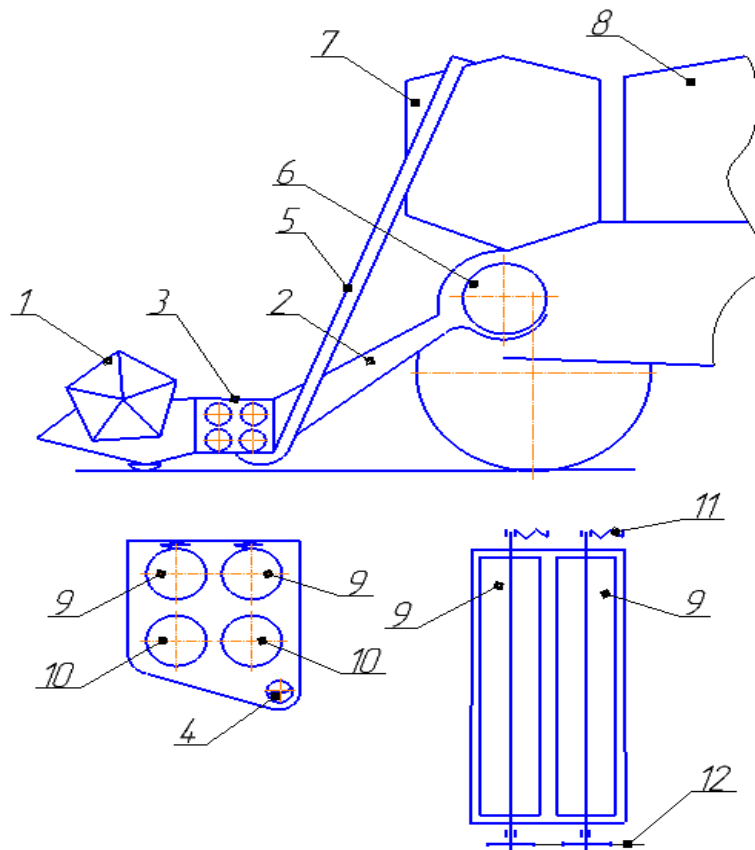
Таким образом, применение пневматической системы транспортировки зерна от устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы позволит снизить дробление и травмирование зерна.

#### **4.6 Конструкция устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного между жаткой и наклонной камерой зерноуборочного комбайна, и оптимизация его геометрических и кинематических параметров**

Нами предложена конструкция зерноуборочного комбайна [180], оборудованного устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, которое установлено между жаткой и наклонной камерой. Применительно к зерноуборочному комбайну РСМ-10Б «Дон-1500Б» - вместо проставки.

Устройство зерноуборочного комбайна показано на рисунке 4.15.

Основное отличие предложенной конструкции зерноуборочного комбайна от конструкции серийного – наличие устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, размещенного между жаткой и наклонной камерой, и отдельного бункера для вымолоченного зерна. Данное устройство выполнено в виде вальцов, которые расположены в корпусе устройства в два яруса.



1 – жатка, 2 – наклонная камера, 3 – устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, 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 4.15 - Схема зерноуборочного комбайна с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы



Рисунок 4.16 - Устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы

Каждый валец верхнего яруса подпружинен. Зазор между вальцами верхнего и нижнего ярусов регулируется с помощью специального механизма. Привод валцов обеспечивает вращение пары валцов нижнего и верхнего ярусов навстречу друг другу.

Отличие работы предложенного комбайна от серийного в следующем. Стебли растений, срезанные режущим аппаратом жатки, подаются в межвальцовое пространство устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы потоком заданной межвальцовым зазором толщины.

Из ряда научных работ [84, 138, 148, 150, 248, 249, 321 и др.] следует, что качество обмолота зерновых культур и степень вымолота зерна из колосьев определяется в значительной степени молотильным зазором и толщиной потока зерносоломистой массы, поступающей на обмолот.

Наши исследования показали об изменчивости толщины потока зерносоломистой массы, перемещающегося в устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

С целью определения минимальной и максимальной толщины потока зерносоломистой массы, рассмотрим процесс перемещения его в межвальцовом пространстве устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Зерносоломистая масса сначала захватывается планками валцов первого ряда, затем перемещается по траектории, которая отличается от траектории образующих планок верхнего и нижнего валцов первого ряда (рис. 4.17), в связи с наличием упругости стеблей обмолачиваемой зерновой культуры.

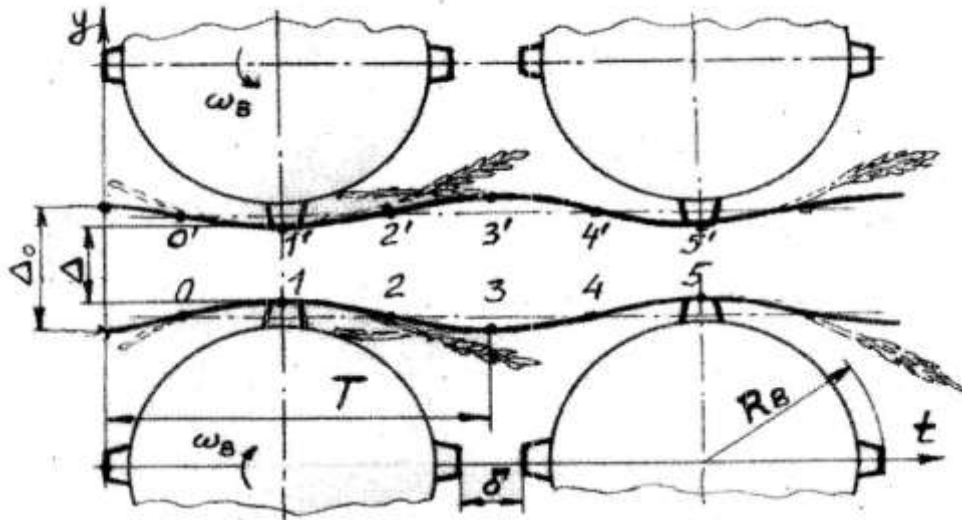


Рисунок 4.17 – Траектория движения стеблей обмолачиваемой зерновой культуры

Наблюдения за процессом обмолота зерновых культур в устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы позволили сделать допущение о том, что траектория движения стеблей обмолачиваемой зерновой культуры, находящихся в нижних слоях, близка к синусоиде:

$$y_1 = A \sin \omega t, \quad (4.64)$$

где  $A$  и  $\omega$  – соответственно амплитуда и круговая частота колебаний, а в верхних слоях:

$$y_2 = A \sin(\omega t + \varphi), \quad (4.65)$$

где  $\varphi \in [0; 2\pi]$  – начальная фаза колебаний.

Круговая частота  $\omega$  и период колебаний  $T$  стеблей обмолачиваемой зерновой культуры определяли по известным формулам:

$$\omega = 2\pi/T, \quad T = S_M/v_M, \quad (4.66)$$

где  $S_M$  – путь зерносоломистой массы в устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы за период  $T$ ;

$v_M$  – скорость перемещения зерносоломистой массы в устройстве частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

Путь зерносомистой массы при обмолоте равен расстоянию между планками верхних (или нижних) валцов радиуса  $R_v$  первого и второго рядов:

$$S_m = 2R_v + \Delta, \quad (4.67)$$

где  $\Delta$  - минимальный зазор между планками валцов первого и второго рядов.

Скорость перемещения зерносомистой массы в устройстве частично-го вымолота зерна из скошенной зерносомистой массы  $v_m$  выбиралась из условия неразрывности потока: от проставки до выхода из наклонной камеры в молотильно-сепарирующее устройство комбайна. Исходя из данного положения и зная скорость транспортера наклонной камеры (для комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б»  $v_{тр}=3,2$  м/с), примем, что  $v_m = v_{тр}$ .

Минимальный зазор  $\Delta$  между планками валцов первого и второго рядов выбираем исходя из следующих условий:

- колосья обмолачиваемой зерновой культуры должны захватываться планками валцов второго ряда;
- свободное прохождение наиболее крупных вымолоченных зерен в зазор.

Зерноуборочные комбайны, как известно, используются не только на уборке зерновых колосовых, но и зернобобовых культур, таких как нут, горох, размеры зерна которых существенно больше размеров зерна, например, пшеницы. С учетом максимально возможного диаметра зерен для современных сортов зернобобовых культур, принят зазор  $\Delta = 0,009$  м.

Расчеты показали, что период  $T = 0,0528$  с, частота  $\omega = 118,9$  с<sup>-1</sup> и начальная фаза колебаний  $\varphi = \pi$ .

Амплитуда колебаний потока зерносомистой массы определялась по геометрическим построениям, представленных на рисунке 4.17. При  $t = 0$ ,

$T/2 = 0,0264$  с и  $T = 0,0528$  с  $A = 0$ ; при  $T/4 = 0,0132$  с и  $5T/4 = 0,066$  с  $A = 0,006$ м; при  $3T/4 = 0,0435$  с  $A = - 0,006$ м.

Учитывая формулы (4.64) и (4.65) и рисунок 4.17, можно представить изменение толщины потока зерносоломистой массы в молотильно-сепарирующем устройстве в виде зависимости:

$$\Delta(t) = A\sin\omega t + A\sin(\omega t + \varphi) + \Delta + 2A. \quad (4.68)$$

Поскольку  $\Delta(t) = \Delta(1 + \kappa(t))$  (здесь  $\kappa(t)$  – коэффициент, определяемый опытным путем при перемещении потока зерносоломистой массы в молотильно-сепарирующем устройстве) и учитывая зависимость (4.68), получим

$$\kappa(t) = \frac{A[2 + \sin\omega t + \sin(\omega t + \varphi)]}{\Delta}. \quad (4.69)$$

Расчеты по зависимостям (4.68) и (4.69) при оптимальном  $\Delta = 0,045$  м представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Расчетные значения  $\kappa(t)$  и  $\Delta(t)$

Сечение потока зерно- соломистой массы	$\kappa(t)$ , м	$\Delta(t)$ , м
0 – 0'	0,267	0,057
1 – 1'	0	0,045
2 – 2'	0,267	0,057
3 – 3'	0,533	0,069
4 – 4'	0,267	0,057
5 – 5'	0	0,045

Из данных, представленных в таблице 4.8, следует, что толщина потока зерносоломистой массы при перемещении его в молотильно-сепарирующем устройстве является переменной величиной. Происходит колебание потока.

Таким образом, поток зерносоломистой массы деформируясь, колеблется в межвальцовом пространстве и перемещается вальцами, при этом подпружиненные вальцы верхнего яруса вибрируют. В результате такого воздействия вальцов на зерносоломистую массу нарушается механическая



связь зерна с колосом. Происходит выделение из колоса некоторой доли зерна, которое сепарируясь через стеблевую решетку и решето устройства, поступает к шнеку и затем с помощью элеватора – отдельный бункер сбора минимально травмированного зерна. Такое зерно особенно ценно для использования в качестве семян [61, 83, 87, 100, 120, 131, 167, 217, 233, 234].

В исследуемом устройстве по патенту РФ № 2202165 [180] все вальцы обоих рядов были активными. Использование устройства со всеми активными вальцами связано с тем, что по экспериментальным результатам установлено: вымолот зерна устройством с односторонним воздействием на зерно-соломистую массу и со стальными планками на вальцах не превышал 18%, а с планками из резинотканевого материала – 12%; при этом допустимый уровень вымолота зерна наблюдался лишь со стороны активных вальцов.

Кроме того, при влажности зерно-соломистой массы 22% и выше происходило забивания пространства между вальцами устройства. Нарушался процесс обмолота. При использовании устройства со всеми активными вальцами вымолот зерна наблюдался не только с поверхностной части зерно-соломистой массы, но и со средней. Зерно-соломистая масса подвергалась неоднократным ударам планками вальцов по колосьям, а также протаскиванию хлебной массы в межвальцовом зазоре и сжатию. Доля вымолоченного зерна увеличивалась.

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

Наименования факторов, их уровни и интервалы варьирования приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Факторы, их уровни и интервалы варьирования

Факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	0	-1	1	
X <sub>1</sub> – количество планок на вальце, шт	4	2	6	2
X <sub>2</sub> – угол наклона планки относительно продольной оси вальца, град	0	-30	+30	30
X <sub>3</sub> – молотильный зазор, мм	45	35	55	10
X <sub>4</sub> – частота вращения ведущего вальца первого ряда, мин <sup>-1</sup>	261	131	391	130

Методика и условия исследования устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленного по патенту РФ № 2202165 [180], аналогичны представленным выше для комбайна, оборудованного устройством по патенту РФ №2382542 [181].

Все дальнейшие экспериментальные исследования устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы выполнялись с целью оптимизации его геометрических и кинематических параметров.

Исследования области оптимума параметров осуществлялись путем реализации плана Рехтшафнера четырехфакторного эксперимента. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблицах 4.10 и 4.11.

По результатам экспериментальных исследований по методике [62] рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии  $B_0$ ,  $B_i$ ,  $B_{ij}$  и  $B_{ii}$ :

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 . \quad (4.70)$$

Таблица 4.10 - Результаты экспериментальных исследований  
дробления зерна

№ п/п	Дробление, %						Среднее значение
	Этап исследования №1			Этап исследования №2			
	1	2	3	1	2	3	
1	1,182	1,255	1,170	1,301	1,218	1,212	1,223
2	1,428	1,395	1,501	1,435	1,428	1,429	1,436
3	1,867	1,848	1,852	1,837	1,854	1,842	1,850
4	2,334	2,298	2,342	2,320	2,406	2,334	2,339
5	0,824	0,773	1,102	1,012	0,796	0,893	0,900
6	1,255	1,212	1,186	1,218	1,245	1,198	1,219
7	1,008	1,109	0,818	0,795	0,868	0,826	0,904
8	2,571	2,515	2,421	2,335	2,354	2,438	2,439
9	0,844	0,858	0,831	0,872	0,863	0,844	0,852
10	1,778	1,849	1,811	1,824	1,784	1,796	1,807
11	1,511	1,326	1,436	1,428	1,486	1,429	1,436
12	1,083	1,224	1,106	1,087	1,114	1,106	1,120
13	1,121	1,056	1,093	1,163	1,005	0,982	1,070
14	0,684	0,691	0,984	0,694	0,687	0,766	0,751
15	1,338	1,525	1,425	1,432	1,512	1,354	1,431

Таблица 4.11 - Результаты экспериментальных исследований вымолота зерна

№ п/п	Вымолот, %						Среднее значение
	Этап исследования №1			Этап исследования №2			
	1	2	3	1	2	3	
1	26,8	29,0	27,3	25,2	28,6	26,9	27,3
2	24,2	23,8	26,7	23,4	25,2	26,7	25,0
3	38,5	34,6	34,3	38,0	35,3	32,9	35,6
4	40,3	44,7	41,6	45,5	40,4	39,5	42,0
5	36,1	34,2	31,8	35,2	35,5	34,2	34,5
6	37,1	38,3	39,8	34,1	36,6	37,3	37,2
7	31,2	36,8	32,2	33,8	32,6	35,0	33,6
8	42,6	40,3	36,9	39,5	39,8	38,5	39,6
9	29,9	28,0	32,6	32,6	29,5	26,8	29,9
10	38,1	35,9	36,3	36,7	35,4	33,6	36,0
11	27,5	25,9	28,6	24,2	29,7	26,7	27,1
12	31,2	37,6	35,0	36,7	31,4	35,1	34,5
13	19,3	19,8	19,1	22,4	25,3	20,7	21,1
14	27,9	27,1	28,1	31,6	29,4	29,9	29,0
15	30,6	27,1	28,3	26,2	30,4	25,4	28,0

Используя критерий Стьюдента, оценивалась значимость коэффициентов уравнения (4.70). Все незначимые коэффициенты уравнения (4.70) удалялись, и осуществлялся еще раз расчет коэффициентов регрессионного уравнения. В результате получены уравнения регрессии в кодированном виде:

$$D = 0,8595 + 0,1395x_1 - 0,0315x_2 - 0,2030x_3 + 0,419x_4 + 0,0055x_1x_2 - 0,024x_1x_3 + 0,097x_1x_4 + 0,0305x_2x_3 + 0,0065x_2x_4 - 0,037x_3x_4 + 0,121x_1^2 + 0,242x_2^2 + 0,0945x_3^2 + 0,152x_4^2 \quad (4.71)$$

$$B = 25,658 + 22,850x_1 + 1,025x_2 - 2,100x_3 + 0,9250x_4 - 0,200x_1x_2 + 0,425x_1x_3 + 0,775x_1x_4 - 1,325x_2x_3 - 0,950x_2x_4 - 1,65x_3x_4 + 5,992x_1^2 - 5,583x_2^2 + 5,442x_3^2 + 1,417x_4^2 \quad (4.72)$$

Адекватность математических моделей проверялась по критерию Фишера.

По программе, разработанной авторами работы [62], определены оптимальные значения выбранных для исследования факторов (см. табл.4.12).

Таблица 4.12 - 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 вальце, шт.	-0,336	3	-0,277	3
$X_2$ – угол наклона планки относительно продольной оси вальца, град.	-0,081	-2	0,135	4
$X_3$ – молотильный зазор, мм	0,829	53	0,144	46
$X_4$ – частота вращения ведущего вальца первой пары, мин <sup>-1</sup>	-1,244	99	-0,327	218

Используя ЭВМ, 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, имеют вид:

$$Y_d - 0,581 = 0,115X_1^2 + 0,257X_2^2 + 0,074X_3^2 + 0,164X_4^2, \quad (4.73)$$

$$Y_B - 25,285 = 6,246X_1^2 - 5,627X_2^2 + 5,448X_3^2 + 1,201X_4^2. \quad (4.74)$$

Так как все коэффициенты при квадратичных членах уравнения регрессии дробления зерна положительны, а при квадратичных членах уравнения регрессии вымолота зерна отрицательны, то поверхности откликов дробления и вымолота зерна есть четырехмерные параболоиды, координаты центров поверхностей которых находятся в оптимальных значениях изучаемых факторов.

При определении оптимальных геометрических и кинематических параметров исследуемого устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы была решена компромиссная задача с использованием двумерных сечений, представленных на рисунках 4.18 – 4.23.

За основной критерий оптимизации принято изменение дробления зерна, а за дополнительный – вымолот зерна.

При этом была решена компромиссная задача, в результате чего определены значения факторов, при которых дробление зерна будет минимальным при заданном уровне вымолота наиболее ценного зерна.

При изучении поверхности отклика, построенного по уравнениям (4.71) и (4.72) относительно количества планок ( $x_1$ ) и наклона планок относительно продольной оси вальца ( $x_2$ ) другие факторы устанавливались на уровнях, соответствующими оптимальным значениям по основному критерию оптимизации:  $x_3=0,829$  и  $x_4=-1,244$ .

Результаты расчетов представлены в приложении Ж1 и Ж2 и на рисунке 4.18.

Из рассмотрения двумерного сечения следует, что поверхности откликов имеют общую зону оптимума. Рекомендуются следующие значения факторов:  $x_1 = -0,2 \dots +0,2$  и  $x_2 = -0,1 \dots +0,1$ .

При изучении поверхности отклика, построенного по уравнениям (4.71) и (4.72) относительно количества планок ( $x_1$ ) и молотильного зазора ( $x_3$ ) другие факторы устанавливались на уровнях, соответствующими оптимальным значениям по основному критерию оптимизации:  $x_2=-0,081$  и  $x_4=-1,244$ .

Результаты расчетов представлены в приложении Ж3 и Ж4 и на рисунке 4.19.

Из рассмотрения двумерного сечения следует, что поверхности откликов имеют общую зону оптимума. Рекомендуются следующие значения факторов:  $x_1 = -0,1 \dots +0,1$  и  $x_3 = +0,7 \dots +1,0$ .

При изучении поверхности отклика, построенного по уравнениям (4.71) и (4.72) относительно количества планок ( $x_1$ ) и частоты вращения ведущего вальца первой пары ( $x_4$ ) другие факторы устанавливались на уровнях, соответствующими оптимальным значениям по основному критерию оптимизации:  $x_2 = -0,081$  и  $x_3 = 0,829$ .

Результаты расчетов представлены в приложении Ж5 и Ж6 и на рисунке 4.20.

Из рассмотрения двумерного сечения следует, что поверхности откликов имеют общую зону оптимума. Рекомендуются следующие значения факторов:  $x_1 = -0,1 \dots +0,2$  и  $x_4 = -1,2 \dots -1,4$ .

При изучении поверхности отклика, построенного по уравнениям (4.71) и (4.72) относительно угла наклона планки к продольной оси вальца ( $x_2$ ) и молотильного зазора ( $x_3$ ) другие факторы устанавливались на уровнях, соответствующими оптимальным значениям по основному критерию оптимизации:  $x_1 = -0,336$  и  $x_4 = -1,244$ .

Результаты расчетов представлены в приложении Ж7 и Ж8 и на рисунке 4.21.

Из рассмотрения двумерного сечения следует, что поверхности откликов имеют общую зону оптимума. Рекомендуются следующие значения факторов:  $x_2 = -0,1 \dots +0,2$  и  $x_3 = +0,5 \dots 1,0$ .

При изучении поверхности отклика, построенного по уравнениям (4.71) и (4.72) относительно угла наклона планки к продольной оси вальца ( $x_2$ ) и частоты вращения ведущего вальца первой пары ( $x_4$ ) другие факторы устанавливались на уровнях, соответствующими оптимальным значениям по основному критерию оптимизации:  $x_1 = -0,336$  и  $x_3 = -0,829$ .

Результаты расчетов представлены в приложении Ж9 и Ж10 и на рисунке 4.22.

Из рассмотрения двумерного сечения следует, что поверхности откликов имеют общую зону оптимума. Рекомендуются следующие значения факторов:  $x_2 = -0,1 \dots +0,1$  и  $x_4 = -0,9 \dots -1,4$ .

При изучении поверхности отклика, построенного по уравнениям (4.71) и (4.72) относительно молотильного зазора ( $x_3$ ) и частоты вращения ведущего вальца первой пары ( $x_4$ ) другие факторы устанавливались на уровнях, соответствующими оптимальным значениям по основному критерию оптимизации:  $x_1 = -0,336$  и  $x_2 = -0,081$ .

Результаты расчетов представлены в приложении Ж11 и Ж12 и на рисунке 4.23.

Из рассмотрения двумерного сечения следует, что поверхности откликов имеют общую зону оптимума. Рекомендуются следующие значения факторов:  $x_3 = +0,5 \dots +1,0$  и  $x_4 = -1,1 \dots -1,4$ .

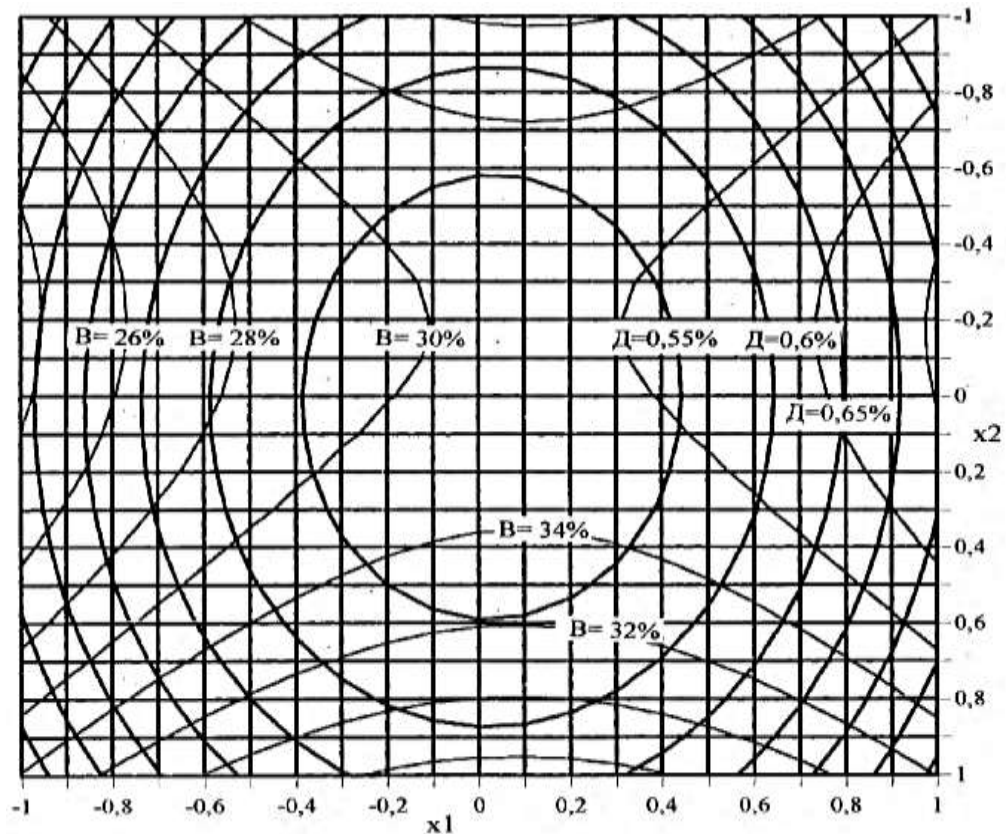


Рисунок 4.18 - Двумерное сечение при исследовании влияния факторов  $x_1$  и  $x_2$  на дробление зерна



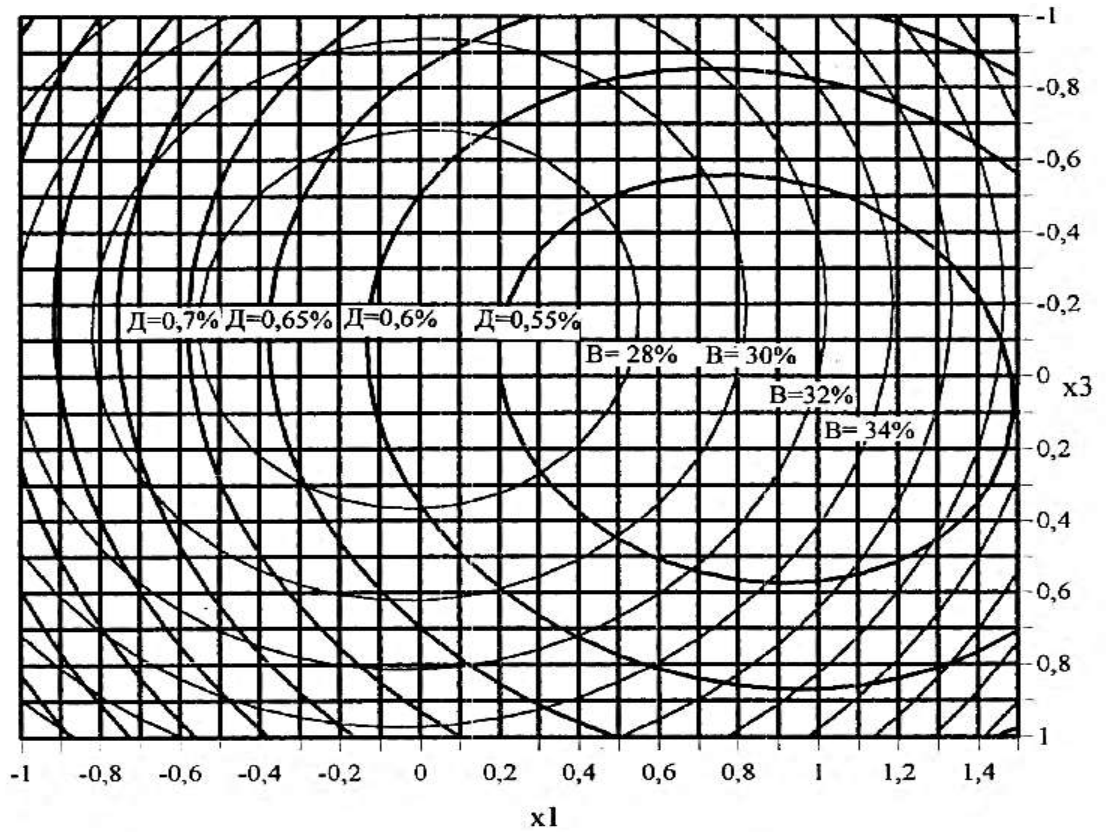


Рисунок 4.19 - Двумерное сечение при исследовании влияния факторов  $x_1$  и  $x_3$  на дробление зерна

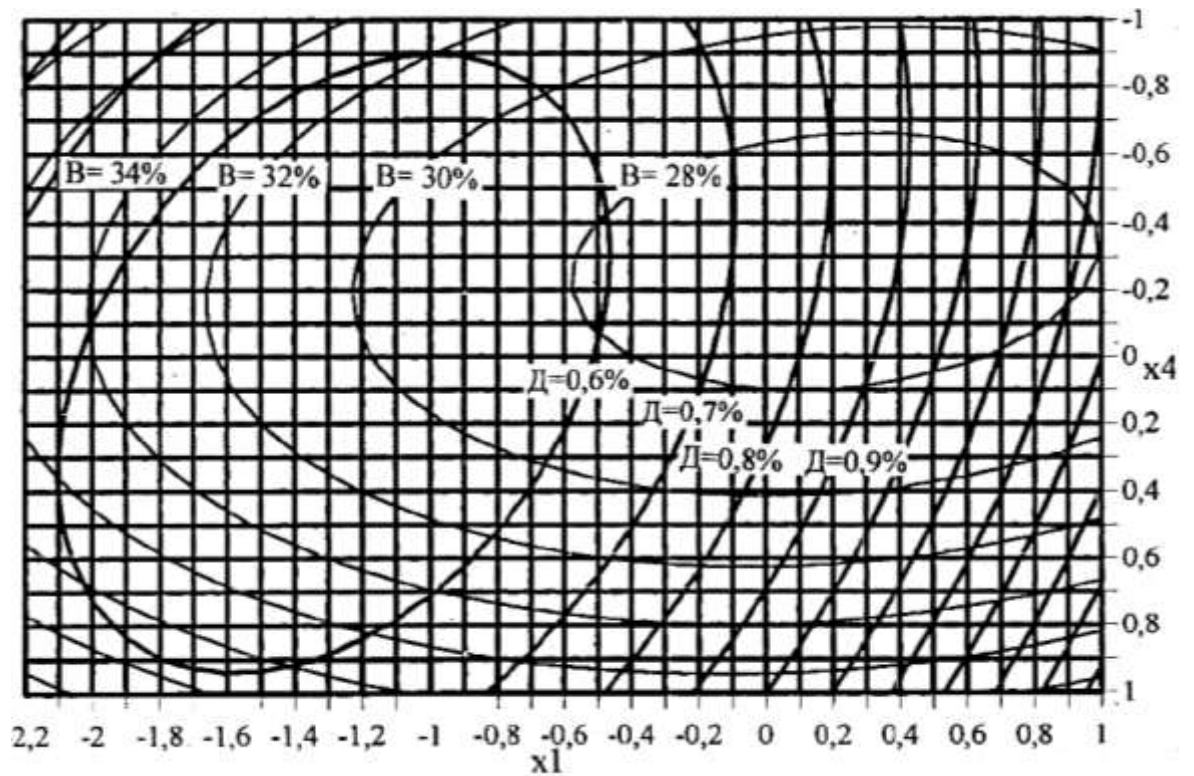


Рисунок 4.20 - Двумерное сечение при исследовании влияния факторов  $x_1$  и  $x_4$  на дробление зерна

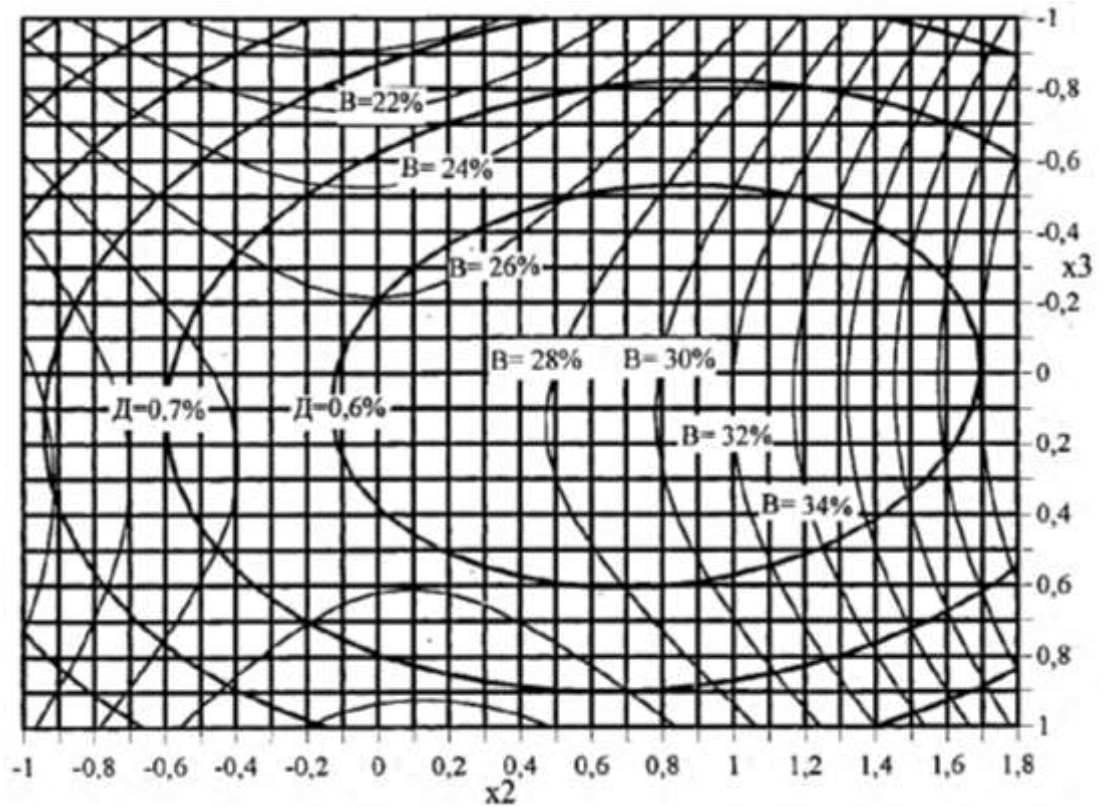


Рисунок 4.21 - Двумерное сечение при исследовании влияния факторов  $x_2$  и  $x_3$  на дробление зерна

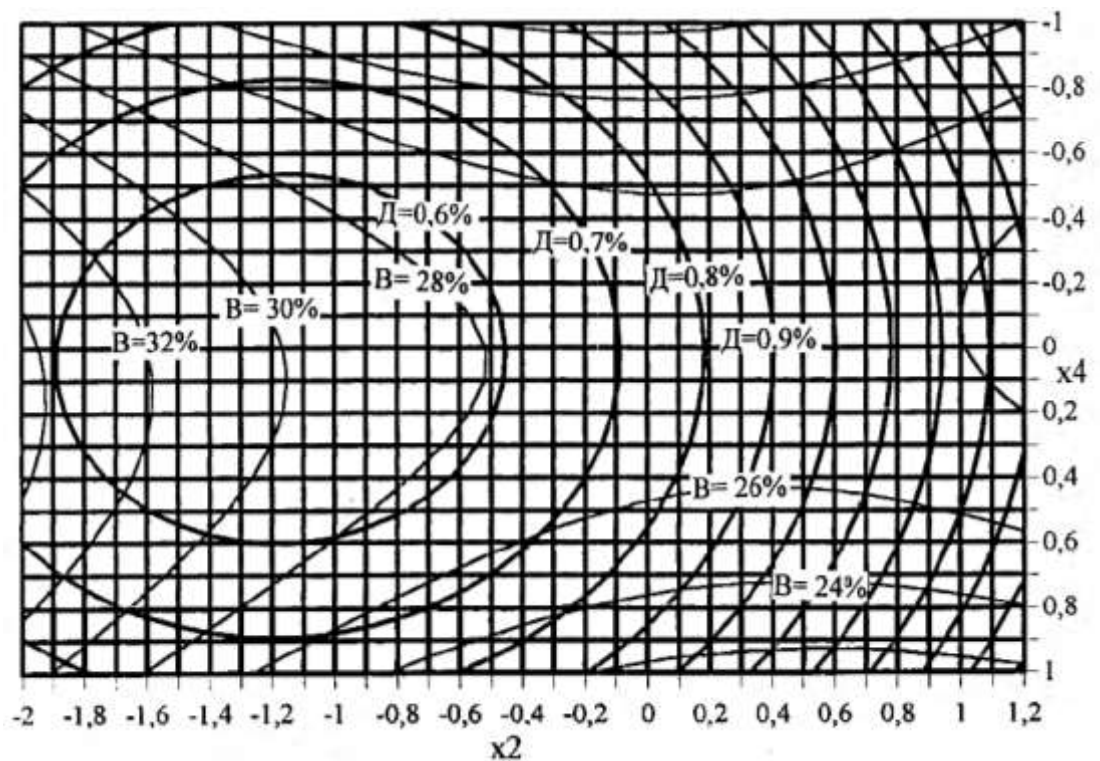


Рисунок 4.22 - Двумерное сечение при исследовании влияния факторов  $x_2$  и  $x_4$  на дробление зерна

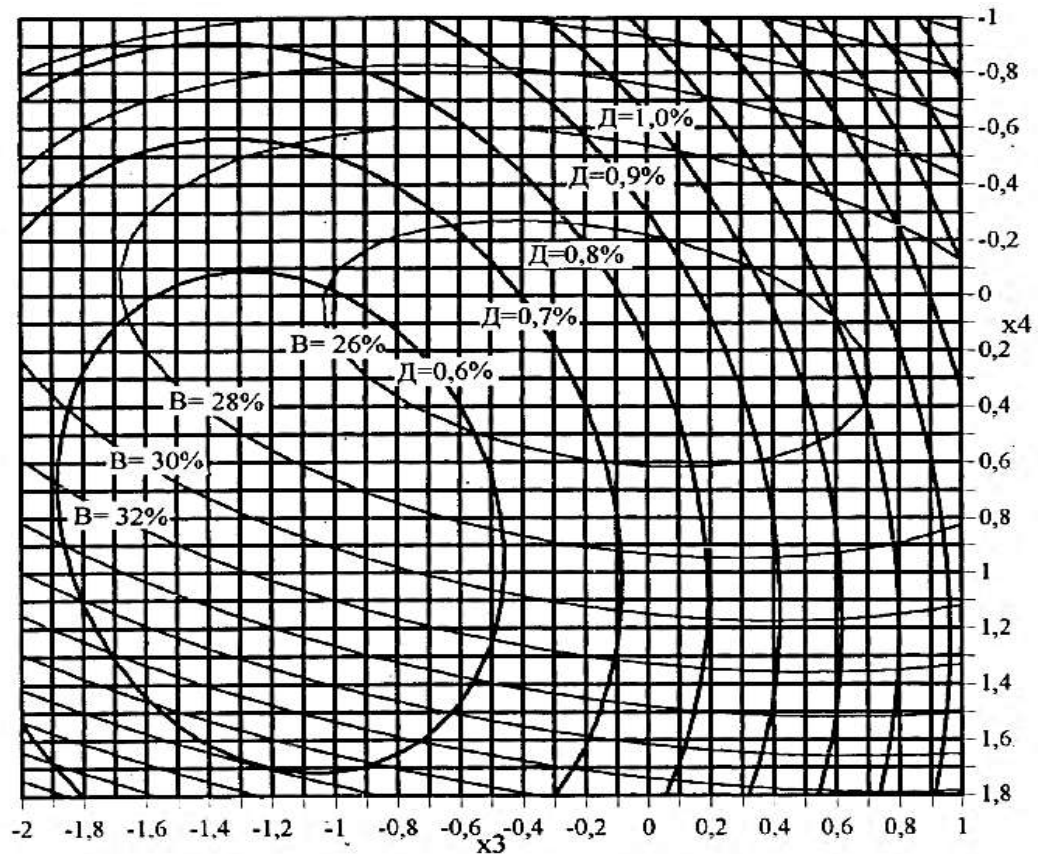


Рисунок 4.23 - Двумерное сечение при исследовании влияния факторов  $x_3$  и  $x_4$  на дробление зерна

Таким образом, для обеспечения отбора в отдельный бункер зерноуборочного комбайна с низким уровнем дробления зерна зерновых культур устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы должно иметь следующие оптимальные значения факторов в кодированном виде:  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ ,  $x_3 = + 0,8$  и  $x_4 = -1,3$  или в раскодированном виде  $x_1 = 4$  шт.,  $x_2 = 0^\circ \pm 5^\circ$ ,  $x_3 = 35 \pm 5$  мм и  $x_4 = 260 \pm 50$  мин<sup>-1</sup>.

#### 4.7 Результаты сравнительных экспериментальных исследований зерноуборочных комбайнов с устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы

Экспериментальные исследования двух вариантов зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, проводились в лабораторных и полевых

условиях. В процессе исследований оценивался процент вымолоченного зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы от общего намолота и повреждения зерна рабочими органами данного устройства.

Основываясь на научных работах, выполненных нами и другими учеными ранее, а также используя теоретические предпосылки [206], разработан зерноуборочный комбайн с двумя вариантами конструкции устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы соответственно по патентам РФ №2202165 [180] (рис. 4.15) и №2382542 [181] (рис.4.2).

Изучение процесса вымолота и повреждения зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы осуществлялось после оптимизации геометрических и кинематических параметров, при этом устройство по патенту РФ № 2202165 [180] было выполнено в двух вариантах: с планками на вальцах, изготовленных из стали и из резинотканевого материала.

Вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы определялся при изменении солоmistости  $\beta$  и толщины слоя  $\Delta$  зерно-соломистой массы, подаваемый на обмолот. Оба фактора формировались искусственно.

Расчет вымолота зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы определялась по формуле:

$$B = \frac{m_d}{m_o + m_d} 100\%, \quad (4.75)$$

где  $m_o$  и  $m_d$  – соответственно масса зерна в основном и отдельном бункерах после прохода комбайна контрольного участка (25 м). Коэффициент солоmistости рассчитывался по выражению

$$\beta = \frac{m_c}{m_z + m_c}, \quad (4.76)$$

где  $m_c$  - масса солоmistой части растений,  $m_z$  - масса зерна.

В процессе экспериментов  $\beta$  принимался, равным 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6.

Толщины слоя  $\Delta$  зерносоромистой массы, подаваемый на обмолот в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоромистой массы принималась 0,030; 0,045; 0,060 и 0,075 м.

В период 2009 – 2011 г.г. проведены исследования новой конструкции устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоромистой массы, оборудованного планками из резинотканевого материала (патент РФ №2382542 [181]) и в 2017 г. – исследования усовершенствованной конструкции устройства, изготовленной с учетом технического решения по патенту РФ № 2601226 [187].

Все полевые исследования устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоромистой массы проводились на полях ИП «Глава КФХ Березин Ю.И.» Михайловского района Волгоградской области.

Результаты оценки вымолота зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоромистой массы по патенту РФ № 2202165 от толщины зерносоромистой массы, поступающей на обмолот, показаны на рисунках 4.24 и 4.25.

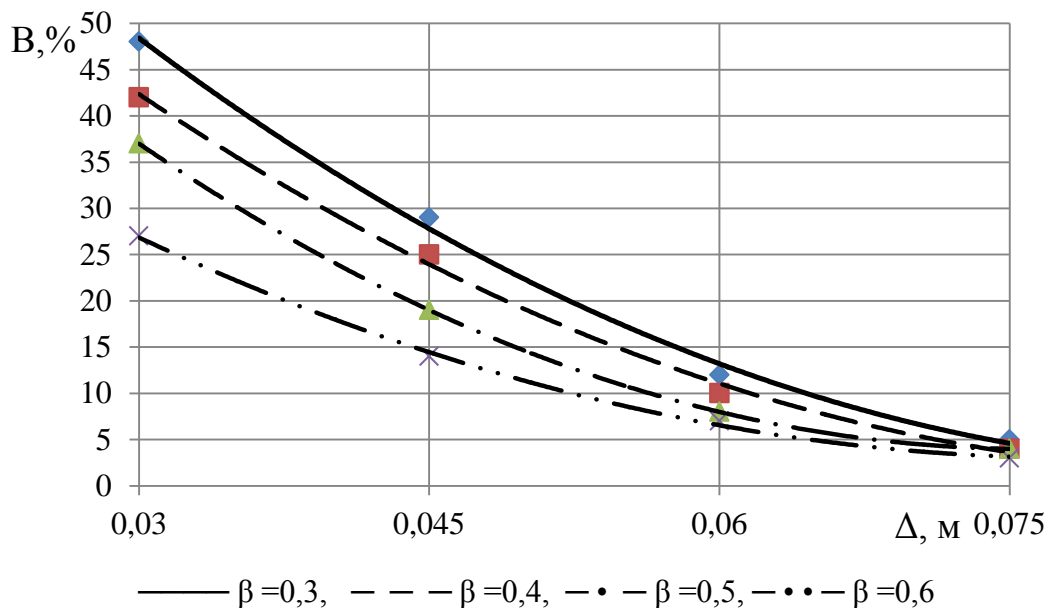


Рисунок 4.24 – Вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоромистой массы со стальными планками на вальцах

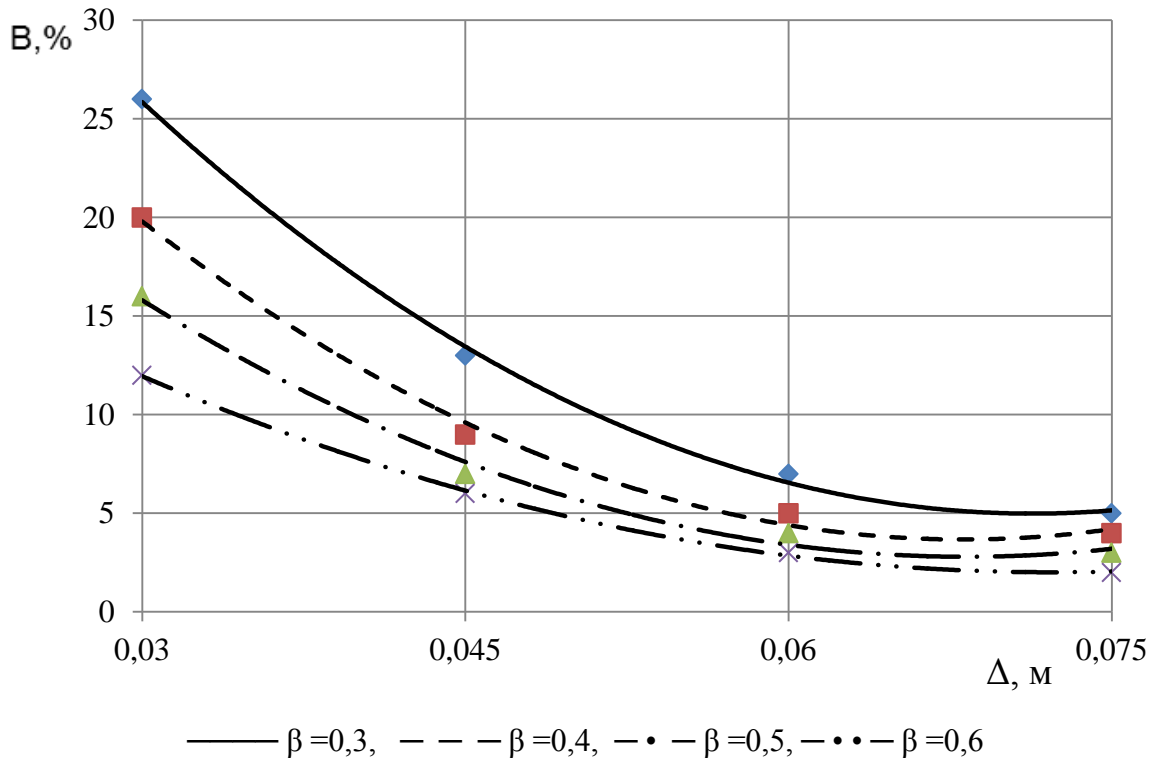


Рисунок 4.25 – Вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы с резиноканевыми планками на вальцах

Определен также вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы с резиноканевыми планками на вальцах в зависимости от влажности и подачи на обмолот зерносоломистой массы (рис. 4.26), дробление (рис. 4.27), маротравмирование (рис. 4.28) и микротравмирование (рис.4.29) зерна от его влажности.

Подача зерносоломистой массы в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы на обмолот в процессе экспериментальных исследования формировалась искусственно путем создания валька определенной толщины и ширины и скоростью движения зерноуборочного комбайна. При этом масса одного погонного метра валька составляла 3 и 4 кг. Скорость движения зерноуборочного комбайна принималась равной 1,0; 1,5 и 2,0 м/с. Таким образом, формировалась подача зерносоломистой массы 3,0; 4,5; 6,0 и 8,0 кг/с.

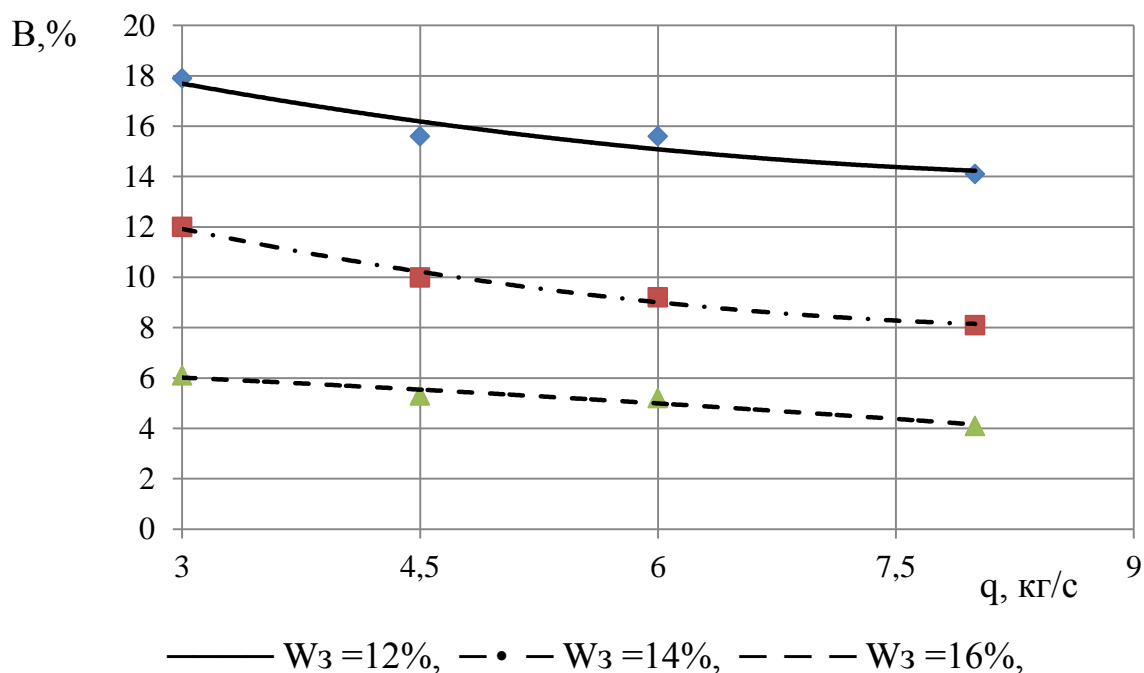


Рисунок 4.26 – Вымолот зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы с резиноканевыми планками на вальцах в зависимости от влажности и подачи на обмолот зерносоломистой массы

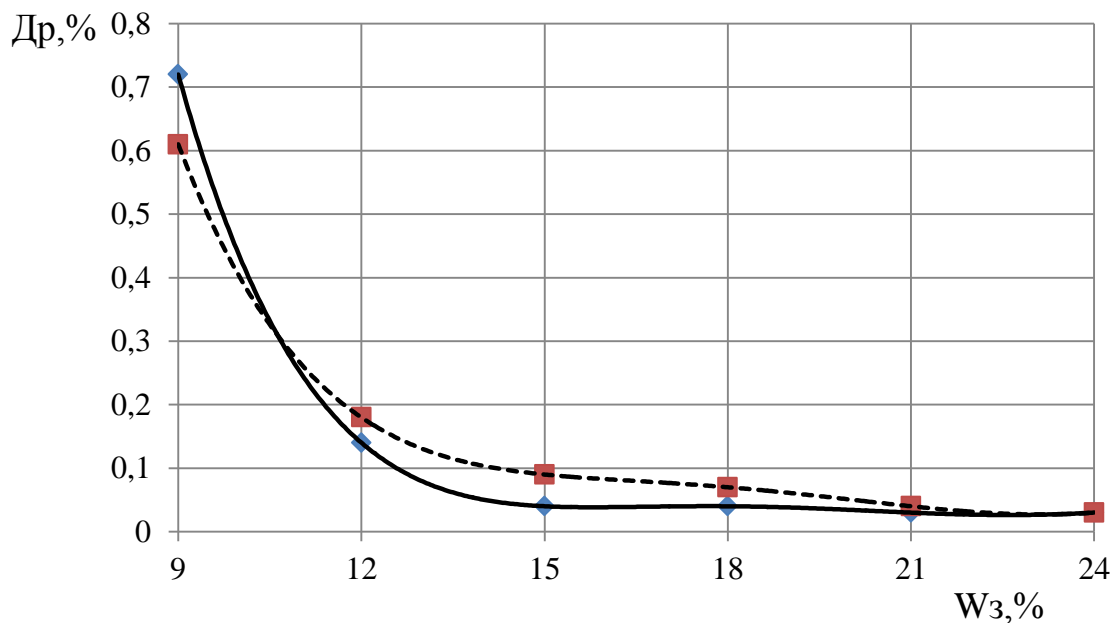


Рисунок 4.27 – Дробление зерна озимой (— — —) и яровой (—) пшеницы устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патенту РФ № 2202165

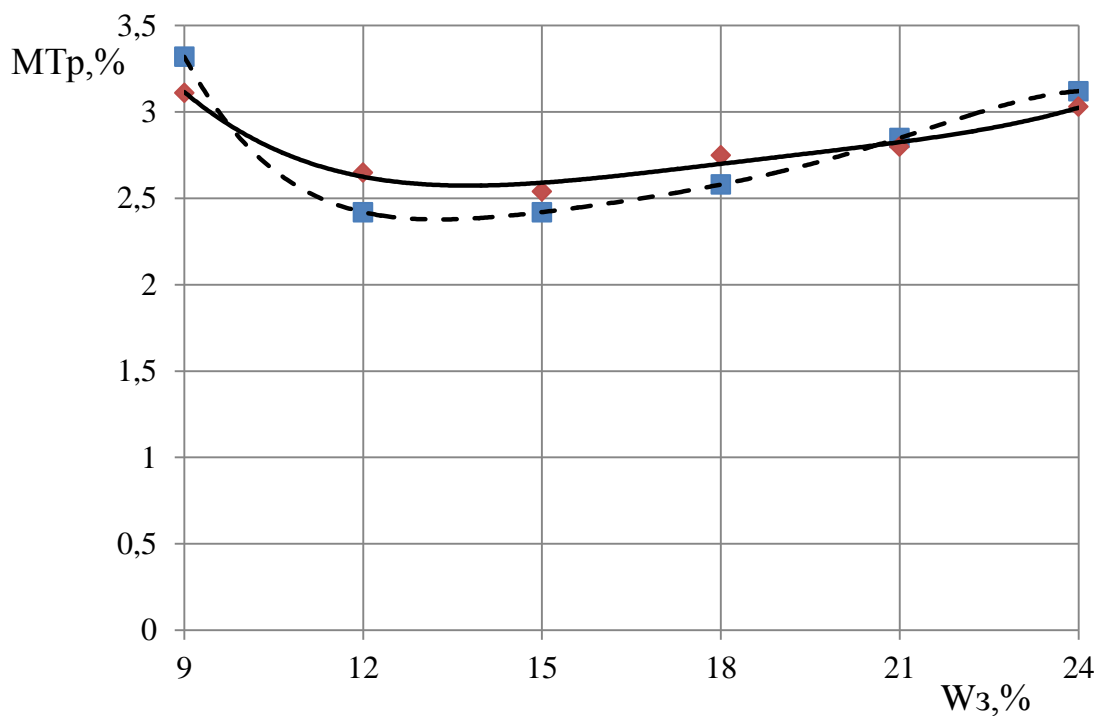


Рисунок 4.28 – Макротравмирование зерна озимой (— — —) и яровой (—) пшеницы устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патенту РФ № 2202165

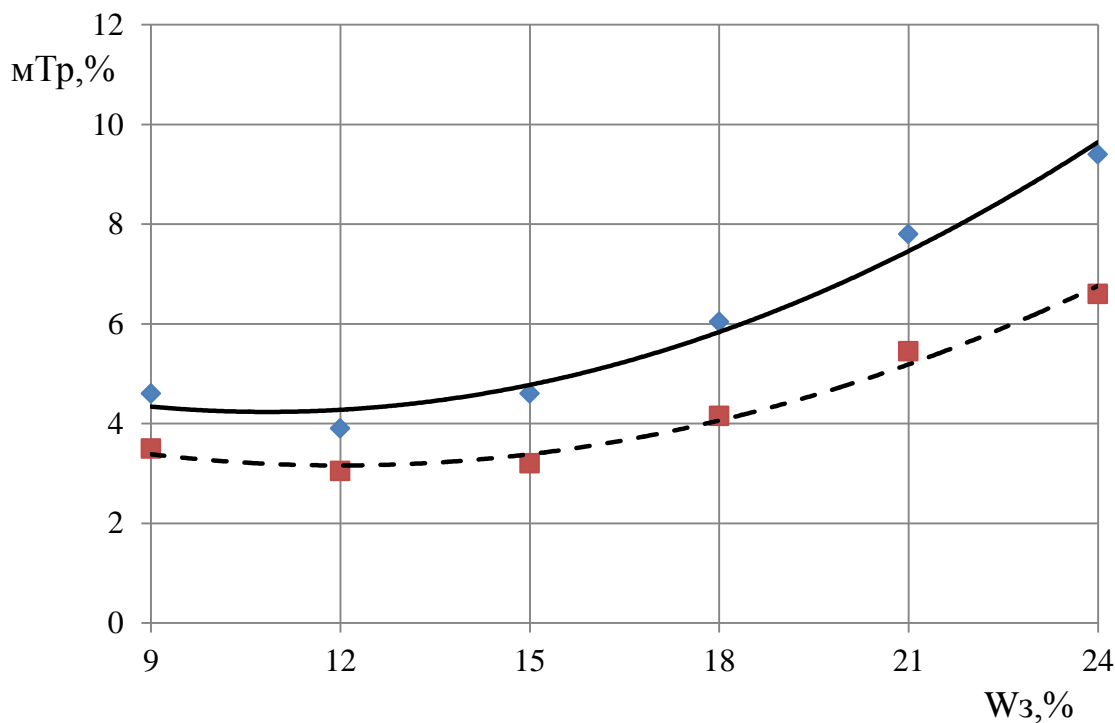


Рисунок 4.29 – Микроповреждение зерна озимой (— — —) и яровой (—) пшеницы устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патенту РФ № 2202165



В результате исследований зерноуборочного комбайна, оборудованного устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, которое было изготовлено по патенту РФ № 2202165, установлено:

- вымолот зерна снижается при увеличении толщины слоя зерносоломистой массы, подаваемой на обмолот в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы;

- вымолот снижается при увеличении соломистости хлебной массы;

- вымолот снижается при повышении влажности зерна и подачи зерносоломистой массы на обмолот;

- при оборудовании валцов планками из резинотканевого материала вымолот ценного зерна снижается до 15...20%, при этом степень сжатия хлебной массы равна 6...10;

- дробление зерна при обмолоте как озимой, так и яровой пшеницы устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы увеличивается при снижении влажности зерна, причем с максимальной интенсивностью при снижении влажности от 12%;

- минимальное макротравмирование зерна наблюдается при влажности 12 – 15%;

- микротравмирование зерна минимально при влажности 11 -13%;

- интенсивный рост зерна при обмолоте как озимой, так и яровой пшеницы устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы наблюдается при влажности зерна более 15%.

Из отмеченного выше следует, что для увеличения доли минимально поврежденного зерна необходимо регулировать толщину валка – с увеличением соломистости, толщину валка следует снижать. Например, при отборе из общего вороха 25...30% минимально травмированного зерна толщина слоя зерносоломистой массы, поступающей в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы ( $\Delta$ ), должна быть 0,035...0,055м, что соответствует толщине валка 0,30...0,45 м.

Эксперименты также показали, что при увеличении толщины слоя зерносоломистой массы, подаваемой на обмолот в устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, ухудшается сепарация зерна через слои соломы. Это подтверждают нашу вероятностную модель сепарирования зерна через слои [208].

Установлено также, при увеличении степени сжатия зерносоломистой массы, подаваемой на обмолот, растет перебивание стеблей.

Результаты исследований повреждений зерна рабочими органами устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленному по патенту РФ №2382542 [181], показали, что характер зависимостей дробления, макро- и микротравмирования зерна аналогичен представленным выше для устройства по патенту РФ № 2202165 [180]. Данные по показателям повреждаемости зерна озимой пшеницы зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б», оборудованным устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленному по патенту РФ № 2202165 [180], при урожайности 3,2 т/га, влажности зерна 14%, подачи зерносоломистой массы на обмолот 8,0 кг/с и соотношении массы зерна к массе соломы 1:1,4 представлены в таблице 4.13.

Следует отметить, что устройства сепарации и транспортировки зерна во всех случаях были серийными.

Исследования показателей повреждаемости зерна рабочими органами серийного зерноуборочного комбайна с комбайнами, оборудованными устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам РФ № 2202165 и №2382542, показали, что применение устройства по патенту РФ № 2202165 позволяет снизить по сравнению с серийным комбайном потери зерна недомолотом в соломе и полове соответственно на 1,9% и 1,1%, а по патенту РФ №2382542 соответственно на 2,1% и 1,2%; отбирать в отдельный бункер до 10% зерна с его дроблением 0,1% и ниже, макротравмированием в 3 - 4 раза и микротравмированием в 9 – 11 раз ниже, чем серийным зерноуборочным комбайном.

Таблица 4.13 – Результаты сравнительных исследований показателей повреждаемости зерна

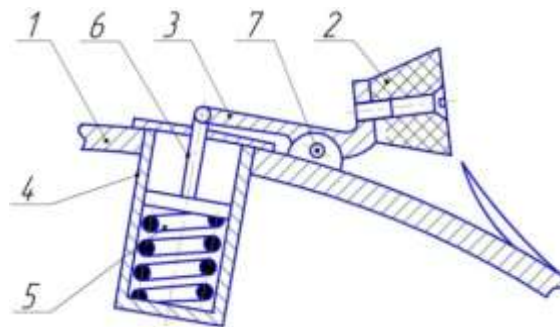
Показатель	Серийный комбайн	Комбайн, оборудованный устройством					
		по патенту №2202165		по патенту №2382542			
Урожайность по зерну, т/га	3,2						
Влажность зерна, %	14						
Соотношение массы зерна к массе соломы	1:1,4						
Подача, кг/с	8,0						
Потери за молотилкой, %	1,4	1,3		1,3			
Соотношение потерь зерна молотилкой, %							
- свободное зерно в соломе	64,7	64,5		64,1			
- свободное зерно в полове	20,4	23,6		24,3			
- недомолот в соломе	10,2	8,3		8,1			
- недомолот в полове	4,7	3,6		3,5			
Показатели повреждения зерна	Наименование бункера для сбора зерна						
	Основной	Основной	Дополнительный	В двух бункерах	Основной	Дополнительный	В двух бункерах
Чистота бункерного зерна, %	96,7	97,2	82,5	87,6	97,7	88,2	96,8
Дробление зерна, %	0,9	0,9	0,1	0,9	0,8	0,1	0,7
Макротравмирование зерна, %	14,1	9,6	2,4	8,8	10,1	2,0	9,2
Микротравмирование зерна, %	34,7	35,0	3,6	31,9	34,8	3,1	31,6

Таким образом, оборудование зерноуборочных комбайнов типа РСМ-10Б «Дон-1500Б» устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы обеспечивает сбор в отдельный бункер до 10% ценного зерна.

Проведены также исследования усовершенствованной конструкции устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы (рис. 4.30), размещаемого в проставке комбайна (патент РФ №2601226 [187]).

Данное устройство отличается от прототипа тем, что у прототипа обмолачивающие планки закреплены на битере проставки жестко, а у усовершенствованной конструкции они имеют возможность колебаться.

Устройство частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы содержит корпус, битер 1 (рис. 4.30), обмолачивающие планки 2, закрепленные на кронштейне 3 с L – образным профилем. В битере 1 размещены стаканы 4, в каждом из которых установлены пружина 5 и шток 6, шарнирно соединенный с кронштейном 3. Кронштейн 3 имеет возможность колебаться на оси 7.



1 – битер, 2 – обмолачивающая планка, 3 – кронштейн, 4 – стакан,  
5 – пружина, 6 – шток, 7 - ось

Рисунок 4.30 – Элементы устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патенту РФ №2601226

За счет колебаний обмолачивающих планок 2 выполняются воздействия ими на зерносоломистую массу с определенной частотой, зависящей от жесткости пружины 5 и тем самым данное устройство позволяет увеличить вымолот зерна по сравнению с прототипом на 2 – 3%. При этом дробление и травмирование зерна осталось неизменным.

#### 4.8 Оценка эффективности использования зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы

При оценке эффективности использования зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, сначала рассчитывали  $K_{\text{эф.}}^{\text{исп}}$  для серийного комбайна, а затем для комбайнов с устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам РФ №2202165 [180] и № 2382542 [181].

При расчете  $K_{\text{эф.}}^{\text{исп}}$  использовались экспериментальные данные, полученные при испытаниях комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» серийного и оборудованного устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам №2202165 и № 2382542, в типовом хозяйстве четвертой группы.

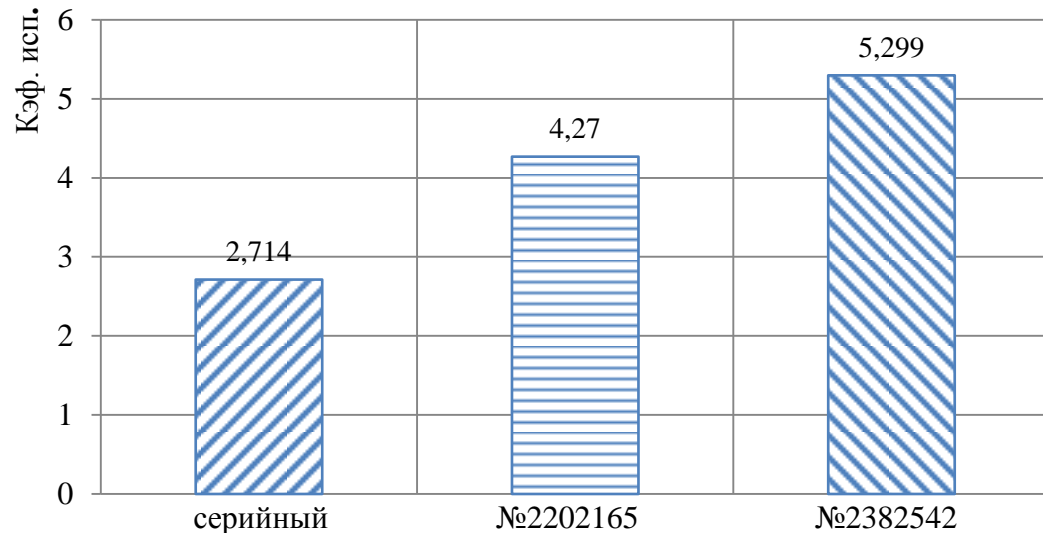
Представленные в таблице 4.14 экспериментальные данные для серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» совпадают с данными таблицы 3.6, расчетные значения  $K_{\text{Д}}$ ,  $K_{\text{МТ}}$  и  $K_{\text{эф.}}^{\text{исп}}$  отличаются в связи с другими требуемыми значениями  $D^{\text{мп}} = 0,7 \%$  и  $Mm^{\text{мп}} = 8,8 \%$ , как лучшими из достигнутых сравниваемыми комбайнами.

Фактические значения дробления и макротравмирования зерна определялись по средневзвешенным значениям соответствующего показателя с учетом того, что в отдельный бункер отбиралось 10 % минимально травмированного зерна из общего намолота. Средневзвешенное значение дробления зерна в основном и дополнительном бункерах зерноуборочного комбайна с устройством по патенту №2202165 равно 0,9 %, а комбайна с устройством по патенту № 2382542 – 0,7 %. При этом средневзвешенное значение макротравмирования зерна обоими модернизированными комбайнами оказалось равным соответственно 8,8 % и 9,2 %.

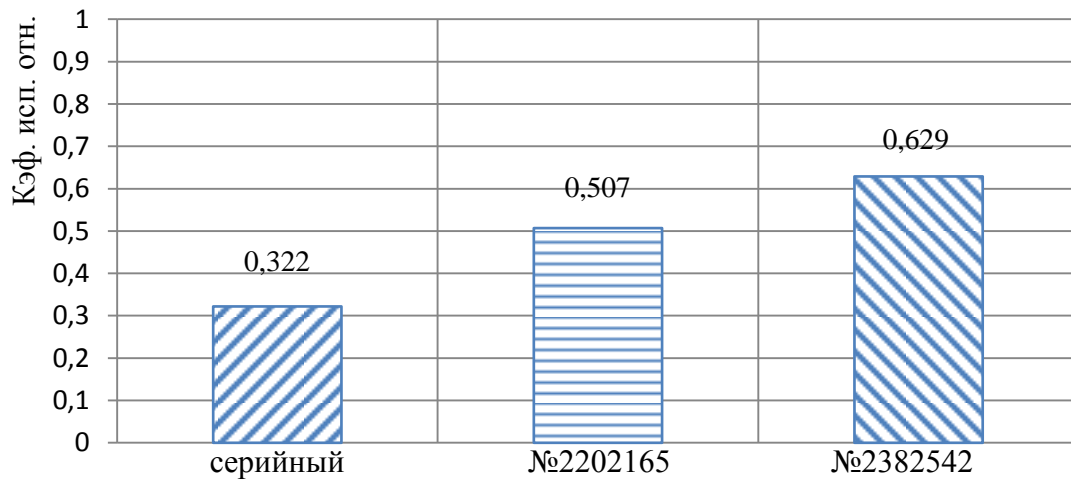
Для серийного комбайна дробление зерна равнялось в среднем 0,9 %, а макротравмирование 14,1 %.

Таблица 4.14 – Значения частных и требуемых показателей, обобщенного критерия эффективности использования комбайнов серийного РСМ-10Б «Дон-1500Б» и оборудованного устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам РФ №2202165 и № 2382542

Показатель	Зерноуборочный комбайн		
	серийный	оборудованный устройством отбора минимально травмированного зерна	
		по патенту №2202165	по патенту № 2382542
$W_0$ , га/ч	2,66	2,66	2,66
$W_0^{mp}$ , га/ч	2,66		
$K_{W_0}$	0,91	0,91	0,91
$Zm$ , чел.·ч/га	0,402	0,402	0,402
$Zm^{mp}$ , чел.·ч/га	0,402		
$K_{ZT}$	0,67	0,67	0,67
$Q_{ca}$ , кг/га	10,9	11,1	11,0
$Q_{ca}^{mp}$ , кг/га	10,9		
$K_{Q_{ca}}$	0,77	0,784	0,777
$P$ , %	1,19	1,19	1,19
$P^{mp}$ , %	0,79		
$K_P$	1,28	1,28	1,28
$D$ , %	0,9	0,9	0,7
$D^{mp}$ , %	0,7		
$K_D$	0,720	0,720	0,560
$Mm$ , %	14,1	8,8	9,2
$Mm^{mp}$ , %	8,8		
$K_{MT}$	0,705	0,440	0,460
$K_{эф.}^{исп.}$	2,714	4,270	5,299
$K_{эф.отн.}^{исп.}$	0,322	0,507	0,629



а)



б)

Рисунок 4.31 – Изменение обобщенного (а) и относительного (б) обобщенного критерия эффективности использования комбайнов серийного РСМ-10Б «Дон-1500Б» и оборудованного устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам РФ №2202165 и № 2382542

По результатам расчетов частных показателей эффективности использования сравниваемых зерноуборочных комбайнов, представленным в таблице 4.14, рассчитаны значения обобщенного критерия (табл. 4.14 и рис.4.31-а). Кроме того, рассчитаны значения относительного обобщенного критерия эффективности использования сравниваемых зерноуборочных комбайнов (см. табл. 4.14 и рис. 4.31-б) с учетом полученного ранее значения для

наилучшего случая, когда зерно от устройства транспортируется в отдельный бункер пневматической системой  $K_{эф.}^{исп} = 8,422$ .

Таким образом, применение зерноуборочных комбайнов, оборудованных устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, существенно повышает эффективность их использования.

#### 4.9 Выводы по разделу 4

1. Предложена конструкция молотильно-сепарирующего устройства (патент РФ №2181237). Использование данной конструкции в комбайне Дон-1500 позволило снизить потери зерна до уровня 1,3% за счет сокращения потерь за молотилкой из-за недомолота в соломе и полове.

2. Разработаны два устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы (патенты РФ №2382542 и № 2202165) и конструкторские усовершенствования их элементов (патент РФ №2601226).

3. Разработана вероятностная модель оценки вымолота и дробления зерна устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы.

4. На основе разработанной частной методики выполнена оптимизация геометрических и кинематических параметров устройств частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патентам РФ №2382542 и № 2202165. По критерию оптимизации – минимальному уровню дробления зерна при заданной доле вымолота минимально травмированного зерна, определено, что 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 -  $300 \text{ мин}^{-1}$  (патент РФ №2382542); 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 –  $260 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$  (патент РФ № 2202165).



5. Предложено применять в зерноуборочном комбайне совместно с устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы вакуумный транспортер зерна (патент РФ №2594527). Данная конструкция устройства предварительного обмолота с вакуумным транспортером зерна обеспечивает снижение травмирования зерна на 20-28% по сравнению с механическим.

6. Получены результаты сравнительных экспериментальных исследований вымолота, дробления, макро- и микротравмирования зерна зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» с размещением устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы в проставке (патент РФ №2382542) и между жаткой и наклонной камерой (патент РФ №2202165). Обе конструкции обеспечили отбор 10% зерна в отдельный бункер комбайна с дроблением 0,1%. При использовании устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного в проставке комбайна, чистота зерна в дополнительном бункере составила 88,2%, макротравмирование 2,0% и микротравмирование зерна 3,1%, а при использовании устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, установленного между жаткой и наклонной камерой – соответственно 82,5%, 2,4% и 3,6%.

7. Дана сравнительная оценка по обобщенному критерию эффективности использования зерноуборочных комбайнов серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и оборудованного устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленных по патентам РФ №2202165 и № 2382542: обобщенный критерий эффективности использования серийного комбайна  $K_{эф.}^{исп} = 2,714$ , оборудованного устройством по патенту РФ №2202165  $K_{эф.}^{исп} = 4,270$  и оборудованного устройством по патентам РФ №2382542  $K_{эф.}^{исп} = 5,299$ . Относительный обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов соответственно равен 0,322; 0,507 и 0,629.

## **5 ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ИНЕРЦИОННО-ОЧЕСНОГО ТИПА**

### **5.1 Теоретические предпосылки обмолота зерновых культур инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством**

Инерционно-очесный способ разработан в Волгоградском ГАУ применительно к обмолоту метелочных культур. Суть данного способа состоит в выделении одних зерен от их плодоножек за счет сил инерции, а остальных – очесом.

Этот метод обмолота применен в нескольких вариантах созданных комбайнов для уборки на корню сельскохозяйственных культур [182, 183, 235]. Главным составляющим молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) во всех вариантах комбайна является «щелевой битер с транспортирующей пластиной» [179]. Вместе с тем для уборки зерновых культур требуется применять комбайн, оснащенный молотильно-сепарирующим устройством по патенту РФ №2535255 [185], выполняющий обмолот одновременно несколько рядков растений, и с битером по патенту РФ №2601228 [188], обеспечивающий обмолот зерновых культур при изменении влажности зерна.

Базовым комбайном принята уборочная машина с МСУ инерционно-очесного типа, разработанная в Волгоградском государственном аграрном университете под руководством профессора Ряднова А.И. Запатентованы также модификации навесных одно- и многомодульного соргоуборочного комбайна [182, 235], а также и прицепного многомодульного [183].

Все разработанные комбайны однотипны и включают: энергетическое средство 1, например, самоходное шасси или трактор (рис. 5.1), один или несколько модулей 2, навесное устройство 3 с прямоточной выносной молотильной камерой, жатку 4, бункер для сбора зерна 5, систему транспортиров-

ки зерна 6, транспортер растений 7, тележку 8, электрооборудование и сигнализацию 9.

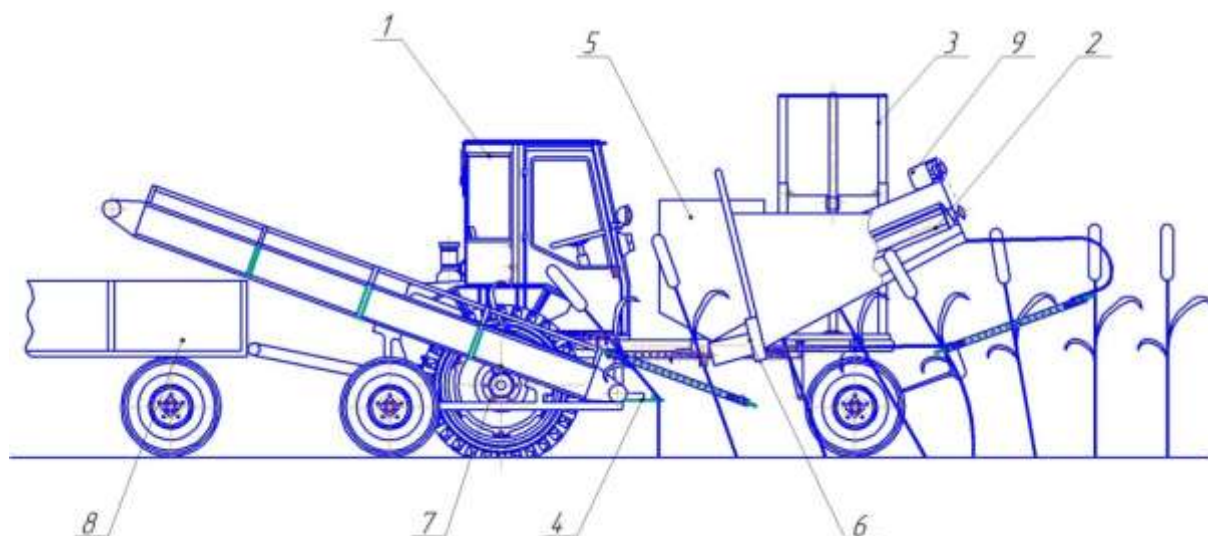
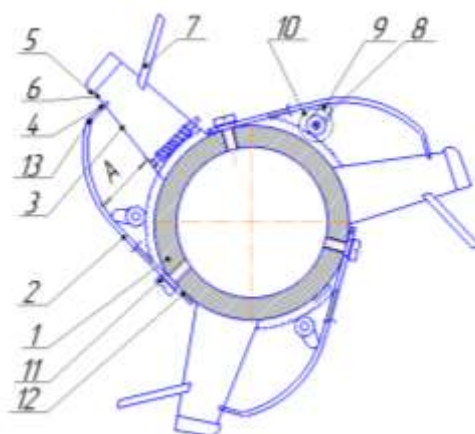


Рисунок 5.1 - Схема одномодульной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа



Рисунок 5.2 - Фотография одномодульной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа

Основными рабочими органами прямоточной выносной молотильной камеры являются битеры, рисунок 5.3.



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

а)



б)

Рисунок 5.3 - Схема битера по патенту РФ №2601228 (а)

и его опытные образцы (б)

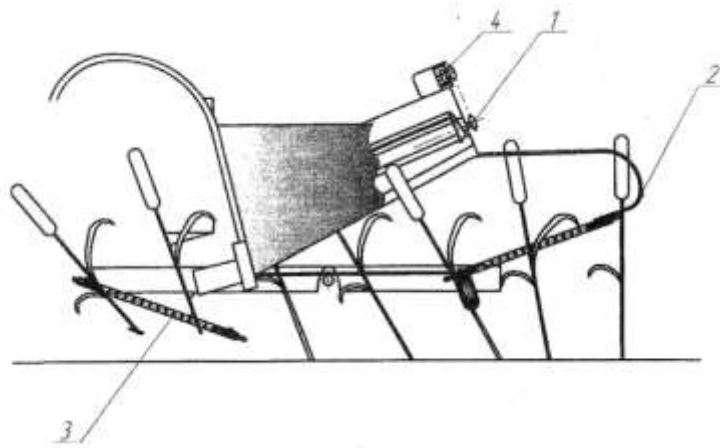
В молотильно-сепарирующем устройстве инерционно-очесного типа нами использованы щелевые битеры с транспортирующей пластиной [179].

Один модуль описанной выше уборочной машины обмолачивает один ряд растений на корню.

При уборке зерновых культур обмолот уборочной машиной одного рядка за один проход не возможен, в первую очередь, по технологическим причинам. В связи с этим, уборочная машина должна обмолачивать такое количество рядков растений, при котором обеспечивается технологический проход уборочной машины по убранной площади поля. В этом случае пред-

лагается использовать уборочную машину, оборудованную модулями со щелевыми битерами, изготовленными по патенту РФ №2535255 [185].

Для выполнения уборки зерновых культур с максимально возможной производительностью за смену желательно использовать уборочную машину с оптимальным количеством модулей МСУ инерционно-очесного типа [215]. Конструктивные элементы модуля МСУ инерционно-очесного типа представлены на рисунке 5.4.



1 – прямоточная выносная молотильная камера (ПВМК),  
2 – нормализатор, 3 – промежуточный цепочный транспортер,  
4 – синхронизирующая передача

Рисунок 5.4 – Схема модуля соргоуборочного комбайна

При определении числа модулей зерноуборочной машины принят критерий оптимизации – максимальная производительность машины за смену, исходя из условия выполнения уборочных работ в оптимальные агротехнические сроки.

Производительность за смену зерноуборочной машины рассчитывается по зависимости:

$$W = 0,36B_p V_p T_{см} \tau . \quad (5.1)$$

Рабочая ширина захвата уборочной машины  $B_p$  равна:

$$B_p = n B_{pm} , \quad (5.2)$$

где  $n$  – число модулей, шт.;

$B_{pm}$  – рабочая ширина захвата одного модуля, м.

Рабочая ширина захвата одного модуля  $B_{рм}$  определяется как конструктивными особенностями машины, так и величиной междурядья убираемой культуры.

Время смены  $T_{см}$  включает время основной (или чистой) работы  $T_p$ , время на: повороты  $T_x$ , технологическое  $T_{тех}$  и ежесменное техническое  $T_{ЕТО}$  обслуживание, приемку и сдачу машины в начале и конце смены, переезд к месту работы и обратно, получение наряда и сдачи работы  $T_{пз}$  (в расчетах принято  $T_{пз} = 0,55$  ч), простои комбайна  $T_{пр}$ , связанные с физиологическими потребностями комбайнера,  $T_{физ}$  (в расчетах принято  $T_{физ} = 0,35$  ч), организационными причинами  $T_{орг}$  и из-за метеорологических условий  $T_{мет}$ . В расчетах условно принято, что  $T_{орг} = 0$  и  $T_{мет} = 0$ . Из всех видов простоев в нормируемое время смены  $T_{см.н}$  включено  $T_{физ}$ .

С учетом выше отмеченного

$$T_{см. н} = T_p + T_x + T_{тех} + T_{ЕТО} + T_{физ}, \quad (5.3)$$

где

$$T_p = t_{р.ц} n_{ц}; \quad T_x = t_{x.ц} n_{ц}; \quad T_{тех} = t_{о.ц} n_{ц}, \quad (5.4)$$

здесь  $t_{р.ц}$ ,  $t_{x.ц}$ ,  $t_{о.ц}$  — затраты времени, приходящиеся на один цикл работы агрегата соответственно при рабочем и холостом ходах и при остановках машины на технологическое обслуживание, ч;

$n_{ц}$  — число циклов работы машины за смену.

$$t_{р.ц} = 10^{-3} \frac{2L_p}{v_p}; \quad t_{x.ц} = 10^{-3} \frac{2L_x}{v_x}; \quad t_{о.ц} = \frac{2L_p}{L_{тех}} t_0, \quad (5.5)$$

где  $L_p$  — рабочая длина гона, м;

$v_p$  — рабочая скорость комбайна, км/ч;

$L_x$  — длина холостого хода комбайна на поворотах, м;

$v_x$  — скорость комбайна на поворотах, км/ч (в расчетах принимали  $v_x = 5$  км/ч);

$L_{тех}$  — рабочий путь комбайна между смежными выгрузками зерна из бункера, м;

$t_0$  – продолжительность одной остановки на технологическое обслуживание, ч.

Длина холостого пути  $L_x$  зерноуборочной машины на повороте при гоновом способе движения с расширением прокоса определялась графически. Первый поворот зерноуборочной машины – петлевой грушевидный, а последующие – с прямолинейным участком.  $L_x$  при петлевом способе поворота равнялась длине поворота и двум длинам выезда, определяемых как половина кинематической длины зерноуборочной машины.

Средняя длина поворота:

$$L_{\Pi} = 6 R_{\Pi} \quad (5.6)$$

где  $R_{\Pi}$  – радиус поворота, м ( $R_{\Pi} = nV\rho$ ).

Рабочий путь зерноуборочной машины между смежными выгрузками зерна из бункера:

$$L_{\text{тех}} = \frac{10^4 V \lambda \rho}{V\rho Y}, \quad (5.7)$$

где  $V$  – объем бункера (для экспериментального комбайна  $V = 3\text{ м}^3$ );

$\lambda$  – степень заполнения бункера зерном ( $\lambda = 0,95$ );

$\rho$  – плотность зерна (в расчетах принимаем  $\rho = 780 \text{ кг/м}^3$ );

$Y$  – урожайность зерновой культуры, кг/га.

Число циклов определяли по формуле:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{см}} - T_{\text{ЕТО}} - T_{\text{физ}}}{t_{\text{р.ц}} + t_{\text{х.ц}} + t_{\text{о.ц}}}, \quad (5.8)$$

Значения  $n_{\text{ц}}$  округлены до целых.

Рассчитаны значения коэффициента использования времени смены  $\tau$  при изменении длины гона (рис.5.5).

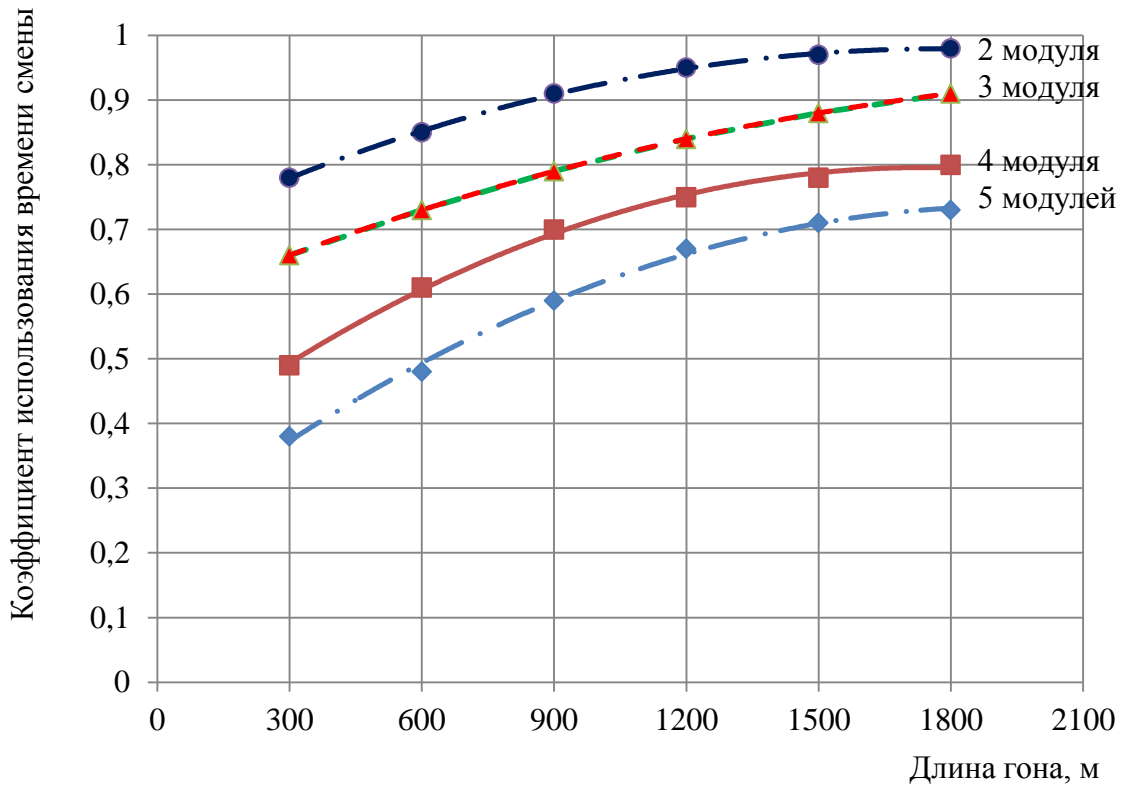


Рисунок 5.5 – Зависимости коэффициента использования времени смены от длины гона и числа модулей

При принятом значении коэффициента использования мощности двигателя трактора МТЗ-82.1, как энергетического средства зерноуборочной машины (0,94), допустимом уровне прямых потерь зерна (до 1,5 %) и экспериментальных данных, моделированием определены допустимые рабочие скорости (табл. 5.1) и рабочая ширина захвата зерноуборочной машины при различном числе модулей.

Таблица 5.1- Рабочие скорости комбайна

Число модулей МСУ, шт.	2	3	4	5
$V_p$ , км/ч	7,1	6,4	5,3	4,9

Используя данные, представленные выше, определены значения сменной производительности зерноуборочной машины от числа модулей и длины гона поля (рис.5.6).



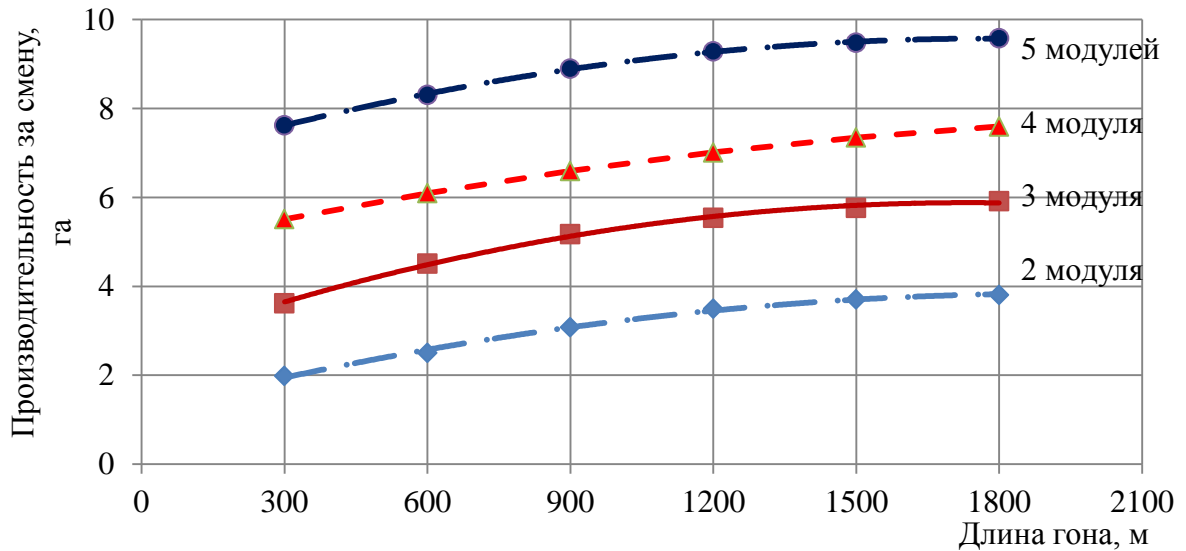


Рисунок 5.6 – Зависимость производительности уборочной машины за смену от длины гона и числа модулей

Из рисунка 5.6 следует, что с увеличением длины гона и числа модулей в зерноуборочной машине ее производительность увеличивается.

Установлено, что при использовании указанного выше энергетического средства зерноуборочной машины, оптимальное число модулей равно пяти.

Изготовить пятимодульную машину с достаточно сложным щелевым битером по патенту №2535255 [185] возможно только в заводских условиях. Поэтому экспериментальные исследования уборки зерновых культур проводили с использованием двухмодульной зерноуборочной машины с МСУ, оборудованной щелевым битером по патенту РФ № 2601228 [188], изготовленной в условиях лаборатории кафедры ЭМТП Волгоградского ГАУ.

С целью повышения качества уборки зерновых культур уборочная машина с МСУ инерционно-очесного типа оборудовано многоступенчатым телескопическим навесным устройством.

Машина работает следующим образом. При уборке зерновых культур растения подхватывает нормализатор 2 и наклоняет их, устанавливая колос перпендикулярно к плоскости битеров прямоточной выносной молотильной камеры 1. Растения обмолачиваются. Обмолоченное зерно системой транспортировки зерна 6 подается в бункер 5 машины.

Уборочная машина с МСУ инерционно-очесного типа обмолачивает сельскохозяйственные культуры на корню.

Обмолоченные растения срезаются жаткой 4 и укладываются на поле или на транспортёр растений 7, который подает их в прицепную тележку 8. Гидравлическое навесное устройство 3 позволяет устанавливать прямоточную выносную молотильную камеру модуля 2 на необходимую высоту обмолота. Высота среза растений жаткой также регулируется.

Базой и энергетическим средством одномодульного навесного соргоуборочного комбайна модификации 2014 года являлось самоходное шасси Т-16М. Для прицепных и навесных многомодульных уборочных машин с МСУ инерционно-очесного типа могут быть использованы тракторы типа МТЗ-82.1, К-744Р2 и другие.

Навесное устройство модуля зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа включает основание, стрелу, соединенную с вертикальной стойкой и ПВМК, гидравлическую или механическую систему подъема стрелы, наклона или перемещения основания, или вертикальной стойки. Стрела может представлять собой единое целое или быть составной, как правило, параллелограммной, и соединяться с ПВМК жестко или шарнирно. Навесное устройство может быть расположено относительно энергетического средства спереди или сбоку.

Нами в работе [232] проанализированы возможные схемы навесных устройств. Они могут быть с неподвижным основанием и вертикальной стойкой (рис. 5.7), с подвижной вертикальной стойкой (рис. 5.8), с боковым расположением навесной системы (рис. 5.9) и телескопического вида (рис. 5.10).

На рис. 5.7-а показана первая схема навесного устройства модуля с неподвижным основанием и вертикальной стойкой, цельной стрелой, соединенной неподвижно с ПВМК, и гидравлической системой поворота стрелы.

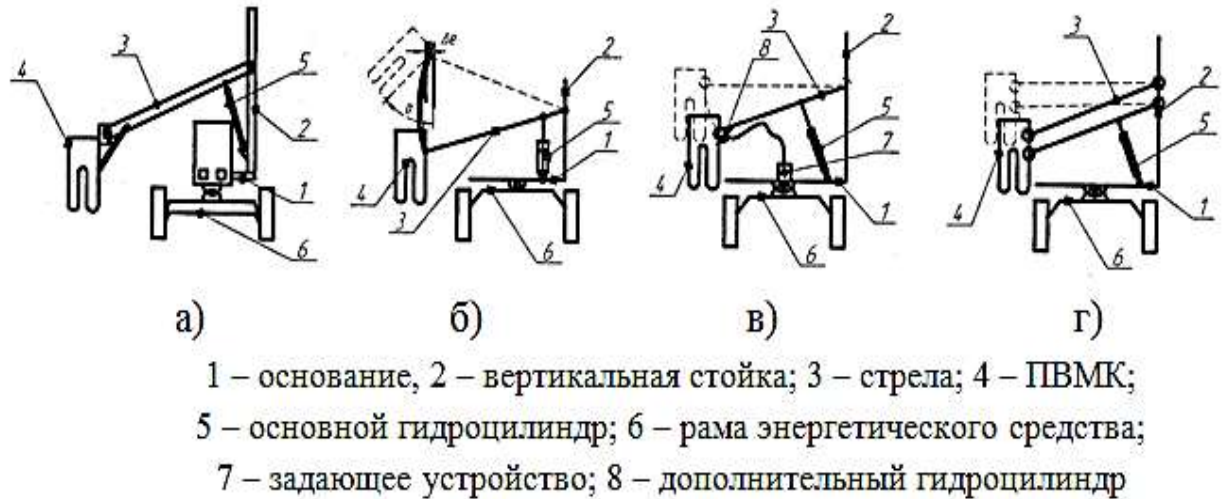


Рисунок 5.7 – Схемы навесных устройств с неподвижным основанием и вертикальной стойкой

При проектировании конструкции зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа с таким навесным устройством модуля учитывали, в частности, высоту растений, длину их метелки или колоса и варьирование их длины.

При перемещении ПВМК на высоту, равную длине метелки (колоса), боковой увод и наклон камеры несущественны. При этом качество уборки было высоким (доля необмолоченных метелок (колосьев) не превышало 1%) только при уборке одного сорта культуры. При уборке других сортов потери резко возрастали, до 5% и более. Это связано, в основном, с увеличенным боковым наклоном ПВМК (рис. 5.7-б) при значительном подъеме ПВМК или его опускании в случае изменения высоты убираемых растений. Боковой наклон ПВМК препятствует входу метелок (колосьев) обмолачиваемых растений внутрь ПВМК, что ведет к потерям от необмолоченных метелок (колосьев), которые приминаются и проходят мимо ПВМК, а вошедшие в ПВМК не обмолачиваются на всю их длину.

Таким образом, зерноуборочная машина с МСУ инерционно-очесного типа, оборудованная навесным устройством по схеме рис. 5.7-а, не способна работать при существенном изменении высоты растений по причине высоких потерь урожая.

Поэтому от этой схемы навесного устройства мы отказались.

Исключить наклон ПВМК возможно путем шарнирного соединения ПВМК со стрелой и включением в схему дополнительного гидроцилиндра (рис. 5.7-в), обеспечивающего поворот ПВМК при подъеме стрелы. Однако в этом случае схема навесного устройства усложняется и требует включения в гидравлическую систему задающее устройство с малым временем запаздывания (до 1 с).

Компенсировать боковой наклон ПВМК можно также путем применения параллелограммной стрелы (рис. 5.7-г).

Навесное устройство по схеме, представленной на рис. 5.7-г, нами было реализовано на одномодульном соргоуборочном комбайне при выполнении гранта РФФИ №13-08-01085. Энергетическим средством комбайна являлось самоходное шасси Т-16МГ-У1. Навесное устройство располагалось слева от ПВМК и крепилось к передней части рамы самоходного шасси.

Данное навесное устройство позволяло при работе комбайна изменять высоту положения ПВМК в диапазоне 1,5 м с помощью гидроцилиндра. Высоту расположения ПВМК возможно было изменять также ступенчато путем переналадки - 1 м вверх или 1 м вниз. Это позволяло использовать комбайн с таким навесным устройством на уборке зернового, сахарного и веничного сорго, а также проса существенно отличающихся по высоте.

Навесное устройство такого типа относительно простое по конструкции.

Но выявлен ряд недостатков, связанных с кинематическими характеристиками:

1. При уборке растений со значительным коэффициентом вариации высоты растений, при перемещении навески по высоте происходит смещение ПВМК в боковом направлении (рис. 5.7-г), растения не попадают во входное окно ПВМК, что ведет к нарушению технологического процесса обмолота, к огрехам.

2. Для достижения требуемой пространственной жесткости навесного устройства необходимо увеличение металлоемкости конструкции.

3. Неэффективно используется пространство под стрелой ПВМК.

Были исследованы две схемы навесных устройств, которые компенсируют боковой увод ПВМК: с вертикальной стойкой, изменяющей наклон с помощью гидроцилиндра, рис. 5.8-а и с вертикальной стойкой, имеющей возможность перемещения совместно с основанием по горизонтали, рис. 5.8-б.



Рисунок 5.8 – Схемы навесных устройств с подвижной вертикальной стойкой

Вариант схемы, показанной на рис. 5.8-а, обеспечивающей компенсацию бокового увода ПВМК, имеет два недостатка:

1. При наклоне вертикальной стойки появляется боковой наклон ПВМК, от которого мы ранее избавлялись применением параллелограммной стрелы.

2. При компенсации бокового увода ПВМК, она изменяет свое положение по высоте.

В варианте схемы навесного устройства, показанной на рис. 5.8-б, компенсируется и боковой увод ПВМК, и исключаются выше перечисленные недостатки.

В данной схеме основание навесной системы перемещается по направляющей, установленной на раме трактора, с помощью гидропривода со следящим устройством.

Недостаток – отсутствие возможности дополнительного изменения высоты обмолота растений.

Для исключения этого недостатка были внесены следующие конструктивные изменения: гидроцилиндр подъема ПВМК расположили внутри параллелограммной стрелы и на вертикальной стойке установили механизм перестановки стрелы вниз и вверх ступенчато (рис. 5.8-в).

Ступенчатая установка стрелы на вертикальной стойке на  $\pm 1$  м дала возможность осуществлять уборку культур с различной высотой растений. Нижнее положение стрелы позволяло убирать культуры с высотой растений от 0,3 м до 1,5 м (зернового сорго, просо, зерновые колосовые культуры), среднее положение – уборку культур высотой от 1,3 м до 2,5 м и верхнее – от 2,3 м до 3,5 м (сорго сахарное и веничное).

Дополнительно, в результате такой перестановки гидроцилиндра, высвободилось пространство под стрелой (рис. 5.8-в). Это пространство может быть использовано под другие компоненты зерноуборочной машины, например генератор.

Однако и эта схема также имеет недостаток – при установке стрелы в верхнее положение во время уборки высокорослых культур, например, веничного сорго, снижается устойчивость зерноуборочной машины. Кроме того, в верхнем положении стрелы возрастают нагрузки на основание и вертикальную стойку, что требует, с целью обеспечения заданного уровня надежности конструкции, повышать прочность ее деталей, а это ведет, как правило, к увеличению массы конструкции. При движении зерноуборочной машины по неровностям поля растет его боковая раскачка.

Все описанные выше навесные системы с передним их расположением и установкой ПВМК слева от зерноуборочной машины в зоне обмолота растений имеют один существенный недостаток – громоздкость. Громоздкость

таких навесных систем не позволяет их использовать на тракторах с передним расположением двигателя без специального подрамника.

Поэтому на следующем этапе разработки зерноуборочной машины нами рассмотрены варианты размещения навесного устройства сбоку от энергетического средства (рис. 5.9).

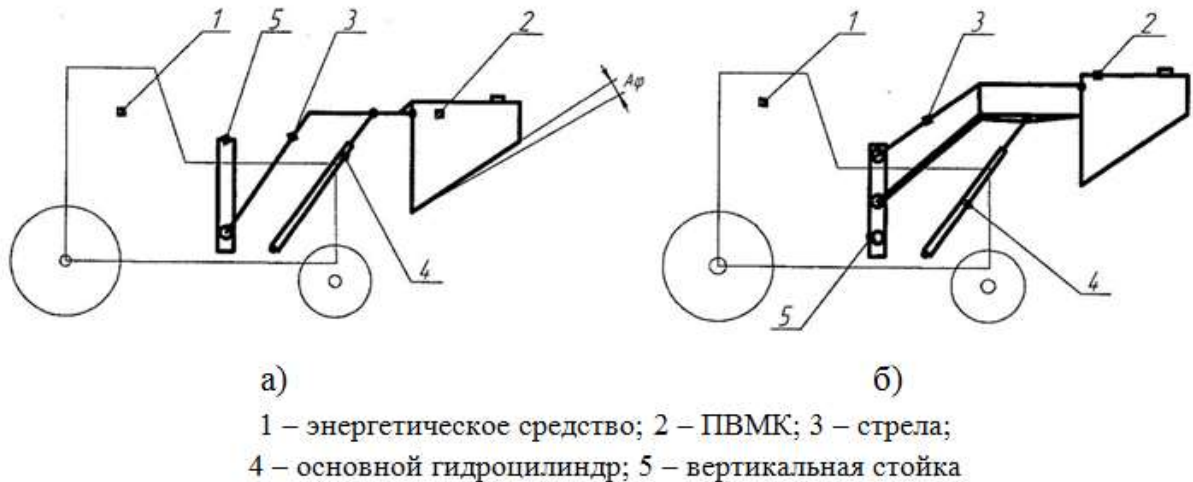


Рисунок 5.9 – Схемы навесных устройств с боковым расположением навесной системы

При боковом расположении навесного устройства многие недостатки, описанные выше, меньше влияют на качество обмолота растений, чем при переднем.

Если в схемах, рис. 5.7-б и 5.8-а, наблюдался боковой наклон камеры при изменении высоты обмолота, то в схемах с боковым расположением навесной системы (рис.5.9-а) – продольный, который не препятствует входу растений в ПВМК, но при этом изменяется высота зоны очёсывания в ПВМК. Поэтому угол наклона ПВМК не должен отличаться от оптимального ( $30^\circ$  к горизонту) с точки зрения качества обмолота более, чем на  $\pm 10^\circ$ . Это ограничивает диапазон регулировки ПВМК по высоте.

Если применить параллелограммный механизм (рис.5.9-б), то этот недостаток ликвидируется.

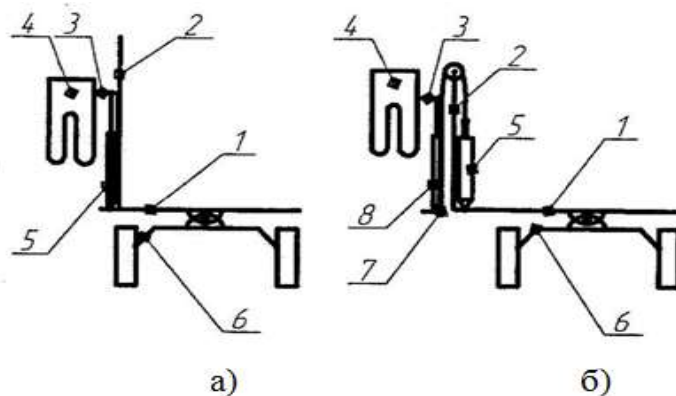
В случае применения бокового навесного устройства наблюдается продольный увод ПВМК при изменении высоты обмолота, в то время как в схе-

мах с передним расположением навесной системы (рис. 5.7-в и 5.7-г) был боковой увод, требовавший подруливания зерноуборочной машины.

Продольный увод ПВМК во время ее подъема (опускания) изменяет скорость подачи растений на обмолот примерно на 1%. Этим изменением скорости подачи растений на обмолот можно пренебречь.

Таким образом, боковое расположение навесного устройства предпочтительнее переднего.

Следующий этап разработки и исследования соргоуборочного комбайна – применение в его конструкции навесных устройств телескопического вида (рис. 5.10-а).



1 – основание, 2 – вертикальная стойка; 3 – каретка; 4 – ПВМК;  
5 – основной гидроцилиндр; 6 – рама энергетического средства;  
7 – подвижная вертикальная стойка; 8 – дополнительный гидроцилиндр

Рисунок 5.10 – Схемы навесных устройств телескопического вида

Телескопическое навесное устройство содержит вертикальную направляющую, по которой перемещается подвижная каретка с закрепленной на ней ПВМК.

Данное навесное устройство обеспечивает сохранение пространственного положения ПВМК (боковые и продольные наклоны и уводы ПВМК отсутствуют) и освобождается пространство сбоку и спереди шасси энергетического средства. Кроме того, она менее металлоемка и имеет большую жесткость, а, следовательно, и меньшие вибрации ПВМК.

Однако эта схема навесного устройства имеет ограничение по ходу каретки, так как высота зерноуборочной машины должна быть не более 4,5 м.



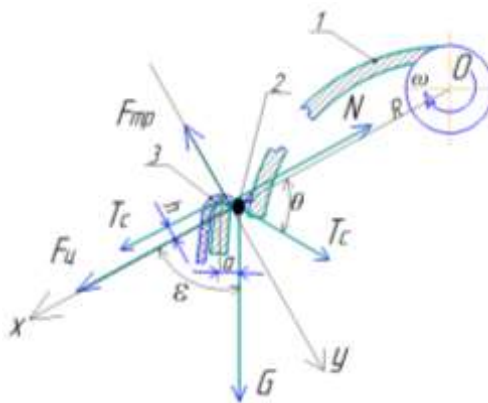
Указанный недостаток можно исключить, применяя навесное устройство с использованием многоступенчатой направляющей (рис.5.10-б). Высота зерноуборочной машины при транспортном (сложенном) положении навесного устройства допустима правилами дорожного движения по перемещению его по дорогам общего пользования.

Анализ преимуществ и недостатков представленных схем навесных устройств, принято решение о применении в конструкции зерноуборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа многоступенчатого телескопического навесного устройства.

Используя результаты, полученные в работах [96, 253], нами проанализированы теоретические условия обмолота зерновых культур МСУ инерционно-очесного типа на примере зернового сорго [229].

Анализ исследований показывает, что во время очеса зерна его отрыв от плодоножки осуществляется при разрыве плодоножки и её изломе.

Система сил, действующих на плодоножку в момент ее разрыва и излома, представлена на схеме



1 – лопасть бitera, 2 – зерно, 3 - плодоножка

Рисунок 5.11 – Схема сил, действующих на плодоножку

На зерно действуют силы:

1. Сила тяжести зерна

$$G = m_3 g , \quad (5.9)$$

где –  $m_3$  – масса зерна, кг;  $g$  - ускорение силы тяжести,  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

## 2. Центробежная сила

$$F_u = m_3 \omega^2 R, \quad (5.10)$$

где  $\omega$  – угловая скорость битера,  $\text{с}^{-1}$ ;  $R$  – радиус кривизны лопасти битера, м.

## 3. Сила трения

$$F_{mp} = fN, \quad (5.11)$$

где  $f$  – коэффициент трения плодоножки о лопасть битера,  $N$  – реакция, Н.

4. Сила натяжения плодоножки  $T_c$ .

Для расчета силы натяжения плодоножки при растяжении и изгибе найдем проекции на ось  $x$  всех сил, действующих на плодоножку, (рис.5.11):

$$F_u + T_c(1 - \cos\theta) + G\cos\varepsilon - N = 0, \quad (5.12)$$

где  $\varepsilon$  – угол между осью  $x$  и вертикалью, град.;  $\theta$  – угол (град.) между осью  $x$  и направлением силы  $T_c$ , Н.

Из (5.12) с учетом выражений (5.9) – (5.11) после преобразований получим

$$T_c = \frac{N - F_{ц} - G\cos\varepsilon}{1 - \cos\theta}. \quad (5.13)$$

Определим проекции на ось  $y$  всех сил, действующих на плодоножку, с учетом (5.11):

$$G\sin\varepsilon + T_c\sin\theta - fN = 0 \quad (5.14)$$

Выразив из (5.14)  $N$ , подставив его в (5.13) и учитывая зависимости (5.9) и (5.10), получим

$$T_c = \frac{m_3[g(\sin\varepsilon - f\cos\varepsilon) - f\omega^2 R]}{f(1 - \cos\theta) - \sin\theta}. \quad (5.15)$$

Под воздействием силы  $T_c$  плодоножка растягивается и прижимается к лопасти. При этом напряжение на разрыв, возникающее в плодоножке, равно

$$\sigma_p = T_c / S,$$

где  $S = \pi d_n^2 / 4$ , здесь  $d_n$  – диаметр плодоножки в месте контакта ее с лопастью битера.

При  $\sigma_p \geq [\sigma_p]$  происходит разрыв плодоножки от растяжения, т.е. для разрыва плодоножки должно выполняться условие:

$$T_c \geq \pi d_n^2 [\sigma_p] / 4. \quad (5.16)$$

При касании плодоножки части битера, которая отделяется щелью от лопасти, происходит изгиб плодоножки.

Изгибающий момент равен

$$M_{из} = G \cdot a + F_y \cdot h = m_z(ga + \omega^2 Rh), \quad (5.17)$$

где  $a$  и  $h$  – соответственно плечи (м) внешних сил  $G$  и  $F_y$ , Н.

Напряжение изгиба равно

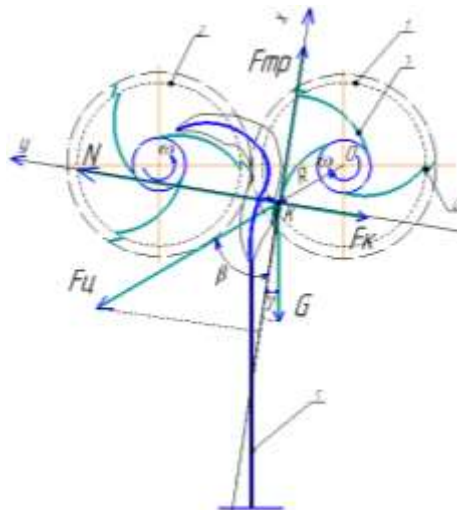
$$\sigma_{из} = M_{из} / W_{из}, \quad (5.18)$$

где  $W_{из} = \pi d_n^3 / 32$  – момент сопротивления, м<sup>3</sup>.

Излом плодоножки от изгиба произойдет, если  $\sigma_{из} \geq [\sigma_{из}]$ .

Далее требуется, чтобы освобожденное от плодоножки зерно поступило в щель битера.

Для определения условия попадания зерна в щель битера проанализируем систему сил, которые действуют на зерно в данный момент (см. рис.5.12).



- 1 – битер правый, 2 – битер левый, 3 – лопасть битера, 4 – щель,  
5 – обмолачиваемое растение

Рисунок 5.12 – Схема сил, действующих на зерно в момент попадания его в щель битера

Спроецируем на ось  $x$  все силы, действующие на зерно:

$$F_{mp} - G\cos\gamma - F_u\cos\beta = 0. \quad (5.19)$$

Из равенства (5.19) получим условие попадания зерна в щель:

$$G\cos\gamma + F_u\cos\beta \geq F_{mp}. \quad (5.20)$$

Найдем проекции на ось  $y$  всех сил, действующих на зерно:

$$N + F_u\sin\beta - F_k - G\sin\gamma + F_{ul} = 0, \quad (5.21)$$

где  $F_k = 2mv_0\omega$  – сила инерции Кориолиса (здесь  $v_0$  – относительная скорость движения зерна по лопасти), Н;  $F_{ul} = m\omega_1^2 R_l$  – центробежная сила, вызванная относительным движением зерна по криволинейной лопасти (здесь  $\omega_1$  – угловая скорость движения зерна по криволинейной лопасти,  $R_l$  – радиус лопасти,  $c^{-1}$ ), Н.

Выразив  $N$  из (5.21) и подставив полученное выражение в (5.20) с учетом зависимостей (5.9), (5.10) и (5.11), а также  $F_k$  и  $F_{ul}$ , получим

$$\omega^2(R\cos\beta - 2fR_l + fR\sin\beta + f\frac{R^2}{R_l}) \geq g(f\sin\gamma - \cos\gamma). \quad (5.22)$$

Таким образом, расчет минимального значения угловой скорости бите-ра  $\omega$ , при которой зерно будет поступать к щели бите-ра примет вид

$$\omega_{min} = \sqrt{\frac{g(f\sin\gamma - \cos\gamma)}{R\cos\beta + f\left(-2R_l + R\sin\beta + \frac{R^2}{R_l}\right)}}. \quad (5.23)$$

Следовательно, обеспечив угловую скорость бите-ра  $\omega$ , подсчитанную по формуле (5.23) при установленных конструктивных параметрах создаётся условие для очесного способа отделения зерен от их плодоножек

Далее рассмотрим процесс отделения зерен от их плодоножек за счет сил инерции.

Согласно основного уравнения удара одного тела о другое, импульс силы равен приращению количества движения:

$$P\Delta t = \Delta m_3 U, \quad (5.24)$$

где  $P$  – сила, которая действует на зерно массой  $m_3$  до обмолота в момент удара по нему лопастью битера при равномерном вращении вокруг оси  $O$  (рис. 5.13) с угловой скоростью  $\omega$ ,

$\Delta t$  – время действия удара лопасти битера о зерно, с;

$U$  – линейная скорость зерна в момент его отрыва вместе с плодоножкой от лопасти, м/с.

При неупругом ударе лопасти о зерно путь, пройденный зерном по лопасти за время удара, близок к диаметру (или длине) зерна  $d$ , м.

Тогда, продолжительность удара лопасти битера о зерно равна

$$\Delta t = d/V = d/\omega R. \quad (5.25)$$

Приращение количества движения

$$\Delta m_3 U = m_3 (U_2 - U_1), \quad (5.26)$$

где  $U_1$  – скорость зерна до удара ( $U_1 = 0$ ), м/с;  $U_2$  – скорость зерна после удара, м/с.

Тогда

$$\Delta m_3 U = m_3 U_2. \quad (5.27)$$

Перепишем уравнение (5.24) с учетом (5.26) и (5.27)

$$\frac{Pd}{\omega R} = m_3 U_2$$

откуда

$$U_2 = \frac{Pd}{m_3 \omega R}. \quad (5.28)$$

Направление скорости  $U_2$  в момент отрыва зерна от лопасти совпадает с касательной к дуге  $K_1K_2$  (см. рис. 5.13) в точке  $K_1$ , т.е. будет совпадать с направлением оси  $y$ .

Центробежная сила, действующее на зерно в момент его отрыва от лопасти, равна

$$F_{ц} = \frac{m_3 U_2^2}{L_B}, \quad (5.29)$$

где  $L_B$  – длина ветви метелки высшего порядка, м.

Отрыв зерна от плодоножки произойдет при условии:  $F_{ц} \geq F_{св}$  ( $F_{св}$  – сила связи зерна с плодоножкой), которое с учетом (5.29) примет вид:

$$\frac{m_3 U_2^2}{L_B} \geq F_{св}. \quad (5.30)$$

Чтобы определить  $U_2$  рассмотрим схему сил, действующих на зерно в момент удара по нему лопастью битера, рис. 5.13.

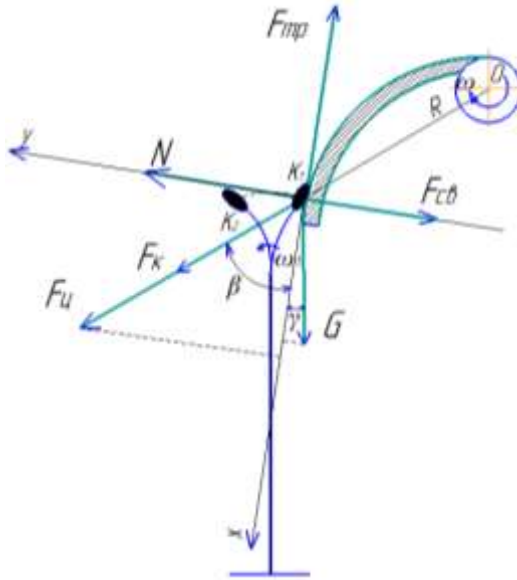


Рисунок 5.13 – Схема сил, действующих на зерно в момент удара по нему лопастью битера

На зерно в момент удара по нему лопастью битера будут действовать силы: сила тяжести  $G$  (см. рис. 5.13), нормальная сила  $N$ , сила трения  $F_{mp}$ , центробежная сила  $F_u$ , сила инерции Кориолиса  $F_k$  и сила связи зерна с плодоножкой  $F_{св}$ .

После удара зерно перемещается из точки  $K_1$  в точку  $K_2$  по дуге окружности с центром в точке соединения веточки метелки со стеблем.

Определим проекции всех сил, действующих на зерно, на ось  $y$ :

$$N + F_u \sin \beta + F_k \sin \beta - G \sin \gamma - F_{св} = 0.$$

Из уравнения получим, что

$$P = N + F_u \sin \beta + F_k \sin \beta - G \sin \gamma. \quad (5.31)$$

Определим проекции всех сил, действующих на зерно, на ось  $x$ :

$$F_u \cos \beta + F_k \cos \beta + G \cos \gamma - F_{mp} = 0$$

Принимая во внимание зависимость (5.31), получим

$$N = (F_u \cos \beta + F_k \cos \beta + G \cos \gamma) / f. \quad (5.32)$$

Заменяя полученное выражение в (5.31), получим

$$P = (F_u \cos \beta + F_k \cos \beta + G \cos \gamma) / f + F_u \sin \beta + F_k \sin \beta - G \sin \gamma. \quad (5.33)$$

Следовательно, зависимость (5.28) с учетом (5.33) будет иметь вид:

$$U_2 = \frac{\left[ \frac{(F_u + F_k) \cos \beta + G \cos \gamma}{f} + (F_u + F_k) \sin \beta - G \sin \gamma \right] d}{m_3 \omega R}$$

Заменяя данное выражение в зависимости (5.30), получим:

$$\frac{\left[ \frac{(F_u + F_k) \cos \beta + G \cos \gamma}{f} + (F_u + F_k) \sin \beta - G \sin \gamma \right]^2 d^2}{m_3 \omega^2 R^2 L_B} \geq F_{CB}. \quad (5.34)$$

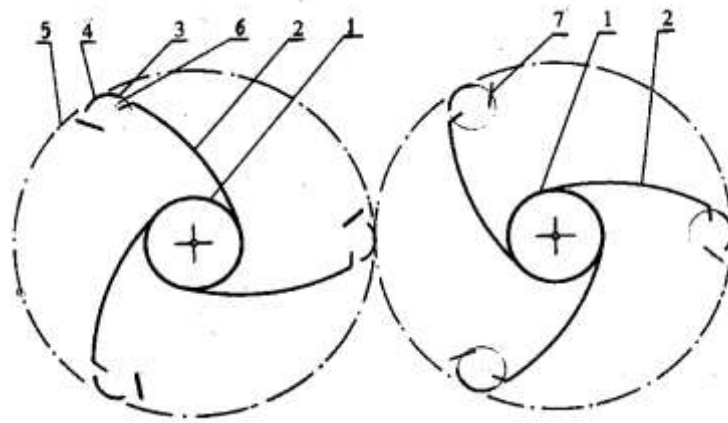
Данное неравенство представляет собой условие отрыва зерна от плодоножки за счет сил инерции.

Следовательно, получены зависимости для теоретического определения условия вымолота зерна молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа.

Таким образом обеспечив необходимую угловую скорость битера молотильно-сепарирующего устройства будет происходить отделение зерна от плодоножки, а в случае превышения силы инерции зерна его связи с плодоножкой будет происходить отрыва зерна от плодоножки.

Необходимые для отделения зерна угловая скорость битера молотильно-сепарирующего устройства и сила инерции зерна определяются по вышеуказанным зависимостям при установленных геометрических и кинематических величинах молотильно-сепарирующего устройства и свойствах сельскохозяйственной культуры, подлежащей обмолоту.

Обмолот сельскохозяйственной культуры зерноуборочной машиной, оборудованной МСУ инерционно-очесного типа (рис.5.14), осуществляется на корню. Растения скашивались после обмолота и укладывались на стерню.



1- вал битера; 2- лопасть; 3- очесывающая кромка; 4- выступ;  
5- описанная окружность; 6- щель; 7- транспортирующая пластина

Рисунок 5.14 – Схема МСУ

Молотильный зазор  $\delta$  в МСУ инерционно-очесного типа определялся исходя из минимальной толщины метелки или колоса в момент их расплывания по лопасти битера [129]. Для зернового сорго толщина составляла 8 – 12 мм, а проса – 6 - 10 мм. Зазор  $\delta$  принят равным 10 мм. Этот размер удовлетворяет и условию прохождения ножки метелки сорго и проса. Ширина щели выбиралась исходя из длины зерновки (5...6 мм). Радиусы кривизны выступа принят равным 10 мм, кривизны обмолачивающей кромки – 0,7 мм, лопасти – 50...120 мм в зависимости от влажности убираемой культуры.

Графическим методом построена зависимость изменения зазора при повороте вальцов (рис.5.15).

Минимальный зазор вальцов с тремя лопастями соответствует углу поворота вальца  $\alpha=38^\circ$ , с четырьмя лопастями  $\alpha=30^\circ$ , и с двумя  $\alpha=45^\circ$ . Из такого расположения вальцов рассчитывали молотильный зазор.



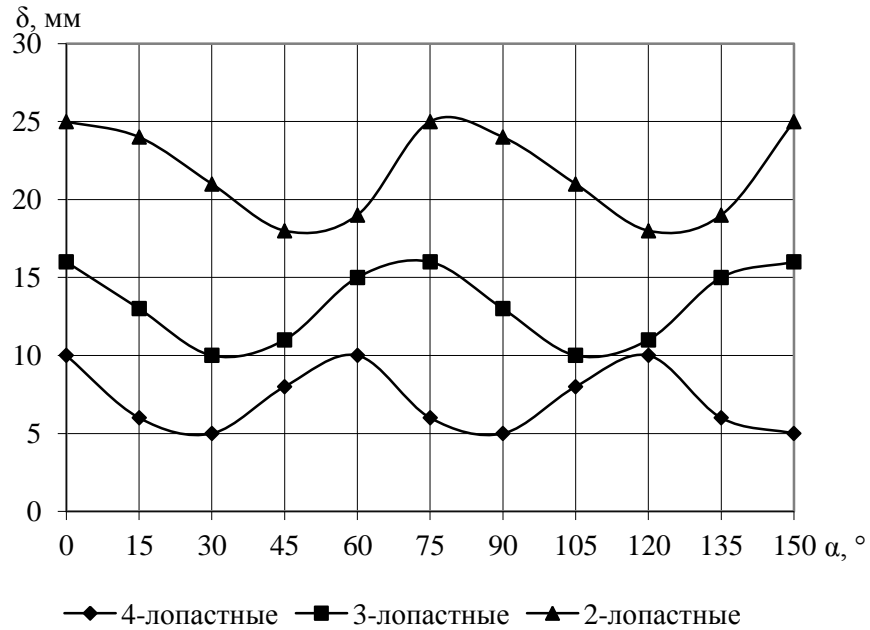


Рисунок 5.15 – Графическое изображение изменения молотильного зазора

Молотильный зазор определяли по схеме, представленной на рисунке 5.16.

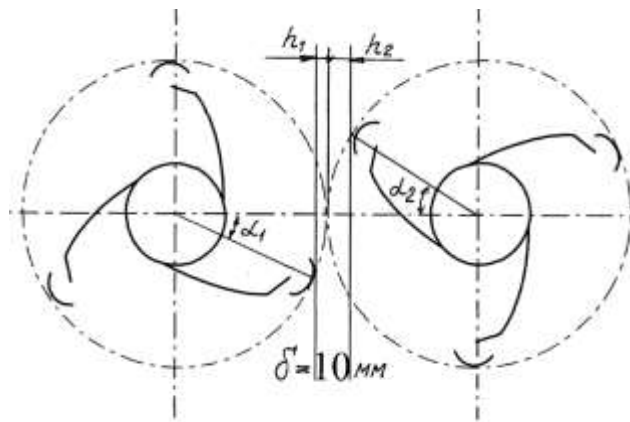


Рисунок 5.16 – К определению молотильного зазора

Высоту сегмента  $h_1$  и  $h_2$  рассчитывали по формулам:

$$h_1 = R(1 - \cos \alpha_1), \quad (5.35)$$

$$h_2 = R(1 - \cos \alpha_2). \quad (5.36)$$

В этом случае молотильный зазора равна:

$$\delta = R((1 - \cos \alpha_1) + (1 - \cos \alpha_2)) \quad (5.37)$$

Тогда, минимально допустимый радиус вальца можно рассчитать по формуле:

$$R_{\min} = \frac{\delta}{((1 - \cos \alpha_1) + (1 - \cos \alpha_2))} . \quad (5.38)$$

По формуле (5.38) определили, что минимальный радиус двухлопастных валцов  $R_{\min} = 17$  мм, для трехлопастных  $R_{\min} = 37$  мм и четырехлопастных  $R_{\min} = 51$  мм.

## **5.2 Оценка качества уборки зерновых культур зерноуборочной машиной с инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством**

В настоящее время, как в России, так и в зарубежных странах создаются новые способы уборки зерновых культур, в основе которых заложено использование комбайнов с ранее неизвестными методами обмолота. Как отмечалось выше, на кафедре «Эксплуатация МТП» Волгоградского ГАУ при выполнении гранта РФФИ №13-08-01085 разработан инерционно-очесный способ обмолота метелочных культур, на основе которого создано несколько вариантов соргоуборочных комбайнов, оснащенных МСУ щелевыми битерами.

Качество обмолота веничного сорго при использовании МСУ изучено ранее и результаты исследований опубликованы, например, в работах [216, 217, 218, 220, 253].

В данной работе выполнен анализ качества работы зерноуборочной машины с инерционно-очесным МСУ на уборке проса сорта «Саратовское 853». Просо, также как и зерновое сорго, относится к зерновым метелочным культурам.

Как известно, для проса характерна большая неравномерность созревания. В связи с этим, в зонах недостаточного увлажнения рекомендуется применять отдельный способ уборки проса. Однако применение зерноуборочной машины с инерционно-очесным МСУ на отдельном способе невозможно из-за технологической схемы, а уборка проса прямым комбайнированием

допустима. Поэтому при сравнении качества работы зерноуборочной машины с инерционно-очесным МСУ и серийного зерноуборочного комбайна применялось прямое комбайнирование.

Поле, на котором проводились сравнительные эксперименты, было засеяно просом широкорядным (междурядья 0,45 м) однострочным способом, имело длину гона 1800 м. Урожайность проса составляла 1,1 т/га с влажностью зерна 14 – 22%.

До начала экспериментальных исследований поле было разбито на 6 загонов, которые затем убирались поочередно зерноуборочной машины с инерционно-очесным МСУ и серийным зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б».

Серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б» был подготовлен в соответствии с требованиями к уборке проса.

Обмолот проса осуществляется следующим образом. При движении уборочной машины, прямоточная выносная молотильная камера машины приближается к растениям, растения при этом поступают в МСУ вершиной вперед под углом к осям битеров. Следует отметить, что в данном МСУ молотильный зазор просторный и изменяется по размеру. В таком изменяющемся по размеру зазоре, поступившие в него на обмолот растения, начинают колебаться, перемещаясь от одного битера к другому с амплитудой, равной молотильному зазору.

Лопasti битеров поочередно проглаживают метелку от его основания к вершине, при этом метелка перемещается от одного вальца к другому. Одновременно с этим выступ битера обеспечивает захлестывание метелки, зерновка за счет сил инерции прижимается к лопасти и, скользя по ней, попадает в углубление, а затем - в щель. Происходит обламывание плодоножки и зерновка, проходя по инерции сквозь щель, выбрасывается транспортирующей пластиной за пределы зоны обмолота, в зерносорник прямоточной выносной молотильной камеры. Из зерносорника зерно с помощью пневматической системы подается в бункер зерноуборочной машины. Пневматическая

система данной уборочной машины оборудована циклоном, который осуществляет предварительную очистку зерна. В первых вариантах зерноуборочных машин, оборудованных МСУ инерционно-очесного типа, подача зерна из зерносорника прямоочесной выносной молотильной камеры в бункер осуществлялась механическим путем.

Так как МСУ инерционно-очесного типа впервые использовался нами при обмолоте проса, то необходимо было дать его качественную оценку.

К основным показателям качества работы зерноуборочных машин относятся потери зерна. Потери зерна оценивали в зависимости от приведенной подачи растений в МСУ зерноуборочной машины и срезанных жаткой растений в молотилку зерноуборочного комбайна. Исследования проводились при приведенной подаче для РСМ-10Б «Дон-1500Б», равной 2; 4; 6; 8 и 10 кг/с, и зерноуборочной машины с инерционно-очесным МСУ, равной 2; 4 и 6 кг/с, и средней влажности зерна  $W = 14\%$ . Подача формировалась искусственно, путем выбора расчетной скорости машины.

В процессе экспериментальных исследований оценивались также дробление и травмирование зерна. Условия экспериментов те же, что и при оценке потерь зерна.

При оценке дробления зерна выделялись из бункера зерноуборочной машины по 3 навески в каждом опыте. Масса навески 50 г. Зерно каждой навески сортировалось на дробленое и целое. Составные части взвешивали и определяли долю дробленого зерна в общей массе навески.

При взятии 10 проб при трехкратной повторности надежность опыта равнялась  $N=0,7$ , а относительная ошибка измерения  $\Delta=0,4$ .

При оценке травмирования зерна применялся известный метод окрашивания [195, 259].

Результаты экспериментальных исследований потерь зерна проса зерноуборочной машиной с инерционно-очесным МСУ и серийным зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» представлены в приложении М и на рисунке 5.17.

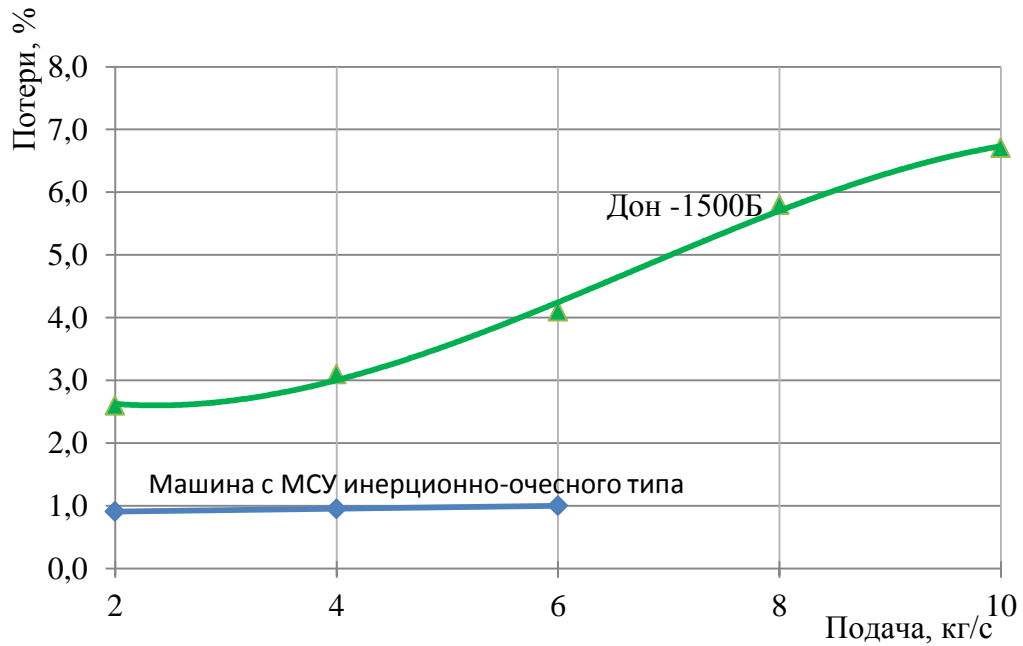


Рисунок 5.17 – Зависимости потерь зерна проса сорта «Саратовское 853» за зерноуборочной машиной с инерционно-очесным МСУ и серийным зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» от приведенной подачи массы в МСУ

Из рисунка 5.17 следует:

1. При изменении подачи метелочной части растений проса в МСУ инерционно-очесного типа с 2 кг/с до 6 кг/с потери зерна растут незначительно с 0,92% до 1,0%.
2. При изменении приведенной подачи растений проса на обмолот в молотилку зерноуборочного комбайна РСМ -10Б «Дон-1500Б» с 2 кг/с до 6 кг/с потери зерна растут с 2,6% до 4,1%.
3. Повысить загрузку МСУ инерционно-очесного типа данной конструкции более 6 кг/с нет возможности, т.к. подача массы на обмолот была ограничена предельно-возможной скоростью движения зерноуборочной машины и шириной захвата жатки.

Зависимость дробления и травмирования зерна проса МСУ инерционно-очесного типа от подачи и влажности зерна экспериментальными исследованиями не установлена.

### **5.3 Оценка надежности зерноуборочной машины с инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством**

Уборка урожая зерновых колосовых, метелочных и других культур является завершающим, сложным, наиболее трудоемким и ответственным этапом. Эффективность уборки во многом определяется продолжительностью работ. Однако простои комбайнов только из-за технических причин достигают 12 – 15% сменного времени. При этом наработка на отказ отечественных зерноуборочных и других комбайнов в условиях рядовой эксплуатации порой не достигает 80 ч.

Суммарная продолжительность простоев комбайнов, в том числе и соргоуборочных, по техническим причинам во многом определяется уровнем их надежности. Однако оценка уровня надежности уборочной машины с принципиально новой конструкцией молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) инерционно-очесного типа и его основных систем до настоящего времени не проводилась.

В повышении эффективности использования уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа, рациональной реализации ресурса ее систем и узлов, выявлении и своевременном предотвращении отказов большая роль принадлежит техническому обслуживанию. Принятая нами временная система технического обслуживания уборочных машин новых конструкций не позволяет реализовать в полной мере заложенный при разработке ресурс отдельных систем, узлов и деталей комбайна.

Для повышения эффективности использования уборочных машин с МСУ инерционно-очесного типа, снижения затрат на их функционирование, повышения производительности за час основного и сменного времени и существенного уменьшения потерь урожая назрела необходимость повышения их надежности за счет совершенствования технического обслуживания ременных передач при индивидуальном подходе к каждой из них.

Цель исследования – оценка уровня надежности основных систем уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа и определение периодичности обслуживания ее ременных передач.

Уровень надежности одномодульной навесной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа оценивался статистическим методом по результатам сплошного хронометража его работы при уборке веничного сорго на полях Светлоярского района Волгоградской области.

При оценке надежности уборочной машины она нами была расчленена на составляющие системы [168]. Перечень составляющих машину систем представлен в таблице 5.2. Известно, что надежность отдельной системы влияет на надежность машины в целом [312, 314] и отказ одной из систем приводит машину в неработоспособное состояние.

Расчет надежности всех систем выполнялась по наработке на отказ ( $t_{0i}$ ), а также и по коэффициенту готовности ( $K_{ri}$ ).

Наработка на отказ уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа определялась по формуле [73]:

$$t_0 = 1/(\sum 1/t_{0i}) \quad (5.39)$$

Коэффициент готовности каждой отдельной системы и машины в целом рассчитывался соответственно по выражениям:

$$K_{ri} = t_{0i} / (t_{0i} + t_{vi}), \quad (5.40)$$

где  $t_{vi}$  – продолжительность восстановления работоспособного состояния системы;

$$K_r = 1/\{1 + \sum[(1/K_{ri}) - 1]\}. \quad (5.41)$$

Расчетные значения коэффициентов готовности систем уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа после обработки статистической информации, полученной в результате экспериментальных исследований, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Значения показателей надежности систем машины

№ п/п	Наименование системы	$t_{0i}$ , ч	$t_{vi}$ , ч	$K_{гi}$
1	Энергетическое средство	Показатели не определялись		
2	Модуль	700	2,5	0,996
3	Навесное устройство	924	0,9	0,999
4	Жатвенная часть	252	0,9	0,996
5	Бункер для сбора зерна	1965	1,2	0,999
6	Система транспортировки зерна	575	1,0	0,998
7	Транспортер растений	1128	0,8	0,999
8	Тележка	1113	1,6	0,999
9	Электрооборудование и сигнализация	1049	0,8	0,999

Из данных таблицы 5.2 следует, что лимитирующими надежность уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа являются: жатка, система транспортировки обмолоченного зерна в бункер комбайна и модуль.

Расчетами по формуле (5.39) определили наработку на отказ одномодульной навесной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа в реальных условиях эксплуатации (без учета уровня надежности энергетического средства). Она равна 87,22 ч. По формуле (5.41) рассчитали значение коэффициента готовности.  $K_g = 0,985$ .

Таким образом, результаты исследований показали, что уровень надежности одномодульной навесной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа в реальных условиях эксплуатации достаточно высок, однако уровень надежности некоторых его систем необходимо повысить.

В работе [210] указано, что 46% отказов комбайна, оборудованного молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, приходится на жатвенную часть, из которых большая часть относятся к деталям режущего аппарата: сегментам, противорежущим пластинам и пальцам. Основные отказы – это поломки сегментов из-за их деформирования. Деформирование сегментов приводит к отказам противорежущих пластин и пальцев. Кроме того, наблюдаются поломки, деформации, ослабления крепления ножа, износ и выкрашивание режущей кромки лезвия сегментов (рисунок 5.18).



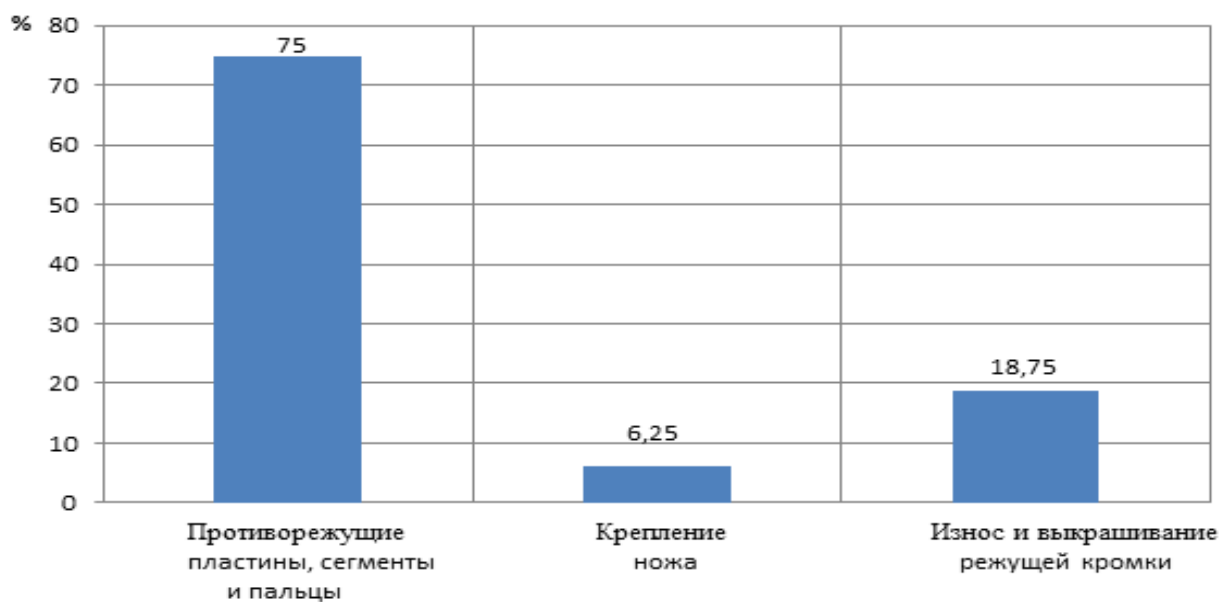


Рисунок 5.18 – Распределение отказов режущего аппарата по элементам

На исследуемом комбайне сначала был установлен режущий аппарат нормального среза с кривошипно-шатунным механизмом привода ножа. Однако качество среза растений таким режущим аппаратом не удовлетворяет требованиям при выходе из строя нескольких, рядом установленных сегментов. Особенно такой негативный факт наблюдается при уборке высокостебельных культур, например, кукурузы или сорго. В связи с этим, на комбайн был установлен режущий аппарат с бесконечным носителем режущих элементов в виде цепного контура, оборудованный устройством контроля отказов [210]. Для режущего аппарата такой конструкции разработана нами [210] методика выбора скорости комбайна, учитывающая количество сломанных сегментов режущего аппарата, при котором качество среза растений будет удовлетворять агротехническим требованиям.

Исследования показали также, что надежность лимитирующих систем одномодульной навесной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа во многом определяется уровнем надежности ременных передач. Так, ременные передачи применены нами в приводах режущего аппарата жатки, метателей зерна системы транспортировки обмолоченного зерна в бункер комбайна и битеров прямоточной выносной молотильной камеры модуля.

Исследования уборочной машины новой конструкции проводились в течение 3 уборочных сезонов. Результаты оценки наработки на отказ  $t_0$  ременных передач данной машины представлены в таблице 5.3. В таблице 5.3 даны также расчетные значения среднего квадратического отклонения  $\sigma$  и коэффициента вариации  $v$  наработки на отказ исследуемых ременных передач.

Таблица 5.3 – Нарботка на отказ ременных передач

Наименование привода	Нарботка на отказ, ч	$t_0$ , ч	$\sigma$ , ч	$v$
Режущего аппарата жатки	4, 13, 37, 53, 58, 60, 65, 73, 79, 93, 98, 126, 130	68,385	27,216	0,398
Метателей зерна	60, 77, 83, 90, 95, 98, 106, 112, 114, 117, 123, 124, 137, 143, 148, 166, 168	115,350	29,529	0,256
Битеров	52, 88, 92, 97, 101, 105, 108, 109, 121, 134, 157	105,818	77,416	0,732

Результаты исследований показали, что за время наблюдения зафиксирован 41 отказ ременных передач. Определено, что 86% отказов происходит из-за потери заданного временной инструкцией по эксплуатации комбайна натяжения ремня и несвоевременного его обслуживания. По этим причинам наблюдалось спадание ремней со шкивов, при этом уборочную машину останавливали, ремень одевали на шкивы и осуществляли регулировку его натяжения. Другие отказы ременных передач происходили по причине разрывов и расслоений ремней, связанных с их старением.

Количество отказов ременных передач в среднем за один сезон, происходящих на одну машины составило 14, а средняя наработка на отказ – 96,5 ч. Наименьшую наработку на отказ имеет ременная передача привода режущего аппарата жатки ( $t_0 = 68,385$  ч).

Для повышения надежности ременных передач предложены возможные пути решения поставленной цели:

1. Определение для каждой ременной передачи индивидуальной периодичности технического обслуживания.

2. Оборудование каждой ременной передачи сигнализатором ослабления натяжения ремня.

3. Изменение значения предельного максимального натяжения ремня.

Все предложенные нами пути повышения безотказной работы ременных передач, можно реализовать в условиях рядовой эксплуатации уборочных машин.

С целью установления индивидуальной периодичности обслуживания ременных передач уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа следует знать их вероятность безотказной работы. Вероятность безотказной работы является одним из основных показателей надежности, отнесенных к заданной наработке.

При вероятностной оценке вышеназванного показателя надежности используют функцию распределения  $P(t)$  и функцию плотности вероятности отказа  $f(t)$ .

Используя информационные данные, был составлен статистический ряд наработок на отказ ременных передач исследуемой уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа. В дальнейшем все значения наработки на отказ сгруппированы в интервалы, число которых определялось по зависимости  $n_y = \sqrt{n}$  (здесь  $n$  – суммарное количество точек информации). При этом учитывалось, что количество точек информации в каждом интервале статистического ряда не должно быть менее 5.

Интервал  $\Delta t_o$  определяли по формуле

$$\Delta t_o = (\Delta t_{o\max} - \Delta t_{o\min}) / n_y, \quad (5.42)$$

где  $\Delta t_{o\max}$ ,  $\Delta t_{o\min}$  - соответственно максимальное и минимальное значения наработки на отказ ременной передачи в статистическом ряду.

Расчет показателей безотказности ременных передач уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа представлен в таблице 5.4.

Для ременных передач функция плотности и вероятность безотказной их работы определялись по формулам:

$$f(t_0) = n_i/n\Delta t_0, \quad (5.43)$$

где  $n_i$  – количество отказов в данном интервале;

$$P(t_0) = (n - \sum n_i) / n, \quad (5.44)$$

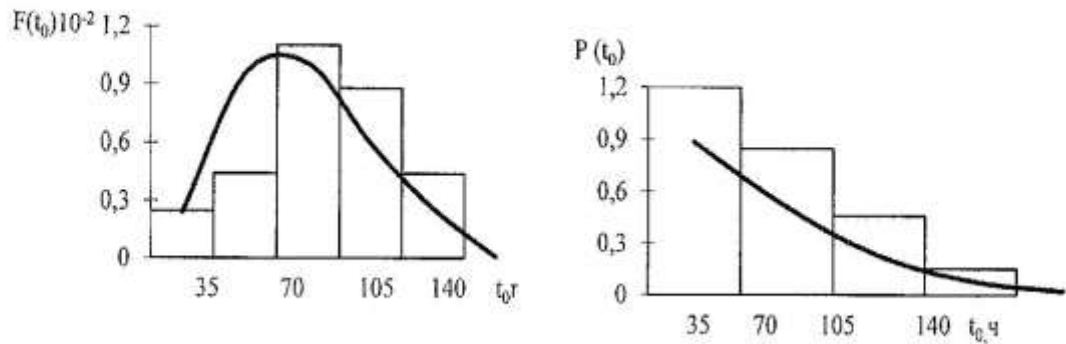
где  $\sum n_i$  – число отказов до  $i$ -й наработки.

Таблица 5.4 – Значения расчетных показателей безотказности ременных передач

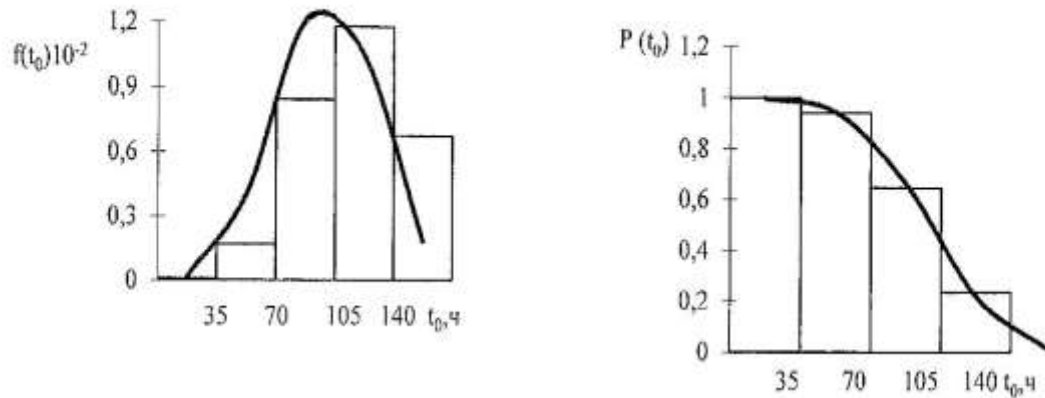
Интервал группировки, ч	$\Delta t_{oi}$	$n_i$	$\sum n_i$	$f(t_{oi}) 10^{-2}$	$P(t_0)$	$t_{oi}$	$\ln t_{oi}$	$-\ln t_{oi}$	$ \ln   - \ln P(t_{oi}) $	$P(t_{oi})$	$f(t_{oi}) 10^{-2}$
<b>Привод режущего аппарата жатки</b>											
0...35	35	2	2	0,440	0,846	17,5	2,86	0,167	- 1,789	0,884	0,954
36...70	35	5	7	1,100	0,461	52,5	3,96	0,774	- 0,256	0,511	1,005
71...105	35	4	11	0,879	0,153	87,5	4,47	1,877	0,630	0,229	0,593
106...140	35	2	13	0,440	-	122,5	4,81	-	-	0,084	0,262
141...175	35	-	-	-	-	157,5	5,06	-	-	0,026	0,009
<b>Привод метателей зерна</b>											
0...35	35	0	0	0	1,0	17,5	2,86	0	-	0,999	0,017
36...70	35	1	1	0,168	0,941	52,5	3,96	0,061	- 2,780	0,943	0,402
71...105	35	5	6	0,840	0,647	87,5	4,47	0,435	- 0,831	0,661	1,201
106...140	35	7	13	1,176	0,235	122,5	4,81	1,448	0,370	0,220	1,044
141...175	35	4	17	0,672	-	157,5	5,06	-	-	0,019	0,183
<b>Привод битеров</b>											
0...35	35	0	0	0	1,0	17,5	2,86	0	-	0,999	0,020
36...70	35	1	1	0,260	0,909	52,5	3,96	0,095	- 2,350	0,932	0,501
71...105	35	5	6	1,300	0,454	87,5	4,47	0,790	- 0,236	0,582	1,441
106...140	35	4	10	1,039	0,091	122,5	4,81	2,397	0,874	0,125	0,848
141...175	35	1	11	0,260	-	157,5	5,06	-	-	0,034	0,049

По данным таблицы 5.4 построены гистограммы функции плотности  $f(t_0)$  и вероятности безотказной работы  $P(t_0)$  ременных передач, рисунок 5.19.

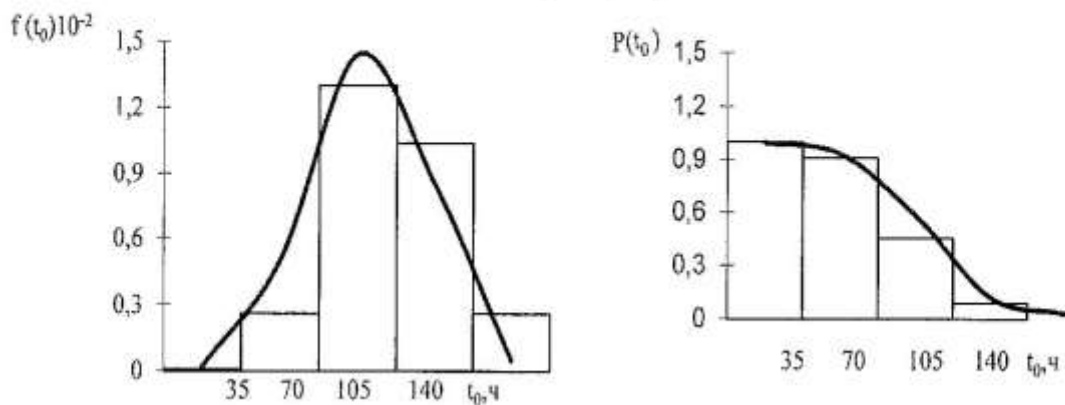
## 1. Привод режущего аппарата жатки



## 2. Привод метателей зерна



## 3. Привод битеров



1 - привод режущего аппарата жатки; 2 - привод метателей зерна;  
3 - привод битеров  
Рисунок 5.19 – Функции плотности и вероятности безотказной работы  
ременных передач

Вид графиков функции  $f(t_0)$  показывает, что данная функция распределена или по экспоненциальному закону, или по закону Вейбулла, или по за-

кону Релея. Закон распределения Вейбулла, как известно, является более общим, поскольку имеет два параметра  $a$  и  $b$ , при вариации которых возможно оценивать ряд статистических параметров, кроме того, при  $b = 1$  этот закон совпадает с экспоненциальным, при  $b = 2$  – с законом Релея, а при  $b = 2,5 \dots 3,5$  близок к нормальному. В связи с этим, в последующих расчетах мы использовали закон Вейбулла.

Параметры закона Вейбулла определены графическим методом.

Для ременных передач соргоуборочного комбайна значения параметров закона распределения Вейбулла представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Расчетные значения параметров закона распределения Вейбулла

Наименование передачи	$a$	$b$
Привод режущего аппарата жатки	68	1,54
Привод метателей зерна	110	3,84
Привод битеров	102	4,00

Согласование опытной информации с теоретическим законом распределения, как известно, можно по критериям Колмогорова,  $\chi^2$  и  $\omega^2$ . Однако критерий Колмогорова применим только для непрерывных случайных величин в случае, если параметры проверяемого теоретического закона предварительно известны. Для нашего случая его применение не возможно. Для согласования экспериментальных данных с теоретическим законом при исследованиях сельскохозяйственных машин чаще всего применяют критерий согласия  $\chi^2$ . В таблице 5.6 представлен расчет критерия  $\chi^2$ . По данным таблиц определяем

$$\sum \chi^2 = \sum (n_i - n_{Ti})^2 / n_{Ti}, \quad (5.45)$$

где  $n_{Ti} = n \{F(t_{ki}) - F(t_{ni})\}$ .

Таблица 5.6 –Вычисление критерия  $\chi^2$ 

Интервал группировки, ч	$n_i$	$(t_{ki} - c)/a$	$F(t_{ki}) - F(t_{ni})$	$n_{Ti}$	$(n_i - n_{Ti})^2/n_{Ti}$
Привод режущего аппарата жатки					
0...35	2	0,10	0,10	1,30	0,377
36...70	5	0,50	0,40	5,20	0,008
71...105	4	0,75	0,25	3,25	0,173
106...140	2	0,91	0,16	2,08	0,003
141...175	0	0,98	0,09	1,17	1,17
					$\sum \chi^2 = 1,731$
					$P(\chi^2) \approx 0,42$
Привод метателей зерна					
0...35	0	0,159	0	0	0
36...70	1	0,477	0,07	1,19	0,030
71...105	5	0,795	0,28	4,76	0,012
106...140	7	1,114	0,49	8,33	0,212
141...175	4	1,432	0,16	2,72	0,602
					$\sum \chi^2 = 0,856$
					$P(\chi^2) \approx 0,68$
Привод битеров					
0...35	0	0,172	0	0	0
36...70	1	0,515	0,07	0,77	0,069
71...105	5	0,858	0,34	3,74	0,424
106...140	4	1,201	0,46	5,06	0,222
141...175	1	1,544	0,13	1,43	0,129
					$\sum \chi^2 = 0,844$
					$P(\chi^2) \approx 0,66$

По расчетным значениям  $\sum \chi^2$  и с учетом числа степеней свободы  $r$  ( $r = n_y - s$ , где  $s = 3$  – число обязательных связей) определена  $P(\chi^2)$  – вероятность совпадения экспериментальных данных с законом Вейбулла. Считали, что при  $P(\chi^2) > 0,1$  выбранный для выравнивания теоретический закон распределения пригоден.

Полученные результаты расчетов (табл. 5.6) показали достаточно хорошую согласованность экспериментальных данных с теоретическим законом распределения Вейбулла.

По параметрам закона Вейбулла рассчитаны функция плотности вероятности отказа  $f(t_0)$  и вероятность безотказной работы  $P(t_0)$ :

$$f(t_0) = \frac{b}{a} \left(\frac{t_0}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t_0}{a}\right)^b\right], \quad (5.46)$$

$$P(t_0) = \exp\left[-\left(\frac{t_0}{a}\right)^b\right]. \quad (5.47)$$

Расчетные значения  $f(t_0)$  и  $P(t_0)$  представлены в таблице 5.4 и изображены на рисунке 5.19.

Параметров распределения закона Вейбулла были использованы для определения периодичности ТО всех исследуемых ременных передач по наработке уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа к тому моменту времени, когда вероятность отказа равнялась предельной ( $R_n$ ). Расчет выполнялся по формуле:

$$t_n = a \sqrt[b]{-\ln(1 - R_n)}. \quad (5.48)$$

В таблице 5.7 указана периодичность ТО исследуемых ременных передач в часах основной работы соргоуборочного комбайна и гектарах убранной площади -  $S$  при предельной вероятности их отказа ( $R_n = 0,2$ ). При этом использовались данные до предельного ослабления ремня, т.е. когда натяжение ремня выходило за рекомендуемый временной инструкцией по эксплуатации допуск, и площадь, убираемую одномодульным навесным соргоуборочным комбайном за 1 час основного времени  $S_{\text{очн}} = 0,4$  га/ч.

Таблица 5.7 – Значения  $t_n$  и  $S$  для ременных передач

Наименование передачи	$t_n$ , ч	$S$ , га
Привод режущего аппарата жатки	25,66	39,27
Привод метателей зерна	74,42	113,86
Привод битеров	70,09	107,24

Представленные в таблице 5.7 данные по убранной площади -  $S$  показывают, что ременные передачи приводов метателей зерна и битеров соот-



ветствуют требованиям временной инструкции по эксплуатации по периодичности технического обслуживания ТО-1, равной 90 га убранной площади. При этом временные основные показатели надежности и периодичность технического обслуживания уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа были определены теоретически и основывались на положениях работы [314].

Предельное ослабление ременной передачи привода режущего аппарата жатки достигается до сроков проведения технического обслуживания ТО-1. Данная ременная передача требует обслуживания более раннего.

В общем случае увеличение  $t_{п}$  до нормативного значения возможно путем корректировки разности между максимальным (верхним)  $N_{max}$  и минимальным (нижним)  $N_{min}$  предельными значениями натяжения ремня ( $N_{max} - N_{min}$ ). Но так как  $N_{max}$  определяет долговечность ремня исходя из его нагруженности, то корректировка возможна только за счет изменения нижнего предельного значения натяжения ремня  $N_{min}$  в сторону ужесточения пределов регулирования. Однако для ременной передачи привода режущего аппарата жатки уменьшение допуска на величину прогиба ремня при определенном усилии практически не возможно. Это связано с тем, что для данной ременной передачи допуск на прогиб ремня рекомендуется всего в 1 мм. В связи с этим, необходимо изменить периодичность технического обслуживания ременной передачи привода режущего аппарата жатки с 90 га убранных площадей до 45 га  $\pm 20\%$ .

Экспериментальные исследования ременных передач приводов режущего аппарата жатки, метателей зерна и битеров прямоточной выносной молотильной камеры одномодульной навесной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа с рекомендуемой периодичностью их обслуживания показали, что отказов указанных передач между периодическими техническими обслуживаниями из-за ослаблений ремней их не зафиксировано.

Таким образом, уровень надежности одномодульной навесной уборочной машины с МСУ инерционно-очесного типа в условиях реальной экс-

плуатации достаточно высок: наработка на отказ равна 87,22 ч, а коэффициент готовности – 0,985. Повышение уровня надежности лимитирующих систем машины достигается за счет проведения технического обслуживания ременных передач приводов метателей зерна и битеров прямоточной выносной молотильной камеры с периодичностью 90 га  $\pm 20\%$ , а привода режущего аппарата жатки – с периодичностью 45 га  $\pm 20\%$ .

#### **5.4 Оценка эффективности использования зерноуборочных машин с молотильно - сепарирующим устройством инерционно-очесного типа**

При сравнительной оценке комплексного критерия эффективности использования серийного зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и изготовленного опытного образца двухмодульной зерноуборочной машины, оборудованной молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа «щелевой бiter» по патенту РФ № 2601228 [188], использовали экспериментальные данные по уборке проса на поле с длиной гона 1800 м серийным зерноуборочным комбайном и экспериментальной машиной в условиях ИП «КФХ Бондарев В.В.» Октябрьского района Волгоградской области. Перед проведением экспериментов на каждый модуль устанавливали делители, позволяющие подавать на обмолот в каждый модуль два ряда растений.

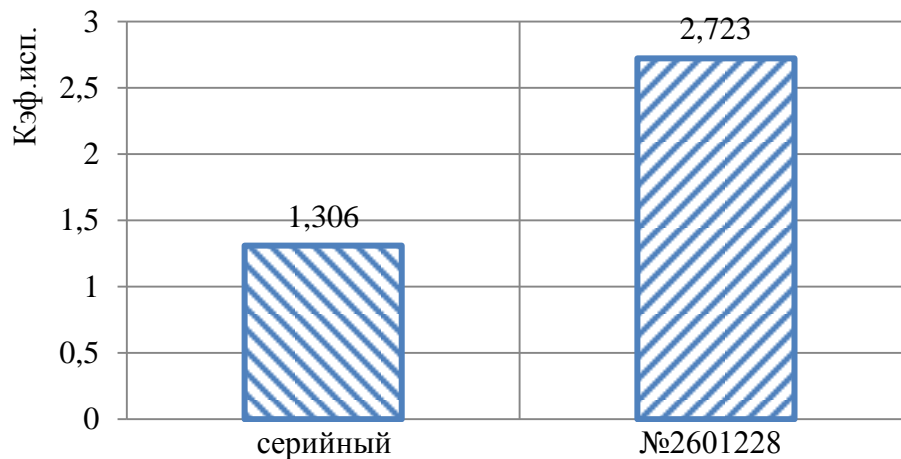
Из всех частных показателей эффективности использования серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и опытной зерноуборочной машины имели отличие только три. Это производительность за час основного времени  $W_0$ , эксплуатационный расход топлива  $Q_{ca}$ , и потери зерна  $P$ . Требуемые значения данных частных показателей выбраны из лучших значений, полученных при сравнительных испытаниях серийного и опытного комбайнов. Принято  $W_0^{mp} = 2,66$  га/ч,  $Q_{ca}^{mp} = 6,3$  кг/га,  $P^{mp} = 1,09\%$ .

Результаты расчетов частных показателей эффективности использования сравниваемых зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и опытной зерноуборочной машины представлены в таблице 5.8, а обобщенно-

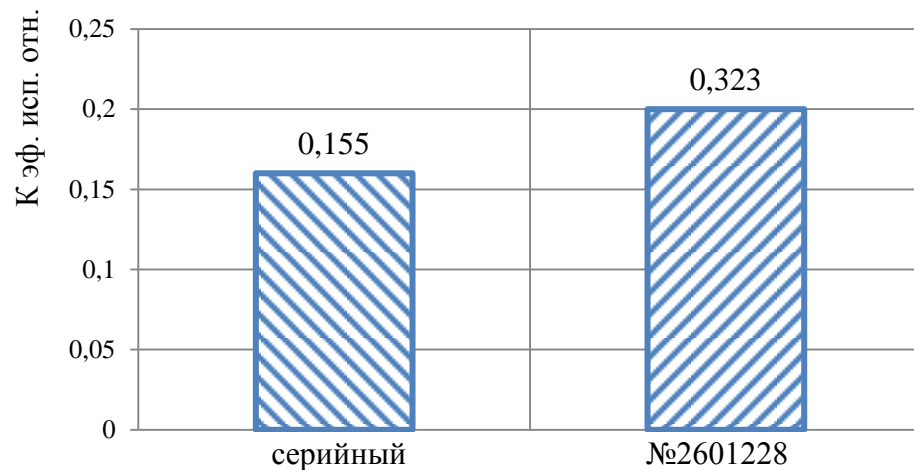
го критерия – в таблице 5.8 и на рисунке 5.20-а. Кроме того, рассчитаны значения относительного обобщенного критерия эффективности использования сравниваемых зерноуборочных машин (см. табл. 5.8 и рис. 5.20-б) с учетом полученного ранее значения для наилучшего случая  $K_{\text{эф.}}^{\text{исп}} = 8,422$ .

Таблица 5.8 – Значения частных и требуемых показателей, обобщенного критерия эффективности использования серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и зерноуборочной машины, оборудованной молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа

Показатель	Зерноуборочная машина	
	серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б»	двухмодульная, оборудованная молотильно-сепарирующим устройством
$W_0$ , га/ч	2,66	0,86
$W_0^{mp}$ , га/ч	2,66	
$K_{W_0}$	0,91	0,294
$Zm$ , чел.·ч/га	0,602	0,602
$Zm^{mp}$ , чел.·ч/га	0,602	
$K_{ZT}$	0,67	0,67
$Q_{ga}$ , кг/га	10,8	6,3
$Q_{ga}^{mp}$ , кг/га	6,3	
$K_{Qga}$	1,320	0,770
$P$ , %	4,1	1,09
$P^{mp}$ , %	1,09	
$K_P$	3,197	0,85
$D$ , %	0,5	0,5
$D^{mp}$ , %	0,5	
$K_D$	0,560	0,560
$Mm$ , %	10,0	10,0
$Mm^{mp}$ , %	10,0	
$K_{MT}$	0,440	0,440
$K_{\text{эф.}}^{\text{исп.}}$	1,306	2,723
$K_{\text{эф.отн.}}^{\text{исп.}}$	0,155	0,323



а)



б)

Рисунок 5.20 – Изменение обобщенного (а) и относительного (б) обобщенного критериев эффективности использования серийного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и двухмодульной зерноуборочной машины, оборудованной молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа по патенту РФ № 2601228

Таким образом, 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».

Однако, как видно из таблицы 5.8, производительность за час основного времени захвата двухмодульной зерноуборочной машины, оборудованной МСУ инерционно-очесного типа, значительно ниже, чем зерноуборочного комбайна. Для повышения производительности нами предложена схема пятимодульной машины для уборки зерновых культур на корню [34] (рис. 5.18), позволяющий по сравнению с предыдущими моделями существенно увеличить не только производительность, но и качество обмолота.

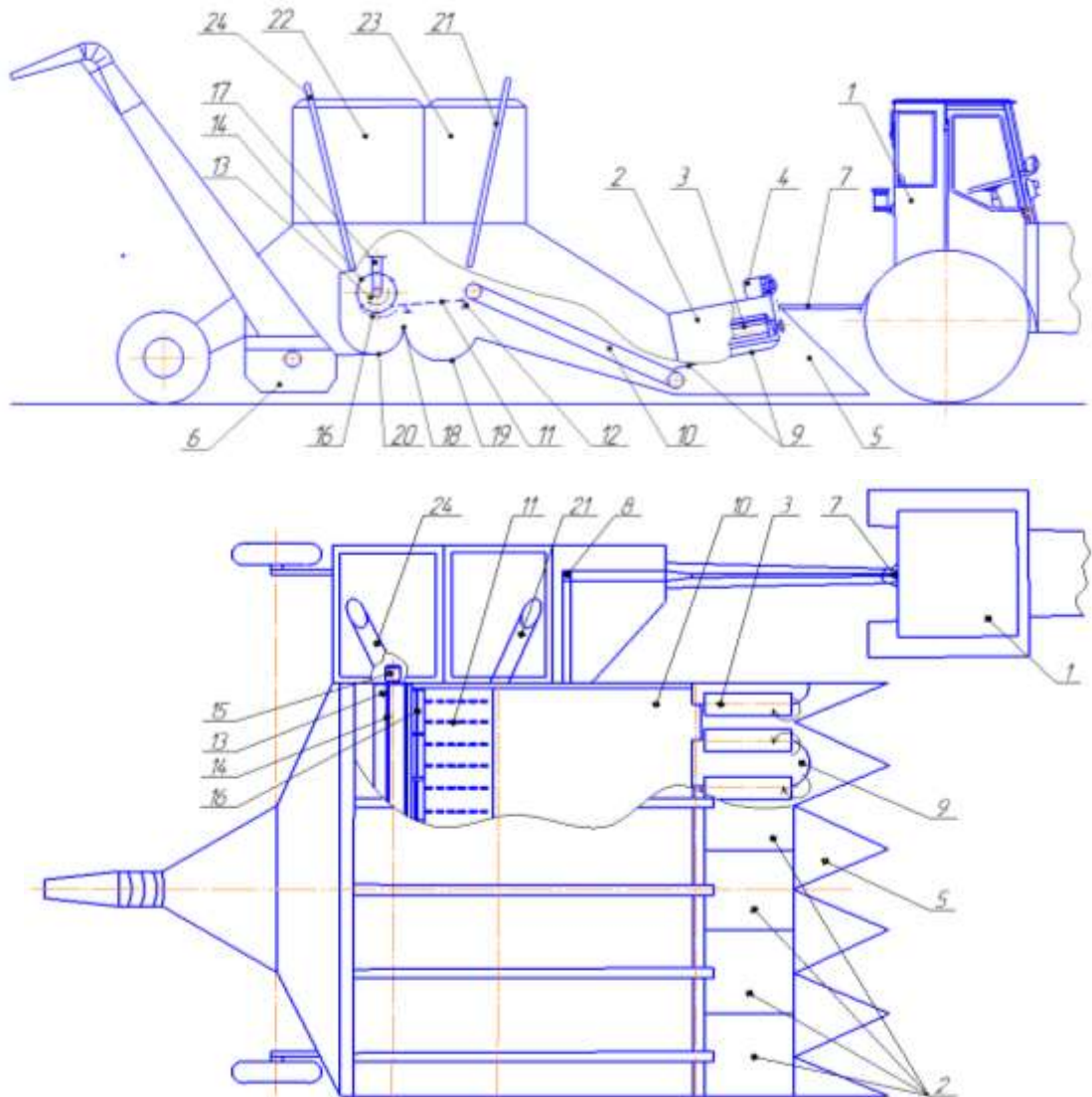
Работает предлагаемая машина для уборки зерновых культур на корню следующим образом.

При движении машины вдоль рядков убираемой зерновой культуры делители 5 направляют колосья растений в прямоточные молотильные камеры 2, где парами вальцов 3 осуществляют обмолот растений на корню.

Обмолоченное зерно, солома и обломанные необмолоченные колосья зерновой культуры попадают на скатные доски 9, перемещаясь по которым поступают на планчатый транспортер 10, который подает их на решето 11. На решете 11, выполняющим колебательные движения на подвесе 12 в виде, например, коленчатого вала, приводимого во вращательное движение электро- или гидромотором, происходит выделение зерна. Это зерно поступает в поддон 18, в отсек 19 для сбора зерна. Зерно из отсека 19 подается системой транспортировки, которая может быть механической с использованием шнеков и элеваторов, пневматической и других видов, в бункер 23 для сбора зерна.

Солома и обломанные необмолоченные колосья зерновой культуры поступают в домолачивающее устройство между декой 16 и обмолачивающим вальцом 13, вращательное движение которых осуществляется от гидромотора 15. За счет ударов по хлебной массе и протаскивания ее планками 14 между декой 16 и обмолачивающим вальцом 13 осуществляют обмолот колосьев зерновой культуры. Вымолоченное зерно, солома и другие компоненты обмолота поступают в отсек 20 для сбора невяянного вороха. Невеяный ворох

из отсека 20 подается системой транспортировки в бункер 22 для сбора невеяного вороха.



- 1 – транспортное средство, 2 – ПВМК, 3 – пара вальцов, 4 – привод от гидромотора, 5 – делитель, 6 – ножевой барабан, 7 – вал отбора мощности, 8 – конический редуктор, 9 – скатная доска, 10 – планчатый транспортер, 11 – решето, 12 – подвеска, 13 – обмолачивающий валец, 14 – планка, 15 – привод от гидромотора, 16 – дека, 17 – механизм регулировки зазора, 18 – поддон, 19 – отсек для сбора зерна, 20 – отсек для сбора невеяного вороха, 21 – система транспортировки зерна, 22 – система транспортировки невеяного вороха, 23 – бункер зерна, 24 – бункер невеяного вороха

Рисунок 5.18 - Схема пятимодульной зерноуборочной машины

а) вид сбоку, б) вид сверху

После обмолота растения срезаются, измельчаются ножевым барабаном 6 и разбрасываются по полю силосопроводом, или грузятся в рядом идущее транспортное средство.

Таким образом, предлагаемая машина для уборки зерновых культур на корню позволяет осуществить очистку зерна обмолоченного прямоточной молотильной камерой от половы и примесей и сбор очищенного зерна в бункер, а также выполнить обмолот необмолоченных прямоточной молотильной камерой колосьев зерновой культуры и сбор невеяного вороха в другой бункер комбайна.

### 5.5 Выводы по разделу 5

1. Разработана теоретическая модель обмолота зерновых культур зерноуборочной машиной, оборудованной молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, позволяющая определить условие отрыва зерна от плодоножки.

2. Представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований качества уборки проса серийным зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б» и двухмодульной зерноуборочной машины с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа. Результаты показали, что при изменении подачи растений проса на обмолот с 2 кг/с до 6 кг/с потери зерна за зерноуборочным комбайном РСМ -10Б «Дон-1500Б» растут с 2,6% до 6,7%, а за зерноуборочной машиной с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа - с 0,92% до 1,19%.

3. Дана оценка уровня надежности зерноуборочной машины, оборудованной молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа: наработка на отказ равна 87,22 ч, коэффициент готовности – 0,985.

4. Дана сравнительная оценка по обобщенному критерию эффективности использования серийного зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» и зерноуборочной машины, оборудованной молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, изготовленного по патенту РФ №2601228. Двухмодульная зерноуборочная машина с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа на

уборке проса имеет обобщенный коэффициент использования  $K_{\text{эф.}}^{\text{исп}}$  на 25% выше чем серийный зерноуборочный комбайн РСМ-10Б «Дон-1500Б».

5. Предложена схема машины для уборки зерновых культур на корню, которая позволяет осуществить очистку зерна обмолоченного прямоточной молотильной камерой от половы и примесей и сбор очищенного зерна в бункер, а также выполнить обмолот необмолоченных прямоточной молотильной камерой колосьев зерновой культуры и сбор невяного вороха в другой бункер комбайна.



## 6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

В соответствии с одной из задач данной работы необходимо выполнить расчет экономической эффективности применения технического решения, имеющего максимальное значение обобщенного критерия эффективности использования.

Из результатов оценки обобщенного критерия эффективности предложенных технических решений повышения качества уборки зерновых культур следует, что максимальное значение данного критерия соответствует использованию зерноуборочного комбайна, оборудованного модернизированной проставкой, изготовленного по патенту РФ № 2382542, эффективнее чем комбайна с устройством по патенту РФ № 2202165, то расчет экономической эффективности будем вести для более эффективного комбайна.

При расчете использовались методика и расчетные формулы, представленные в работе [156].

Известно, что для серийных зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ1 «Нива-Эффект» допустимый уровень дробления зерна для продовольственных целей равен 2,0%, а для семенных целей – 1,0%. Зерноуборочный комбайн, оборудованный устройствам частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленного по патенту РФ № 2382542, отбирает в отдельный бункер до 10% зерно с дроблением, не превышающим 0,1% (см. табл.4.13).

Годовой экономический эффект от применения устройства рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_p = (I_{\varepsilon_1} - I_{\varepsilon_2})W_{\text{сез}} + C'_{\text{доп}}, \quad (6.1)$$

где  $I_{\varepsilon_1}$  и  $I_{\varepsilon_2}$  – эксплуатационные расходы соответственно серийного и модернизированного комбайнов, руб./га;

$W_{\text{сез}}$  – сезонная производительность комбайна, га;

$C'_{\text{доп}}$  – дополнительный эффект от реализации ценного зерна, руб.

Эксплуатационные расходы определяются по формуле:

$$I_{\text{э}} = I_{\text{з.п}} + I_{\text{а}} + I_{\text{т.р}} + I_{\text{гсм}}, \quad (6.2)$$

где  $I_{\text{з.п}}$  – заработная плата комбайнера за единицу работы, с начислениями, руб.;

$I_{\text{а}}$  – амортизационные отчисления на единицу работы, руб.;

$I_{\text{т.р}}$  – расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт комбайна на единицу работы, руб.;

$I_{\text{гсм}}$  – затраты на топливо и смазочные материалы, руб.

Принимаем допущение, что заработная плата комбайнеров, работающих на серийном и модернизированном комбайнах, при выполнении одинакового объема работ в установленные сроки и с заданным качеством, расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт сравниваемых комбайнов и затраты на топливо и смазочные материалы одинаковые. Тогда в зависимости (6.1) будет учтена только разница в амортизационных отчислениях.

Амортизационные отчисления на единицу работы

$$I_{\text{а1}} = \frac{C_{\text{ком.б.1}} N_{\text{а}}}{100 W_{\text{сез}}}, \quad I_{\text{а2}} = \frac{C_{\text{ком.б.2}} N_{\text{а}}}{100 W_{\text{сез}}}, \quad (6.3)$$

где  $C_{\text{ком.б.1}}$  – стоимость серийного комбайна, руб.;

$C_{\text{ком.б.2}}$  – стоимость модернизированного комбайна, руб.;

$N_{\text{а}}$  – норма амортизационных отчислений, %.

Стоимость модернизированного комбайна определим по выражению:

$$C_{\text{ком.б.2}} = C_{\text{ком.б.1}} + C_{\text{нов}}, \quad (6.4)$$

где  $C_{\text{ком.б.1}}$  – стоимость серийного зерноуборочного комбайна, руб.;

$C_{\text{нов}}$  – стоимость изготовления и монтажа дополнительного устройства, руб.

С учетом выражений (6.3) и (6.4) зависимость (6.1) примет вид:

$$\mathcal{E}_p = - \frac{H_a}{100} C_{\text{нов}} + C'_{\text{доп}} . \quad (6.5)$$

В таблице 6.1 представлен перечень оригинальных и покупных изделий устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, их количество в одном устройстве и ориентировочная цена. Представленные в таблице 6.1 данные использованы для расчета  $C_{\text{нов}}$ .

Затраты на заработную плату слесарей-сборщиков, электроэнергию и расходные материалы составили 121470 руб. на одно устройство.

С учетом стоимости оригинальных и покупных изделий и затрат на заработную плату слесарей-сборщиков, электроэнергию и расходные материалы определена стоимость изготовления и монтажа дополнительного устройства  $C_{\text{нов}} = 233124$  руб.

При средней урожайности пшеницы в 2017 г. в Волгоградской области  $Y_{cp} = 2,68$  т/га (см. раздел 1) использование модернизированных зерноуборочных комбайнов позволит отбирать с каждого гектара  $Y_{уз} = 0,268$  т минимально травмированного зерна, которое можно использовать в качестве семян.

Один модернизированный зерноуборочный комбайн за уборочный сезон может выделить в отдельный бункер  $M_{уз}$  (т) минимально травмированного зерна:

$$M_{уз} = Y_{уз} F_{сез}, \quad (6.6)$$

где  $F_{сез}$  – нагрузка на один зерноуборочный комбайн за уборочный сезон, га.

По статистическим данным, представленным в таблице 3.3, для второй группы хозяйств, имеющей наибольшее значение обобщенного критерия эффективности, нагрузка на один зерноуборочный комбайн за уборочный сезон составила  $F_{сез} = 426$  га.

Таблица 6.1 – Стоимость оригинальных и покупных изделий

№ п/п	Наименование	Количество, шт.	Ориентировочная стоимость, руб.	Всего, руб.
1	Планка L-образная	4	220	880
2	Ремень	2	8500	17000
3	Ролик	4	125	500
4	Подшипник	10	234	2340
5	Корпус подшипника	10	330	3300
6	Шнек	1	2700	2700
7	Опора шнека	2	270	540
8	Звездочка	1	430	430
9	Звездочка	1	300	300
10	Ось звездочки	2	210	420
11	Подшипник	2	620	1240
12	Цепь	1	1336	1336
13	Болт крепления планки L-образной и опоры роликов	36	4	144
14	Гайка	36	3	108
15	Шайба	36	1	36
16	Опора роликов	2	380	760
17	Поддон	1	420	420
18	Элеватор в сборе	1	42000	42000
19	Бункер дополнительный	1	37200	37200
	Итого			111654

Дополнительный эффект от реализации ценного зерна  $C'_{\text{доп}}$  (руб.), полученный как разница между стоимостью зерна, намолоченного модернизированным зерноуборочным комбайном (90% валового сбора  $M$  (т) продовольственного зерна с площади  $F_{\text{сез}}$  и минимально травмированного зерна массой  $M_{\text{цз}}$ ) и серийным комбайном:

$$C'_{\text{доп}} = 0,9C_{\text{зак}}M + C_{\text{сем}}M_{\text{цз}} - C_{\text{зак}}M = C_{\text{сем}}M_{\text{цз}} - 0,1C_{\text{зак}}M, \quad (6.7)$$

где  $C_{\text{зак}}$  – закупочная цена продовольственного зерна, руб./т.

В 2017 г. закупочная цена продовольственного зерна озимой пшеницы 4 класса в Волгоградской области составила 6200 руб./т, а семенного 1-й репродукции – 13000 руб./т.

Тогда, с учетом представленных данных, дополнительный эффект от

реализации ценного зерна, приходящийся на один зерноуборочный комбайн,  
 $C'_{\text{доп}} = 774520$  руб.

Представленные выше результаты позволили по зависимости (6.5) рассчитать годовой экономический эффект от применения устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы  $\mathcal{E}_p = 797832$  руб.

Срок окупаемости устройств, включенных в конструкцию зерноуборочных машин, определим по формуле:

$$T_{\phi} = \frac{C_{\text{ком.б.2}} - C_{\text{ком.б.1}}}{\mathcal{E}_p}. \quad (6.8)$$

По расчетам  $T_{\phi} = 0,29$  года.

Годовой экономический эффект при использовании зерноуборочного комбайна, оборудованного устройством частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, составил 797832 рублей. Срок окупаемости устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы равен от 0,29 года.

## 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  $Q_{ga}$ ; 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  $K_{\text{ЭФ}}^{\text{ИСП}}$ , 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» ( $K_{\text{ЭФ}}^{\text{ИСП}} = 7,24$ ) в хозяйствах второй группы.

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

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

$$\text{PCM-142 «Акрос-530» } K_{\text{эф.отн.}}^{\text{исп}} = 14,23 S_{\Gamma}^3 - 24,75 S_{\Gamma}^2 + 12,26 S_{\Gamma} - 0,98,$$

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

Относительный обобщенный критерий эффективности использования зерноуборочных комбайнов в условиях Волгоградской области будет максимальным при годовой наработке  $S_{\Gamma}$ , 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 – 70мм 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  $K_{эф}^{исп} = 2,714$ ,  $K_{эф}^{исп} = 4,270$  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 ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абаев, В.В. Оптимизация машинно-технологического обеспечения ресурсосберегающих процессов уборки зерновых культур в регионах с широким диапазоном распределения урожайности: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.20.01 / Абаев Василий Васильевич. – Ростов – на - Дону, 2011. – 36 с.
2. Абаев, В.В. Повышение эффективности функционирования оптимальной системы технологий уборки зерновых культур [Текст] /В.В. Абаев// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – вып.70, с. 109 -122.
3. Авторское свидетельство СССР №372967. М.кл.А Оid 41/00. Жатка-молотилка для уборки зерновых культур / Маят А.С., Шполянский В.Л.; заявлено 16.03.71; опубликовано 12.03.73. Бюл.№14.
4. Авторское свидетельство СССР №1118314 Молотильно-сепарирующее устройство/ Салдаев, А.М.; заявлено 22,02,83, опубликовано 15.1084, Бюл. №38.
5. Авторское свидетельство СССР №1417826, А01Д91/04. Способ уборки зерновых культур / Шилин П.В.; заявлено 26.01.87; опубликовано 23.08.88, Бюл.№31.
6. Адасть, А.В. Сравнительный анализ различных методик определения потерь зерна за зерноуборочными комбайнами [Текст] /А.В. Адасть, Я.У. Яроцкий// Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки. – 2001. – т.Ч.1. – С.293-297.
7. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский– Изд-е второе, перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279с.
8. Алатырев, С.С. Научно-методические основы и средства адаптирования машин для уборки капусты к изменяющимся условиям функциониро-

вания: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.20.01 / Алатырев Сергей Сергеевич. - Чебоксары, 2005. - 34 с.

9. Алдошин, Н. В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве [Текст] / Н. В. Алдошин // Механизация в растениеводстве. -2007. - №3. - С. 5 - 6.

10. Александров, И. К. Оценка энергетических параметров машинных агрегатов [Текст] / И. К. Александров // Техника в сельском хозяйстве. -2008. -№4. - С. 28 - 31.

11. Алехин, Н.И. Методы и технические средства агротехнической оценки зерноуборочных комбайнов и приспособлений к ним [Текст] / Н.И. Алехин, Н.В. Ногин// Международная научно-практическая конференция «Проблемы качества продукции в XXI веке. Методы и технические средства испытаний и сертификации технологий и техники» (Новокубанск Краснодар. края, 18-19 июня 2003 г.): Сб. материалов. – М. : Росинформагротех, 2003. – С. 173-178.

12. Алмазов, И.В. Повышение эффективности использования машин при транспортировке сена в рулонах /Алмазов Иван Владимирович. – автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 - Волгоград, 2016. – 20 с.

13. Артемов, В.Е. Совершенствование технологии уборки зерновых колосовых культур с использованием прицепного подборщика-измельчителя соломы /Артемов Вадим Евгеньевич. – автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 - Краснодар, 2005. – 23 с.

14. Арютов, Б.А. Разработка методов повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.20.01 / Арютов Борис Александрович. – Мичуринск-наукоград, 2009. - 36 с.

15. Багиров, С.Х. Исследование некоторых физико-механических свойств семян в колосе пшеницы и обоснование двухфазного обмолота комбайновой уборки. [Текст] / С.Х. Багиров --В кн.: Труды Азербайджанского сельхозинститута, 1955, т. 4, с.29 – 34.

16. Байзакова, Ж.С. Технические средства для уборки сухих короткостебельных зерновых культур [Текст] / Ж.С. Байзакова, М.С. Тойлыбаев// Вестник НГАУ. – Новосибирск, 2012. №3 (24). – С. 95-96.

17. Баснакьян, Г.А. Определение сил прочности связи зерна с колосом и обмолачиваемость зерновых культур. [Текст] / Г.А. Баснакьян– В кн.: Труды ВИМ, 1964, т.34, с.270 – 275.

18. Бердышев, В. Е. Влияние неравномерности подачи вороха на качество работы очистки зерноуборочного комбайна [Текст] /В. Е. Бердышев//Земледельческая механика. - Сб. науч. трудов МИИСП. -М., 1980. -С. 78.

19.Бердышев, В.Е. Влияние типа устройства, транспортирующего мелкий ворох, на потери зерна очисткой аксиально-роторного зерноуборочного комбайна [Текст] / В.Е. Бердышев, С.Г. Ломакин// Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 7. С. 186-190.

20.Бердышев, В.Е. Влияние типа устройства, транспортирующего мелкий ворох, на потери зерна очисткой аксиально-роторного зерноуборочного комбайна [Текст]/ В.Е. Бердышев, С.Г. Ломакин// Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. Т. 1. № 30. С. 234-237.

21. Бердышев, В.Е. Комплексный показатель качества работы зерноуборочного комбайна [Текст]/В.Е. Бердышев//Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. -2010.-№ 2 (18). -С. 142-148.

22.Бердышев, В.Е. Методология оценки качества функционирования зерноуборочных комбайнов [Текст] / В.Е. Бердышев //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. Т. 76. № 2. С. 85-89.

23. Бердышев, В.Е. Обоснование параметров рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна с аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.20.01 / Бердышев Виктор Егорович - Волгоград, 2014. – 38 с.

24. Бердышев, В.Е. Теоретическое определение комплексного показателя эффективности работы зерноуборочных комбайнов [Текст] / В.Е. Бердышев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 3. С. 168-172.

25. Бобровицкий, В.И. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт: монография / В.И. Бобровицкий, В.А. Сидоров. — Донецк: Юго-Восток, 2011. — 238 с.

26. Богданов, И.Н. Пневматический транспорт в сельском хозяйстве [Текст] / И.Н. Богданов – М. Росагропромиздат, 1991.– 128с.

27. Борисова, Л.В. Повышение эффективности функционирования уборочных машин на основе моделей экспертных знаний: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03/ Борисова Людмила Викторовна. – Ростов-на-Дону, 2007. – 48 с.

28. Боровков, А.А. Математическая статистика. Оценка параметров, проверка гипотез. - М.: Наука, 1984. - 472 с.

29. Бурьянов, А.И. Разработка и совершенствование методов обоснования технологии комбайновой уборки зерновых колосовых культур очесом [Текст] / А.И. Бурьянов, И.В. Червяков, Ю.О. Горячев // Вестник аграрной науки Дона. 2017. Т. 2. № 38. С. 59-72.

30. Бурьянов, А.И. Совершенствование инерционного способа уборки зерновых культур очесом [Текст] / А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, И.В. Червяков // Вестник аграрной науки Дона. 2016. Т. 2. № 34. С. 15-23.

31. Бурьянов, А.И. Совершенствование конструкции модульного зерноуборочного агрегата на базе УЭС [Текст] / А.И. Бурьянов, А.И. Дмитренко // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 10-й Международной юбилейной научно-практической конференции в рамках 20-й Международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2017". 2017. С. 67-70.

32. Бурьянов, А.И. Эффективность технологии уборки зерновых культур комбайновым очесом [Текст] / А.И. Бурьянов, Ю.О. Горячев, М.А. Бурьянов

янов // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 34-39.

33. Бурьянов, М.А. Определение биологических потерь зерна озимой пшеницы при различной продолжительности уборки в условиях Ростовской области [Текст] / М.А. Бурьянов, А.И. Бурьянов, О.А. Костыленко // Техника и оборудование для села. 2016. № 2 (225). С. 10-14.

34. 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.

35. Бышов, Н.В. Особенности эксплуатации комбайнов при уборке крестоцветных культур. [Текст] / Н.В. Бышов, К.Н. Дрожжин, А.Н. Бачурин // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и аспирантов инженерно-экономического института Рязань, 2009. С. 9-12.

36. Бышов, Н.В. Перспективная система контроля загрузки наклонной камеры зерноуборочного комбайна [Текст] / Н.В. Бышов, Р.В. Безносюк, В.В. Фокин, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.А. Успенский // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2015. С. 182-185.

37. Бышов, Н.В. Эффективность работы комбайнов различных марок в условиях уборочного сезона 2003 года [Текст] / Н.В. Бышов, К.Н. Дрожжин, А.П. Кожурин // Сборник материалов научно-практической конференции инженерного факультета. Посвящается 50-летию кафедр "Эксплуатация машинно-тракторного парка" и "Технология металлов и ремонт машин". ФГОУ ВПО Рязанская Государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева. 2004. С. 34-36.

38. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных [Текст] / Г.В. Веденяпин – М.: Колос, 1973. – 199с. – ил.

39. Венцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерное приложение [Текст] / Е.С. Венцель, Л.А.Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
40. Галенко, М.Д. Обоснование индустриально-поточной комбайновой и безкомбайновой технологии уборки зерновых культур [Текст] / М.Д. Галенко, И.Н. Каплин, В.Т. Федчун // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983, №3, с. 4 – 6.
41. Гольпяпин, В.Я. Зерноуборочные комбайны: производительность, качество работы, расход топлива [Текст] / В.Я. Гольпяпин// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998, №8. – С. 7-10.
42. Горбачев, И.В. Организация и технология уборки зерновых уборочно-транспортными комплексами / И.В. Горбачев. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1983. – 111 с
43. Горячкин, В.П. Общая схема процессов. Соб. Соч. Изд.2-е. [Текст] / В.П. Горячкин - М.: Колос, т.1. с.608.
44. ГОСТ 10467-76 Семена пшеницы и полбы. Сортовые и посевные качества. Введ. 01.07.77 – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 7с.
45. ГОСТ 10469-76 Семена ячменя. Сортовые и посевные качества. Технические условия. Введ. 01.07.77 – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 7с.
46. ГОСТ 10842-76 Зерно. Методы определения массы 1000 зерен. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 24с.
47. ГОСТ 13377 -75 Надежность в технике. Термины и определения – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 24с.
48. ГОСТ18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения - М.: Изд-во стандартов 1980 – 24 с.
49. ГОСТ 20290-74 Семена сельскохозяйственных культур. Определение посевных качеств семян. Термины и определения. Введ. 15.11.74 – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 23с.
50. ГОСТ Р 52778-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Введ. 01.07.2008 – М.: Стандартинформ, 2008. – 23с.

51. ГОСТ 21623-76 Система технического обслуживания и ремонта техники. Показатели для оценки ремонтпригодности. Термины и определения. Введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 9 марта 1976 г. N 574. Переиздание. Август 1993 г.

52. ГОСТ 28301-2015 Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний/ Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ). – М.: Стандартиформ, 2016. – 33 с.

53. ГОСТ 30483-97 Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержание металломагнитной примеси/ ВНИИЗ, МТК 2 – М.: Стандартиформ, 2009. –19 с.

54. ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения. Введ. 13.07.83 – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1983. – 9с.

55. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки/ ФГНУ «РосНИИТиМ», ФГУ «ГИЦ». – М.: Стандартиформ, 2009. – 20 с.

56. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы / ФГБНУ «Росинформагротех». М., 2012. 204 с.

57. Грешилов, А. А. Математические методы принятия решений: Учеб. пособие для вузов. [Текст] / А.А. Грешилов – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 584 с.

58. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры [Текст] / Григорьев А.М. - Издательство «Машиностроение». – М.:1972. – 184 с..

59. Гудков, А.Н. К обоснованию параметров рабочих органов для вибрационного обмолота [Текст] / А.Н. Гудков, Р.П. Заднепровский – Механиза-



ция и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1964, №1. – с.21-24.

60. Гудков, Д. А. Повышение эффективности уборки зерновых культур путем обоснования сроков начала уборки и режимов работы зерноуборочных комбайнов в условиях северо-запада РФ: автореферат дис.... канд. техн. наук: 05.20.01/ Гудков Денис Александрович. – Санкт-Петербург-Павловск, 2003. – 20 с.

61. Гуйда, В.Н. Экологические предпосылки зональной специализации промышленного семеноводства озимой пшеницы в ЦРНЗ РСФСР: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05/ Гуйда Вадим Николаевич – Москва, 1979. – 20с.

62. Дегтярев, Ю.П. Регрессионный анализ на ПЭВМ [Текст] / Ю.П. Дегтярев, А.И. Филатов // Повышение надежности и эффективности использования сельскохозяйственной техники. Сборник научных трудов Волгоградского СХИ. – Волгоград, 1992. – С.128-131.

63. Дементьев, Ю.Н. Возможности повышения производительности комбайнов [Текст] /Ю.Н. Дементьев // Науч. тр. Новосибирского СХИ, 1979, вып. 126, с.21-23.

64. Джамбуршин, А.Ш. Колосоуборочные машины и механизмы. [Текст] /А.Ш. Джамбуршин – Алма-Ата, «Кайнар», 1977. – 152с.

65. Джигарханов, Д.Г. Графическая интерпретация задачи линейного программирования при оптимизации процесса функционирования зерноуборочного комбайна «Вектор» [Текст] / Д.Г. Джигарханов, С.С. Трасковский // Механизация и электрификация животноводства, растениеводства, 3(15)2011, с.10-14.

66. Доктрина продовольственной безопасности РФ: указ от 30 января 2010 г. № 120: по состоянию на 1 марта 2017 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

67. Долгов, И. А. Влияние условий уборки на конструкцию зерноуборочного комбайна [Текст] / И.А. Долгов //Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2011. №6. С. 27 – 29.

68. Долгов, И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины. (Конструкция, теория, расчет): Учебник. [Текст] / И.А. Долгов – Ростов н/Д : Издательский центр ДГТУ, 2003. – 707 с.

69. Доспехов, Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. [Текст] / Б.А.Доспехов – М.: Колос, 1972. – 207с. с ил.

70. Емельянов, А.М. Гусеничные зернокормоуборочные комбайны (основы теории и конструктивно-технологические устройства): монография / А.М. Емельянов [и др.] – Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 285 с.

71. Ерохин, Г.Н. Оценка методов определения потерь зерна за молотилкой зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации [Текст] / Г.Н. Ерохин, В.А. Саяпин, В.Н. Жданов// Механизация и автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе. Ч. 4. – М, 1989. – С. 58.

72. Ерохин, Г. Н. Сравнительная оценка зерноуборочных комбайнов «Дон-1500Б» и «Вектор» [Текст] / Г. Н. Ерохин, Д. С. Орешкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -2008. - №3. - С. 15 - 16.

73. Ермолов, Л.С. Основы надежности сельскохозяйственной техники [Текст] / Л.С. Ермолов, В.М. Кряжков, В.Е. Черкун – М.: Колос, 1982. – 271 с.

74. Жалнин, Э.В. К расчету типоразмерного ряда зерноуборочных комбайнов [Текст] / Э.В. Жалнин, М.Ш. Жилкибаев, В.С. Пьянов//Тракторы и сельхозмашины, 2009, №7, С.7 -11.

75. Жалнин, Э.В. Методологические и технологические решения проблемы комплексной механизации уборки зерновых культур в условиях интенсивного зернопроизводства: дисс. работа на соиск. уч. степ. д-ра. техн. наук в форме научного доклада: 05.20.01/ Жалнин Эдуард Викторович – Москва – М., 1987. – 56с.

76. Жалнин, Э.В. Научные основы технологий уборки зерновых с обра-

боткой урожая в стационарных условиях. [Текст] / Э.В. Жалнин // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1986, №8, с.3-6.

77. Жалнин, Э.В. О классификации зерноуборочных комбайнов [Текст] / Э.В. Жалнин// Сельский механизатор. – 2016, №4. – С. 6-7.

78. Жалнин, Э.В. Поэтапное моделирование работы зерноуборочных машин [Текст] / Э.В. Жалнин// Технология комбайновой уборки зерновых культур. Сборник научных трудов ВИМ. Том 97. – М., 1983.– С. 3-28.

79. Жалнин, Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции [Текст] / Э.В. Жалнин. – М.: ВИМ, 2011. – 101 с.

80. Жалнин, Э.В. Среднестатистическая пропускная способность зерноуборочных комбайнов [Текст] / Э.В. Жалнин, А.А. Баранов, М. Сулейманов// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997, №8. – С. 25-27.

81. Жалнин, Э.В. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами [Текст] / Э.В. Жалнин, А.Н. Савченко// М.: Россельхозиздат, 1985. – 207с.

82. Жалнин, Э.В. Типаж комбайнов: какой есть и какой нужен [Текст] / Э.В. Жалнин// Сельский механизатор. – 2012, №8. – С. 6-8.

83. Жемела, Г.П. Качество зерна озимой пшеницы. [Текст] / Г.П. Жемела – Киев: Урожай, 1973. – 82с. (на украинском языке)

84. Жук, Я.М. Итоги изучения двухфазного способа комбайновой уборки хлебов. [Текст] / Я.М. Жук – В кн.: Конструирование и производство с/х машин. М.: Машгиз, 1959, с.99-106.

85. Жук, Я.М. Пути усовершенствования двухфазного способа комбайновой уборки хлебов. [Текст] / Я.М. Жук – В кн.: Механизация и электрификация сельского хозяйства в СССР. – М.: Сельхозгиз, 1959, с. 189-210.

86. Жук, Я.М. Эффективность отдельного способа уборки зерновых в южных районах СССР [Текст] / Я.М. Жук // Селекция и семеноводства, 1956, №2, с.44-46.

87. Журавлев, П.Д. Семенной материал и его качество. [Текст] / П.Д.

Журавлев – М.-Л., 1930. – 166с.

88. Заднепровский, Р.П. Исследование обмолота колосовых зерновых культур многогранными вальцами: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Заднепровский Рэм Петрович – Волгоград, 1963, – 20с.

89. Зангиев, А. А. Повышение эффективности использования новых зерноуборочных комбайнов в соответствии с современными требованиями [Текст] / А.А. Зангиев// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. №11. С. 2-5.

90. Зангиев, А. А. Эффективность использования зерноуборочных комбайнов. [Текст] / А.А. Зангиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства // 2002. №6. С. 6.

91. Зерноуборочные комбайны «Дон» / Ю.А. Песков, И.К. Мещеряков, Ю.Н. Ярмашев и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 333 с.

92. Зерноуборочный комбайн «Енисей-1200». - Обзорная информация. - Красноярск, 1986. - 17 с.

93. Иванченко, П.Г. Совершенствование зерноуборочного процесса на основе фронтальной жатки-накопителя / Иванченко Павел Григорьевич – автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Оренбург, 2005. –21 с.

94. Изаксон, Х.И. Зерноуборочные комбайны «Нива» и «Колос» 2-е изд., перераб. и доп. / Х.И. Изаксон. – М.: Колос, 1980. – 416 с

95. Изыскание новых более эффективных способов обмолота и сепарации, повышающих пропускную способность комбайна в 1,5...2 раза: Отчет о НИР 12-77 / ВНИИЦентр; Руководитель Н. И. Кленин. - №ГР 78075542. - М., 1980. - 160 с.

96. Иленева, С.В. Совершенствование конструкции и обоснование параметров обмолачивающего устройства для мелкосеменных культур: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01/ Иленева Светлана Викторовна – Волгоград, 2000. – 23 с.

97. Инструкция регламентного технического обслуживания техники в гарантийный период эксплуатации технического обслуживания техники в га-

рантийный период эксплуатации ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш», 2011. –47 с.

98. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. [Текст] / С.А. Иофинов – М.: Колос, 1974 – 480 с.

99. Казаков, В.Е. Повреждение зерна на корню и при уборке урожая. [Текст] / В.Е. Казаков – М., 1964. – 245с.

100. Калашников, К.Я. Улучшение посевных качеств травмированных семян пшеницы [Текст] / К.Я. Калашников// Селекция и семеноводство, 1965, №5, с.35-37.

101. Калганов, К.Г. К вопросу о повреждении зерна при различных способах обмолота [Текст] / К.Г. Калганов // Труды Челябинского ИМЭСХ. вып.6, 1958. – с.18-31.

102. Калинушкин, М.П. Вентиляторные установки. [Текст] / М.П. Калинушкин. [Текст] /М.П. Калинушкин – М., 1967.– 300с.

103. Канарев, Ф.М. Кубанская индустриальная технология уборки зерновых [Текст] / Ф.М. Канарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983, №8, с.10-12.

104. Каплин, И.Н. Обоснование индустриально-поточной комбайновой и бескомбайновой технологии уборки зерновых культур / И.Н. Каплин, М.Д. Галенко, В.Г. Федчун // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. - № 8. – С. 5 – 7.

105. Карлов, М.Е. Повышение производительности зерноуборочной техники. [Текст] / М.Е. Карлов – М.: Россельхозиздат, 1984. – 144с.

106. Кидяева, Н. П. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов за счет оптимизации энергозатрат в условиях Амурской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Кидяева Наталья Петровна. – Благовещенск. 2014. – 23 с.

107. Ковалева, А. В. Обеспечение эффективности функционирования зерноуборочных комбайнов за счет рационального конструирования несущих систем на стадии проектирования: автореф. дисс...канд. техн. наук: 05.20.01/

Ковалева Анастасия Валерьевна – Ростов-на-Дону, 2006. – 21 с.

108. Коваль, С.Н. Совершенствование методов оценки агротехнической эффективности и конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов при испытаниях: автореф. дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.01/ Коваль Сергей Николаевич. – Глеваха, 1981. – 20 с.

109. Колесов, Г.В. Исследование вибрационного обмолота зерновых культур. [Текст] / Г.В. Колесов //Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1968, №10. – с.7-9.

110. Колтунов, В.А. Изменение годовой наработки зерноуборочных комбайнов [Текст] /В.А. Колтунов, В.С. Павлов // Тракторы и сельхозмашины, 1979, №5, с.20-22.

111. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-101 «Вектор». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. Версия 8 / ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 450 с.

112. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-10Б «Дон-1500Б». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию/ ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 303 с.

113. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-142 «ACROS». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. Версия 10/ ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 528 с.

114. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-152 «ACROS Plus». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. Версия 3/ ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: ООО «КЗ «Ростсельмаш». – 386 с.

115. Комбайн зерноуборочный самоходный СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию/ ООО «КЗ «Ростсельмаш» – г. Ростов-на-Дону: СХКТБ ООО «БелРусь». – 308 с.

116. Комбайны самоходные зерноуборочные СК-5А и СКП-5А «Нива». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Ростов-на-Дону, 1981. – 163с.

117. Комплексная оценка эффективности мероприятий, направленных

на ускорение научно-технического прогресса//Методические рекомендации / АН СССР. - М.: 1989. - С. 11 - 18.

118. Концепция развития механизации уборки зерновых культур на период до 2005 года. / Под общим руководством Краснощекова Н.В. и Кряжкова В.М. – М.: ВИМ, 1994. – 70с.

119. Коренев, Г.В. Прогрессивные способы уборки и борьбы с потерями урожая. [Текст] / Г.В. Коренев, А.Т. Тарасенко– М.: Колос, 1971. – 160с.

120. Коробцев, И.И. Изреживание пшеницы в связи с механическими повреждениями семян. [Текст] /И.И. Коробцев, Н.В. Гергенов // Тр. Бурятск. СХИ, вып.21. – Улан-Удэ, 1970. – с.81-89.

121. Кралин, П.И. Уборка зерновых с начала восковой спелости. [Текст] / П.И. Кралин // Совхозное производство, 1945, №6, с.21-25.

122. Красников, В.В. Подъёмно - транспортные машины [Текст] / В.В. Красников.– М., 1987.– 270с.

123. Красноступ, С. М. Снижение потерь за полотняно-транспортным подборщиком при уборке зерновых культур [Текст] / С. М. Красноступ, О.Н. Лесняк // Научные труды Ростовской-на-Дону государственной академии сельскохозяйственного машиностроения: сб. науч. тр./ РГАСХМ.– Ростов н/Д, 2006 – С. 99-102.

124. Крохта, Г.М. Формирование современной системы технического сервиса в АПК [Текст] / Г.М. Крохта, В.В. Коноводов, Г.П. Бут // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2002, №11 – С. 2 – 3.

125. Криловецкий, В.В. Исследование способов эффективности вертикальных винтовых транспортеров, применяемых при приготовлении и раздаче кормов в животноводстве [Текст] / автореф. дисс....канд. техн. наук: 05.20.01 / Криловецкий Владимир Васильевич – С.Пб., 1977. – 21 с.

126. Кубышев, В.А. Совершенствование способов уборки зерновых сельскохозяйственных культур / В.А. Кубышев, В.И. Волков, И.Ф. Волков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. – № 7. – С.22 – 23.

127. Кузин, Г.А. Совершенствование зерноуборочного комбайна на основе новых технологических принципов [Текст] / Г.А. Кузин// Вестник ДГТУ. – Ростов-на-Дону, 2005. Т.5.№5 (27). – С. 683-691.

128. Кузнецов, В. В. Предельно силовое воздействие на зерновку при послеуборочной обработке [Текст] / В.В. Кузнецов, С. З. Манойлина // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2008. - №7. - С. 45.

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

130. Кулаков, Ф.Д. Раздельное сваливание и обмолоты – основной метод уборки хлебов. [Текст] /Ф.Д. Кулаков – М., 1957. – 130с.

131. Куперман, Ф.М. Механические повреждения семян как одна из причин расхождения между лабораторной и полевой всхожестью хлебных злаков. [Текст] / Ф.М. Куперман// Тр. Алтайского СХИ, вып.1, 1948. – с.26-32.

132. Курбанов К.А. Влияние сроков и способов уборки на качество зерна озимой пшеницы в условиях западной зоны Азербайджана: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05/ К.А. Курбанов – Кировобад, 1966. – 23с.

133. Леженкин, А.Н. Методология формирования энерго- и ресурсосберегающей технологии уборки зерновых культур в условиях фермерских хозяйств (на примере Украины): автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.20.01/ Леженкин Александр Николаевич. – Москва, 2008. – 34 с.

134. Лебедев, А.Т. Зерноуборочные комбайны в условиях рядовой эксплуатации в хозяйствах Ставропольского края [Текст] / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Я.Л. Патук, А.В. Захарин, Н.А. Марьин // Научная мысль. 2016. № 5. С. 154-157.

135. Лебедев, А.Т. Повышение эффективности использования уборочной техники путем обеспечения надежности режущего аппарата [Текст] /



А.Т. Лебедев, Д.И. Макаренко // В сборнике: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции. Новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции. 2013. С. 47-50.

136. Лесняк, О. Н. Анализ причин возникновения потерь урожая зерновых культур [Текст]/О. Н. Лесняк // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 4-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 14-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2011», 2 – 3 марта/ ДГТУ. – Ростов н/Д, 2011. – С. 115 – 118.

137. Липкович, Э. И. Механико-технологические основы процессов обмолота и сепарации в молотильных устройствах зерноуборочных комбайнов. – автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.20.01/ Липкович Эдуард Иосифович. – зерноград, 1975. – 45 с.

138. Липкович, Э. И. Процессы обмолота и сепарации в молотильных аппаратах зерноуборочных комбайнов [Текст] / Э.И. Липкович – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1973. – 166 с.

139. Липкович, Э.И. Уборка урожая комбайнами «Дон» [Текст] / Э.И. Липкович, В.И. Рогуля, Н.И. Шабанов и др. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 220 с.

140. Листопад, И.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства. [Текст] / И.А. Листопад – М.: Агропромиздат, 1988. – 88с.

141. Литвин, Л.М. Обобщенная оценка зональных показателей работы зерноуборочных комбайнов [Текст] / Л.М. Литвин, Э.В. Жалнин, Е.Ф. Ветров// Техника в сельском хозяйстве. – 1989. №5. – С. 42-44.

142. Ловчиков, А.П. Повышение эффективности технологических систем уборки зерновых культур (на примере Южного Урала и Северного Казахстана СНГ): автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.20.01 / Ловчиков Александр Петрович. - Оренбург, 2006. – 40 с.

143. Ломовская, О.И. Изменение качества зерна пшеницы в зависимости от сроков и способов уборки. [Текст] / О.И. Ломовская // В кн.: Повышение качества зерна пшеницы. – М., 1972, с.312-318.

144. Лонцева, И. А. Повышение эффективности работы зерноуборочных комбайнов на уборке зерновых и сои в условиях Амурской области с использованием систем точного позиционирования: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. / Лонцева Ирина Александровна – Благовещенск, 2012. – 22 с.

145. Лачуга, Ю. Ф Отечественное сельхозмашиностроение для ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / Ю.Ф. Лачуга // Техника в сельском хозяйстве, 2008. № 6. С. 3–7.

146. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие. [Текст] / Е.Н. Львовский – М.: Высш. школа, 1982. – 224 с.

147. Мазанов, Р.Р. Улучшение показателей использования зерноуборочных комбайнов за счет совершенствования технического обслуживания ременных передач (на примере условий Республики Дагестан): автореф. дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.01 / Мазанов Руслан Расулович. - Волгоград, 2006. - 20 с.

148. Макаров, В.К. Исследование процесса обмолота зерновых колосовых культур импульсным воздействием: автореф. дис. ... кандидата техн. наук: 05.20.01 / Макаров Владимир Константинович – Волгоград, 1979. – 25с.

149. Маслов, Г.Г. К обоснованию параметров зерноуборочных комбайнов и их эффективности [Текст] / Г.Г. Маслов, Е.И. Трубилин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. № 2. – С.28-31.

150. Маслов, Г.Г. К совершенствованию уборочных процессов и снижению потерь урожая [Текст] / Г.Г. Маслов, А.Б. Хейфец // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 62. С. 176-182.

151. Маслов, Г.Г. Макро-и микроповреждения зерна комбайнами [Текст] / Г.Г. Маслов, О.А. Угрюмов // В сборнике: В мире науки и инноваций: сборник статей международной научно-практической конференции: в 5

частях. 2017. С. 65-67.

152. Маслов, Г.Г. Многоуровневый системный подход к комплексной оптимизации процесса уборки, транспортировки и очистки зерна [Текст] / Г.Г. Маслов, С.А. Малышев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 124. С. 1123-1146.

153. Маслов, Г.Г. Эффективность снижения механических повреждений зерна комбайнами [Текст] / Г.Г. Маслов, Я.С. Ефимкин, Ю. Сю. Чен // В сборнике: Технологии XXI века: Проблемы и перспективы развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 ч.. 2017. С. 161-164.

154. Масловская, А. Д. Агрометеорологические условия формирования, налива и созревания зерна яровой пшеницы на севере Казахстана / А.Д. Масловская // Труды КАЗНИГМИ. 1971. Вып. 40. С. 51–63.

155. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] /С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин// - Л.: Колос, 1980. - 168 с.

156. Методика определения экономической эффективности применения в сельском хозяйстве НИР и ОКР, новой техники, изобретений и рацпредложений. – М.: Колос, 1978.

157. Мороз, Н. Н. Определение вероятности нахождения зерноуборочного комбайна в различных состояниях при его эксплуатации. Режим доступа : [http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-5-1\(40\)/86.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-5-1(40)/86.pdf).

158. Морозов, А.Х. Оптимизация состава, режимов работы агрегатов и механизированных комплексов. [Текст] / А.Х. Морозов – Волгоградский СХИ, 1987. – 68с.

159. Морозов, А.Х. Снижение потерь зерна за зерноуборочным комбайном путем оптимизации его надежности. [Текст] / А.Х. Морозов, А.И. Ряднов // Сб. науч. тр. ВСХИ. – Волгоград, 1985. Т.91. с.18-22.

160. Муромцева, И.П. Приемы сохранения и повышения посевных ка-

честв семян переходящих фондов озимой ржи: автореф. дис. ... кандидата с.-х. наук: 06.01.09 / Муромцева Инна Петровна – Пермь, 1973. – 23с.

161. Мюллер, И. Эвристические методы в инженерных разработках: перевод с немецк. [Текст] / И. Мюллер – М.: Радио и связь, 1984. – 144с.

162. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. [Текст] / В.В. Налимов, Н.А. Чернова – М.: Наука, 1965. – 310с.

163. Надежность и эффективность в технике: Справочник: в 10 т./ Ред. совет: В.С. Абдуевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986. т. 1: Методология. Организация. Терминология./ Под ред. А.И. Рембезы. – 224 с.

164. Надежность и эффективность в технике: Справочник: в 10 т./ Ред. совет: В.С. Абдуевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986. т. 3: Эффективность технических систем./ Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.

165. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. [Текст] / В.В. Налимов, Н.А. Чернова – М.: Наука, 1965. – 310с.

166. Научно-обоснованные системы сухого земледелия Волгоградской области в 1986-1990г.г. / Гл. ред. Ф.Л. Козловцев. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1986. – 256с.

167. Николаев, Е.В. Агробиологические основы повышения урожайности и улучшения качества зерна озимой пшеницы в Крыму: автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук:06.01.09/ Николаев Евгений Владимирович – Симферополь, 1986. – 44с.

168. 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.

169. Огнев, О.Г. Повышение качества функционирования технических средств в растениеводстве [Текст] / О.Г. Огнев, И.Г. Огнев, Ю.Н. Строганов // Аграрный вестник Урала № 7 (99), 2012. С.53 – 57.

170. Оробинский, В.И. Снижение травмирования зерна на уборке: монография [Текст] / В.И. Оробинский, И.В. Баскаков, А.В. Чернышов – ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Воронеж, 2017.

171. Отчет о выполнении научно-исследовательских работ по государственному контракту № 3.4/32-2009 от 15.06.2009 по теме «Обоснование и разработка рекомендаций по выбору наиболее конкурентоспособных машин для технологических процессов в растениеводстве Краснодарского края» - Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), Краснодар, 2009 - 75 с.

172. Павлов, Б.П. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий [Текст] / Б.П. Павлов, П.В. Пушкарева, П.С. Щеглов – М.: Колос, 1982. – 288 с.

173. Павлюк, Р.В. Повышение эффективности работы зерноуборочных комбайнов [Текст] / Р.В. Павлюк, А.Т. Лебедев // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 4-5.

174. Панеш, В.П. Влияние работы молотильного устройства на разрушение стеблей и микроповреждения зерна при обмолоте длинностебельных высокоурожайных хлебов. [Текст] /В.П. Панеш // Доклады ТСХА, вып.32, 1958, с. 459 - 465.

175. Паршин, Д.Я. Математическая модель материальных потоков в зерноуборочном комбайне [Текст] /Д.Я. Паршин, Д.Г. Шевчук// Вестник ДГТУ. – Ростов-на-Дону, 2012. №2 (63), вып. 2. – С. 62-67.

176. Пасечников, Н.С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве: монография [Текст] / Н. С. Пасечников // М.: Колос, 1983. - 304 с.

177. Патент на изобретение №2168888, МКИ А 01F12/52. Малый колосовой шнек зерноуборочного комбайна /Ряднов А.И., Тронев С.В. – опубл.

20.06.01.

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

179. Патент на изобретение №2199203, А01D 41/08 Щелевой битер с транспортирующей пластиной [Текст] / Ряднов А.И., Скворцов А.К., Шарипов Р.В., Иленева С.В.; заявитель и патентообладатель - ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА; заявл. 15.11.2000; опубл. 27.02.03, Бюл.№6.

180. Патент на изобретение №2202165, А01D41/00, А01F12/00. Зерноуборочный комбайн. [Текст] / Цепляев А.Н., Ряднов А.И., Федорова О.А.- ФГОУ ВПО Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. Заявка: 2000109659/13, 17.04.2000. Опубликовано: 20.04.2003.

181. Патент на изобретение № 2382542, А01D 41/08. Устройство предварительного обмолота, преимущественно для семенных целей [Текст] / Ряднов А.И., Тронеv 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.

182. Патент на изобретение №2421974 Российская Федерация А01D 41/08. Комбайн для уборки технических культур [Текст] / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В.; заявитель и патентообладатель - ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА – №2010100341/21; заявл. 11.01.10; опубл. 27.06.11, Бюл.№18.

183. Патент на изобретение №2496296, А01D 41/04, А01D 41/12 Прицепной соргоуборочный комбайн [Текст] / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В. заявители и патентообладатели: Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В.; заявл. 11.03.12; опубл. 27.10.13, Бюл.№30.

184. Патент на изобретение №2536905, А01D 37/00 Способ определения потерь зерна зерноуборочным комбайном [Текст] / Ряднов А.И., Тронеv

С.В., Скворцов И.П.; заявитель и патентообладатель - ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ; заявл. 15.10.13, опубл. 27.12.15. Бюл. №36.

185. Патент на изобретение №2535255, А01F 12/18; Битер молотильно-сепарирующего устройства [Текст] / Ряднов А.И.; заявитель и патентообладатель - ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ; заявл. 16.07.2013; опубл.10.12.2014, Бюл. №34.

186. 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.

187. 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.

188. Патент на изобретение № 2601228 РФ, МПК А01D 41/08. Щелевой битер 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.

189. Патент на изобретение № 2630459 РФ, МПК А01F 12/38. Клавиша соломотряса / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. заявка № 2017100287; заявл. 09.01.2017; опубл. 08.09.2017, Бюл. №25.

190. Пенкин, М.Г. Новые технологии уборки зерновых культур / М.Г. Пенкин. – Алма-Ата: Издательство «Кайнар», 1988. – 280 с.

191. Плешаков, В.Н. Сравнительная эффективность современных зерноуборочных комбайнов на уборке различных культур. [Текст] / В.Н. Плешаков. - // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2000. №10, с.20 - 21.

192. Подиныйш, Я.А. Уборка зерновых с обработкой массы на стационаре в Латвийской ССР [Текст] / Я.А. Подиныйш, Э.К. Лачгалвис, Д.Э. Виестурс. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983, №8, с. 15 – 17.
193. Полухин, А.А. Техническая модернизация Российского сельского хозяйства в условиях кризиса и санкций, на фоне интеграционных процессов ВТО и ЕАЭС [Текст] / А.А. Полухин, А.В. Алпатов, А.Н. Старцев, К.И. Алексеев // Экономика сельского хозяйства в России. М.: 2015, №10. С.79-85.
194. Привалов, П.В. Теоретические основы разработки методики технического сервиса сельскохозяйственных машин [Текст] /П.В. Привалов, Е.А. Яворская, Г.С. Сидоров// Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2002, №11, с. 4 – 5.
195. Промышленное семеноводство: Справочник / В.И. Анискин, А.И. Батарчук, Б.А. Весна и др.; под ред. И.Г. Строны. – М.: Колос, 1980. – 287с.
196. Процеров, А.В. Погода и уборка комбайном зерновых культур. [Текст] / А.В. Процеров – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 202с.
197. Пугачев, А.Н. Контроль качества уборки зерновых культур. [Текст] / А.Н. Пугачев. – М.: Колос, 1980. – 255с.
198. Пугачев, А.Н. Потерям зерна – надежный заслон. [Текст] /А.Н. Пугачев. – М.: Колос, 1981. – 159с.
199. Пустыгин, М.А. Повышение технического уровня и эффективности использования зерноуборочных комбайнов [Текст] / М.А. Пустыгин – М.: ЦНТЭИтракторосельхозмаш, 1970. – 26 с.
200. Репетов, А.Н. Выбор технологии и машин для внесения органических удобрений геометрическим способом [Текст] /А.Н. Репетов // Информационный сборник. Вып. 1. – М.: 1980. С. 14-23.
201. Репетов, А.Н. Оценка качества работы зерноуборочных комбайнов [Текст] /А.Н. Репетов // Вестник Курской ГСХА, №1. 2011. – С. 78-80.
202. Россия в цифрах 2016. Краткий статистический сборник / под ред. А. Е. Суринова. М.: Росстат, 2016. - 543 с.
203. Рунчев, М.С. Технология уборки зерновых трехфазным способом /



М.С.Рунчев // Тракторы и сельхозмашины. – 1959. – №9. – С. 32 – 36

204. Русанов, А. И. Основные направления повышения пропускной способности зерноуборочных комбайнов [Текст] /А.И. Русанов // Тракторы и сельхозмашины. - 1981, № 4. - С. 21-23.

205. Ряднов, А.И. Агротехнические решения проблемы уборки зерновых колосовых культур по комплексному критерию эффективности в условиях недостаточного увлажнения: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук:05.20.01, 06.01.09/ Ряднов Алексей Иванович. – Волгоград, 1995. – 46с.

206. Ряднов, А.И. Вероятность вымолота и дробления зерна устройством предварительного обмолота хлебной массы [Текст] / А.И. Ряднов, О.А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2012. № 3. С. 188-193.

207. Ряднов, А.И. Влияние травмированности семян на засоренность хлебостоя. [Текст] / А.И. Ряднов – Деп. в ВИНТИ 10.05.95, №1285-В 95, 1995. – 10с.

208. Ряднов, А.И. Математическая модель сепарации свободного зерна [Текст] /А.И. Ряднов, С.В. Тронеv, О.А. Федорова// На рубеже тысячелетия: Экология, экономика, образование, медицина. Сб. науч. тр. Т. 8. – Ростов-на-Дону: изд-во СКНЦ ВШ. 2001. – с. 194-198.

209. Ряднов, А.И. Метод выбора эффективной технологии уборки сельскохозяйственных культур [Текст] / А.И Ряднов, Р.В. Шарипов //Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства, 2004, №8. С.26-28.

210. Ряднов, А.И. Методика выбора скорости соргоуборочного комбайна при отказах режущего аппарата [Текст] / А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, О.А. Федорова, А.С. Фаронов // Успехи современной науки. – 2017, Том 6, №3. С. 202-206.

211. Ряднов, А.И. Методика оценки эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов [Текст] / А.И. Ряднов, О. А. Федорова, А.В. Захаров //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса №4 (12), Волгоград: ИПК «Нива», 2008. – с. 183-190.

212. Ряднов, А.И. Методика оценки эффективности обмолота зерновых культур на семена [Текст] / А.И. Ряднов, О.А. Федорова // Совершенствование технологии и технологических средств механизации сельского хозяйства. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001.

213. Ряднов, А.И. Методы оценки эффективности уборки сельскохозяйственных культур. Монография. [Текст] / А.И. Ряднов, О.А. Федорова (разделы 2.2, 3.4, 4.2 и 4.3). - Волгогр. гос. с.-х. академ., Волгоград: ИПК «Нива», 2008. – 108 с.

214. Ряднов, А.И. Обоснование конструктивно-технологической схемы пневмотранспортера зерна соргоуборочного комбайна [Текст] / А.И. Ряднов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2014, №3 (35) - С. 200-205.

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

216. Ряднов, А.И. Оптимизация конструктивно-технологических показателей молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа [Текст] / 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>. 13 с.

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

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

219. Ряднов, А.И. Повышение качества убираемого зерна путем сниже-

ния его травмирования [Текст] / А.И. Ряднов, Д.Н. Орлов, О.А. Ряднова // Тезисы докладов I межвузовской научно-практической конференции студентов и молодых ученых Волгоградской области. Сельское хозяйство./ Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 1994. – с.61-62.

220. Ряднов, А.И. Повышение производительности соргоуборочного комбайна / А.И. Ряднов, О.А. Федорова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. Часть 1. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21154>.

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

222. Ряднов, А.И. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов совершенствованием технического обслуживания [Текст] / А.И. Ряднов, А.А. Подьячий // Сб. науч. тр. ВГСХА – Волгоград, 1995. – с.92-97.

223. Ряднов, А.И. Результаты оценки эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов [Текст] / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.В. Захаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 1. С. 106-111.

224. Ряднов, А.И. Рекомендации по повышению эффективности уборки зерновых колосовых культур в условиях Волгоградской области. [Текст] / А.И. Ряднов – Волгоград, ВГСХА, 1995. – 44 с.

225. Ряднов, А.И. Снижение потерь зерна при уборке: Информ. листок [Текст] /А.И. Ряднов// ЦНТИ – Волгоград, 1995 – 3с.

226. Ряднов, А.И. Снижение травмированности зерна при уборке. [Текст] / А.И. Ряднов – Деп. в ВИНТИ 10.05.95, №1283-В 95, 1995. – 9с.

227. Ряднов, А.И. Способ выделения нетравмированного зерна комбайном Дон-1500 [Текст] /А.И. Ряднов, О.А. Федорова// Материалы науч. Конф. Профессорско-преподавательского состава и аспирантов С.- Петербургского

гос. Аграрного университета. - С.- Петербург- Пушкин, 2002.

228. Ряднов, А.И. Стратегии технического обслуживания воздухоочистителя двигателя внутреннего сгорания [Текст] / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, В.А. Кочергин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 226-234.

229. 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. Часть 1. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21393>.

230. Ряднов, А.И. Теоретические предпосылки выбора показателя эффективности уборки зерновых культур [Текст] /А.И. Ряднов, О.А. Федорова// Научный вестник Инженерные науки. Вып.3/ Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 2002, с. 67 – 70.

231. Ряднов, А.И. Теоретические предпосылки вымолота зерна устройством предварительного обмолота [Текст] /А.И. Ряднов, О.А. Федорова //Проблемы агропромышленного комплекса: Материалы международной науч.- практической конференции /ВГСХА. – Волгоград, 2003.

232. 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.

233. Ряднов, А.И. Травмирование семян и урожай [Текст] / А.И. Ряднов // Степные просторы. – 1995. – №6. – с.15-16.

234. Ряднов, А.И. Травмированность семян и засоренность хлебостоя зерновых культур [Текст] /А.И. Ряднов, О.А. Федорова// Научн. сообщения КДН, бюл. №9, Волгоград, 2000.

235. Ряднов, А.И. Универсальный агрегат для уборки сорго [Текст] /А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, А.В. Семченко, К.А. Матвеева//Сельский механизатор №4, 2010г, - С.6.

236. Ряднов, А.И. Усовершенствованная наклонная камера [Текст] /А.И. Ряднов, С.Е. Попов, О. А. Федорова //Сельский механизатор, 2011, №1. С.7.
237. Ряднов, А.И. Установка для очистки воздушных фильтров [Текст] /А.И. Ряднов, В.А. Кочергин // Сельский механизатор. 2014. №9. С.30.
238. Ряднов, А.И. Устройство предварительного обмолота зерна: Информ. листок [Текст] / А.И. Ряднов – ЦНТИ – Волгоград, 1994. – 3с.
239. Ряднов, А.И. Устройство частичного обмолота зерна [Текст] /А.И. Ряднов, О.А. Ряднова// Информ. листок №455/94 / ЦНТИ – Волгоград, 1994. – 2с.
240. Сазонов, С. Н. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов Acros 530 и Vector 410 [Текст] / С. Н. Сазонов, Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Вестник ЧГАА. 2013. Том 65, с. 114 – 117.
241. Самигуллин, Д.К. Методика и результаты экспериментальных исследований потерь зерна на уборке [Текст] / Д.К. Самигуллин, Р.Н. Хафизов, А.А. Тухватуллин, К.А. Хафизов// Вестник Казанского ГАУ. – Казань, 2011. №2 (22). – С. 98-101.
242. Свободин, В. А. Интенсификация и эффективность сельскохозяйственного производства. [Текст] /В.А. Свободен – М.: Росагропромиздат. 1998. 95 с.
243. Сводный отчет № 31-53-80 о результатах испытаний зерноуборочных комбайнов в различных зонах страны. – М.: 1980.
244. Сводный отчет № 31-64св-82 о результатах испытаний зерноуборочных комбайнов в различных зонах страны. Солнечногорск. 1982.
245. Сводный отчет о результатах испытаний зерноуборочных комбайнов СК-10В, Дон-2600ВД, Дон-2000, «Кедр-1200», «Енисей-1200НА» в КубНИИТиМ, ВНИИМОЖ, Центральной, Целинной и Прибалтийской МИС. / Солнечногорск, 1989, 51 с.
246. Сводный отчет №13-102-103-104-73-105-86 о результатах государственных приемочных испытаний комбайнов СК-10Р, СК-10РВ, Дон-1500Р, Дон-1500 «Ротор», СА-600 фирмы «Янмар» (Япония) на уборке риса. Куб-

НИИТим, 1986.

247. Селекция и семеноводство зерновых культур / Под ред. акад. В.Н. Ремесло. – Киев: Урожай, 1978 – 304с.

248. Серый, Г.Ф. Зерноуборочные комбайны [Текст] /Г.Ф.Серый, Н.И. Косилов, Ю.Н. Ярмашев, А.И. Русанов – М.: Агропромиздат, 1986. – 248с.

249. Серый, Г.Ф. Повышение пропускной способности зерноуборочных комбайнов [Текст] / Г. Ф. Серый // Вестник с.-х. науки, Москва, 1982, № 2.

250. Селиванов, А. Координация действий в сельскохозяйственном производстве / А.Селиванов, В. Лазовский // Кадры сельского хозяйства. 1975. № 1. С. 92–98.

251. Сехниашвили, А.И. Совершенствование зональной системы машин и инженерного обеспечения сельскохозяйственного производства в условиях внедрения новых форм управления агропромышленным комплексом на примере Грузинской ССР: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук: 05.20.01, 05.20.03 / Сехниашвили Амиран Иванович. - Ереван, 1988. - 48 с.

252. Соболев И. М., Статников Р. Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников - М.: Наука, 1981. 112 с.

253. Скворцов, А.К. Разработка ресурсосберегающих технологий и средств механизации уборки зерновых культур на основе использования инерционно-очесных молотильных аппаратов: Автореф. дис. доктора техн. наук:05.20.01/ Скворцов Александр Константинович.– Волгоград, 2005.- 40 с.

254. Скульская, Л. В. Потери сельскохозяйственной продукции и продовольственных ресурсов в Российской Федерации [Текст] / Л. В. Скульская, Т. К. Широкова// Проблемы прогнозирования. – 2010, № 6. – С.63-83.

255. Созинов, А.А. Качество зерна юга Украины и пути его увеличения: автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук: 06.538 / Созинов Алексей Алексеевич– Харьков, 1970. – 51с.

256. Созинов, А.А. Урожай и качество зерна. [Текст] /Ф.Ф. Созинов – М.: Знание, 1976. – 63с.

257. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2020 года. Утв. приказом Минпромторга России от 22 декабря 2011 г. № 1810. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

258. Строна, И.Г. Общее семеноведение полевых культур [Текст] / И. Г. Строна. – М.: 1966. – 464с.

259. Строна, И.Г. Метод определения травмирования семян кукурузы [Текст] / И. Г. Строна, В.М. Шевченко // Селекция и семеноводство, 1964, №5, с.58-61.

260. Строна, И.Г. Повышение урожайности травмированных семян кукурузы [Текст] / И. Г. Строна, В.М. Шевченко // Селекция и семеноводство, 1965, №2, с.35-37.

261. Стружкин, Н. И. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов [Текст] /Н.И. Стружкин // Техника в сельском хозяйстве. - 2008. - №2. - С. 39 - 41.

262. Стружкин, Н.И. Технологические и технические решения интенсификации уборки и послеуборочной обработки зерна как единого производственного процесса: автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.20.01/ Стружкин Николай Иванович. – Пенза, 2006. – 34 с.

263. Сухопаров, А. И. Повышение эффективности уборки зерновых культур повышенной влажности путем применения комбайнов, оснащенных молотильным аппаратом с зубовыми бичами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Сухопаров Алексей Иванович. – Санкт-Петербург, 2007. 20 с.

264. Табашников, А.Т. Оптимизация уборки зерновых и кормовых культур. [Текст] / А.Т. Табашников – М.: Агропромиздат, 1985. – 159с.

265. Табашников, А. Т. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники. [Текст] /А.Т. Табашников М. – ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 187 с.

266. Тарасенко, А.П. Снижение травмирования зерна. [Текст] / А.П. Тарасенко, Н. И. Орехов. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 220с.

267. Территориальный орган Федеральной государственной статистики по Волгоградской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://vologdastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/vologdastat/ru/statistics/enterprises/agriculture/](http://vologdastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/vologdastat/ru/statistics/enterprises/agriculture/). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

268. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике: науч. издание [Текст] / В. Ф. Федоренко и др. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2011. 248 с.

269. Тихоновский, В.В. Повышение эффективности работы машин на уборке зерновых в Сибири [Текст] / В.В. Тихоновский, Ю.Н. Блынский, Ю.А. Гуськов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 3 (250). С. 72-82.

270. Тихоновский, В.В. Повышение эффективности функционирования уборочно-транспортной системы на уборке зерновых [Текст] / В.В. Тихоновский, Ю.Н. Блынский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 2. С. 22-24.

271. Топилин, Г.Е. Формирование и совершенствование эксплуатационной технологичности тракторов: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.03/ Топилин Геннадий Евгеньевич. – Новосибирск, 1988. – 30 с.

272. Тронеv, С.В. Способ обеспечения высокой производительности зерноуборочного комбайна [Текст] / С.В. Тронеv, О.А. Федорова // Успехи современной науки. – 2017, Том 6, №3. С. 219-223.

273. Тронеv, С.В. Повышение производительности зерноуборочного комбайна / С.В. Тронеv, А.И. Ряднов, О.А. Федорова // Научное обозрение. – 2017. – №21. – С.37-43.

274. Труфляк, Е.В. Методика выбора количества повторностей при проведении экспериментальных исследований [Текст] / Е.В. Труфляк, И.С. Труфляк, В.С. Кравченко, И.А. Гончарова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 38. С. 1-6.

275. Труфляк, Е.В. Современные зерноуборочные комбайны: учебное



пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Агроинженерия" [Текст] / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубили; ФГБОУ ВПО "Кубанский гос. аграрный ун-т". - Краснодар: Кубанский гос. аграрный ун-т, 2013. - 320 с.

276. Федеральный закон от 2 декабря 2013 года №336-ФЗ «О внесении изменений в статью 1 Федерального закона «О минимальном размере оплаты труда».

277. Федоренко, В.Ф. Уборка и послеуборочная обработка семян трав: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.01/ Федоренко Вячеслав Филиппович. – Москва, 2004. – 48 с.

278. 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>.

279. Федорова, О.А. Повышение сменной производительности зерноуборочных комбайнов [Текст] / О.А. Федорова // Сб. науч. трудов по материалам национальной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике». 2017. № 4. С. 106-111.

280. Федорова, О.А. Повышение эксплуатационных характеристик гибких передач с применением натяжителя-успокоителя [Текст] / О.А. Федорова, С.В. Бондарев // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы международной научно-практической конференции, 31 января-03 февраля 2017 г. – ВолГАУ, Волгоград, 2017.

281. 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/ Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 2002, с. 84 – 87.

282. Федорова, О.А. Совершенствование технологии уборки зерновых культур на семена. [Текст] /О.А. Федорова //Материалы 5 региональной кон-

ференции молодых исследователей Волгоградской области. – Волгоград: ВГСХА, 2001.

283. Федорова, О.А. Снижение повреждаемости зерна при уборке зерновых культур за счет предварительного обмолота хлебной массы: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Федорова Ольга Алексеевна. – Волгоград, 2003. – 20 с.

284. 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. 226-234.

285. Федорова, О.А. Анализ парка зерноуборочных комбайнов в Волгоградской области / О.А. Федорова, О.И. Поддубный// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 235-243.

286. Федоров, В. Ф. Контроль качества работы зерноуборочного комбайна [Текст] / В. Ф. Федоров, М. В. Богиня // Проблемы современной аграрной науки: материалы междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск.: КГАУ. – 15 окт. 2009. – С.32 – 34.

287. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. – М.: Колос, 1970.

288. Фирсова, М.К. Методы определения качества семян. [Текст] / м.К. Фирсова – М.: Изд-во сельскохоз. лит., 1959. – 352с.

289. Франкштейн, С.М. Исследование факторов, влияющих на периодичность обслуживания тракторных воздухоочистителей [Текст] / С.М. Франкштейн // Сб.статей – М.: ВИМ, 1969. С 267...276.

290. Хусаинов, Р. М. Стратегия технического обслуживания и ремонта технологического оборудования в трех временных [Текст] / Р. М. Хусаинов, Г. К. Давлетшина, Т. А. Замараева // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XI междунар. науч.-практ. конф. № 4(11). – Новосибирск: СибАК, 2014. С. 41 – 46.

291. Царев, Ю. А. Статистическая оптимизация основных конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов с учетом зональных условий: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.20.01/ Царев Юрий Александрович. – Ростов-на-Дону, 2000. – 48 с.

292. Цугленок, Н. В. Сравнительный анализ способов уборки и послеуборочной обработки зерновых культур [Текст] / Н. В. Цугленок [и др.] // Проблемы современной аграрной науки: материалы междунар. заоч. науч. конф. – Красноярск: М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2012. – С. 232–234.

293. Чазов, С.А. О мерах снижения травмирования семян [Текст] / С.А. Чазов. - // Селекция и семеноводство, 1994, №4, с.30-32.

294. Чазов, С.А. Травмирование семян зерновых культур и пути его устранения: автореф. дисс. ... доктора с.-х. наук: 06.01.09/ Чазов Сергей Александрович – Харьков, 1972. – 48с.

295. Чазов, С.А. Улучшение посевных качеств семян [Текст] / С.А. Чазов. // Селекция и семеноводство, 1963, №2, с.31-33.

296. Чазов, С.А. О ГОСТе на обрушенные семена пленчатых культур [Текст] / С.А.Чазов, З.Ф.Клиновицкая, Л.Н. Макеева // Селекция и семеноводство, 1974, №4, с.66-67.

297. Чазов, С.А. Семеноводство зерновых культур Среднего Урала на промышленную основу [Текст] / С.А.Чазов, А.П. Пономарева // Селекция и семеноводство, 1974, №1, с.48-50.

298. Чаплыгин, М.Е. Повышение эффективности использования зерноуборочного комбайна путем обоснования оптимальной ширины захвата жатки для условий Юга России: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Чаплыгин Михаил Евгеньевич - Волгоград, 2015. – 20 с.

299. Чепурин, Г.Е. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири /Г. Е. Чепурин, Н. М. Иванов, А. В. Кузнецов, В. Р. Торопов, И. О. Корниенко, Е. Л. Ревякин– М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011.– 176 с.

300. Четыркин, Б.Н. К методике исследования физико-механических свойств зерновых колосовых культур. [Текст] / Б.Н. Четыркин, Б.П. Кутепов, А.Н. Крахалев // Сб. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Вып. 17. - Зерноград, 1974. с. 172 – 175.

301. Чумаков, Н.М. Оценка эффективности сложных технических устройств. [Текст] / Н.М. Чумаков, Е.И. Серебряный – М.: Сов. радио, 1980. – 192с.

302. Шабанов, Н. И. Резервы повышения эффективности комбайновой уборки зерновых культур [Текст] / Н. И. Шабанов // Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. – 2014. – т. 4. – вып. 28. – С. 23 – 29.

303. Шарипов, Р.В. Совершенствование технологии и технических средств уборки веничного сорго /Шарипов Ренат Вильевич. – автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 - Волгоград, 2004. – 20 с.

304. Шаткус, Д. И. Тенденции в развитии конструкций зерноуборочных комбайнов. [Текст] / Д. И. Шаткус и др. - М.: ЦНИИТШтракторосельхозмаш, 1978. - С. 20 - 22.

305. Щербаков, К.Ф. К вопросу обмолота подсолнечника и очеса кле-щевины. [Текст] / К.Ф. Щербаков, А.П. Соломин – Тракторы и сельхозмаши-ны, 1964. В 21, с.15-17.

306. Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффектив-ности технологий и сельскохозяйственной техники [Текст] / А.В. Шпилько, В.И. Драгайцев, П.Ф. Тулапин, Т.Я. Бутенко и др. – М.: ГП УСЗ Минсель-хозпрода России, 1998. – 220 с.

307. Шундалов, Б.М. Универсальный показатель работы зерноубороч-ных комбайнов: структурный коэффициент опережения [Текст] /Б.М. Шунд-алов, А.В. Клочков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяй-ственной академии: БелГСХА, 2014. – с.23 – 26.

308. Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов [Текст] / В.М. Михлин, К.И. Диков, В.М. Стариков и др. – М.: Машинострое-

ние. 1982. – 256 с.

309. Юдин, М.И. Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве: Учебник [Текст] / М.И. Юдин, Н.И. Стукопин, О.Г. Ширай //КГАУ, 2002. – 944 с.

310. Юкиш, А.Е. Техника и технология хранения зерна [Текст] / А.Е. Юкиш, О.А. Ильина //М.: ДеЛи принт, 2009. – 719 с.

311. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: Справочник [Текст] / А.И. Ящура // М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. — 360 с.

312. Asyo S., Fleischmann K.-H., Kuhn G. Zur Kornverlustmessung am Strohschuttler von Mahdreschern. Agrartechnik, 6, 1989, S. 251-253.

313. Baumgarten, J. Prozesssimulation verbessert die Entwicklung von Erntemaschinen / J. Baumgarten // Landtechnik, 2001; Jg. 56, S.-Н. 2. - pp. 440-442.

314. Combine loss model and optimization of the mashine System: Nath Surya, Johnson W.H., Milliken G.A. Trans. ASAE, 1982, 25, №2, 308-312.

315. СОУ 74.3-37-04604309-786:2012. Загальні правила задання вимог при нормуванні надійності.

316. Gubsch M. Zu einigen Aspekten in der Mahdrescherentwicklung. Agrartechnik, 3, 1972, S. 122-125.

317. Koller K. Mahdrescher ohne Schuttler DLG-Mitteilungen. Frankfurt/M. 98 (1983), 13, S. 732-735.

318. Kutzbach H.-D. Mahdrescher auf der DLG 1984. Landtechnik. 7/84, S.324-326.

319. Strauss, G. Die technische Überwachung von Kraftfahrzeugen / G. Strauss // Berlin: Transpress, 1975. S. 18-21.

320. Wacker P. Vergleich von Axial-und Tangentialdreschsystemen in Getreide. Landtechnik. 6/88, S.264-266.

321. Wojtasiewicz R. Abhagigkeit zwischen Durchsatz und technisch-ökonomischen Parametern konventioneller Mahdrescher. Agrartechnik, 4, 1985, S. 156-158.

322. Cherkasov Yu., Shepelev S., Shepelev V. Differentiation of the seasonal loading of combine harvester depending on its technical readiness // *Procedia Engineering*. 2015. Вып. 129. С. 161–165.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

Площади сельскохозяйственных культур, убираемые  
зерноуборочными комбайнами, в России

Культура	Год										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	Площадь, тыс. га										
Пшеница (озимая и яровая)	25342	23591	24382	26633	28698	26613	25552	24684	25063	25277	26834
Рожь (озимая и яровая)	2338	1787	2103	2166	2147	1762	1551	1558	1832	1875	1291
Тритикали (озимая и яровая)	0	0	0	0	190	165	226	233	251	251	251
Ячмень (озимый и яровой)	9083	9928	9618	9621	9035	7214	7881	8820	9019	9391	8885
Овес	3325	3586	3548	3560	3374	2895	3045	3241	3324	3255	3045
Кукуруза на зерно	820	1031	1510	1812	1365	1416	1716	2058	2450	2687	2771
Просо	499	669	506	572	522	522	826	474	470	506	595
Гречиха	917	1164	1301	1113	932	1080	907	1270	1096	1008	957
Рис	144	163	162	164	183	203	211	201	190	197	202
Зернобобовые культуры	1103	1211	1094	1006	1080	1305	1553	1844	1979	1597	1588
Подсолнечник	5568	6155	5326	6199	6194	7154	7614	6529	7271	6907	7005
Соя	718	845	777	747	874	1206	1229	1481	1532	2006	2123
Рапс (озимый и яровой)	244	512	658	680	688	856	893	1191	1326	1191	1021
Рыжик	0	0	0	0	0	0	54	118	182	268	207
Горчица	107	91	58	58	101	110	134	118	154	193	192
Всего	50208	50733	51043	54331	55383	52501	53392	53820	56139	56609	56967

## Список наблюдаемых зерноуборочных комбайнов Дон-1500

№ п/п	Гос. №	Год выпуска	Наименование хозяйства
1	BO9034	2002	ООО «Гелио-Пакс Агро-1», Новоаннинский район, Волгоградская область
2	BO9035	2002	
3	BO9036	2002	
4	BO9037	2002	
5	BO9038	2002	
6	BM5421	2003	
7	BM5422	2003	
8	BO0245	2001	ООО «Гелио-Пакс Агро-3», Новоаннинский район, Волгоградская область
9	BO0246	2001	
10	BO0247	2001	
11	BO9042	2002	
12	BO9043	2002	
13	BO9044	2002	
14	BO9045	2002	
15	BO9046	2002	
16	BO9047	2002	
17	BO9048	2002	
18	BM5420	2003	
19	BO1307	2001	ООО «Гелио-Пакс Агро-4», Михайловский район, Волгоградская область
20	BT1886	2002	
21	BT1887	2002	
22	BT1889	2002	
23	BT1890	2002	
24	BT1891	2002	
25	BT1892	2002	
26	BT1893	2002	
27	BT1894	2002	
28	BP9571	2003	
29	BP9572	2003	



## Приложения Б2

## Список наблюдаемых зерноуборочных комбайнов «Дон-1500Б»

№ п/п	Гос. №	Год выпуска	Наименование хозяйства
1	300766	2005	ИП Глава КФХ Березин Ю.И. Михайловского района Волгоградской области
2	026838	1989	ИП КФХ Глава Невмержицкий В.М. Котельниковского района Волгоградской области
3	084775	2003	СПК «Андреевский» Алексеевского района Волгоградской области
4	089196	2004	
5	095803	2007	
6	086337	2006	ИП КФХ Глава Бондарев В.В. Октябрьского района Волгоградской области

## Приложения Б3

## Список наблюдаемых зерноуборочных комбайнов «Акрос»

№ п/п	Гос. №	Год выпуска	Наименование хозяйства
1	ROACR 580010050	2013	ИП Глава КФХ Березин Ю.И. Михайловского района Волгоградской области
2	ROACR 550018756	2017	ИП КФХ Глава Невмержицкий В.М. Котельниковского района Волгоградской области
3	ROACR 590010772	2014	ООО «Пионер-Агро» Клетского района Волгоградской области
4	ROACR 590010796	2014	
5	ROACR 595014647	2016	
6	ROACR 595018280	2017	
7	ROACR 595018953	2017	
8	ROACR 595018954	2017	ОАО «РАО Алексеевское» Алексеевского района Волгоградской области
9	ROACR 595018955	2017	
10	ROACR 000027070	2008	ИП КФХ Глава Бондарев В.В. Октябрьского района Волгоградской области

## Список наблюдаемых зерноуборочных комбайнов «Нива-Эффект»

№ п/п	Гос. №	Год выпуска	Наименование хозяйства
1	187597	2009	УМПЦ «Горная Поляна» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ
2	RONIV 330188718	2010	
3	RONIV 3301899792	2013	
4	RONIV 330190266	2015	ИП КФХ Глава Невмержицкий В.М. Котельниковского района Волгоградской области
5	RONIV 330190001	2014	
6	RONIV 330188489	2009	ИП Глава КФХ Березин Ю.И. Михайловского района Волгоградской области
7	RONIV 330168489	2009	СПК «Авенир» Новоаннинского района Волгоградской области

Результаты измерения высоты озимой и яровой пшеницы  
в условиях зоны южных черноземов

№ п/п	Высота растений, м	
	озимая пшеница Мироновская Юбилейная	яровая пшеница Сара- товская 42
1	0,944	0,604
2	0,905	0,535
3	0,905	0,742
4	0,922	0,712
5	0,831	0,588
6	0,924	0,614
7	0,901	0,614
8	0,922	0,616
9	0,916	0,644
10	0,917	0,783
11	0,946	0,721
12	0,917	0,605
13	0,917	0,682
14	0,921	0,648
15	0,913	0,628
16	0,916	0,641
17	0,916	0,691
18	0,854	0,825
19	0,916	0,82
20	0,92	0,716
21	0,914	0,644
22	0,918	0,648
23	0,917	0,651
24	0,917	0,622
25	0,916	0,724
26	0,916	0,735
27	0,916	0,704
28	0,915	0,612
29	0,918	0,619
30	0,914	0,612
31	0,914	0,548
32	0,917	0,564
33	0,916	0,642
34	0,915	0,654
35	1,116	0,637
36	0,926	0,637
37	0,916	0,529

## Продолжение Приложения В

38	0,804	0,521
39	0,884	0,583
40	1,114	0,652
41	0,912	0,638
42	0,926	0,639
43	0,811	0,654
44	1,012	0,622
45	0,918	0,661
46	0,928	0,522
47	0,959	0,687
48	0,804	0,664
49	0,972	0,634
50	0,731	0,528
Среднее значение	0,916	0,644
Среднеквадратическое отклонение	0,060	0,070

## Потери зерна озимой пшеницы за зерноуборочными комбайнами

Марка комбайна	Подача, т/ч	Потери зерна, %						Среднее значение
		№ опыта						
		1	2	3	4	5		
Дон- 1500Б	7	1,1	0,8	1,1	0,9	1	0,98	
	10	1,1	1,4	1,2	1,3	1,3	1,26	
	12	1,6	1,5	1,3	1,4	1,4	1,44	
	14	1,7	1,8	1,9	1,8	1,7	1,78	
	15	2,2	2,4	2	2,1	2,1	2,16	
Акрос- 530	6	0,9	0,7	0,8	0,8	0,7	0,78	
	7	0,6	0,8	0,7	0,9	1	0,8	
	10	0,8	1,2	1,1	0,9	0,9	0,98	
	12	1,3	1,1	1,2	1,2	1,1	1,18	
	14	1,6	1,8	1,3	1,7	1,5	1,58	
	15	1,3	1,6	1,5	1,4	1,6	1,48	
	18	2,3	2,8	2,9	2,5	2,6	2,62	
Нива- Эффект	4	0,7	0,9	0,7	0,9	0,8	0,8	
	5	0,8	0,9	0,6	0,6	0,6	0,7	
	6	1,2	0,9	1,1	1	1,1	1,06	
	7	1,4	1,4	1,4	1,5	1,2	1,38	
	10	2,3	2	2,1	2	2,1	2,1	

## Приложение Д

## Дробление зерна озимой пшеницы зерноуборочными комбайнами

Марка комбайна	Дробление зерна, %						Среднее значение
	№ опыта						
	1	2	3	4	5		
Дон-1500Б	0,9	1	0,7	0,9	1	0,9	
«Акрос-530»	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	
Нива-Эффект	1,2	1,2	1	1,1	1	1,1	

## Приложение Е

## Макротравмирование зерна озимой пшеницы зерноуборочными комбайнами

Марка комбайна	Макро- травма	Доля макротравмированных зерен, %														Среднее значение
		№ опыта														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Дон-1500Б	заро- дыша	10	7	8	7	8	9	11	11	8	9	10	7	8	7	8,5
	эндо- сперма	5	6	4	5	6	4	7	8	6	5	5	6	4	5	5,6
«Акрос-530»	заро- дыша	8	8	7	6	6	5	6	7	5	9	8	8	7	6	6,1
	эндо- спер-	4	6	5	6	4	3	4	4	4	5	4	6	5	6	4,6
Нива-Эффект	заро- дыша	8	7	8	8	9	6	8	9	9	7	8	7	8	8	7,6
	эндо- сперма	7	4	4	8	4	4	5	5	6	4	7	4	4	8	5,1

**Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения факторов  $X_1$  и  $X_2$   
на изменение дробления зерна озимой пшеницы при  $X_3 = 0,829$  и  $X_4 = -1,244$**

$X_1 \backslash X_2$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	0,89	0,87	0,85	0,83	0,81	0,8	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,77	0,77	0,77	0,78	0,79	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88
-0,9	0,84	0,82	0,8	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	0,74	0,76	0,77	0,79	0,81	0,83
-0,8	0,8	0,78	0,76	0,74	0,72	0,71	0,7	0,69	0,68	0,68	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,7	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79
-0,7	0,76	0,74	0,72	0,7	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65	0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,75
-0,6	0,73	0,71	0,68	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,6	0,6	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72
-0,5	0,7	0,68	0,66	0,64	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,6	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69
-0,4	0,68	0,65	0,63	0,61	0,6	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67
-0,3	0,66	0,63	0,61	0,6	0,58	0,57	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,54	0,54	0,54	0,55	0,56	0,58	0,59	0,61	0,63	0,65
-0,2	0,64	0,62	0,6	0,58	0,57	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,6	0,62	0,64
-0,1	0,63	0,61	0,59	0,57	0,56	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63
0	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,57	0,58	0,61	0,63
0,1	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63
0,2	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,55	0,56	0,57	0,59	0,61	0,64
0,3	0,65	0,62	0,6	0,58	0,57	0,56	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,59	0,6	0,62	0,65
0,4	0,66	0,64	0,62	0,6	0,58	0,57	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,57	0,59	0,6	0,62	0,64	0,66
0,5	0,68	0,66	0,64	0,62	0,6	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,68
0,6	0,71	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,6	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,6	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71
0,7	0,74	0,71	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74
0,8	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,66	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	0,68	0,7	0,71	0,73	0,75	0,78
0,9	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	0,72	0,71	0,7	0,7	0,69	0,69	0,69	0,7	0,7	0,71	0,72	0,74	0,75	0,77	0,79	0,82
1	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,8	0,82	0,84	0,86

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_1$  и  $X_2$   
на изменение вымолота зерна озимой пшеницы при  $X_3 = 0,829$  и  $X_4 = -1,244$

$X_1 \backslash X_2$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	27,3	26,4	25,6	24,9	24,4	24	23,7	23,5	23,5	23,5	23,7	24	24,4	25	25,6	26,4	27,3	28,4	29,5	30,8	32,1
-0,9	28,5	27,6	26,8	26,1	25,6	25,2	24,9	24,7	24,6	24,7	24,9	25,2	25,6	26,1	26,8	27,6	28,5	29,5	30,7	31,9	33,3
-0,8	29,5	28,6	27,9	27,2	26,7	26,2	25,9	25,8	25,7	25,8	25,9	26,2	26,7	27,2	27,9	28,6	29,5	30,6	31,7	33	34,3
-0,7	30,5	29,6	28,8	28,2	27,6	27,2	26,9	26,7	26,7	26,7	26,9	27,2	27,6	28,1	28,8	29,6	30,5	31,5	32,6	33,9	35,3
-0,6	31,4	30,5	29,7	29	28,5	28	27,7	27,6	27,5	27,6	27,7	28	28,4	29	29,6	30,4	31,3	32,3	33,4	34,7	36,1
-0,5	32,1	31,2	30,4	29,8	29,2	28,8	28,5	28,3	28,2	28,3	28,5	28,7	29,2	29,7	30,3	31,1	32	33	34,2	35,4	36,8
-0,4	32,7	31,8	31	30,4	29,8	29,4	29,1	28,9	28,8	28,9	29,1	29,4	29,8	30,3	31	31,7	32,6	33,6	34,8	36	37,4
-0,3	33,3	32,4	31,6	30,9	30,3	29,9	29,6	29,4	29,3	29,4	29,6	29,9	30,3	30,8	31,4	32,2	33,1	34,1	35,2	36,5	37,9
-0,2	33,7	32,8	32	31,3	30,7	30,3	30	29,8	29,7	29,8	30	30,2	30,7	31,2	31,8	32,6	33,5	34,5	35,6	36,9	38,2
-0,1	34	33,1	32,3	31,6	31	30,6	30,3	30,1	30	30,1	30,2	30,5	30,9	31,5	32,1	32,9	33,7	34,8	35,9	37,1	38,5
0	34,2	33,2	32,4	31,8	31,2	30,8	30,5	30,3	30,2	30,2	30,4	30,7	31,1	31,6	32,3	33	33,9	34,9	36	37,3	38,6
0,1	34,2	33,3	32,5	31,8	31,3	30,8	30,5	30,3	30,3	30,3	30,5	30,7	31,1	31,7	32,3	33,1	33,9	34,9	36,1	37,3	38,7
0,2	34,2	33,3	32,5	31,8	31,2	30,8	30,5	30,3	30,2	30,2	30,4	30,7	31,1	31,6	32,2	33	33,9	34,9	36	37,2	38,6
0,3	34	33,1	32,3	31,6	31,1	30,6	30,3	30,1	30	30,1	30,2	30,5	30,9	31,4	32,1	32,8	33,7	34,7	35,8	37	38,4
0,4	33,8	32,9	32,1	31,4	30,8	30,4	30	29,8	29,8	29,8	30	30,2	30,6	31,1	31,8	32,5	33,4	34,4	35,5	36,7	38,1
0,5	33,4	32,5	31,7	31	30,4	30	29,7	29,5	29,4	29,4	29,6	29,8	30,2	30,7	31,4	32,1	33	34	35,1	36,3	37,7
0,6	32,9	32	31,2	30,5	29,9	29,5	29,2	29	28,9	28,9	29,1	29,3	29,7	30,2	30,9	31,6	32,5	33,5	34,6	35,8	37,2
0,7	32,3	31,4	30,6	29,9	29,3	28,9	28,6	28,4	28,3	28,3	28,4	28,7	29,1	29,6	30,2	31	31,9	32,8	34	35,2	36,5
0,8	31,6	30,7	29,9	29,2	28,6	28,2	27,8	27,6	27,5	27,6	27,7	28	28,4	28,9	29,5	30,3	31,1	32,1	33,2	34,4	35,8
0,9	30,8	29,9	29,1	28,4	27,8	27,3	27	26,8	26,7	26,7	26,9	27,1	27,5	28	28,7	29,4	30,3	31,3	32,4	33,6	34,9
1	29,9	28,9	28,1	27,4	26,9	26,4	26,1	25,9	25,8	25,8	25,9	26,2	26,6	27,1	27,7	28,4	29,3	30,3	31,4	32,6	34



Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_1$  и  $X_3$  на изменение дробления зерна озимой пшеницы при  $X_2 = -0,081$  и  $X_4 = -1,244$

$X_1 \backslash X_3$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	0,911	0,892	0,876	0,862	0,85	0,841	0,835	0,83	0,829	0,829	0,832	0,838	0,846	0,856	0,869	0,884	0,901	0,921	0,944	0,968	0,996
-0,9	0,879	0,86	0,844	0,83	0,818	0,809	0,802	0,797	0,795	0,796	0,798	0,804	0,811	0,821	0,834	0,849	0,866	0,886	0,908	0,932	0,959
-0,8	0,85	0,83	0,814	0,799	0,787	0,778	0,771	0,766	0,764	0,764	0,766	0,771	0,779	0,788	0,801	0,815	0,832	0,852	0,874	0,898	0,925
-0,7	0,822	0,803	0,785	0,771	0,759	0,749	0,741	0,737	0,734	0,734	0,736	0,741	0,748	0,758	0,77	0,784	0,801	0,82	0,842	0,866	0,892
-0,6	0,796	0,776	0,759	0,744	0,732	0,722	0,714	0,709	0,706	0,706	0,708	0,712	0,719	0,729	0,74	0,755	0,771	0,79	0,812	0,835	0,862
-0,5	0,772	0,752	0,735	0,72	0,707	0,697	0,689	0,683	0,68	0,68	0,682	0,686	0,693	0,702	0,713	0,727	0,743	0,762	0,783	0,807	0,833
-0,4	0,75	0,73	0,712	0,697	0,684	0,673	0,665	0,66	0,656	0,656	0,657	0,661	0,668	0,676	0,688	0,701	0,718	0,736	0,757	0,78	0,806
-0,3	0,73	0,71	0,692	0,676	0,663	0,652	0,644	0,638	0,634	0,633	0,635	0,638	0,645	0,653	0,664	0,678	0,694	0,712	0,733	0,756	0,781
-0,2	0,712	0,691	0,673	0,657	0,644	0,633	0,624	0,618	0,614	0,613	0,614	0,617	0,623	0,632	0,643	0,656	0,671	0,689	0,71	0,733	0,758
-0,1	0,695	0,674	0,656	0,64	0,626	0,615	0,606	0,6	0,596	0,594	0,595	0,598	0,604	0,612	0,623	0,636	0,651	0,669	0,689	0,712	0,737
0	0,681	0,66	0,641	0,625	0,611	0,599	0,59	0,584	0,579	0,578	0,578	0,581	0,587	0,595	0,605	0,618	0,633	0,65	0,67	0,693	0,718
0,1	0,668	0,647	0,628	0,611	0,597	0,586	0,576	0,569	0,565	0,563	0,563	0,566	0,571	0,579	0,589	0,602	0,616	0,634	0,654	0,676	0,7
0,2	0,658	0,636	0,617	0,6	0,586	0,574	0,564	0,557	0,552	0,55	0,55	0,553	0,558	0,565	0,575	0,587	0,602	0,619	0,638	0,66	0,685
0,3	0,649	0,627	0,607	0,59	0,576	0,564	0,554	0,546	0,542	0,539	0,539	0,541	0,546	0,553	0,563	0,575	0,589	0,606	0,625	0,647	0,671
0,4	0,642	0,62	0,6	0,583	0,568	0,555	0,545	0,538	0,533	0,53	0,53	0,532	0,536	0,543	0,553	0,564	0,578	0,595	0,614	0,636	0,659
0,5	0,637	0,614	0,595	0,577	0,562	0,549	0,539	0,531	0,526	0,523	0,522	0,524	0,528	0,535	0,544	0,556	0,57	0,586	0,605	0,626	0,65
0,6	0,634	0,611	0,591	0,573	0,558	0,545	0,534	0,526	0,521	0,517	0,517	0,518	0,522	0,529	0,538	0,549	0,563	0,579	0,597	0,618	0,642
0,7	0,632	0,61	0,589	0,571	0,556	0,542	0,532	0,523	0,518	0,514	0,513	0,514	0,518	0,524	0,533	0,544	0,557	0,573	0,592	0,612	0,636
0,8	0,633	0,61	0,589	0,571	0,555	0,542	0,531	0,522	0,516	0,513	0,511	0,512	0,516	0,522	0,53	0,541	0,554	0,57	0,588	0,608	0,631
0,9	0,636	0,612	0,591	0,573	0,557	0,543	0,532	0,523	0,517	0,513	0,511	0,512	0,516	0,521	0,529	0,54	0,553	0,568	0,586	0,606	0,629
1	0,64	0,616	0,595	0,577	0,56	0,546	0,535	0,526	0,519	0,515	0,513	0,514	0,517	0,523	0,53	0,541	0,554	0,569	0,586	0,606	0,629
1,1	0,646	0,622	0,601	0,582	0,566	0,551	0,54	0,531	0,524	0,519	0,517	0,518	0,52	0,526	0,533	0,543	0,556	0,571	0,588	0,608	0,63
1,2	0,654	0,63	0,609	0,59	0,573	0,558	0,547	0,537	0,53	0,525	0,523	0,523	0,526	0,531	0,538	0,548	0,56	0,575	0,592	0,612	0,634
1,3	0,665	0,64	0,618	0,599	0,582	0,567	0,555	0,545	0,538	0,533	0,531	0,531	0,533	0,538	0,545	0,555	0,567	0,581	0,598	0,617	0,639
1,4	0,676	0,652	0,63	0,61	0,593	0,578	0,566	0,556	0,548	0,543	0,54	0,54	0,542	0,547	0,554	0,563	0,575	0,589	0,606	0,625	0,646
1,5	0,69	0,666	0,643	0,623	0,606	0,591	0,578	0,568	0,56	0,555	0,552	0,551	0,553	0,557	0,564	0,573	0,585	0,599	0,615	0,634	0,655

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_1$  и  $X_3$   
на изменение вымолота зерна озимой пшеницы при  $X_2 = -0,081$  и  $X_4 = -1,244$

$X_1 \backslash X_3$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	36,38	35,39	34,52	33,77	33,14	32,63	32,23	31,96	31,81	31,78	31,87	32,07	32,4	32,85	33,42	34,1	34,91	35,84	36,88	38,05	39,34
-0,9	35,31	34,32	33,46	32,71	32,08	31,58	31,19	30,92	30,77	30,75	30,84	31,05	31,38	31,83	32,41	33,1	33,91	34,84	35,89	37,06	38,35
-0,8	34,35	33,37	32,5	31,76	31,14	30,64	30,25	29,99	29,85	29,82	29,92	30,14	30,47	30,93	31,5	32,2	33,01	33,95	35	36,18	37,47
-0,7	33,5	32,52	31,66	30,92	30,3	29,81	29,43	29,17	29,03	29,01	29,11	29,33	29,67	30,13	30,71	31,41	32,23	33,17	34,23	35,41	36,71
-0,6	32,75	31,78	30,93	30,19	29,58	29,08	28,71	28,45	28,32	28,3	28,41	28,63	28,98	29,44	30,03	30,73	31,55	32,5	33,56	34,74	36,05
-0,5	32,12	31,15	30,3	29,57	28,96	28,47	28,1	27,85	27,72	27,71	27,82	28,04	28,39	28,86	29,45	30,16	30,99	31,93	33	34,19	35,5
-0,4	31,59	30,63	29,78	29,06	28,45	27,96	27,6	27,35	27,22	27,22	27,33	27,56	27,92	28,39	28,98	29,7	30,53	31,48	32,55	33,74	35,06
-0,3	31,17	30,21	29,37	28,65	28,05	27,57	27,21	26,96	26,84	26,84	26,96	27,19	27,55	28,03	28,63	29,34	30,18	31,13	32,21	33,41	34,72
-0,2	30,87	29,91	29,07	28,35	27,76	27,28	26,92	26,68	26,57	26,57	26,69	26,93	27,29	27,77	28,38	29,1	29,94	30,9	31,98	33,18	34,5
-0,1	30,67	29,71	28,88	28,17	27,57	27,1	26,75	26,51	26,4	26,41	26,53	26,78	27,14	27,63	28,24	28,96	29,81	30,77	31,86	33,06	34,38
0	30,57	29,63	28,8	28,09	27,5	27,03	26,68	26,45	26,34	26,35	26,48	26,73	27,1	27,59	28,2	28,93	29,78	30,75	31,84	33,05	34,38
0,1	30,59	29,65	28,82	28,12	27,54	27,07	26,73	26,5	26,4	26,41	26,55	26,8	27,17	27,67	28,28	29,02	29,87	30,84	31,94	33,15	34,48
0,2	30,72	29,78	28,96	28,26	27,68	27,22	26,88	26,66	26,56	26,58	26,71	26,97	27,35	27,85	28,47	29,21	30,06	31,04	32,14	33,36	34,69
0,3	30,95	30,02	29,2	28,51	27,93	27,48	27,14	26,92	26,83	26,85	26,99	27,26	27,64	28,14	28,76	29,51	30,37	31,35	32,45	33,67	35,01
0,4	31,3	30,37	29,56	28,87	28,29	27,84	27,51	27,3	27,2	27,23	27,38	27,65	28,03	28,54	29,17	29,91	30,78	31,77	32,87	34,1	35,44
0,5	31,75	30,83	30,02	29,33	28,76	28,32	27,99	27,78	27,69	27,72	27,88	28,15	28,54	29,05	29,68	30,43	31,3	32,29	33,4	34,63	35,98
0,6	32,31	31,39	30,59	29,91	29,34	28,9	28,58	28,37	28,29	28,32	28,48	28,76	29,15	29,67	30,3	31,06	31,93	32,93	34,04	35,27	36,63
0,7	32,99	32,07	31,27	30,59	30,03	29,59	29,27	29,07	28,99	29,03	29,19	29,47	29,87	30,39	31,03	31,79	32,67	33,67	34,79	36,03	37,38
0,8	33,77	32,85	32,06	31,38	30,83	30,39	30,08	29,88	29,81	29,85	30,02	30,3	30,7	31,23	31,87	32,63	33,52	34,52	35,64	36,89	38,25
0,9	34,65	33,74	32,95	32,28	31,73	31,3	30,99	30,8	30,73	30,78	30,95	31,24	31,64	32,17	32,82	33,59	34,47	35,48	36,61	37,86	39,22
1	35,65	34,75	33,96	33,29	32,75	32,32	32,01	31,83	31,76	31,81	31,99	32,28	32,69	33,22	33,88	34,65	35,54	36,55	37,68	38,93	40,31
1,1	36,76	35,86	35,07	34,41	33,87	33,45	33,15	32,96	32,9	32,96	33,14	33,43	33,85	34,39	35,04	35,82	36,71	37,73	38,87	40,12	41,5
1,2	37,97	37,08	36,3	35,64	35,1	34,69	34,39	34,21	34,15	34,21	34,39	34,69	35,12	35,66	36,32	37,1	38	39,02	40,16	41,42	42,8
1,3	39,3	38,4	37,63	36,98	36,44	36,03	35,74	35,56	35,51	35,57	35,76	36,07	36,49	37,04	37,7	38,48	39,39	40,41	41,56	42,82	44,21
1,4	40,73	39,84	39,07	38,42	37,89	37,48	37,19	37,03	36,98	37,05	37,23	37,54	37,97	38,52	39,19	39,98	40,89	41,92	43,07	44,34	45,72
1,5	42,27	41,39	40,62	39,98	39,45	39,05	38,76	38,6	38,55	38,63	38,82	39,13	39,57	40,12	40,79	41,59	42,5	43,53	44,69	45,96	47,35

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_1$  и  $X_4$  на изменение дробления зерна озимой пшеницы при  $X_2 = -0,081$  и  $X_3 = 0,829$

$X_1 \backslash X_4$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-2,2	0,86	0,82	0,79	0,77	0,74	0,72	0,7	0,68	0,66	0,65	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,63	0,63	0,64	0,65	0,67
-2,1	0,82	0,79	0,76	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,62	0,61	0,61	0,6	0,6	0,6	0,6	0,61	0,61	0,62	0,64	0,65
-2	0,79	0,76	0,73	0,7	0,68	0,66	0,64	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,6	0,61	0,62	0,64
-1,9	0,76	0,73	0,7	0,68	0,65	0,63	0,62	0,6	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58	0,6	0,61	0,63
-1,8	0,73	0,7	0,67	0,65	0,63	0,61	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,57	0,59	0,6	0,62
-1,7	0,71	0,68	0,65	0,63	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,55	0,57	0,58	0,6	0,61
-1,6	0,68	0,66	0,63	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,59	0,61
-1,5	0,67	0,64	0,62	0,6	0,58	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,59	0,61
-1,4	0,65	0,63	0,6	0,58	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,6	0,62
-1,3	0,64	0,62	0,59	0,58	0,56	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,57	0,58	0,6	0,63
-1,2	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,56	0,57	0,59	0,61	0,64
-1,1	0,62	0,6	0,58	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,57	0,58	0,6	0,62	0,65
-1	0,62	0,6	0,58	0,57	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,6	0,62	0,64	0,67
-0,9	0,62	0,6	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,56	0,58	0,6	0,61	0,64	0,66	0,69
-0,8	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,57	0,58	0,6	0,61	0,63	0,66	0,68	0,71
-0,7	0,63	0,61	0,6	0,58	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,57	0,58	0,59	0,6	0,62	0,64	0,66	0,68	0,71	0,73
-0,6	0,64	0,62	0,61	0,6	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	0,6	0,61	0,62	0,64	0,66	0,68	0,71	0,73	0,76
-0,5	0,65	0,64	0,62	0,61	0,6	0,6	0,59	0,59	0,59	0,6	0,6	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,79
-0,4	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,62	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,77	0,8	0,83
-0,3	0,69	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,71	0,73	0,75	0,78	0,81	0,83	0,87
-0,2	0,71	0,69	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	0,69	0,7	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,82	0,84	0,87	0,91
-0,1	0,73	0,72	0,71	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,71	0,72	0,73	0,75	0,76	0,78	0,81	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95
0	0,76	0,75	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79	0,8	0,83	0,85	0,87	0,9	0,93	0,96	1
0,1	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,77	0,77	0,78	0,79	0,8	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89	0,92	0,95	0,98	1,01	1,05
0,2	0,82	0,82	0,81	0,8	0,8	0,8	0,81	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,89	0,92	0,94	0,97	1	1,03	1,06	1,1
0,3	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,89	0,9	0,92	0,94	0,97	0,99	1,02	1,05	1,08	1,12	1,16
0,4	0,9	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,9	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	1	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,18	1,22
0,5	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,97	0,99	1,01	1,03	1,05	1,08	1,1	1,13	1,17	1,2	1,24	1,28
0,6	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,09	1,11	1,14	1,16	1,2	1,23	1,26	1,3	1,34
0,7	1,04	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07	1,09	1,1	1,12	1,15	1,17	1,2	1,23	1,26	1,29	1,33	1,37	1,41
0,8	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,1	1,11	1,12	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,33	1,36	1,4	1,44	1,48
0,9	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,21	1,23	1,25	1,28	1,3	1,33	1,36	1,4	1,43	1,47	1,51	1,56
1	1,2	1,2	1,2	1,21	1,21	1,22	1,23	1,24	1,26	1,28	1,3	1,32	1,35	1,37	1,4	1,44	1,47	1,51	1,55	1,59	1,64

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_1$  и  $X_4$  на изменение вымолота зерна озимой пшеницы при  $X_2 = -0,081$  и  $X_3 = 0,829$

$X_1 \setminus X_4$	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
-2.2	39,77	38,78	37,91	37,17	36,54	36,03	35,64	35,37	35,23	35,2	35,29	35,5	35,83	36,28	36,85	37,54	38,35	39,29	40,34	41,51	42,8
-2.1	39,04	38,07	37,21	36,47	35,85	35,35	34,97	34,71	34,57	34,54	34,64	34,86	35,2	35,66	36,24	36,94	37,76	38,69	39,75	40,93	42,2
-2	38,35	37,38	36,53	35,79	35,18	34,69	34,32	34,06	33,93	33,92	34,03	34,25	34,6	35,07	35,65	36,36	37,18	38,13	39,2	40,38	41,7
-1.9	37,68	36,72	35,88	35,15	34,55	34,06	33,7	33,45	33,33	33,32	33,44	33,67	34,03	34,5	35,09	35,81	36,64	37,6	38,67	39,86	41,2
-1.8	37,04	36,09	35,25	34,54	33,94	33,46	33,11	32,87	32,75	32,75	32,88	33,12	33,48	33,96	34,56	35,29	36,13	37,09	38,17	39,37	40,7
-1.7	36,43	35,49	34,66	33,95	33,36	32,89	32,54	32,31	32,2	32,21	32,34	32,59	32,96	33,45	34,06	34,79	35,64	36,61	37,7	38,91	40,2
-1.6	35,85	34,91	34,09	33,39	32,81	32,35	32,01	31,79	31,68	31,7	31,84	32,1	32,47	32,97	33,59	34,33	35,18	36,16	37,26	38,47	39,8
-1.5	35,3	34,37	33,55	32,86	32,29	31,83	31,5	31,29	31,19	31,22	31,36	31,63	32,01	32,52	33,14	33,89	34,75	35,74	36,84	38,07	39,4
-1.4	34,77	33,85	33,04	32,36	31,79	31,35	31,02	30,82	30,73	30,76	30,92	31,19	31,58	32,1	32,73	33,48	34,35	35,35	36,46	37,69	39
-1.3	34,28	33,36	32,56	31,89	31,33	30,89	30,57	30,37	30,29	30,34	30,5	30,78	31,18	31,7	32,34	33,1	33,98	34,98	36,1	37,34	38,7
-1.2	33,81	32,9	32,11	31,44	30,89	30,46	30,15	29,96	29,89	29,94	30,11	30,39	30,8	31,33	31,98	32,75	33,64	34,64	35,77	37,02	38,4
-1.1	33,37	32,47	31,69	31,02	30,48	30,06	29,76	29,57	29,51	29,57	29,74	30,04	30,46	30,99	31,65	32,42	33,32	34,34	35,47	36,73	38,1
-1	32,96	32,06	31,29	30,63	30,1	29,69	29,39	29,22	29,16	29,22	29,41	29,71	30,14	30,68	31,35	32,13	33,03	34,06	35,2	36,46	37,8
-0.9	32,57	31,69	30,92	30,27	29,75	29,34	29,05	28,89	28,84	28,91	29,1	29,42	29,85	30,4	31,07	31,86	32,77	33,8	34,96	36,23	37,6
-0.8	32,22	31,34	30,58	29,94	29,42	29,02	28,75	28,59	28,55	28,63	28,83	29,15	29,59	30,14	30,82	31,62	32,54	33,58	34,74	36,02	37,4
-0.7	31,89	31,02	30,27	29,64	29,13	28,74	28,47	28,31	28,28	28,37	28,58	28,9	29,35	29,92	30,61	31,41	32,34	33,39	34,55	35,84	37,2
-0.6	31,59	30,73	29,99	29,36	28,86	28,48	28,21	28,07	28,05	28,14	28,36	28,69	29,15	29,72	30,42	31,23	32,17	33,22	34,39	35,69	37,1
-0.5	31,32	30,47	29,73	29,12	28,62	28,25	27,99	27,85	27,84	27,94	28,16	28,51	28,97	29,55	30,25	31,08	32,02	33,08	34,26	35,57	37
-0.4	31,08	30,24	29,51	28,9	28,41	28,04	27,79	27,67	27,66	27,77	28	28,35	28,82	29,41	30,12	30,95	31,9	32,97	34,16	35,47	36,9
-0.3	30,87	30,03	29,31	28,71	28,23	27,87	27,63	27,51	27,51	27,63	27,86	28,22	28,7	29,3	30,02	30,85	31,81	32,89	34,09	35,4	36,8
-0.2	30,68	29,85	29,14	28,55	28,08	27,72	27,49	27,38	27,38	27,51	27,76	28,12	28,61	29,21	29,94	30,79	31,75	32,84	34,04	35,37	36,8
-0.1	30,53	29,7	29	28,41	27,95	27,6	27,38	27,27	27,29	27,42	27,68	28,05	28,55	29,16	29,89	30,75	31,72	32,81	34,02	35,36	36,8
0	30,4	29,58	28,89	28,31	27,85	27,52	27,3	27,2	27,22	27,36	27,63	28,01	28,51	29,13	29,87	30,73	31,71	32,82	34,04	35,38	36,8
0.1	30,3	29,49	28,8	28,23	27,78	27,45	27,24	27,15	27,18	27,33	27,6	27,99	28,5	29,13	29,88	30,75	31,74	32,85	34,08	35,42	36,9
0.2	30,23	29,43	28,75	28,18	27,74	27,42	27,22	27,14	27,17	27,33	27,61	28,01	28,52	29,16	29,92	30,79	31,79	32,91	34,14	35,5	37
0.3	30,19	29,39	28,72	28,16	27,73	27,42	27,22	27,15	27,19	27,36	27,64	28,05	28,57	29,22	29,98	30,87	31,87	33	34,24	35,6	37,1
0.4	30,17	29,38	28,72	28,17	27,75	27,44	27,25	27,19	27,24	27,41	27,71	28,12	28,65	29,3	30,08	30,97	31,98	33,11	34,36	35,74	37,2
0.5	30,18	29,41	28,75	28,21	27,79	27,49	27,31	27,26	27,32	27,5	27,8	28,22	28,76	29,42	30,2	31,1	32,12	33,26	34,52	35,9	37,4
0.6	30,23	29,46	28,81	28,27	27,86	27,57	27,4	27,35	27,42	27,61	27,92	28,35	28,89	29,56	30,35	31,26	32,28	33,43	34,7	36,09	37,6
0.7	30,3	29,53	28,89	28,37	27,97	27,68	27,52	27,48	27,55	27,75	28,06	28,5	29,06	29,73	30,53	31,44	32,48	33,63	34,91	36,3	37,8
0.8	30,39	29,64	29	28,49	28,09	27,82	27,66	27,63	27,71	27,92	28,24	28,68	29,25	29,93	30,73	31,66	32,7	33,86	35,15	36,55	38,1
0.9	30,52	29,77	29,15	28,64	28,25	27,98	27,84	27,81	27,9	28,11	28,44	28,9	29,47	30,16	30,97	31,9	32,95	34,12	35,41	36,82	38,4
1	30,68	29,94	29,32	28,82	28,44	28,18	28,04	28,02	28,12	28,34	28,68	29,14	29,72	30,41	31,23	32,17	33,23	34,41	35,71	37,13	38,7

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_2$  и  $X_3$  на изменение дробления зерна озимой пшеницы при  $X_1 = -0,336$  и  $X_4 = -1,244$

$X_3$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	1,138	1,085	1,037	0,993	0,955	0,921	0,892	0,868	0,848	0,834	0,824	0,819	0,82	0,824	0,834	0,849	0,868	0,892	0,922	0,956	0,994
-0,9	1,102	1,049	1,001	0,958	0,92	0,886	0,858	0,834	0,815	0,801	0,791	0,787	0,787	0,792	0,803	0,817	0,837	0,862	0,891	0,925	0,965
-0,8	1,068	1,016	0,968	0,925	0,887	0,854	0,825	0,802	0,783	0,769	0,76	0,756	0,757	0,762	0,773	0,788	0,808	0,833	0,863	0,897	0,937
-0,7	1,036	0,984	0,936	0,894	0,856	0,823	0,795	0,772	0,754	0,74	0,731	0,728	0,728	0,734	0,745	0,76	0,781	0,806	0,836	0,871	0,911
-0,6	1,006	0,954	0,907	0,865	0,827	0,795	0,767	0,744	0,726	0,713	0,704	0,701	0,702	0,708	0,719	0,735	0,755	0,781	0,811	0,846	0,886
-0,5	0,978	0,926	0,879	0,837	0,8	0,768	0,74	0,718	0,7	0,687	0,679	0,676	0,677	0,684	0,695	0,711	0,732	0,758	0,788	0,824	0,864
-0,4	0,951	0,9	0,853	0,812	0,775	0,743	0,716	0,693	0,676	0,663	0,656	0,653	0,654	0,661	0,673	0,689	0,71	0,737	0,767	0,803	0,844
-0,3	0,927	0,876	0,829	0,788	0,751	0,72	0,693	0,671	0,654	0,641	0,634	0,631	0,634	0,641	0,652	0,669	0,691	0,717	0,748	0,784	0,825
-0,2	0,904	0,853	0,807	0,766	0,73	0,699	0,672	0,65	0,634	0,622	0,614	0,612	0,615	0,622	0,634	0,651	0,673	0,7	0,731	0,768	0,809
-0,1	0,883	0,833	0,787	0,746	0,71	0,679	0,653	0,632	0,615	0,604	0,597	0,595	0,597	0,605	0,618	0,635	0,657	0,684	0,716	0,753	0,794
0	0,864	0,814	0,769	0,728	0,693	0,662	0,636	0,615	0,599	0,587	0,581	0,579	0,582	0,59	0,603	0,621	0,643	0,67	0,703	0,74	0,781
0,1	0,847	0,797	0,752	0,712	0,677	0,647	0,621	0,6	0,584	0,573	0,567	0,565	0,569	0,577	0,59	0,608	0,631	0,659	0,691	0,728	0,77
0,2	0,832	0,783	0,738	0,698	0,663	0,633	0,608	0,587	0,572	0,561	0,555	0,554	0,557	0,566	0,579	0,598	0,621	0,649	0,681	0,719	0,761
0,3	0,819	0,77	0,725	0,686	0,651	0,621	0,596	0,576	0,561	0,55	0,545	0,544	0,548	0,557	0,57	0,589	0,612	0,641	0,674	0,712	0,754
0,4	0,808	0,759	0,715	0,675	0,641	0,611	0,587	0,567	0,552	0,542	0,536	0,536	0,54	0,549	0,563	0,582	0,606	0,634	0,668	0,706	0,749
0,5	0,798	0,75	0,706	0,667	0,633	0,604	0,579	0,56	0,545	0,535	0,53	0,53	0,534	0,544	0,558	0,577	0,601	0,63	0,664	0,702	0,746
0,6	0,791	0,742	0,699	0,66	0,626	0,598	0,573	0,554	0,54	0,53	0,525	0,526	0,531	0,54	0,555	0,574	0,599	0,628	0,662	0,701	0,744
0,7	0,785	0,737	0,694	0,656	0,622	0,593	0,57	0,551	0,537	0,527	0,523	0,523	0,529	0,539	0,554	0,573	0,598	0,627	0,662	0,701	0,745
0,8	0,781	0,734	0,691	0,653	0,62	0,591	0,568	0,549	0,535	0,526	0,522	0,523	0,528	0,539	0,554	0,574	0,599	0,629	0,663	0,703	0,747
0,9	0,779	0,732	0,689	0,652	0,619	0,591	0,568	0,549	0,536	0,527	0,523	0,524	0,53	0,541	0,556	0,577	0,602	0,632	0,667	0,707	0,751
1	0,779	0,732	0,69	0,653	0,62	0,592	0,57	0,551	0,538	0,53	0,526	0,528	0,534	0,545	0,561	0,581	0,607	0,637	0,673	0,713	0,757
1,1	0,781	0,734	0,693	0,655	0,623	0,596	0,573	0,556	0,543	0,535	0,531	0,533	0,539	0,551	0,567	0,588	0,614	0,644	0,68	0,72	0,765
1,2	0,785	0,739	0,697	0,66	0,628	0,601	0,579	0,561	0,549	0,541	0,538	0,54	0,547	0,559	0,575	0,596	0,622	0,653	0,689	0,73	0,775
1,3	0,791	0,745	0,703	0,667	0,635	0,608	0,586	0,569	0,557	0,55	0,547	0,549	0,556	0,568	0,585	0,607	0,633	0,664	0,7	0,741	0,787
1,4	0,798	0,752	0,711	0,675	0,644	0,617	0,596	0,579	0,567	0,56	0,558	0,56	0,568	0,58	0,597	0,619	0,645	0,677	0,713	0,755	0,801
1,5	0,808	0,762	0,722	0,686	0,655	0,628	0,607	0,591	0,579	0,572	0,57	0,573	0,581	0,593	0,611	0,633	0,66	0,692	0,728	0,77	0,816
1,6	0,819	0,774	0,733	0,698	0,667	0,641	0,62	0,604	0,593	0,586	0,584	0,588	0,596	0,608	0,626	0,649	0,676	0,708	0,745	0,787	0,834
1,7	0,832	0,787	0,747	0,712	0,682	0,656	0,635	0,619	0,608	0,602	0,601	0,604	0,613	0,626	0,644	0,666	0,694	0,727	0,764	0,806	0,853
1,8	0,848	0,803	0,763	0,728	0,698	0,673	0,652	0,637	0,626	0,62	0,619	0,623	0,631	0,645	0,663	0,686	0,714	0,747	0,785	0,827	0,874

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_2$  и  $X_3$   
на изменение вымолота зерна озимой пшеницы при  $X_1 = -0,336$  и  $X_4 = -1,244$

$X_2 \setminus X_3$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1	23,19	24,61	25,92	27,12	28,21	29,18	30,04	30,79	31,43	31,96	32,38	32,68	32,87	32,95	32,92	32,78	32,52	32,16	31,68	31,09	30,39
-0,9	22,27	23,68	24,98	26,16	27,23	28,19	29,04	29,78	30,41	30,92	31,32	31,61	31,79	31,86	31,82	31,66	31,39	31,01	30,52	29,92	29,21
-0,8	21,46	22,86	24,14	25,31	26,37	27,32	28,15	28,88	29,49	29,99	30,38	30,66	30,82	30,88	30,82	30,65	30,37	29,98	29,47	28,86	28,13
-0,7	20,76	22,14	23,41	24,57	25,61	26,55	27,37	28,08	28,68	29,17	29,54	29,81	29,96	30	29,93	29,75	29,45	29,05	28,53	27,9	27,16
-0,6	20,16	21,53	22,79	23,93	24,96	25,89	26,7	27,39	27,98	28,45	28,82	29,07	29,21	29,23	29,15	28,95	28,65	28,23	27,7	27,06	26,3
-0,5	19,68	21,03	22,28	23,41	24,43	25,33	26,13	26,82	27,39	27,85	28,2	28,44	28,56	28,58	28,48	28,27	27,95	27,52	26,97	26,32	25,55
-0,4	19,3	20,64	21,87	22,99	24	24,89	25,67	26,35	26,91	27,35	27,69	27,91	28,03	28,03	27,92	27,7	27,36	26,92	26,36	25,69	24,91
-0,3	19,04	20,36	21,58	22,68	23,68	24,56	25,33	25,99	26,53	26,97	27,29	27,5	27,6	27,59	27,47	27,23	26,88	26,42	25,85	25,17	24,38
-0,2	18,88	20,19	21,39	22,49	23,47	24,33	25,09	25,73	26,27	26,69	27	27,2	27,28	27,26	27,12	26,87	26,51	26,04	25,46	24,76	23,95
-0,1	18,83	20,13	21,32	22,4	23,36	24,22	24,96	25,59	26,11	26,52	26,82	27	27,07	27,04	26,89	26,62	26,25	25,77	25,17	24,46	23,64
0	18,89	20,17	21,35	22,42	23,37	24,21	24,94	25,56	26,06	26,46	26,74	26,91	26,97	26,92	26,76	26,48	26,1	25,6	24,99	24,27	23,43
0,1	19,05	20,33	21,49	22,54	23,48	24,31	25,03	25,63	26,13	26,51	26,78	26,94	26,98	26,92	26,74	26,45	26,05	25,54	24,92	24,18	23,34
0,2	19,33	20,59	21,74	22,78	23,71	24,52	25,23	25,82	26,3	26,67	26,92	27,07	27,1	27,02	26,83	26,53	26,12	25,59	24,96	24,21	23,35
0,3	19,72	20,96	22,1	23,13	24,04	24,84	25,53	26,11	26,58	26,93	27,18	27,31	27,33	27,24	27,03	26,72	26,29	25,75	25,1	24,34	23,47
0,4	20,21	21,45	22,57	23,58	24,48	25,27	25,95	26,51	26,97	27,31	27,54	27,66	27,66	27,56	27,34	27,01	26,57	26,02	25,36	24,58	23,7
0,5	20,81	22,04	23,15	24,14	25,03	25,81	26,47	27,02	27,46	27,79	28,01	28,11	28,11	27,99	27,76	27,42	26,97	26,4	25,72	24,94	24,04
0,6	21,53	22,73	23,83	24,82	25,69	26,45	27,1	27,64	28,07	28,38	28,59	28,68	28,66	28,53	28,29	27,93	27,47	26,89	26,2	25,4	24,48
0,7	22,35	23,54	24,63	25,6	26,46	27,21	27,84	28,37	28,78	29,09	29,28	29,36	29,32	29,18	28,92	28,55	28,07	27,48	26,78	25,97	25,04
0,8	23,28	24,46	25,53	26,49	27,34	28,07	28,69	29,21	29,61	29,9	30,07	30,14	30,09	29,94	29,67	29,28	28,79	28,19	27,47	26,64	25,7
0,9	24,32	25,48	26,54	27,49	28,32	29,04	29,65	30,15	30,54	30,82	30,98	31,03	30,97	30,8	30,52	30,12	29,62	29	28,27	27,43	26,48
1	25,46	26,62	27,66	28,59	29,42	30,12	30,72	31,21	31,58	31,84	31,99	32,03	31,96	31,78	31,48	31,07	30,55	29,92	29,18	28,33	27,36
1,1	26,72	27,86	28,89	29,81	30,62	31,31	31,9	32,37	32,73	32,98	33,12	33,14	33,06	32,86	32,55	32,13	31,6	30,95	30,2	29,33	28,35
1,2	28,08	29,21	30,23	31,14	31,93	32,61	33,18	33,64	33,99	34,23	34,35	34,36	34,26	34,05	33,73	33,3	32,75	32,09	31,33	30,44	29,45
1,3	29,56	30,67	31,68	32,57	33,35	34,02	34,58	35,02	35,36	35,58	35,69	35,69	35,58	35,36	35,02	34,57	34,01	33,34	32,56	31,67	30,66
1,4	31,14	32,24	33,23	34,11	34,88	35,54	36,08	36,51	36,84	37,05	37,14	37,13	37	36,77	36,42	35,96	35,38	34,7	33,91	33	31,98
1,5	32,83	33,92	34,9	35,77	36,52	37,16	37,69	38,11	38,42	38,62	38,7	38,67	38,54	38,29	37,92	37,45	36,86	36,17	35,36	34,44	33,41
1,6	34,63	35,71	36,67	37,53	38,27	38,9	39,42	39,82	40,12	40,3	40,37	40,33	40,18	39,91	39,54	39,05	38,45	37,74	36,92	35,99	34,94
1,7	36,54	37,61	38,56	39,4	40,12	40,74	41,25	41,64	41,92	42,09	42,15	42,09	41,93	41,65	41,26	40,76	40,15	39,43	38,59	37,64	36,59
1,8	38,56	39,61	40,55	41,37	42,09	42,69	43,18	43,56	43,83	43,99	44,03	43,97	43,79	43,5	43,1	42,58	41,96	41,22	40,37	39,41	38,34

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_2$  и  $X_4$  на изменение дробления зерна озимой пшеницы при  $X_1 = -0,336$  и  $X_3 = -0,829$

$X_4 \backslash X_2$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-1,9	0,89	0,84	0,8	0,76	0,73	0,7	0,67	0,65	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,66	0,68	0,7	0,73	0,76	0,8	0,847
-1,8	0,86	0,82	0,77	0,74	0,7	0,67	0,65	0,63	0,62	0,61	0,6	0,6	0,61	0,62	0,63	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,824
-1,7	0,84	0,8	0,75	0,71	0,68	0,65	0,63	0,61	0,6	0,59	0,58	0,58	0,59	0,6	0,61	0,63	0,66	0,69	0,72	0,76	0,804
-1,6	0,83	0,78	0,73	0,7	0,66	0,63	0,61	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,57	0,58	0,6	0,62	0,64	0,67	0,7	0,74	0,787
-1,5	0,81	0,76	0,72	0,68	0,65	0,62	0,6	0,58	0,56	0,55	0,55	0,55	0,56	0,57	0,58	0,6	0,63	0,66	0,69	0,73	0,773
-1,4	0,8	0,75	0,71	0,67	0,64	0,61	0,58	0,57	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,68	0,72	0,762
-1,3	0,79	0,74	0,7	0,66	0,63	0,6	0,58	0,56	0,54	0,53	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,61	0,64	0,67	0,71	0,754
-1,2	0,78	0,73	0,69	0,65	0,62	0,59	0,57	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,53	0,54	0,56	0,58	0,6	0,63	0,67	0,71	0,75
-1,1	0,78	0,73	0,69	0,65	0,62	0,59	0,57	0,55	0,53	0,53	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,57	0,6	0,63	0,66	0,7	0,748
-1	0,78	0,74	0,69	0,65	0,62	0,59	0,57	0,55	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,56	0,58	0,6	0,63	0,67	0,71	0,753
-0,9	0,79	0,74	0,7	0,66	0,63	0,6	0,58	0,56	0,55	0,54	0,53	0,53	0,54	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,68	0,72	0,761
-0,8	0,8	0,75	0,71	0,67	0,64	0,61	0,59	0,57	0,55	0,55	0,54	0,54	0,55	0,56	0,58	0,6	0,62	0,65	0,69	0,73	0,771
-0,7	0,81	0,76	0,72	0,68	0,65	0,62	0,6	0,58	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,57	0,59	0,61	0,63	0,66	0,7	0,74	0,784
-0,6	0,82	0,78	0,74	0,7	0,67	0,64	0,61	0,6	0,58	0,57	0,57	0,57	0,58	0,59	0,6	0,63	0,65	0,68	0,72	0,76	0,801
-0,5	0,84	0,8	0,75	0,72	0,68	0,66	0,63	0,61	0,6	0,59	0,59	0,59	0,6	0,61	0,62	0,64	0,67	0,7	0,74	0,78	0,82
-0,4	0,86	0,82	0,78	0,74	0,71	0,68	0,65	0,64	0,62	0,62	0,61	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,72	0,76	0,8	0,843
-0,3	0,89	0,84	0,8	0,76	0,73	0,7	0,68	0,66	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,66	0,67	0,69	0,72	0,75	0,78	0,82	0,869
-0,2	0,92	0,87	0,83	0,79	0,76	0,73	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,67	0,67	0,68	0,7	0,72	0,75	0,78	0,81	0,85	0,897
-0,1	0,95	0,9	0,86	0,82	0,79	0,76	0,74	0,72	0,71	0,7	0,7	0,7	0,7	0,71	0,73	0,75	0,78	0,81	0,84	0,88	0,929
0	0,98	0,93	0,89	0,85	0,82	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,73	0,74	0,75	0,77	0,79	0,81	0,84	0,88	0,92	0,964
0,1	1,02	0,97	0,93	0,89	0,86	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,79	0,8	0,82	0,85	0,88	0,92	0,96	1,001
0,2	1,06	1,01	0,97	0,93	0,9	0,87	0,85	0,83	0,82	0,81	0,81	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,89	0,92	0,96	1	1,042
0,3	1,1	1,05	1,01	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,86	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	1	1,04	1,086
0,4	1,14	1,1	1,06	1,02	0,99	0,96	0,94	0,92	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,92	0,93	0,95	0,98	1,01	1,05	1,09	1,133
0,5	1,19	1,15	1,1	1,07	1,04	1,01	0,99	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,97	0,98	1	1,03	1,06	1,1	1,14	1,183
0,6	1,24	1,2	1,16	1,12	1,09	1,06	1,04	1,02	1,01	1	1	1	1,01	1,02	1,03	1,06	1,08	1,11	1,15	1,19	1,236
0,7	1,3	1,25	1,21	1,17	1,14	1,12	1,09	1,08	1,06	1,06	1,05	1,06	1,06	1,07	1,09	1,11	1,14	1,17	1,21	1,25	1,292
0,8	1,36	1,31	1,27	1,23	1,2	1,17	1,15	1,13	1,12	1,11	1,11	1,11	1,12	1,13	1,15	1,17	1,2	1,23	1,26	1,3	1,351
0,9	1,42	1,37	1,33	1,29	1,26	1,23	1,21	1,2	1,18	1,18	1,17	1,18	1,18	1,19	1,21	1,23	1,26	1,29	1,33	1,37	1,413
1	1,48	1,43	1,39	1,36	1,33	1,3	1,28	1,26	1,25	1,24	1,24	1,24	1,25	1,26	1,28	1,3	1,32	1,35	1,39	1,43	1,478
1,1	1,55	1,5	1,46	1,42	1,39	1,37	1,34	1,33	1,31	1,31	1,3	1,31	1,31	1,33	1,34	1,36	1,39	1,42	1,46	1,5	1,546
1,2	1,62	1,57	1,53	1,49	1,46	1,44	1,41	1,4	1,39	1,38	1,38	1,38	1,39	1,4	1,41	1,44	1,46	1,49	1,53	1,57	1,617

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_2$  и  $X_4$   
на изменение вымолота зерна озимой пшеницы при  $X_1 = -0,336$  и  $X_3 = -0,829$

$X_2 \backslash X_4$	-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
-2	26,9	28,1	29,2	30,3	31,2	32	32,7	33,3	33,7	34,1	34,3	34,5	34,5	34,4	34,2	33,9	33,5	32,9	32,3	31,5	30,64
-1,9	26,3	27,6	28,7	29,7	30,6	31,4	32,1	32,7	33,1	33,5	33,7	33,8	33,8	33,7	33,5	33,2	32,8	32,2	31,6	30,8	29,92
-1,8	25,8	27,1	28,2	29,2	30,1	30,9	31,5	32,1	32,6	32,9	33,1	33,2	33,2	33,1	32,9	32,6	32,1	31,6	30,9	30,1	29,24
-1,7	25,4	26,6	27,7	28,7	29,6	30,3	31	31,6	32	32,3	32,5	32,7	32,6	32,5	32,3	32	31,5	30,9	30,3	29,5	28,57
-1,6	24,9	26,1	27,2	28,2	29,1	29,9	30,5	31,1	31,5	31,8	32	32,1	32,1	32	31,7	31,4	30,9	30,3	29,6	28,9	27,94
-1,5	24,5	25,7	26,8	27,8	28,6	29,4	30	30,6	31	31,3	31,5	31,6	31,6	31,4	31,2	30,8	30,3	29,8	29,1	28,3	27,34
-1,4	24,1	25,3	26,4	27,4	28,2	29	29,6	30,1	30,5	30,8	31	31,1	31,1	30,9	30,7	30,3	29,8	29,2	28,5	27,7	26,76
-1,3	23,8	24,9	26	27	27,8	28,6	29,2	29,7	30,1	30,4	30,6	30,6	30,6	30,4	30,2	29,8	29,3	28,7	28	27,2	26,21
-1,2	23,4	24,6	25,7	26,6	27,5	28,2	28,8	29,3	29,7	30	30,1	30,2	30,1	30	29,7	29,3	28,8	28,2	27,5	26,6	25,69
-1,1	23,1	24,3	25,3	26,3	27,1	27,8	28,4	28,9	29,3	29,6	29,7	29,8	29,7	29,6	29,3	28,9	28,4	27,7	27	26,2	25,2
-1	22,9	24	25	26	26,8	27,5	28,1	28,6	29	29,2	29,4	29,4	29,3	29,2	28,9	28,5	27,9	27,3	26,6	25,7	24,74
-0,9	22,6	23,8	24,8	25,7	26,5	27,2	27,8	28,3	28,6	28,9	29	29,1	29	28,8	28,5	28,1	27,5	26,9	26,1	25,3	24,3
-0,8	22,4	23,5	24,6	25,5	26,3	27	27,5	28	28,4	28,6	28,7	28,7	28,7	28,5	28,1	27,7	27,2	26,5	25,8	24,9	23,9
-0,7	22,2	23,3	24,3	25,2	26	26,7	27,3	27,7	28,1	28,3	28,4	28,5	28,4	28,1	27,8	27,4	26,8	26,2	25,4	24,5	23,52
-0,6	22	23,2	24,2	25,1	25,8	26,5	27,1	27,5	27,9	28,1	28,2	28,2	28,1	27,9	27,5	27,1	26,5	25,8	25,1	24,2	23,17
-0,5	21,9	23	24	24,9	25,7	26,3	26,9	27,3	27,6	27,9	28	28	27,8	27,6	27,3	26,8	26,2	25,6	24,8	23,9	22,85
-0,4	21,8	22,9	23,9	24,8	25,5	26,2	26,7	27,2	27,5	27,7	27,8	27,7	27,6	27,4	27	26,6	26	25,3	24,5	23,6	22,56
-0,3	21,7	22,8	23,8	24,7	25,4	26,1	26,6	27	27,3	27,5	27,6	27,6	27,4	27,2	26,8	26,3	25,8	25,1	24,2	23,3	22,29
-0,2	21,7	22,8	23,7	24,6	25,3	26	26,5	26,9	27,2	27,4	27,5	27,4	27,3	27	26,6	26,2	25,6	24,8	24	23,1	22,06
-0,1	21,7	22,7	23,7	24,5	25,3	25,9	26,4	26,8	27,1	27,3	27,3	27,3	27,1	26,9	26,5	26	25,4	24,7	23,8	22,9	21,85
0	21,7	22,7	23,7	24,5	25,3	25,9	26,4	26,8	27	27,2	27,3	27,2	27	26,8	26,4	25,9	25,2	24,5	23,7	22,7	21,67
0,1	21,7	22,8	23,7	24,5	25,3	25,9	26,3	26,7	27	27,2	27,2	27,1	27	26,7	26,3	25,8	25,1	24,4	23,5	22,6	21,52
0,2	21,8	22,8	23,8	24,6	25,3	25,9	26,4	26,7	27	27,1	27,2	27,1	26,9	26,6	26,2	25,7	25	24,3	23,4	22,5	21,39
0,3	21,9	22,9	23,8	24,6	25,3	25,9	26,4	26,8	27	27,1	27,2	27,1	26,9	26,6	26,2	25,6	25	24,2	23,4	22,4	21,3
0,4	22	23	23,9	24,7	25,4	26	26,5	26,8	27,1	27,2	27,2	27,1	26,9	26,6	26,2	25,6	25	24,2	23,3	22,3	21,23
0,5	22,2	23,2	24,1	24,9	25,5	26,1	26,6	26,9	27,1	27,3	27,3	27,2	26,9	26,6	26,2	25,6	25	24,2	23,3	22,3	21,2
0,6	22,3	23,3	24,2	25	25,7	26,2	26,7	27	27,2	27,3	27,3	27,2	27	26,7	26,2	25,7	25	24,2	23,3	22,3	21,19
0,7	22,5	23,5	24,4	25,2	25,9	26,4	26,8	27,2	27,4	27,5	27,5	27,3	27,1	26,8	26,3	25,7	25	24,3	23,3	22,3	21,21
0,8	22,8	23,8	24,6	25,4	26,1	26,6	27	27,3	27,5	27,6	27,6	27,5	27,2	26,9	26,4	25,8	25,1	24,3	23,4	22,4	21,25
0,9	23,1	24	24,9	25,6	26,3	26,8	27,2	27,5	27,7	27,8	27,8	27,6	27,4	27	26,5	25,9	25,2	24,4	23,5	22,5	21,33
1	23,3	24,3	25,2	25,9	26,5	27,1	27,5	27,8	27,9	28	28	27,8	27,6	27,2	26,7	26,1	25,4	24,6	23,6	22,6	21,43
1,1	23,7	24,6	25,5	26,2	26,8	27,3	27,7	28	28,2	28,2	28,2	28	27,8	27,4	26,9	26,3	25,6	24,7	23,8	22,7	21,56
1,2	24	25	25,8	26,5	27,1	27,6	28	28,3	28,5	28,5	28,5	28,3	28	27,6	27,1	26,5	25,8	24,9	24	22,9	21,72



Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_3$  и  $X_4$   
на изменение дробления зерна озимой пшеницы при  $X_1 = -0,336$  и  $X_2 = -0,081$

$X_3 \backslash X_4$	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
-2	0.88	0.85	0.83	0.8	0.77	0.75	0.73	0.71	0.7	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.64	0.65	0.65	0.67	0.68	0.69	0.71	0.73	0.75
-1.9	0.87	0.84	0.81	0.78	0.76	0.73	0.71	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.6	0.6	0.6	0.61	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.67	0.68	0.7	0.72
-1.8	0.85	0.82	0.79	0.77	0.74	0.72	0.7	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	0.6	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.59	0.59	0.6	0.61	0.62	0.63	0.64	0.66	0.68	0.7
-1.7	0.84	0.81	0.78	0.75	0.73	0.7	0.68	0.66	0.64	0.63	0.61	0.6	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.58	0.59	0.6	0.61	0.62	0.64	0.66	0.68
-1.6	0.83	0.8	0.77	0.75	0.72	0.7	0.67	0.65	0.63	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	0.64	0.66
-1.5	0.83	0.8	0.77	0.74	0.71	0.69	0.67	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.61	0.63	0.64
-1.4	0.83	0.8	0.77	0.74	0.71	0.68	0.66	0.64	0.62	0.6	0.59	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.61	0.63	0.64
-1.3	0.83	0.8	0.77	0.74	0.71	0.68	0.66	0.64	0.62	0.6	0.59	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64
-1.2	0.83	0.8	0.77	0.74	0.71	0.69	0.66	0.64	0.62	0.6	0.59	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64
-1.1	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64
-1	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.7	0.68	0.65	0.63	0.61	0.6	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64
-0.9	0.87	0.83	0.8	0.77	0.74	0.71	0.69	0.66	0.64	0.62	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.55	0.55	0.56	0.57	0.59	0.61	0.62
-0.8	0.88	0.85	0.81	0.78	0.75	0.73	0.7	0.68	0.66	0.64	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.55	0.54	0.55	0.55	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62
-0.7	0.9	0.87	0.83	0.8	0.77	0.74	0.72	0.69	0.67	0.65	0.63	0.62	0.6	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57	0.58	0.59	0.61	0.62	0.63
-0.6	0.92	0.89	0.85	0.82	0.79	0.76	0.74	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.61	0.6	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.58	0.58	0.59	0.59	0.6	0.62	0.63	0.64
-0.5	0.95	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76	0.74	0.72	0.69	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	0.6	0.6	0.59	0.59	0.59	0.59	0.6	0.6	0.61	0.62	0.63	0.64	0.66
-0.4	0.98	0.94	0.91	0.87	0.84	0.82	0.79	0.76	0.74	0.72	0.7	0.68	0.67	0.65	0.64	0.63	0.63	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.68
-0.3	1.01	0.97	0.94	0.91	0.87	0.85	0.82	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.7	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.66	0.67	0.68	0.7
-0.2	1.04	1.01	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.8	0.78	0.76	0.74	0.73	0.71	0.7	0.69	0.68	0.67	0.67	0.67	0.66	0.66	0.67	0.67	0.68	0.69	0.7	0.71	0.72
-0.1	1.08	1.04	1.01	0.98	0.94	0.91	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7	0.7	0.7	0.69	0.69	0.7	0.7	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75
0	1.12	1.08	1.05	1.02	0.98	0.95	0.92	0.9	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78
0.1	1.17	1.13	1.09	1.06	1.03	0.99	0.97	0.94	0.91	0.89	0.87	0.85	0.83	0.82	0.81	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.77	0.77	0.77	0.78	0.79	0.8	0.81
0.2	1.21	1.17	1.14	1.1	1.07	1.04	1.01	0.98	0.96	0.94	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.84	0.82	0.82	0.81	0.81	0.8	0.8	0.8	0.81	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85
0.3	1.26	1.22	1.19	1.15	1.12	1.09	1.06	1.03	1.01	0.98	0.96	0.94	0.92	0.91	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
0.4	1.32	1.28	1.24	1.2	1.17	1.14	1.11	1.08	1.06	1.03	1.01	0.99	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.9	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93
0.5	1.37	1.33	1.29	1.26	1.23	1.19	1.16	1.13	1.11	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98
0.6	1.43	1.39	1.35	1.32	1.28	1.25	1.22	1.19	1.16	1.14	1.12	1.1	1.08	1.06	1.04	1.03	1.02	1.01	1	1	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1	1.01	1.02	1.03
0.7	1.49	1.45	1.41	1.38	1.34	1.31	1.28	1.25	1.22	1.2	1.18	1.15	1.13	1.12	1.1	1.09	1.08	1.07	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08
0.8	1.56	1.52	1.48	1.44	1.41	1.37	1.34	1.31	1.29	1.26	1.24	1.21	1.19	1.18	1.16	1.15	1.13	1.12	1.12	1.11	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.11	1.12	1.13	1.13
0.9	1.63	1.59	1.55	1.51	1.47	1.44	1.41	1.38	1.35	1.33	1.3	1.28	1.26	1.24	1.22	1.21	1.2	1.19	1.18	1.17	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.17	1.18	1.19
1	1.7	1.66	1.62	1.58	1.54	1.51	1.48	1.45	1.42	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.26	1.25	1.24	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.23	1.23	1.24	1.24	1.25

Результаты расчетов при построении двумерного сечения для изучения влияния факторов  $X_3$  и  $X_4$   
на изменение вымолота зерна озимой пшеницы при  $X_1 = -0,336$  и  $X_2 = -0,081$

$X_3 \setminus X_4$	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
-2	33.7	32.8	32	31.3	30.7	30.2	29.8	29.6	29.4	29.4	29.4	29.6	29.9	30.3	30.8	31.4	32.1	32.9	33.9	34.9	36	37.3	38.7	40.1	41.7	43.4	45.2	47.1	49.2
-1.9	33.4	32.5	31.6	30.9	30.3	29.8	29.4	29.1	29	28.9	29	29.1	29.4	29.7	30.2	30.8	31.5	32.3	33.2	34.3	35.4	36.6	38	39.5	41	42.7	44.5	46.4	48.4
-1.8	33.1	32.2	31.3	30.6	30	29.5	29	28.7	28.6	28.5	28.5	28.6	28.9	29.2	29.7	30.3	31	31.8	32.7	33.7	34.8	36	37.3	38.8	40.3	42	43.8	45.7	47.6
-1.7	32.9	31.9	31	30.3	29.6	29.1	28.7	28.4	28.2	28.1	28.1	28.2	28.4	28.8	29.2	29.8	30.4	31.2	32.1	33.1	34.2	35.4	36.7	38.2	39.7	41.3	43.1	45	46.9
-1.6	32.6	31.6	30.8	30	29.3	28.8	28.4	28	27.8	27.7	27.7	27.8	28	28.3	28.8	29.3	30	30.7	31.6	32.6	33.6	34.8	36.1	37.5	39.1	40.7	42.4	44.3	46.2
-1.5	32.4	31.4	30.5	29.8	29.1	28.5	28.1	27.7	27.5	27.3	27.3	27.4	27.6	27.9	28.3	28.9	29.5	30.2	31.1	32	33.1	34.3	35.6	37	38.5	40.1	41.8	43.6	45.6
-1.4	32.3	31.2	30.3	29.5	28.8	28.3	27.8	27.4	27.2	27	27	27.1	27.2	27.5	27.9	28.4	29.1	29.8	30.6	31.6	32.6	33.8	35	36.4	37.9	39.5	41.2	43	44.9
-1.3	32.1	31.1	30.2	29.3	28.6	28	27.5	27.2	26.9	26.7	26.7	26.7	26.9	27.2	27.6	28	28.6	29.4	30.2	31.1	32.1	33.3	34.5	35.9	37.4	38.9	40.6	42.4	44.3
-1.2	32	31	30	29.2	28.5	27.8	27.3	26.9	26.7	26.5	26.4	26.4	26.6	26.8	27.2	27.7	28.3	29	29.8	30.7	31.7	32.8	34.1	35.4	36.9	38.4	40.1	41.9	43.8
-1.1	31.9	30.8	29.9	29	28.3	27.7	27.1	26.7	26.4	26.2	26.2	26.2	26.3	26.5	26.9	27.4	27.9	28.6	29.4	30.3	31.3	32.4	33.6	34.9	36.4	37.9	39.6	41.3	43.2
-1	31.9	30.8	29.8	28.9	28.2	27.5	27	26.6	26.2	26	25.9	25.9	26	26.3	26.6	27	27.6	28.3	29	29.9	30.9	32	33.2	34.5	35.9	37.4	39.1	40.8	42.7
-0.9	31.8	30.7	29.7	28.9	28.1	27.4	26.9	26.4	26.1	25.9	25.7	25.7	25.8	26	26.3	26.8	27.3	27.9	28.7	29.6	30.5	31.6	32.8	34.1	35.5	37	38.6	40.4	42.2
-0.8	31.8	30.7	29.7	28.8	28	27.3	26.8	26.3	25.9	25.7	25.6	25.5	25.6	25.8	26.1	26.5	27	27.7	28.4	29.2	30.2	31.3	32.4	33.7	35.1	36.6	38.2	39.9	41.7
-0.7	31.8	30.7	29.7	28.8	28	27.3	26.7	26.2	25.8	25.6	25.4	25.4	25.4	25.6	25.9	26.3	26.8	27.4	28.1	29	29.9	30.9	32.1	33.3	34.7	36.2	37.8	39.5	41.3
-0.6	31.9	30.8	29.7	28.8	28	27.3	26.6	26.2	25.8	25.5	25.3	25.3	25.3	25.5	25.7	26.1	26.6	27.2	27.9	28.7	29.6	30.6	31.8	33	34.4	35.8	37.4	39.1	40.9
-0.5	32	30.8	29.8	28.8	28	27.3	26.6	26.1	25.7	25.4	25.2	25.2	25.2	25.3	25.6	25.9	26.4	27	27.7	28.5	29.4	30.4	31.5	32.7	34.1	35.5	37.1	38.7	40.5
-0.4	32.1	30.9	29.8	28.9	28	27.3	26.6	26.1	25.7	25.4	25.2	25.1	25.1	25.2	25.5	25.8	26.3	26.8	27.5	28.3	29.1	30.1	31.2	32.5	33.8	35.2	36.8	38.4	40.2
-0.3	32.2	31	30	29	28.1	27.3	26.7	26.1	25.7	25.4	25.2	25	25	25.2	25.4	25.7	26.1	26.7	27.3	28.1	29	29.9	31	32.2	33.5	34.9	36.5	38.1	39.8
-0.2	32.4	31.2	30.1	29.1	28.2	27.4	26.8	26.2	25.7	25.4	25.2	25	25	25.1	25.3	25.6	26	26.6	27.2	27.9	28.8	29.8	30.8	32	33.3	34.7	36.2	37.8	39.5
-0.1	32.6	31.4	30.3	29.2	28.3	27.5	26.9	26.3	25.8	25.4	25.2	25	25	25.1	25.3	25.6	26	26.5	27.1	27.8	28.7	29.6	30.7	31.8	33.1	34.5	36	37.6	39.3
0	32.8	31.6	30.4	29.4	28.5	27.7	27	26.4	25.9	25.5	25.3	25.1	25	25.1	25.3	25.5	25.9	26.4	27	27.7	28.6	29.5	30.5	31.7	32.9	34.3	35.8	37.3	39
0.1	33.1	31.8	30.7	29.6	28.7	27.9	27.1	26.5	26	25.6	25.3	25.2	25.1	25.1	25.3	25.6	25.9	26.4	27	27.7	28.5	29.4	30.4	31.5	32.8	34.1	35.6	37.2	38.8
0.2	33.4	32.1	30.9	29.8	28.9	28.1	27.3	26.7	26.2	25.8	25.5	25.3	25.2	25.2	25.3	25.6	25.9	26.4	27	27.6	28.4	29.3	30.3	31.4	32.7	34	35.4	37	38.7
0.3	33.7	32.4	31.2	30.1	29.1	28.3	27.5	26.9	26.3	25.9	25.6	25.4	25.3	25.3	25.4	25.6	26	26.4	27	27.6	28.4	29.3	30.3	31.4	32.6	33.9	35.3	36.9	38.5
0.4	34	32.7	31.5	30.4	29.4	28.5	27.8	27.1	26.6	26.1	25.8	25.5	25.4	25.4	25.5	25.7	26.1	26.5	27	27.7	28.4	29.3	30.3	31.3	32.5	33.8	35.2	36.8	38.4
0.5	34.4	33	31.8	30.7	29.7	28.8	28	27.4	26.8	26.3	26	25.7	25.6	25.6	25.7	25.9	26.2	26.6	27.1	27.7	28.5	29.3	30.3	31.3	32.5	33.8	35.2	36.7	38.3
0.6	34.8	33.4	32.2	31.1	30	29.1	28.3	27.6	27	26.6	26.2	25.9	25.8	25.8	25.8	26	26.3	26.7	27.2	27.8	28.5	29.4	30.3	31.3	32.5	33.8	35.1	36.6	38.2
0.7	35.2	33.8	32.6	31.4	30.4	29.5	28.7	27.9	27.3	26.8	26.5	26.2	26	26	26	26.2	26.5	26.8	27.3	27.9	28.6	29.4	30.4	31.4	32.5	33.8	35.1	36.6	38.2
0.8	35.6	34.3	33	31.8	30.8	29.8	29	28.3	27.7	27.2	26.8	26.5	26.3	26.2	26.2	26.4	26.6	27	27.5	28	28.7	29.5	30.4	31.5	32.6	33.8	35.2	36.6	38.2
0.9	36.1	34.7	33.4	32.3	31.2	30.2	29.4	28.6	28	27.5	27.1	26.8	26.6	26.5	26.5	26.6	26.9	27.2	27.7	28.2	28.9	29.7	30.6	31.6	32.7	33.9	35.2	36.6	38.2
1	36.6	35.2	33.9	32.7	31.6	30.7	29.8	29	28.4	27.8	27.4	27.1	26.9	26.8	26.8	26.9	27.1	27.4	27.9	28.4	29.1	29.8	30.7	31.7	32.8	34	35.3	36.7	38.2

## Приложение К1

Прямая ранжировка частных показателей эффективности использования  
зерноуборочных машин

Показатель	Эксперт											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W_0$	1	1	2	1	3	1	1	2	2	1	1	3
$Zm$	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	5
$Q_{ga}$	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	3	1
$\Pi$	2	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	2
$\mathcal{D}$	5	5	6	5	5	4	5	4	6	5	5	4
$Mm$	6	6	5	6	6	6	6	6	5	6	6	6

## Приложение К2

Ранги частных показателей эффективности использования  
зерноуборочных машин, присвоенных экспертами

Показатель	Эксперт											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W_0$	5	5	4	5	3	5	5	4	4	5	5	3
$Zm$	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1
$Q_{ga}$	3	3	3	3	4	3	3	5	3	3	3	5
$\Pi$	4	4	5	4	5	4	4	3	5	4	4	4
$\mathcal{D}$	1	1	0	1	1	2	1	2	0	1	1	2
$Mm$	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Годовая наработка зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б»,  
РСМ-142 «Акрос-530» и СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»

Марка комбайна	Год исследований	Годовая наработка зерноуборочных комбайнов, га					Средняя взвешенная наработка за год, га
		№ группы хозяйств					
		1	2	3	4		
РСМ-10Б «Дон-1500Б»	2014	596	758	463	147	512	
	2015	604	691	498	186	517	
	2016	622	812	473	156	537	
	2017	606	798	415	133	512	
	Средняя годовая наработка по хозяйству, га					520	
	Продолжительность работы, ч	607	765	462	156	-	
РСМ-142 «Акрос-530»	2014	644	871	477	273	602	
	2015	622	892	473	156	585	
	2016	650	863	523	256	613	
	2017	633	802	483	181	564	
	Средняя годовая наработка по хозяйству, га					594	
	Продолжительность работы, ч	637	857	489	217	-	
СК-5МЭ-1 «Нива-Эффект»	2014	404	512	353	156	356	
	2015	365	402	382	164	328	
	2016	412	484	368	200	366	
	2017	399	456	381	191	357	
	Средняя годовая наработка по хозяйству, га					352	
	Продолжительность работы, ч	395	464	371	178	-	
	Продолжительность работы, ч	161	158	131	102	-	

## Потери зерна проса за зерноуборочными машинами

Марка комбайна	Подача, кг/с	Потери, %			
		№ опыта			Среднее значение
		1	2	3	
РСМ-10Б «Дон-1500Б»	2	2,5	2,5	2,8	2,6
	4	3,2	3,3	2,9	3,1
	6	4,0	3,9	4,3	4,1
	8	5,6	6,1	5,8	5,8
	10	6,7	6,9	6,5	6,7
Зерноуборочная машина с МСУ инерционно-очесного типа	2	0,8	0,8	1,0	0,9
	4	0,8	1,1	0,9	1,0
	6	1,0	1,0	1,1	1,0
	8	1,1	1,3	1,0	1,1
	10	1,3	1,2	1,1	1,2

## Необходимое количество опытов

Ошиб- ка $\Delta$	Надежность опыта $H$							
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
3,0	1	1	1	1	2	3	4	5
2,0	1	1	1	2	3	4	5	7
1,0	2	2	3	4	5	7	11	17
0,5	3	4	6	9	13	18	31	50
0,4	4	6	8	12	19	27	46	74
0,3	6	9	13	20	32	46	78	127
0,2	13	19	29	43	70	99	171	277
0,1	47	72	169	266	273	387	668	1089
0,05	183	285	431	659	1084	1540	2659	4338
0,01	4543	7090	10732	16436	27161	38416	66358	108307

## Патенты на изобретения

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 181 237** <sup>(13)</sup> **C2**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК

[A01F 12/18 \(2000.01\)](#)[A01F 12/20 \(2000.01\)](#)[A01F 12/22 \(2000.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 09.03.2005)

<p>(21)(22) Заявка: <a href="#">2000105020/13</a>, 29.02.2000</p> <p>(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 29.02.2000</p> <p>(45) Опубликовано: 20.04.2002 Бюл. № 11</p> <p>(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 882474 A, 23.11.1981. SU 432883 A, 15.12.1974. SU 810139 A, 07.03.1981. RU 2048736 C1, 27.11.1995. US 3426760 A, 11.02.1969. EP 0216060 A1, 01.04.1987. US 2217590 A, 08.10.1940.</p> <p>Адрес для переписки: 400002, ГСП, г.Волгоград, 2, ул. Гвоздкова, 14, кв.4, О.А.Федоровой</p>	<p>(71) Заявитель(и): <b>Федорова Ольга Алексеевна</b></p> <p>(72) Автор(ы): <b>Федорова О.А.</b></p> <p>(73) Патентообладатель(и): <b>Федорова Ольга Алексеевна</b></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**(54) МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственной зерноуборочной технике. Устройство включает снабженный бичами на подбичниках вращающийся барабан и расположенную под ним прутково-планчатую деку. Имеющий механизм индивидуальной регулировки по крайней мере один бич на подбичнике установлен с большим удалением от оси вращения барабанов по сравнению со смежными бичами. Механизм индивидуальной регулировки положения бича на подбичнике выполнен в виде резьбовой втулки с фланцем. Фланец установлен между бичом и подбичником. Втулка с крепежным болтом зафиксирована фасонной гайкой со стороны тыльной грани подбичника. Устройство обеспечивает повышение качества обмолота за счет снижения дробления и микрповреждений зерна. 3 ил.



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU (11) 2202165 (13) C2

(51) 7 A 01 D 41/00, 41/02, 41/12,  
A 01 F 12/18

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
к патенту Российской Федерации

1

(21) 2000109659/13 (22) 17.04.2000  
(24) 17.04.2000  
(46) 20.04.2003 Бюл. № 11  
(72) Цепляев А.Н., Ряднов А.И., Федорова О.А.  
(71) (73) Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия  
(56) SU 234026 A, 24.04.1969. SU 240362 A, 18.08.1969. SU 99918 A, 30.04.1955. SU 232642 A, 10.04.1969. SU 1606001 A1, 15.11.1990. SU 664608 A, 30.05.1979. SU 1493150 A1, 15.07.1989.

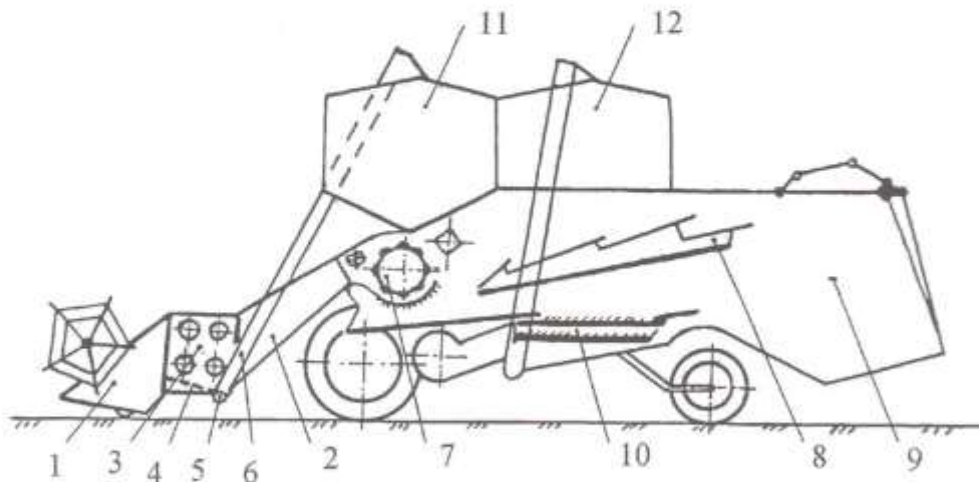
Адрес для переписки: 400002, г.Волгоград, ул.Институтская, 8А, Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, кафедра ЭМТП

(54) ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН

(57) Зерноуборочный комбайн включает расположенное между жаткой и наклонной камерой устройство для предварительного обмолота зерна с установленным под ним решето. Устройство для предварительного

2

обмолота зерна выполнено в виде расположенных в два яруса двух верхних и двух нижних валцов. Валцы верхнего яруса подпружинены и имеют механизм регулировки зазоров между ними и валцами нижнего яруса, которые установлены с возможностью вращения навстречу валцам верхнего яруса. При уборке зерновых культур стебли растений срезаются и подаются в устройство для предварительного обмолота зерна. За счет деформации и перемещения хлебной массы между валцами верхнего и нижнего ярусов и вибрации подпружиненных валцов верхнего яруса происходит частичный обмолот с выделением наиболее спелых и ценных зерен. Вымолоченные в устройстве для предварительного обмолота наиболее ценные зерна подаются в бункер для сбора нетравмированного зерна, что позволяет в дальнейшем использовать это зерно в качестве семенного материала. 3 ил.



Фиг. 1

RU 2202165 C2

RU 2202165 C2



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 382 542** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК  
A01D 41/00 (2006.01)  
A01D 41/02 (2006.01)

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: 2008140812/12, 14.10.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.10.2008

(45) Опубликовано: 27.02.2010 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2202165 C2, 20.04.2003. SU 753385 A1,  
09.08.1980. SU 1468450 A1, 30.03.1989. SU  
232642 A1, 10.04.1969. SU 393989 A1,  
10.12.1973. US 5584167 A, 17.12.1996. DE  
2601058 A1, 14.07.1977.

Адрес для переписки:  
400002, г. Волгоград, ул. Гвоздкова, 18,  
кв.102, А.И. Ряднову

(72) Автор(ы):

Ряднов Алексей Иванович (RU),  
Тронеv Сергей Викторович (RU),  
Шарипов Ренат Вильевич (RU),  
Скворцов Игорь Петрович (RU),  
Федорова Ольга Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Волгоградская государственная  
сельскохозяйственная академия (ВГСХА)  
(RU),  
Комитет по сельскому хозяйству и  
продовольствию Администрации  
Волгоградской области (RU)

**(54) УСТРОЙСТВО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБМОЛОТА ЗЕРНА, ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ДЛЯ СЕМЕННЫХ ЦЕЛЕЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению. Устройство для предварительного обмолота зерна расположено между жаткой и наклонной камерой зерноуборочного комбайна. Устройство для предварительного обмолота содержит корпус, бита с пальчиковым механизмом и его привод. На поверхности

битера между группами пальцев размещены с равным шагом с возможностью демонтажа рабочие элементы. Каждый из рабочих элементов выполнен из прорезиненного материала трапециевидального сечения. Ребро каждого рабочего элемента расположено в диаметральной плоскости битера. Устройство обеспечивает снижение травмирования семян. 1 з.п. ф-лы, 5 ил.

RU 2 3 8 2 5 4 2 C 1

RU 2 3 8 2 5 4 2 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU**<sup>(11)</sup> **2 594 527**<sup>(13)</sup> **C1**(51) МПК  
A01D 41/12 (2006.01)(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2015120607/13, 29.05.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.05.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.05.2015

(45) Опубликовано: 20.08.2016 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2316933 C1, 20.02.2008. RU 2497342  
C1, 10.11.2013. SU 808036 A1, 28.02.1981. SU  
1440415 A1, 30.11.1988. US 4928460 A, 29.05.1990.

Адрес для переписки:

400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26,  
ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, Долговой  
А.И.

(72) Автор(ы):

Ряднов Алексей Иванович (RU),  
Шарипов Ренат Васильевич (RU),  
Федорова Ольга Алексеевна (RU),  
Кочергин Виктор Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение Высшего  
профессионального образования  
Волгоградский государственный аграрный  
университет (ФГБОУ ВПО Волгоградский  
ГАУ) (RU)

(54) СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ЗЕРНА В КОМБАЙНЕ

(57) Формула изобретения

Система транспортировки зерна в комбайне, содержащая прямоточную выносную молотильную камеру, зерносорбник, трубопроводы, циклон, заслонку, бункер и вентилятор, отличающаяся тем, что дополнительно содержит воздуховод, бункер для сбора половы, сетку, выходной патрубком, фильтр, щеточный механизм, привод щеточного механизма, устройство управления заслонкой, при этом воздуховод изготовлен в виде короба прямоугольного сечения и имеет разгрузочное окно, выполненное снизу воздуховода, смонтирован на выходе вентилятора; к воздуховоду, под выгрузным окном, закреплен бункер для сбора половы, а внутри воздуховода, на верхней и нижней его гранях установлены соосно верхний и нижний упоры, и смонтирован щеточный механизм, состоящий из щеткодержателя с присоединенным к нему рычагом, центр которого совпадает с осью верхнего и нижнего упоров, щетки, тяги с ограничителем поворота щеткодержателя, соединенной со щеткодержателем шарниром; между воздуховодом и выходным патрубком смонтирована сетка, а на выходном патрубке установлен фильтр; устройство управления заслонкой состоит из верхнего и нижнего датчиков уровня зерна, смонтированных в циклоне, преобразователя сигналов, связанного с верхним и нижним датчиками уровня зерна, и исполнительного механизма, управляемого преобразователем сигналов и соединенного с заслонкой.

RU 2 594 527 C 1

RU 2 594 527 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
О ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 601 226**<sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК  
A01F 12/18 (2006.01)  
A01D 4/12 (2006.01)

**(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2015140384/13, 22.09.2015

(24) Дата начала отчета срока действия патента:  
22.09.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.09.2015

(45) Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2382542 C1, 27.02.2010. RU 153904  
U1, 10.08.2015. RU 2415548 C1, 10.04.2011. RU  
2363142 C1, 10.08.2009. US 3238949 A, 08.03.1966.

Адрес для переписки:

400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26,  
Долговой А.И.

(72) Автор(ы):

Ряднов Алексей Иванович (RU),  
Федорова Ольга Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Волгоградский  
государственный аграрный университет"  
(ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ) (RU)

R U 2 6 0 1 2 2 6 C 1

**(54) УСТРОЙСТВО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБМОЛОТА ЗЕРНА****(57) Формула изобретения**

Устройство предварительного обмолота зерна, содержащее корпус, битер с пальчиковым механизмом и его приводом, рабочие элементы, зафиксированные средством крепления на кронштейне с L-образным профилем, отличающееся тем, что в битере вдоль кронштейна выполнены отверстия с размещенными в них и соединенными с битером стаканами, в каждом из которых установлены пружина и шток, соединенный посредством шарнира с кронштейном, при этом кронштейн смонтирован на опоре, закрепленной на битере, с возможностью колебаться на оси опоры, кроме того, на битере перед каждым рабочим элементом установлен щиток, а стакан с внешней стороны бitera закрыт крышкой.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 601 228** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) МПК

A01D 41/08 (2006.01)

A01D 45/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2015140386/13, 22.09.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.09.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.09.2015

(45) Опубликовано: 27.10.2016 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2457658 C1, 10.08.2012. RU 2199203  
C2, 27.02.2003. RU 2535255 C1, 10.12.2014. RU  
2306693 C1, 27.09.2007. GB 2225203 B,  
12.12.1990.

Адрес для переписки:

400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26,  
Долговой А.И.

(72) Автор(ы):

Ряднов Алексей Иванович (RU),

Федорова Ольга Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение Высшего  
профессионального образования  
"Волгоградский государственный аграрный  
университет" (ФГБОУ ВПО Волгоградский  
ГАУ) (RU)**(54) ЩЕЛЕВОЙ БИТЕР МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА****(57) Формула изобретения**

Щелевой бите́р молотильно-сепарирующего устройства, содержащий основание с закрепленными на нем лопастями, причем каждая лопасть имеет кронштейн и выполнена с криволинейной рабочей поверхностью выпуклостью вперед, которая от основания к периферии оканчивается ограничителем, а передняя часть выступа имеет обмолачивающую кромку, между которой и ограничителем образована щель, причем каждая лопасть снабжена транспортирующей пластиной, под каждой лопастью установлен кулачковый вал с расположением кулачков в одной плоскости и с упором их в лопасть с внутренней стороны, причем все кулачковые валы связаны с механизмом их поворота, а лопасти изготовлены из упругого материала и соединены с основанием при помощи винтов, по которым они имеют возможность перемещаться вдоль пазов, выполненных в лопастях, отличающийся тем, что между кулачками каждой лопасти установлены прутки, рабочие поверхности которых и кулачков сопряжены и имеют одинаковую форму, при этом каждая лопасть соединена осью со своим ограничителем, а обмолачивающая кромка выполнена в виде гребенки.

RU  
2 6 0 1 2 2 8  
C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU**<sup>(11)</sup> **2 630 459**<sup>(13)</sup> **C1**(51) МПК  
A01F 12/38 (2006.01)**(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2017100287, 09.01.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.01.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.01.2017

(45) Опубликовано: 08.09.2017 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26,  
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Долговой А.И.

(72) Автор(ы):

Ряднов Алексей Иванович (RU),  
Федорова Ольга Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Волгоградский  
государственный аграрный университет"  
(ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2278500 C2, 27.06.2006. SU  
264046 A1, 10.02.1970. SU 254925 A1,  
17.10.1969. SU 641915 A1, 15.01.1979. US  
5582545 A1, 10.12.1996.

(54) Клавиша соломотряса

(57) Формула изобретения

Клавиша соломотряса, содержащая корпус и закрепленные на нем сепарирующие решетки, выполненные с различным «живым» сечением, при этом сепарирующие решетки с большим «живым» сечением установлены за сепарирующими решетками с меньшим «живым» сечением поочередно, отличающаяся тем, что каждая из сепарирующих решеток выполнена из жалюзи, состоящих из верхних и нижних пластин, закрепленных на оси, имеющей возможность поворота во втулках, установленных в обеих стенках корпуса клавиши, при этом на одном конце оси жалюзи зафиксирован палец, который сопряжен с отверстием переменного сечения, выполненном в подвижной планке, установленной на направляющих, закрепленных на стенке корпуса клавиши, при этом подвижная планка соединена посредством стопорного пружинного кольца с винтом, связанным с гайкой, закрепленной на стенке корпуса клавиши посредством кронштейна.

RU 2 630 459 C 1

RU 2 630 459 C 1

## Акты внедрения

«Утверждаю»  
 Проректор по НИР  
 ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
  
 Бочарников В.С.  
 «18» января 2018 г.



«Утверждаю»  
 Директор Новокубанского филиала  
 ФГБНУ «Росинформагротех»  
 (КубНИИТиМ)  
  
 Дробин Г.В.  
 «19» января 2018 г.



## АКТ

## внедрения результатов научно-исследовательских работ

Настоящим актом подтверждается, что сотрудники ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» профессор Ряднов Алексей Иванович и доцент Федорова Ольга Алексеевна передали в Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» результаты своих исследований качества уборки зерновых культур комбайнами, оборудованными устройствами частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы, изготовленными по патентам РФ №2202165 и № 2382542, и зерноуборочной машины с молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа по патенту РФ № 2601228.

Результаты исследований приняты для использования.

Опытный образец устройства частичного вымолота зерна из скошенной зерносоломистой массы по патенту РФ № 2382542 на базе зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б» испытан на экспериментальных полях тестового полигона КубНИИТиМ. Результаты показали, что в отдельный бункер от устройства собрано 10 – 12% от общего намолота зерна с дроблением до 0,1% и макротравмированием до 2,0%.

«Утверждаю»

Проректор по НИР  
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
Бочарников В.С.  
«30» сентября 2017 г.

«Утверждаю»

Глава  
ИП «Глава КФХ Березин Ю.И.»  
Березин Ю.И.  
«30» августа 2017 г.

**АКТ**

внедрения результатов научно-исследовательских работ

В уборочные сезоны 2014 - 2017 годов в ИП «Глава КФХ Березин Ю.И.» Михайловского района Волгоградской области научным коллективом под руководством заведующего кафедрой «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ряднова А.И. проведен хронометраж работы зерноуборочных комбайнов: РСМ-142 «Акрос-530», РСМ-10Б «Дон-1500Б» и СК-5МЭ1 «Нива-Эффект», дана оценка их эксплуатационно-технологических показателей и выполнены исследования зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б», оборудованного устройствами отбора минимально травмированного зерна в отдельный бункер комбайна по патентам РФ №2202165 и № 2382542 и системой транспортировки зерна в комбайне по патенту № 2594527.

Результаты показали, что использование зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б», оборудованного устройствами отбора минимально травмированного зерна, позволяет выделять в отдельный бункер до 10% зерна с дроблением не более 0,3% и макротравмированием – не более 8%.

Рекомендации по применению на зерноуборочном комбайне РСМ-10Б «Дон-1500Б» устройства отбора минимально травмированного зерна с системой транспортировки зерна в комбайне при уборке семенных посевов приняты к внедрению.

Д.с.-х.н., профессор  
К.т.н., доцент

*А.И. Ряднов*  
*О.А. Федорова*

Ряднов Алексей Иванович  
Федорова Ольга Алексеевна



## АКТ

## внедрения результатов научно-исследовательских работ

Настоящим актом подтверждается, что в июле 2017 года на полях ИП глава КФХ Бондарев В.В. Октябрьского района Волгоградской области проведены исследования комбайна, оборудованного молотильно-сепарирующим устройством со щелевым битером по патенту РФ №2601228, режущим аппаратом по патенту РФ №2609907 и системой транспортировки зерна по патенту РФ № 2594527 на уборке озимой пшеницы и сорго.

*Форма внедрения:* щелевой битер по патенту РФ №2601228, режущий аппарат по патенту РФ №2609907 и система транспортировки зерна в комбайне по патенту РФ № 2594527 на уборке зерновых колосовых культур, зернового и веничного сорго.

*Степень внедрения результатов:* опытные образцы щелевого битера молотильно-сепарирующего устройства, режущего аппарата и системы транспортировки зерна в комбайне.

*Объем внедрения мероприятия:* крестьянско-фермерское хозяйство.

*Эффективность от внедрения:* использование щелевого битера молотильно-сепарирующего устройства и системы транспортировки зерна в комбайне позволило снизить дробление зерна уровня 0,5%, а применение режущего аппарата с устройством контроля отказов – повысить качество среза растений и снизить затраты труда на ремонт режущего аппарата в среднем на 14%.

*ФИО, должность работников, участвующих во внедрении:* профессор Ряднов Алексей Иванович, доцент Федорова Ольга Алексеевна, аспирант Фаронов Алексей Сергеевич.

Д.с.-х.н., профессор  
 к.т.н., доцент  
 аспирант

*А.И. Ряднов*  
*О.А. Федорова*  
*А.С. Фаронов*  
 Ряднов А.И.  
 Федорова О.А.  
 Фаронов А.С.



«Утверждаю»



«Утверждаю»

**АКТ****внедрения результатов научно-исследовательских работ**

В уборочные сезоны 2016 - 2017 годов в ИП глава КФХ Бондарев В.В. Октябрьского района Волгоградской области научным коллективом под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» Ряднова А.И. проведен хронометраж работы зерноуборочного комбайна РСМ-142 «Акрос-530».

В результате хронометража работы зерноуборочного комбайна получено распределение затрат времени смены по элементам, дана оценка потерь зерна, затрат труда и средств на ремонт и техническое обслуживание, оптимизировано количество передвижных агрегатов технического обслуживания, разработаны и внедрены технические, технологические и организационные рекомендации по повышению эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов.

Внедрение рекомендаций позволило увеличить производительность зерноуборочного комбайна РСМ-142 «Акрос-530» на уборке зерновых колосовых культур на 10-12%, снизить потери зерна озимой пшеницы и ячменя на 16-18% по отношению к допустимому уровню потерь, снизить затраты труда на техническое обслуживание комбайна на 15...18%.

Д.с.-х.н., профессор

Ряднов Алексей Иванович

К.т.н., доцент

Федорова Ольга Алексеевна

«Утверждаю»

Председатель СПК «Андреевский»

Давшинцев П.В.



«22» июля 2017 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских работ

В уборочные сезоны 2014 - 2017 годов в СПК «Андреевский» Алексеевского района Волгоградской области научным коллективом под руководством заведующего кафедрой «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ», доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ряднова А.И. проведены исследования зерноуборочных комбайнов РСМ-10Б «Дон-1500Б», оборудованных устройствами отбора минимально травмированного зерна в отдельный бункер комбайна по патентам РФ №2202165 и № 2382542 и молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа по патенту РФ № 2601228.

Результаты показали, что использование зерноуборочного комбайна РСМ-10Б «Дон-1500Б», оборудованного устройствами отбора минимально травмированного зерна, позволяет выделять в отдельный бункер до 10% зерна с дроблением не более 0,5% и макротравмированием – не более 9%, а при уборке озимой пшеницы зерноуборочным комбайном РСМ-10Б «Дон-1500Б», оборудованным молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, дробление зерна не превышает 1% и макротравмирование – 10%.

Рекомендации по применению на зерноуборочном комбайне РСМ-10Б «Дон-1500Б» устройства отбора минимально травмированного зерна при уборке семенных посевов приняты к внедрению.

Д.с.-х.н., профессор

Ряднов Алексей Иванович

К.т.н., доцент

Федорова Ольга Алексеевна

«Утверждаю»

Глава ИП «Глава КФХ Невмержицкий В.В.»

Невмержицкий В.В.

29 августа 2017 г.



внедрения результатов научно-исследовательских работ

В уборочные сезоны 2016 - 2017 годов в ИП «Глава КФХ Невмержицкий В.В.» Котельниковского района Волгоградской области научным коллективом под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» Ряднова А.И. проведен хронометраж работы зерноуборочных комбайнов СК-5МЭ1 «Нива-Эффект», РСМ-10Б «Дон-1500Б» и РСМ-142 «Акрос 530».

В результате хронометража зерноуборочных комбайнов получено распределение затрат времени смены по элементам, дана оценка потерь зерна, затрат труда и средств на ремонт и техническое обслуживание, оптимизировано количество передвижных агрегатов технического обслуживания, разработаны и внедрены технические, технологические и организационные рекомендации по повышению эффективности эксплуатации зерноуборочных комбайнов.

Внедрение рекомендаций позволило увеличить производительность зерноуборочных комбайнов СК-5МЭ1 «Нива-Эффект», РСМ-10Б «Дон-1500Б» и РСМ-142 «Акрос 530» в среднем на 12%, снизить потери зерна озимой пшеницы и ячменя на 16-20% по отношению к допустимому уровню потерь, снизить затраты труда на техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов на 12...14%.

Д.с.-х.н., профессор

Ряднов Алексей Иванович

К.т.н., доцент

Федорова Ольга Алексеевна

«Утверждаю»  
 Директор ООО «Пионер -Агро»  
 Ковалёв А.Б.  
 «1» сентября 2017 г.



### АКТ

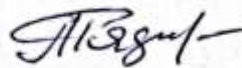
#### внедрения результатов научно-исследовательских работ

Настоящим актом подтверждается, что в уборочные сезоны 2016- 2017 годов на полях ООО «Пионер-Агро» Клетского района Волгоградской области, научным коллективом ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ряднова А.И. проведен хронометраж работы 4 зерноуборочных комбайнов «ACROS» и оценка их эксплуатационно-технологических показателей.

По результатам исследований работы зерноуборочных комбайнов получено распределение затрат сменного времени по его составляющим, выявлены резервы и разработаны рекомендации по повышению производительности комбайнов, снижению потерь зерна и затрат труда и средств на техническое обслуживание, предложена схема малогабаритного, многофункционального агрегата технического обслуживания, дана оценка надежности систем и узлов комбайнов.

Внедрение рекомендаций позволило увеличить производительность зерноуборочных комбайнов «ACROS» на 5...8% при допустимом уровне потерь 1,5% на уборке озимой пшеницы и ячменя, снизить затраты труда на техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов на 12...14%.

Д.с.-х.н., профессор



Ряднов Алексей Иванович

К.т.н., доцент



Федорова Ольга Алексеевна

Аспирант



Гришин Владимир Валерьевич

«Утверждаю»

Генеральный директор

ОАО «РАО Алексеевское»

Маяцкий В. А.

18 сентября 2017 г.



АКТ

## внедрения результатов научно-исследовательских работ

Настоящим актом подтверждается, что в уборочный сезон 2017 года на полях ОАО «РАО Алексеевское» Алексеевского района Волгоградской области научным коллективом ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» под руководством доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ряднова А.И. проведен хронометраж работы 3 зерноуборочных комбайнов «ACROS» и оценка их эксплуатационно-технологических показателей.

По результатам исследований работы зерноуборочных комбайнов получено распределение затрат сменного времени по его составляющим, выявлены резервы и разработаны рекомендации по повышению производительности комбайнов, снижению потерь зерна и затрат труда и средств на техническое обслуживание.

Внедрение рекомендаций позволило увеличить производительность зерноуборочных комбайнов «ACROS» на 5...8% при допустимом уровне потерь 1,5% на уборке озимой пшеницы и ячменя, снизить затраты труда на техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов на 12...14%.

Д.с.-х.н., профессор

К.т.н., доцент

Handwritten signature in blue ink, appearing to read 'А.И. Ряднов'.

Ряднов Алексей Иванович

Федорова Ольга Алексеевна



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ВГСХА,  
 профессор Петров Н.Ю.  
 « 17. » 2003 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Мы, нижеподписавшиеся, председатель СПК «Племзавод Тростянский» Новоаннинского района Волгоградской области Ребрин Александр Алексеевич и представители Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии: профессор Цепляев Алексей Николаевич, профессор Ряднов Алексей Иванович и аспирантка Федорова Ольга Алексеевна составили настоящий акт в том, что сотрудники ВГСХА Цепляев А.Н., Ряднов А.И. и Федорова О.А. проводили исследования экспериментального зерноуборочного комбайна с устройством предварительного обмолота зерна на уборке зерновых колосовых культур в уборочные сезоны 1999 – 2002 г.г. на полях СПК «Племзавод Тростянский».

Результаты исследований показали, что устройство предварительного обмолота зерна, установленное на зерноуборочном комбайне Дон-1500 позволяет отбирать в отдельный бункер зерно (до 15% от валового сбора) с низким уровнем дробления (до 0,5%) и макротравмирования (до 5%), используемое в следующие за уборкой годы в качестве семян.

Устройства предварительного обмолота зерна, изготовленные в заводских условиях, будут использованы в хозяйстве на зерноуборочных комбайнах Дон-1500.

Председатель  
 СПК «Племзавод Тростянский»  
Ребрин А.А.

Представители ВГСХА:  
Цепляев А.Н.  
Ряднов А.И.  
Федорова О.А.



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ВГСХА,  
профессорПетров Н.Ю.  
2003 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Мы, нижеподписавшиеся, Березин Юрий Иванович - глава крестьянского хозяйства, расположенного в Михайловском районе Волгоградской области, и аспирантка Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии Федорова Ольга Алексеевна составили настоящий акт в том, что аспирантка Федорова О.А. проводила исследования размерно-массовых характеристик озимой и яровой пшеницы и экспериментального зерноуборочного комбайна с устройством предварительного обмолота зерна на уборке зерновых колосовых культур в уборочные сезоны 1998 – 2002 г.г. на полях крестьянского хозяйства.

В результате исследований получены данные по массе и влажности зерен по длине колоса, выравненности зерен и другим размерно-массовым характеристикам зерновых культур, по вымолоту, дроблению и травмированию зерна устройством предварительного обмолота, установленного на зерноуборочном комбайне Дон-1500.

Применение семян, полученных при обмолоте зерновых культур зерноуборочным комбайном Дон-1500 с устройством предварительного обмолота зерна, позволило получить повышение урожайности озимой пшеницы на площади 85 га на 1 – 2 ц/га, а яровой пшеницы на площади 48 га – на 6 – 7 ц/га.

Устройство предварительного обмолота зерна на зерноуборочном комбайне Дон-1500 будет использовано в хозяйстве в последующие уборочные сезоны.

Глава  
крестьянского хозяйства

Ю.И. Березин

Аспирантка  
Волгоградской ГСХА

О.А. Федорова

## АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

**Методический совет федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева»**

### ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 2

« 16 » 09 2016 года

г. Рязань

Председатель Методического совета, профессор Борычев С.Н.

Секретарь Методического совета Стишкова Е.В.

Присутствует на заседании Методического совета 34 из 38 члена  
Методического совета.

#### **СЛУШАЛИ:**

Федорову О.А. автора монографии «Технические и технологические  
решения снижения потерь зерна при уборке».

#### **ПОСТАНОВИЛИ:**

Внедрить в образовательный процесс в качестве методического  
материала для подготовки выпускных квалификационных работ бакалавров и  
магистров направлений подготовки 35.03.06 Агроинженерия (уровень  
бакалавриата) и 35.04.06 Агроинженерия (уровень магистратуры)  
монографию «Технические и технологические решения снижения потерь  
зерна при уборке» автора Федоровой О.А.

Голосовали единогласно.

Председатель Методического совета

Секретарь Методического совета



С.Н. Борычев

Е.В. Стишкова



«Утверждаю»

Проректор по учебной работе



ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

А.А. Шатохин

«23» января 2018 г.**АКТ****внедрения результатов научно-исследовательских работ**

Настоящим актом подтверждается, что в учебный процесс подготовки бакалавров по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» инженерно-технологического факультета ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» приняты и внедрены научно-технические материалы кандидата технических наук, доцента кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Федоровой Ольги Алексеевны по теме «Эффективные технические решения повышения качества уборки зерновых культур»


Декан инженерно-технологического факультета, к.т.н., доцент

  
И.А. Несмиянов  
«23» января 2018 г.

Заведующий кафедрой «Технические системы в АПК» к.т.н., доцент

  
Р.А. Косульников  
«23» января 2018 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
 Проректор по учебной работе  
 ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный  
 университет имени Б.Б. Городовикова»  
 Б.А. Натырова  
 «07» февраля 2018 г.



**АКТ**  
**внедрения результатов научно-исследовательских работ**

Настоящим актом подтверждается, что при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» инженерно-технологического факультета ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» используются материалы монографий кандидата технических наук, доцента кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Федоровой Ольги Алексеевны по теме научной работы «Эффективные технические решения повышения качества уборки зерновых культур».

Декан  
 инженерно-технологического  
 факультета, д.т.н., профессор

  
 В.А.Эвиев  
 «05» 02 2018 г.