

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I

На правах рукописи

**Сорокин Николай Николаевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ  
ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации  
сельского хозяйства

Диссертация  
на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель  
науки и техники РФ, **А. П. Тарасенко**

Воронеж – 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Состояние вопроса и задачи исследования.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Характеристика исходного зернового вороха пшеницы.</b>	
Требования, предъявляемые к очистке семян.....	12
<b>1.2. Применяемые технологические линии для послеуборочной</b>	
обработки семян .....	18
<b>1.3. Сепарация зерна по аэродинамическим свойствам.....</b>	<b>27</b>
<b>1.4. Разделение зернового вороха по толщине.....</b>	<b>35</b>
<b>1.5. Разделение зернового вороха по длине .....</b>	<b>43</b>
<b>1.6. Сепарация зерна по плотности.....</b>	<b>46</b>
<b>1.7. Выводы .....</b>	<b>47</b>
<b>2. Обоснование вероятности распределения зернового вороха</b>	
пшеницы по аэродинамическим свойствам и размерам .....	49
<b>2.1. Распределение компонентов зернового вороха по размерам и</b>	
аэродинамическим свойствам .....	49
<b>2.2. Вероятность распределения зернового вороха по размерам и по</b>	
аэродинамическим свойствам .....	53
<b>2.3. Выводы .....</b>	<b>65</b>
<b>3. Программа и методика экспериментальных исследований ...</b>	<b>66</b>
<b>3.1. Программа экспериментальных исследований.....</b>	<b>66</b>
<b>3.2. Объект исследования .....</b>	<b>66</b>
<b>3.3. Методика проведения экспериментальных исследований .....</b>	<b>67</b>
<b>3.4. Методика определения влажности вороха пшеницы.....</b>	<b>68</b>

<b>3.5</b>	<b>Методика исследования состава зернового вороха пшеницы по фракциям .....</b>	<b>68</b>
<b>3.6</b>	<b>Методика определения стекловидности и содержания клейковины .....</b>	<b>69</b>
<b>3.7</b>	<b>Методика исследования распределения зернового вороха воздушным потоком .....</b>	<b>70</b>
<b>3.8</b>	<b>Методика определения влияния уровня травмирования и массы 1000 зёрен на лабораторную всхожесть семян.....</b>	<b>70</b>
<b>3.9</b>	<b>Методика определения количественных и качественных показателей зернового вороха .....</b>	<b>72</b>
<b>3.10</b>	<b>Методика исследования влияния элементов технологической линии на качество очистки зерна и посевные качества семян.....</b>	<b>72</b>
<b>3.11</b>	<b>Методика исследования влияния состава поступаемого на послеуборочную обработку зернового вороха и распределение его компонентов по размерам.....</b>	<b>74</b>
<b>3.12</b>	<b>Математическая обработка результатов экспериментальных исследований.....</b>	<b>74</b>
<b>4.</b>	<b>Экспериментальные исследования влияния элементов сеяноочистительной линии на качество очистки семян пшеницы .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1.</b>	<b>Использование эффективных воздушно-решётных зерноочистительных машин в сеяноочистительных линиях .....</b>	<b>76</b>
<b>4.2.</b>	<b>Влияние приведенного травмирования и массы 1000 зёрен на качество семян пшеницы .....</b>	<b>78</b>
<b>4.3.</b>	<b>Состав поступаемого на послеуборочную обработку зернового вороха и распределение его компонентов по размерам .....</b>	<b>85</b>
<b>4.4.</b>	<b>Очистка зернового вороха машиной PETKUS K-547 .....</b>	<b>88</b>
<b>4.5.</b>	<b>Очистка зернового вороха триерным блоком PETKUS K-236 А....</b>	<b>93</b>

<b>4.6. Очистка зернового вороха пневматическим сортировальным столом МОС-9 Н.....</b>	<b>97</b>
<b>4.7. Изменение качества очистки семян при реализации предлагаемого варианта семяочистительной линии .....</b>	<b>106</b>
<b>4.8. Выводы.....</b>	<b>118</b>
<b>5. Экономическая оценка эффективности производства семян пшеницы на предлагаемой семяочистительной линии .....</b>	<b>120</b>
<b>5.1. Исходные данные и расчёт прибыли от повышения качества семян за счёт реконструкции семяочистительной линии .....</b>	<b>120</b>
<b>5.2. Расчет годового экономического эффекта от реконструкции семяочистительной линии .....</b>	<b>125</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>131</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>133</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>151</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....</b>	<b>153</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В.....</b>	<b>155</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....</b>	<b>157</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....</b>	<b>159</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....</b>	<b>160</b>



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Продовольственная безопасность является составной частью национальной безопасности России, которая способна гарантировать удовлетворение потребностей на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность населения страны, а также сохранения ее государственности и суверенитета. Важнейшей составляющей демографической политики, необходимым условием реализации стратегического национального приоритета – повышения качества жизни российских граждан, путём гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения. Определяющую роль в обеспечении продовольственной безопасности играет сельское хозяйство. Главным её направлением является обеспечение зерном [121, 147].

Производство зерна в Российской Федерации традиционно является основой всего продовольственного комплекса и наиболее крупной отраслью сельского хозяйства. Устойчивое наращивание производства зерна – одна из важнейших задач агропромышленного комплекса России [147].

Приоритетным направлением увеличения производства зерна пшеницы является повышение урожайности и снижение потерь на всех стадиях производства. Одной из причин низкой урожайности зерновых, в том числе и пшеницы, в нашей стране является плохое качество семян. По данным Госсеминаспекции, в последние годы в России высевают не более 20,0 % высококлассных семян, а некондиционных — до 34,9 % [137]. Низкое качество семян в России объясняется высоким уровнем их травмирования, при уборке и послеуборочной обработке, а также несвоевременной обработкой поступающего от комбайнов зернового вороха, из-за недостаточной производительности зерноочистительной и зерносушильной техники. По мнению академика В.И. Анискина, а так же д.т.н. Э.В. Жалнина и А.Н. Зюлина [5], увеличение в семенном фонде доли семян, соответствующих посевным качествам ГОСТ Р 52325-2005, до 60 % могло бы дать прибавку урожая в среднем на 0,6 т/га, до 80 % – 0,8 т/га, при 100 % – около 1,0 т/га, что позволило бы снизить и себестоимость производства зерна [52, 72].

Именно поэтому своевременная и эффективная обработка зернового вороха с целью получения качественных семян пшеницы является важнейшей экономической задачей.

Свежеубранный неочищенный зерновой ворох является плодотворной средой для обитания и размножения микроорганизмов, уничтожающих семена и снижающих их продовольственные и посевные качества. Основная часть поражающей инфекции размещается, как раз, на засорителях и повреждённых зерновках. Поэтому зерновой ворох после уборки нужно незамедлительно очищать от различных примесей, травмированного, дроблёного, биологически неполноценного зерна на раннем этапе его послеуборочной обработки. Иначе, качество зерна резко снижается, и получить высококачественные семена из этого вороха будет невозможно [101].

Ввиду этого особую важность и практическую ценность для агропромышленного комплекса всего государства приобретает создание и использование наиболее прогрессивных технологий и технических средств, для послеуборочной подготовки семян пшеницы, сосредоточенных на получение и сохранение продукта высокого качества. С использованием технологии фракционирования достигается наибольший эффект послеуборочной обработки зернового вороха. Данная технология позволяет незамедлительно, по мере поступления зернового вороха на ток, очищать его от различных примесей, а также отделять от основной фракции дроблёное, щуплое и биологически неполноценное зерно с низкими посевными качествами и направлять его в фураж. Также при проектировании семяочистительных линий необходимо стремиться к уменьшению их протяженности [19, 63, 64, 69, 102, 107, 139]. Существующие технологические линии для подготовки семян пшеницы имеют большую протяжённость и включают в себя необоснованное количество зерноочистительных машин и соответствующих транспортирующих органов. Это приводит к удорожанию процесса послеуборочной обработки и повышению травмирования семян [161].

Настоящая работа посвящена совершенствованию процесса фракционирования зернового вороха пшеницы и разработке семяочистительной линии для подготовки качественных семян пшеницы. Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательской работы агроинженерного факультета Воронежского ГАУ «Инновационные направления совершенствования процессов и технических средств механизации и электрификации сельскохозяйственного производства», утвержденной ученым советом Воронежского ГАУ (номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

**Степень разработанности темы.** Вопросами повышения качества семян при послеуборочной обработке, совершенствования семяочистительных линий занимались и занимаются в настоящее время множество ученых. Процессы послеуборочной подготовки семян пшеницы рассматривались в трудах В.И. Анискина, А.П. Тарасенко, В.И. Оробинского, А.И. Ряднова, И.В. Горбачева, Ю.И. Ермольева, А.М. Гиевского, П.М. Заики, В.М. Дринчи, А.Н. Зюлина, И.Е. Кожуховского, В.Г. Егорова, Л.Т. Свиридова, Н.Н. Ульриха, В.М. Цециновского, С.С. Ямпилова и др. Представленные авторы достаточно полно в своих трудах осветили процесс послеуборочной подготовки семян, однако остаются нерешенными отдельные вопросы.

Изучение и анализ литературных и патентных источников показали следующее: используемые в настоящее время семяочистительные линии имеют ряд существенных недостатков и требуется дальнейшее совершенствование процесса послеуборочной подготовки семян; не обосновано количество зерноочистительных машин и соответствующих транспортирующих органов в линии; нет технических решений по снижению количества механических воздействий на семена; в существующих семяочистительных линиях процесс подготовки семян малоэффективен и нуждается в дальнейшем изучении с целью модернизации конструкции и оптимизации режимов работы для повышения качества продукции и снижения энергозатрат.

**Объектом исследования** является технологический процесс послеуборочной подготовки семян пшеницы.

**Предметом исследований** являются закономерности процесса фракционирования и очистки зернового вороха на семяочистительной линии.

**Цель исследования** повысить качество семян пшеницы путём реализации режима фракционирования воздушно-решётной зерноочистительной машиной и уменьшения количества механических воздействий на семена.

**Задачи исследований:**

- разработать техническое решение по совершенствованию технологической линии с набором зерноочистительных машин примерно одинаковой производительности для получения семян пшеницы высокого качества, с использованием режима фракционирования зернового вороха;

- выявить уровень повреждения и посевные качества семян, а также состав компонентов зернового вороха различных размерных фракций и на этой основе обосновать режимы его фракционирования;

- обосновать процесс фракционирования зернового вороха с вероятностью его распределения по размерам и аэродинамическим свойствам воздушно-решетной зерноочистительной машиной, с возможностью получения требуемого качества семян;

- определить экономическую эффективность использования предложенного технического решения.

**Научная новизна:**

– технология разделения зернового вороха на фракции, отличающаяся возможностью уменьшения количества механических воздействий на зерновой ворох при подготовке семян;

– аналитические зависимости для определения зоны выбора семенной фракции, отличающиеся учётом размерных характеристик и аэродинамических свойств компонентов зернового вороха;

– технологическая линия для получения качественных семян пшеницы, отличающаяся тем, что нория в верхней головке снабжена делителем для подачи зернового вороха при необходимости в триерный блок или в пневмостол;

– режимы фракционирования зернового вороха пшеницы, отличающиеся тем, что обеспечивают минимальное травмирование зерна, при послеуборочной подготовке семян.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Предложенная семяочистительная линия позволяет снизить энерго- и материалозатраты на подготовку семян, а также получать семенной материал, отвечающий требованиям ГОСТа. Полученные данные теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы при производстве, наладке и эксплуатации семяочистительных линий, а также в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 (110800.62) и магистров по направлению 35.04.06 (110800.68).

**Методология и методы исследования.** Теоретические исследования базировались на математическом моделировании процесса разделения зернового вороха по аэродинамическим свойствам и размерам; экспериментальные исследования проводили в производственных и лабораторных условиях; результаты экспериментальных исследований обрабатывали с использованием пакета программ Mathcad 14, Microsoft Excel, Statistica 7 и других.

**Положения, выносимые на защиту:**

– технология разделения зернового вороха на фракции, позволяющая уменьшить количество механических воздействий на зерновой ворох при подготовке семян;

– аналитические зависимости для определения зоны выбора семенной фракции, позволяющие учитывать размерные характеристики и аэродинамические свойства компонентов зернового вороха;

– технологическая линия для получения качественных семян пшеницы, позволяющая подавать зерновой ворох при необходимости в триерный блок или в пневмостол;

– режимы фракционирования зернового вороха пшеницы, позволяющие обеспечивать минимальное травмирование зерна, при послеуборочной подготовке семян.

**Степень достоверности и апробации результатов.** Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических и учебно-методических конференциях Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (2009 – 2015 гг.), научной конференции Воронежской государственной технологической академии (2009 г.), всероссийском конкурсе на лучшую научную работу в Рязанском государственном агротехнологическом университете имени П.А. Костычева (2010 – 2011 гг.), научно-практической конференции Мичуринского государственного аграрного университета (2011 г.), международных конференциях Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I и Воронежской государственной лесотехнической академии (2014 – 2015 г.). Данная тема отмечена сертификатом финалиста программы «У.М.Н.И.К.» Российского фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Результаты диссертационной работы внедрены на предприятии по производству сельскохозяйственной продукции ООО «Масловский» (г. Воронеж).

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе Воронежского ГАУ при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 (110800.62) и магистров по направлению 35.04.06 (110800.68).

**Личный вклад соискателя.** Личный вклад соискателя заключается в постановке задач исследования, выборе методов, разработке методики исследований, выполнении математических преобразований и расчетов, разработке математической модели, реализации модели на ЭВМ, усовершенствовании конструкций элементов семяочистительной линии, получении экспериментальных данных, формулировке выводов.

**Публикации.** По теме диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 – в изданиях центральной печати, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, общим объемом 2,9 п. л. Рекомендации по совершенствованию механизации производства семян

зерновых культур рассмотрены и одобрены Научно-техническим советом Минсельхоза России (протокол № 28 от 24 сентября 2013 г).

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников, включающего 163 наименования, и приложений. Диссертация изложена на 160 страницах компьютерного текста, включая 30 рисунков и 22 таблицы.

## **1. Состояние вопроса и задачи исследования**

### **1.1. Характеристика исходного зернового вороха пшеницы.**

#### **Требования, предъявляемые к очистке семян**

В исходном ворохе пшеницы (поступившем от комбайнов) качество зернового материала зависит от его состава, физико-механических свойств культуры, влажности и степени повреждения зерновок.

Одна из существенных причин, влияющая на качество получаемых семян, является влажность исходного зернового вороха. Влияние влажности на качество зернового вороха пшеницы изучено в работах ряда авторов [52, 72, 80]. Семена сохраняют свои посевные качества, только при отсутствии в них свободной влаги. При хранении зерно с повышенной влажностью самосогревается и теряет свои посевные и продовольственные качества. В производственных условиях наилучшая сохранность осуществляется при складировании хорошо высушенных семян, то есть с влажностью для пшеницы ниже 14%. Повышение влажности зерна пшеницы свыше 14% является причиной снижения качества семенного материала при длительном сроке хранения. В охлажденном и сухом (с влажностью менее 14%) зерне низкая интенсивность дыхания, микроорганизмы пребывают в подавленном состоянии, споры плесневых грибов не дают всходов. При увеличении влажности зерна с 14 до 16 % в процессе хранения происходит значительное снижение посевных качеств семян [101].

Засоренность зернового вороха, поступаемого на послеуборочную обработку нередко достигает 10 % и более. Содержание в ворохе большого количества засорителей, легковесного и биологически неполноценного зерна определяют очистку зернового вороха зерноочистительными машинами по аэродинамическим свойствам воздушными системами и по размерам на решетках.

Установлено, что одним из основных направлений увеличения эффективности очистки зерновых культур, является усовершенствование кон-



струкции зерноочистительных машин и технологического процесса семяочистительных линий [56, 57, 121].

Поступаемый на обработку зерновой ворох, состоит из смеси полноценных, поврежденных и щуплых зерновок обрабатываемой культуры, а также семян других культур и сорных растений. Также в ворохе содержатся примеси органического и минерального происхождения. Количество семян основной культуры в ворохе сильно варьирует и составляет 70...98% по данным различных авторов: А.В. Авдеев [2], А.З. Бодртдинов [11, 12], А.И. Бурков [14], В.В. Гортинский [37], А.Б. Демский [49], В.М. Дринча [52], И.В. Захарченко [69], А.Н. Зюлин [72], А.Н. Карпенко [76], Н.Е. Кожуховский [79], А.Я. Малис [90], В.И. Оробинский [101], Н.П. Сычугов [132], А.П. Тарасенко [139] и другие.

Положительное разрешение вопроса послеуборочной обработки зернового вороха, возможно, осуществить только на основе сведений о его составе и физико-механических свойств компонентов.

В таблице 1.1 представлены линейные размеры и некоторые физико-механические свойства основных составляющих вороха по данным различных исследователей [80, 81, 84, 103, 150, 155].

Таблица 1.1 - Физико-механические свойства компонентов вороха пшеницы

Компоненты	Линейные размеры, мм			Скорость витания, м/с.	Масса, г	Плотность, г/см <sup>3</sup>
	длина	ширина	толщина			
Зерно	4,8...8,0	1,8...4,0	1,6...3,6	8,9...11,5	0,03	1,27...1,49
Солома	10...300	3,5...6,5	3,5...6,5	3,4... 9,0	0,1...1,2	0,35...0,68
Полова	5...30	2,3...5,5	1,2...3,5	1,5... 4,0	0,02...0,1	0,35...0,75

Линейные размеры органических примесей зернового вороха пшеницы (табл. 1.1), в значительной мере зависят от качества работы комбайна и об-

служивающего его комбайнёра, осуществляющего уборку. Так же линейные размеры зависят от уровня засорённости поля посторонними растениями, процента влажности основной культуры и других обстоятельств. Независимо от размеров, семена лёгких сорных растений, а также солома, хорошо выносятся воздушным потоком. Соломистые примеси, представляющие трудность для отделения воздушным потоком, выделяют на решётах.

Непостоянство свойств и состава вороха не может давать одинаковые и исчерпывающие рекомендации по очистке различного зернового вороха. Для очередной определённой партии зерна и культуры необходимо подбирать соответствующий режим работы машин [162]. В процессе послеуборочной обработки вороха необходимо периодически проверять его качество и по необходимости менять режимы работ зерноочистительных машин, входящих в состав агрегата.

В зависимости от назначения зерна (для посевных, товарных или фуражных целей) предъявляются соответствующие требования к очищаемому материалу.

Зерно, предназначенное для семенных целей, нормируется следующими показателями, прописанными в государственных стандартах: уровень травмирования, всхожесть, чистота, влажность, зараженность болезнями и вредителями [41, 45, 46]. Своевременно и качественно очищенные семена дольше хранятся. Семена, отвечающие требованиям, прописанным в стандартах, снижают засоренность полей. Наиболее высокие энергию прорастания и лабораторную всхожесть обеспечивают свободные от примесей и болезней, биологически полноценные, выровненные семена, которые дают хорошую урожайность.

Для посевных целей применяют различные сорта семян, гибридов, гибридных популяций и родительских форм гибридов, которые внесены в Госреестр достижений селекции, принятых к применению и утверждённых в назначенном порядке [47].

Семена классифицируют по категориям на оригинальные (ОС), элитные (ЭС), репродукционные для семенных целей (РС) и производства товарной продукции (РС<sub>Т</sub>).

Все семена должны быть протестированы на посевные и сортовые качества и удостоверены соответствующими документами [113, 137]. Семена, которые не отвечают сортовым и посевным кондициям для объявленного класса, переводят в более низкий класс. Такое переключение осуществляется в случае невозможности улучшения качества семян при дополнительной их подработке. Требования, предъявляемые к семенам пшеницы, по ГОСТ Р 52325 – 2005, приведены в таблице 1.2 [47].

Таблица 1.2 – Сортовые и посевные качества семян пшеницы

Категория семян	Сортовая чистота	Поражение посева головней, %, не более	Чистота семян, %, не менее	Содержание семян других растений, шт./кг, не бо- лее		Всхожесть, %, не менее	Примесь, %, не более	
				всего	в т.ч. сорных		головневых образований	склераций спарыньи
ОС	99,7	0/0	99	8	3	92	0	0
ЭС	99,7	0,1/0	99	10	5	92	0	0,01
РС	98,0	0,3/0,1	98	40	20	92	0,002	0,03
РС <sub>Т</sub>	95,0	0,5/0,3	97	200	70	87	0,002	0,05

Для зерна, предназначенного на продовольственные цели, определены основные и ограничительные условия, выражающие его кондиции и обеспечивающие сохранность и нормальные физико-механические свойства при

последующем использовании (таблица 1.3) [80].

Таблица 1.3 - Кондиции продовольственного зерна пшеницы

Культура	Базисные			Ограничительные		
	Влажность, %	Примесь, %		Влажность, %	Примесь, %	
		сорная	зерно- вая		сорная	зерновая
Пшеница мягкая и твердая	14...17	1	2	19	5	15

Зерновой материал, после обработки машинами предварительной очистки, должен быть доведён до таких кондиций, чтобы его можно было пропускать через шахтные сушилки или укладывать на временное хранение при условии активного вентилирования. При условии, что из исходного вороха должно быть выделено не менее 50% сорных примесей. После предварительной очистки содержание солоmistых примесей в зерновом ворохе длиной не более 50 мм допускается только до 0,2 %. Присутствие в ворохе солоmistых примесей более длинного размера недопустимо. Содержание качественных зёрен в отходовой фракции должно быть не более 0,05 % от общей массы зерна основной культуры в зерновом ворохе.

Полнота разделения зернового вороха, в процессе первичной очистки, должна быть не ниже 60%.

Суммарные потери полноценных зерновок не должны превышать 1,5 %. После первичной очистки, зерновой ворох, должен соответствовать условиям, предъявляемым к продовольственному зерну, за исключением случаев, когда в нем содержатся примеси, которые возможно выделить, только при использовании специальных машин [61, 128, 137].

Машины, предназначенные для вторичной очистки зерна должны обеспечивать семенам качество по чистоте, предъявляемое к семенному ма-

териалу, исключение составляют, лишь случаи засоренности зернового вороха примесями, требующими специальных машин для их удаления. Полнота разделения должна быть не ниже 80 %, общие потери целого, полноценного зерна в отходы допускается до 1,0 %. Общее дробление зерна не должно превышать 1% [121, 142].

Анализ данных, приведенных в таблицах 1.2...1.3, говорит о том, что зерновую массу необходимо обрабатывать и доводить до требуемой кондиции семян. Обработка зерновой массы осуществляется различными машинами, обеспечивающими выделение примесей, сушку, разделение на фракции и т. д.

Вышеперечисленные операции, основаны на разности физико-механических признаков компонентов, содержащихся в зерновом ворохе, а именно линейных размеров, гравитационных и аэродинамических свойств, плотности, состояние поверхности, сыпучести, упругости и т. д. Данные вопросы отражены в работах следующих авторов: Н.И. Богданова [10], Н.П. Волосевича [26], К.В. Дрогалина [53], Ф.Г. Зуева [71], А.Н. Зюлина [74], А.И. Нелюбова [93, 95], А.П. Тарасенко [140], Б.Г. Турбина [146], С.Г. Урюпина [149].

Послеуборочную обработку зерна и подготовку семян рекомендуется организовывать так, чтобы уменьшить количество и интенсивность механических воздействий [54, 55, 115, 137]. Посевные качества семян снижаются за счет несвоевременного выделения засорителей из зернового вороха, а также биологически неполноценных и поврежденных семян, содержание которых может достигать до 30 %. Следовательно, зерновой ворох желательно обрабатывать сразу при его поступлении на ток. Наибольшая эффективность при этом достигается, когда технологические линии обеспечивают режим фракционирования. То есть зерновой ворох сразу разделяется на разные качественные фракции. Благодаря разделению вороха на фракции возрастает производительность технологической линии и каждая из фракций обрабатывается по наиболее короткому пути, что обеспечивает снижение травмирова-

ния семян. Для фракционирования зернового вороха рационально применять универсальные высокопроизводительные двухаспирационные воздушно – решетные зерноочистительные машины. Такие машины позволяют выделять три фракции: отходовую, фуражную и очищенное зерно.

В отходы выделяют мелкие, легкие и крупные засорители. В фуражную фракцию необходимо выделять щуплые, биологически неполноценные и поврежденные зерна, которые наиболее подвержены к поражению микроорганизмами и больше травмируются при послеуборочной обработке. Основная фракция должна соответствовать требованиям базисных или семенных кондиций. После этого, при необходимости основную фракцию дорабатывают на машинах окончательной очистки.

## **1.2. Применяемые технологические линии для послеуборочной обработки семян**

Применение технологических линий для послеуборочной подготовки семян пшеницы зависит от исходной влажности, засорённости, состава компонентов зернового вороха, а также требуемого качества конечного продукта. Они включают в себя приём зернового вороха, предварительную очистку, временное хранение, сушку, окончательную очистку и должны обеспечивать сохранение семенных и товарных качеств зерна. На выбор технологии обработки влияют также климатические условия, финансовое состояние хозяйства, наличие трудовых ресурсов и другие факторы [4, 57].

Для получения кондиционного продовольственного и семенного зерна с наименьшими трудозатратами, зерно с соответствующей нормой влажности, выгруженное из бункера комбайна, обрабатывают на разных отечественных зерноочистительных агрегатах ЗАВ – 10, ЗАВ - 20, ЗАВ - 25, ЗАВ - 40, ЗАВ - 50, ЗАВ - 100 и др., а также агрегатах зарубежных фирм, таких как, например, PETKUS и CIMBRIA [125, 137].

Обрабатываемый зерновой ворох, предназначавшийся при очистке для продовольственных целей, доводят до базисных кондиций, а для получения

семенного материала — до норм соответствующих, требованиям ГОСТа на семена по чистоте и содержанию сорняков, кроме материала, для очистки которого, применяют специальные машины.

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-10 состоит из завальной ямы, изготовленной из фундаментных блоков, или металла, бункера, разделённого на три части, половина бункера для очищенного зерна, вторая половина бункера разделена ещё на две части, одна часть бункера – для пыли, половы и крупных примесей, вторая для фуража. Для очистки зернового материала в работе агрегата используются воздушно-решётная машина МВР-6 (ОЗС-50) с производительностью в режиме первичной очистки при обработке вороха пшеницы до 20 тонн в час и триерный блок БТЦ-700-1 с производительностью до 6 тонн в час. Аспирационные каналы машин первичной очистки, выделяют из зернового вороха лёгкие примеси, после чего, он поступает на верхний и нижний решётные станы. Решётные станы отделяют крупные и мелкие примеси, направляемые в секцию отходов, щуплое и битое зерно, поступающее в секцию фуража.

Существенным недостатком работы агрегата ЗАВ-10, является несоответствие, установленных в него машин, по производительности. В данном случае, работа машины первичной очистки будет нерациональной, так как не будет загружена полностью. Также к недостаткам можно отнести использование в качестве машины окончательной очистки триерного блока, который повреждает зерновки транспортирующим шнеком, установленном в овсюжном цилиндре, тем самым снижая качество семян [137, 158].

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-20 включает автомобилеподъёмник, завальную яму, воздушно-решётную зерноочистительную машину МВР-6 (ОЗС-50), передаточные транспортеры, два триерных блока БТЦ-700, централизованную воздушную систему, два пневматических сортировальных стола МОС-9 Н, бункеры для чистого, фуражного зерна и отходов, пульт управления и зернопроводы.

В данном агрегате, по сравнению с ЗАВ-10, для наиболее полной загрузки зерноочистительной машины первичной очистки, установлено два параллельно работающих триерных блока и пневмосортировальных стола. Такое техническое решение проблемы выравнивает положение, но не в полной мере.

Качество семян при обработке данным агрегатом сравнительно невысокое, так как зерновой ворох проходит большое количество машин и транспортирующих органов, которые повышают уровень травмирования зерновок [58, 113, 115].

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-25 предназначен для послеуборочной обработки зерновых, крупяных, зернобобовых и масличных культур. Зерноочистительный агрегат включает в себя два отделения. В первое отделение входит автомобилеразгрузчик, завальная яма с вибрационным питателем-дозатором, промежуточный транспортёр, две нории, машины предварительной очистки и отделение временного хранения зерна.

Второе отделение состоит из воздушно-решётной машины первичной очистки, двух триерных блоков, двух норий, комплекта зернопроводов. Зерно, предназначенное для окончательной очистки, из отделения временного хранения норией подаётся в зерноочистительную машину. При наличии в зерновом ворохе трудноотделимых примесей (куколь, овсюг и др.), его направляют в триерные блоки.

Агрегат ЗАВ-25 является прототипом агрегата ЗАВ-20, отличающийся установкой более высокопроизводительной машины первичной очистки ЗВС-20А, производительность которой, при обработке вороха пшеницы, составляет до 25 т/ч.

К недостаткам агрегата ЗАВ-25 можно также отнести несоответствие установленных в линии машин по производительности, что влечёт за собой нерациональное использование машины первичной очистки ЗВС-20А [51, 62, 137].



Зерноочистительный агрегат ЗАВ-40 включает две параллельные технологические линии, каждая из которых включает высокопроизводительную машину первичной очистки ЗВС-20, либо МВР-6, триерный блок БТЦ-700 и пневматический сортировальный стол МОС-9 Н [59, 101, 112].

Если посчитать производительность машин на каждом этапе обработки в данной линии, то мы получим на первичной очистке при работе двух зерноочистительных машин по 20 т/ч в сумме 40 т/ч, а два триерных блока на следующем этапе обработки, смогут обеспечить производительность только 12 т/ч (две машины, каждая из которых имеет производительность по 6 т/ч) и два пневмосортировальных стола по 9 т/ч (18 т/ч). Из полученных данных можно сказать о неполной загрузке машин первичной очистки более чем в два раза [101, 112].

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-50 предназначен для механизированной очистки вороха зерновых культур и подготовки семенного материала с комплексной механизацией погрузочно-разгрузочных работ. За однократный пропуск через машины продовольственное зерно доводится до базисных кондиций, а семена - до норм чистоты не ниже требований ГОСТа [97].

В состав агрегата ЗАВ-50 входит сепаратор ОЗС-50/25/10 и при необходимости комплектуется дополнительными устройствами – пневмостолом или триером.

В работе Ю.И.Ермольева, М.Н.Московского, М.В.Шелкова, А.В.Бутовченко [63] предлагается фракционная технология очистки семенного материала, выполняемая на зерноочистительном агрегате ЗАВ-50. Этот агрегат имеет пять функциональных схем работы:

1. Предварительная очистка зерна машиной ОЗС-50/25/10.
2. Очистка зерна на машине ОЗС-50/25/10 до базисных кондиций, предъявляемых к товарному материалу, при отсутствии большого количества (более 4%) дроблёных зерновок, а также куколя и овсюга.
3. Машину ОЗС-50/25/10 настраивают на режим первичной очистки. Такая схема необходима при очистке зернового вороха до базисных конди-

ций товарного назначения, когда в ворохе присутствуют компоненты, отделяемые по признаку "длина" (дробленое зерно, овсюг, куколь).

4. В этой схеме основная фракция норией подаётся в триерный блок и далее на пневматический сортировальный стол. Зерновые отходы, в процессе последовательной очистки семян, подают в бункер для фуража.

5. Машина ОЗС-50/25/10 разделяет зерновой ворох на крупную и мелкую фракции. Основная фракция поступает в триерный блок, где очищается от длинных и коротких примесей, затем обработка завершается на пневмосортировальном столе.

Недостатком агрегата ЗАВ – 50 является использование триерного блока при подготовке семенного материала, который повреждает зерновки и тем самым снижает качество семян.

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-100 предназначен для механизированной очистки вороха зерновых культур с комплексной механизацией погрузочно-разгрузочных работ, производительностью 80-100 тонн в час в режиме первичной очистки зерна и 15 тонн в час в семенном режиме. Зерноочистительный агрегат ЗАВ-100 включает в себя завальную яму, две параллельные технологические линии, каждая из которых состоит из высокопроизводительной воздушно-решётной зерноочистительной машины, триерного блока и транспортирующих органов [62, 137, 158].

Для послеуборочной обработки зернового вороха с подготовкой семян применяют и семяочистительный завод зарубежного производства "Petkus" [112]. Он состоит из: завальной ямы, машины первичной очистки зернового вороха, машины вторичной очистки, шасталки, триерного блока, пневмостола, протравливателя, соответствующих транспортирующих органов (норий). Технологическая схема представлена на рисунке 1.1.

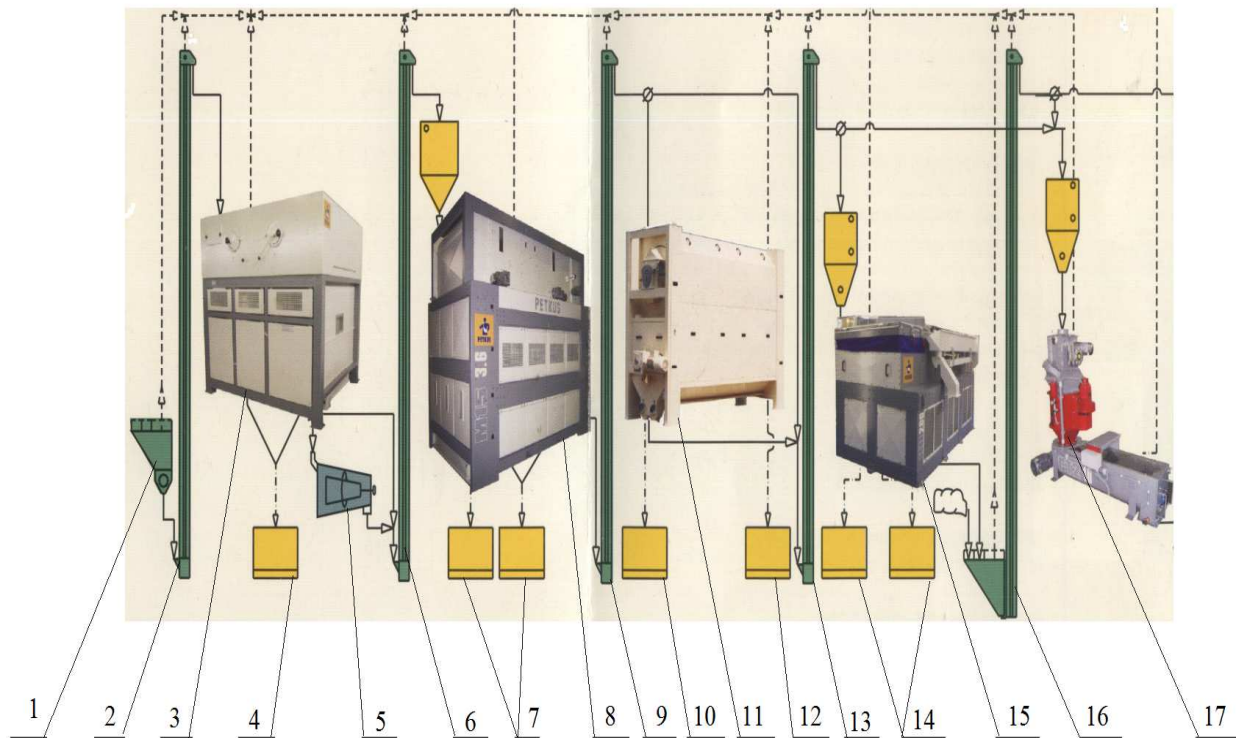


Рисунок 1.1 – Семяочистительная линия "Petkus":

1 – приёмка зерна; 2, 6, 9, 13, 16 – норрии; 3 – машина первичной очистки Petkus U 15-2.4; 4, 7, 10, 12, 14 – бункеры для фуражной фракции и отходов; 5 – шасталка; 8 – multifunctionальная семяочистительная машина Petkus M 12-3.5; 11 – триерный блок Petkus TA 01/12-2; 15 – пневмостол Petkus KD 400; 17 – протравливатель.

Находит применение и семяочистительный завод фирмы "CIMBRIA", состоящий из сушильной установки, шасталки, машины первичной очистки, машины вторичной очистки, триерного блока, камнеотборника, пневматического сортировального стола, протравливателя, а также соответствующих транспортирующих органов (норий) и зернопроводов (рис. 1.2) [112].

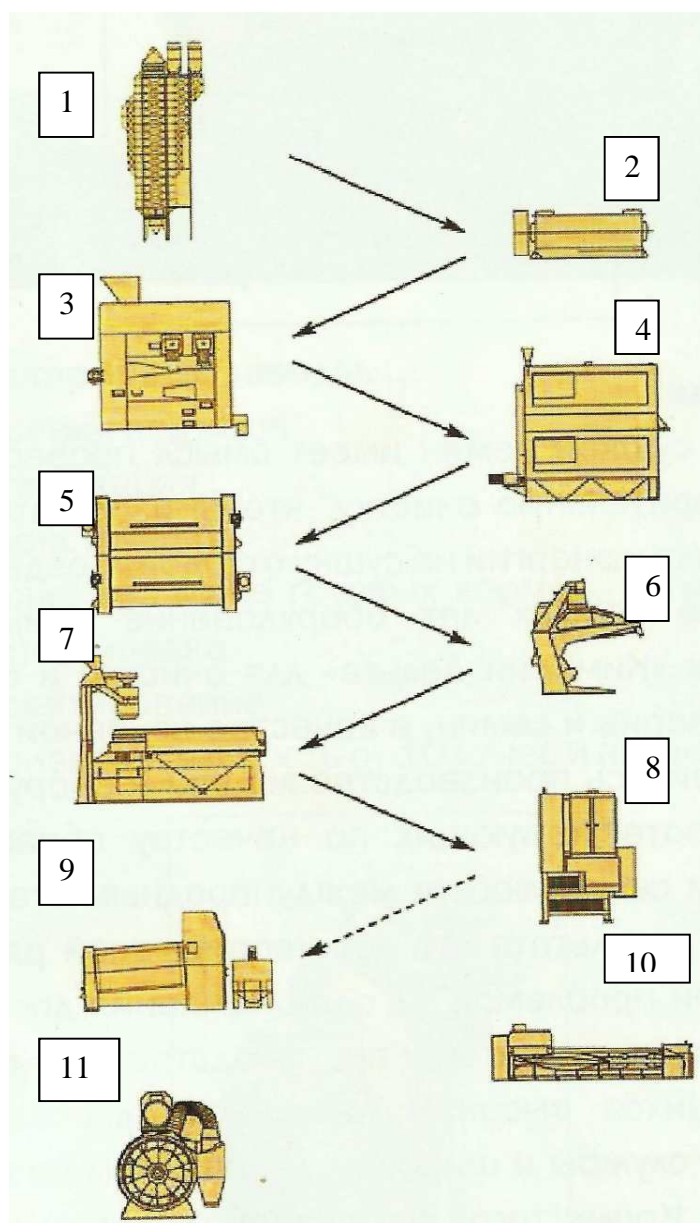


Рисунок 1.2 – Семяочистительный завод фирмы "СІМВRІА":

1 – сушильная установка; 2 – отделитель крупных примесей; 3 – воздушно-ситовой сепаратор с плоскими ситами; 4 – воздушно-ситовой сепаратор с барабанными ситами; 5 – триерный блок; 6 – камнеотборник; 7 – пневматический сортировальный стол; 8 – протравливатель периодического действия; 9 – протравливатель; 10 - кукурузная молотилка; 11 - циклон.

К недостаткам современных зарубежных семяочистительных линий можно отнести большую их протяжённость, что влечет за собой удорожание себестоимости, а так же большое количество транспортирующих органов (норий), которые повышают уровень травмирования зерна, тем самым снижают его посевные качества [112, 113]. Уровень травмирования зерна при

послеуборочной обработке достигает 43 %, причём не менее 19,5 % приходится на транспортирующие органы (нории), устанавливаемые в технологические линии для подготовки семян [121].

Так же к недостаткам современных зарубежных семяочистительных линий следует отнести установку двух последовательно установленных зерноочистительных воздушно-решётных высокопроизводительных машин для предварительной и первичной очистки. Необходимости в этом нет, так как подобные машины выполняют одинаковые функции и способны обрабатывать зерновой ворох до требуемых кондиций за один проход.

Производительность машин первичной очистки на данный момент намного выше производительности триерных блоков и пневмосортировальных столов. Поэтому нерационально использовать их в одной поточной линии, так как машины первичной очистки будут работать не на полную производительность. Так же работа овсюжного триера отрицательно влияет на качество семенного материала, травмируя его транспортирующим шнеком.

Общим недостатком существующих отечественных зерноочистительных агрегатов и зарубежных семяочистительных линий является несоответствие, входящих в линию, зерноочистительных машин по производительности. В большинстве ЗАВов используются зерноочистительные машины (МВР-6, ЗВС-20 и др.), которые в режиме первичной очистки на пшенице, работают с производительностью до 20 т/ч, после чего, зерновой ворох подаётся в триерный блок (БТЦ-700-1) с производительностью до 6 т/ч и далее поступает на пневматический сортировальный стол (МОС-9 Н), производительность которого составляет до 9 т/ч. Работу таких агрегатов нельзя назвать эффективной, так как воздушно-решётная зерноочистительная машина в режиме первичной очистки, будет недогружена более чем в 2 раза.

В зарубежных семяочистительных линиях, несмотря на более высокую производительность триерных блоков, и пневматических сортировальных столов, которая достигает 10-12 т/ч, наблюдается та же проблема, так как

воздушно-решётные зерноочистительные машины в режиме первичной очистки имеют производительность 20 т/ч.

Для эффективного использования линии в целом, производительность зерноочистительных машин на каждом этапе должна быть примерно одинаковой. При существующей современной технике, имеется возможность реализовывать поточную технологию при производстве семенного материала только до 10 т/ч. Данное ограничение накладывается использованием низкопроизводительных машин окончательной очистки семян, триерных блоков и пневмосортировальных столов.

Для выравнивания линий по производительности приходится устанавливать два и более параллельно работающих триерных блоков и пневмосортировальных столов. Такое решение проблемы экономически нецелесообразно, так как требует значительных капитальных вложений, для установки большого количества дополнительных машин и вряд ли окупится за срок эксплуатации.

Для более эффективной организации послеуборочной обработки необходимо подбирать низкопроизводительные зерноочистительные машины первичной очистки примерно одинаковой производительности с машинами окончательной очистки семян. Либо после первичной очистки, устанавливать в семяочистительных линиях силоса временного хранения, а затем производить очистку с доведением материала до посевных кондиций на малопроизводительных машинах окончательной очистки семян.

Проанализировав существующие разработки отечественных и зарубежных фирм по использованию применяемых технологических линий для послеуборочной обработки семян, следует отметить, что обработку зернового вороха пшеницы необходимо производить на сложных машинах комбинированного типа, сочетающих, решётные устройства и воздушные системы с использованием технологии фракционирования [121]. Данная технология позволяет разделить обрабатываемый материал на три фракции: основную, фуражную и отходную. Дальнейшую обработку при необходимости произ-

водить только для основной фракции. Такой принцип позволяет объединить очистку и сортирование, производить её по наиболее кратчайшему пути, тем самым снизить количество механических воздействий на основную фракцию, разгрузить, в общем, технологическую линию, а также уменьшить расходы на послеуборочную обработку и повысить качество семенного материала [101, 125, 137]. Увеличение качества первичной очистки зернового вороха воздушно-решётными зерноочистительными машинами будет осуществляться за счёт совершенствования аспирационных систем и решётных станков [101, 137].

### **1.3. Сепарация зерна по аэродинамическим свойствам**

Аспирационные системы могут являться, как составными элементами зерноочистительных машин, так и самостоятельными машинами. Устройство воздушных систем основано на принципе разделения зернового вороха в воздушном потоке по различным аэродинамическим свойствам отдельных компонентов смеси [86, 91, 108, 120, 133].

Пневмосепарирующие системы являются сложными системами, состояние которых определяется различными параметрами. Наиболее значительными из них являются: скорость воздушного потока, качество исходного вороха, скорость подачи материала, угол наклона воздушного потока, удельная зерновая нагрузка, равномерность скоростного поля воздушного потока, длительность взаимодействия очищаемого материала с воздушным потоком и т. д. [4, 6, 26, 33, 39, 40, 50, 73, 83].

Аэродинамические свойства оцениваются скоростью витания (величиной относительной скорости воздушного потока, при которой помещенное в него тело находится в равновесии) или коэффициентом парусности. Скорость витания у семян и примесей бывает, как правило, различной. Она зависит от их массы, плотности, размеров и формы. Под парусностью понимается способность зерна, находящегося в воздушном потоке, сопротивляться воздушной струе. Наиболее сложным физическим свойством фракций вороха, при-

меняемым, при сепарировании является парусность. Коэффициент парусности зависит от размеров, массы, особенностей поверхности и формы тела, а также от характеристик пневматического потока. Каждая из фракций зернового вороха характеризуется, как правило, показателями максимальной и минимальной скоростями витания [59, 103].

Важнейшая характеристика, влияющая на процесс разделения зернового вороха является критическая скорость ( $V_{кр}$ ) или скорость витания – это скорость воздушного потока, во время которой частица пребывает во взвешенном состоянии.

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{g}{k_{\Pi}}}, \quad (1.1)$$

где  $k_{\Pi}$  - коэффициент парусности.

Разделение становится возможным при скорости воздушного потока:

$$v_{B1} < V_{вп} < v_{B2}, \quad (1.2)$$

где  $V_{вп}$  - скорость воздушного потока, м/с;

$v_{B1}$  - скорость витания частиц легкой примеси, м/с;

$v_{B2}$  - скорость витания зерна, м/с.

На находящееся в воздушном потоке тело, действует сила, которая направлена по вектору осредненной скорости обтекания, в общем случае решаемая выражением [1, 7, 8]:

$$P = \Psi_1 \mu R W + \Psi_2 \rho R^2 W^2, \quad (1.3)$$

где  $W$  - относительная скорость потока (или частицы в потоке),

$\Psi_1$  и  $\Psi_2$  - коэффициенты сопротивления при обтекании частицы потоком;

$\mu$  - коэффициент вязкости;

$R$  - размер частицы.

При изучении воздействия воздушного потока на частицу, силой поверхностного трения обычно пренебрегают из-за незначительной вязкости



воздуха. При этом полученная формула, получившая название формулы Ньютона, обычно записывается в виде [49, 90, 95]:

$$P = k \rho A \frac{W^2}{2}, \quad (1.4)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$k$  - коэффициент формы частицы;

$A$  - площадь миделева сечения тела, м<sup>2</sup>.

Учитывая коэффициент парусности, формула примет вид:

$$P = m k_n W^2, \quad (1.5)$$

где  $k_n$  - коэффициент парусности;

$m$  – масса частицы, кг.

Соппротивление воздушного потока (выражения 1.3 и 1.5) имеет зависимость от коэффициента парусности и квадрата относительной скорости движения частицы.

На основании анализа теоретических исследований можно сделать вывод о том, что равномерный воздушный поток является оптимальным [60, 65, 70, 75, 109, 144]. В работающих установках создать такой поток не всегда получается.

При сепарировании скорость воздушного потока выставляют по выносу полноценного зерна в отходные фракции. При этом допускаются следующие показатели потерь: предварительная очистка – 0,2 %, первичная – 0,5 % и вторичная очистка – 3,0 % [132].

В настоящее время у нас в стране и за рубежом активно ведутся исследования, направленные на повышение качества разделения зернового вороха по аэродинамическим свойствам. Изучением процессов пневмосепарации занимались: В.Л. Андреев [4], А.И. Бурков [13, 14, 15, 16, 17, 18], Н.И. Косилов [83], В.В. Кузнецов [86], А.Я. Малис [90], А.И. Нелюбов [95], В.В. Пивень [107], А.П. Тарасенко [136, 137, 138, 139, 140], Г.Д. Терсков [144] и многие другие ученые.

Выделяют преимущественно четыре схемы пневмосепарации, в зависимости от взаимодействия воздушного потока с материалом: в горизонтальном, вертикальном, наклонном и по принципу противотока.

Процесс сепарации в наклонных камерах изложен в работах: И.П. Безручкина [8], Н.Г. Гладкова [32], Н.И. Косилова [83, 84], А.И. Нелюбова [95], Б.Г. Турбина [146] и многих других исследователей.

И.П. Безручкиным [8] было выявлено, что в камерах сепарации с горизонтальным и наклонным расположением, скорость воздушного потока колеблется в пределах от 5,5 до 6,5 м/с, угол раскрытия диффузора  $5^\circ$ , угол наклона к горизонту  $15^\circ$ , удельный расход воздуха  $1,12 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Скорость ввода тела в воздушный поток равна или близка к нулю. В зависимости от соотношений сил  $mg$  и  $P$ , тело либо выносится воздушным потоком, либо выпадет из него при разделении в вертикальном потоке. При наклонном воздушном потоке у частиц с разными свойствами будут разные траектории движения [77, 78]. При обработке вороха пшеницы, скорость воздушного потока в каналах таких типов, будет находиться в интервале  $4 \dots 7 \text{ м/с}$  [94, 95]. Пневмосепарирующие каналы, которые относятся к данной группе, имеют ограничение по подаче вороха на единицу площади [32, 79, 92]. Воздействие воздушного потока ограничено силой тяжести компонентов основного материала. Увеличение производительности зерноочистительных машин, работающих по стандартным схемам нецелесообразно, так как это приведёт к значительному росту габаритных размеров пневмосепарирующих каналов. Это ведёт к неоправданному повышению энергоёмкости и металлоёмкости конструкций, за счёт увеличения габаритных размеров, а также снижается качество работы из-за невозможности получения равномерного поля скоростей по всему сечению канала [6, 96, 97, 98].

Недостатками пневмосепараторов с горизонтальным и наклонным воздушным потоком является существенная неравномерность воздушного потока, а также технические проблемы при создании широкой струи воздуха.

К развитию модели противотока привело усовершенствование метода ввода материала, при котором зерновой ворох с высокой скоростью движется примерно навстречу воздушному потоку. Тяжелая фракция преодолевает сопротивление воздуха и летит вперед, а легкая выносятся из зоны сепарации вместе с воздушным потоком.

Наибольшее применение в сельскохозяйственном производстве приобрели каналы пневмосепарации с вертикально направленным воздушным потоком. Поперечное сечение в каналах подразделяется по форме на: круглое (пневмосепараторы фирмы Walker, Элексо, Romax Alfa и др. [15]), квадратное (пневмосепараторы ОПС-1, ОПС-2 и др. [15]), прямоугольное (пневмосепарирующие устройства в зерноочистительных машинах МС-4,5; ЗВС-20А и др.[90]) и кольцевое (пневмосепарирующие устройства зерноочистительных машин ОВП-20, ПЗС-10 и др.[15]). Также существуют пневмосепарирующие каналы, постепенно расширяющиеся кверху (пневмосепаратор FA фирмы Superior, БАС и др.) [14, 132].

Особенно обширно процесс пневмосепарации в вертикальных каналах был представлен в трудах А.Я. Малиса [90]. Им было изучено воздействие удельной зерновой нагрузки, скорости воздушного потока, угла ввода зерна, глубины и высоты верхней и нижней частей канала, на качество разделения составляющих зернового вороха. Чем меньше различаются скорости витания зерновок очищаемой культуры от примесей, тем хуже эффект очистки зерна. Определены оптимальные значения глубины пневмосепарирующих каналов в зависимости от величины удельных нагрузок. Для зерноочистительных машин с небольшой удельной нагрузкой автор отдаёт предпочтение каналам с прямоугольным поперечным сечением, а в машинах, с большой пропускной способностью, более предпочтительны каналы кольцевой формы.

Воздушный поток, действующий на зерновой ворох, может быть либо всасываемый, либо нагнетаемый. Всасываемый поток, имеет преимущество, над нагнетаемым, в отношении конструктивных и эксплуатационных параметров [33, 71, 90, 94].

Нагнетательный воздушный поток имеет существенный недостаток – наличие пыли, которая очень трудно улавливается и удаляется. В машинах с использованием нагнетательных воздушных потоков пылеулавливающие камеры являются громоздкими, быстро засоряются, и пыль сквозь фильтры просачивается в окружающую среду. Вторым недостатком в нагнетательном воздушном потоке – основательная ширина вентилятора и вызванная этим неравномерность воздушного потока на выходе [37, 39].

Различные исследования воздушных систем зерноочистительных машин показывают, что вертикальный всасывающий воздушный поток является наиболее целесообразным. Большинство авторов сделали вывод, что вертикальный воздушный поток гарантирует более высокое качество сепарации, по сравнению с горизонтальными или наклонными потоками [8, 30, 31].

Использование всасывающего потока в зерноочистительных машинах по сравнению с другими, даёт много преимуществ [15, 134], это:

- время действия воздушного потока на очищаемый ворох увеличивается и, следовательно, повышается эффективность очистки зерна;
- уменьшение пульсации воздушного потока в зоне сепарации;
- осадочная камера играет роль аккумулятора воздушного потока и повышает его равномерность в области сепарирования;
- загрязнение атмосферы запылённым воздухом в таких системах ниже.

Каналы с квадратным и прямоугольным сечением, помимо главного движения воздушного потока по направленности оси, имеют ещё так называемые вторичные движения, вследствие чего эти сечения для сепарации менее благоприятны [90].

В каналах с кольцевым сечением выше отмеченных недостатков нет, но и в этих каналах наблюдается нарушение равномерности, за счёт устройства, предназначенного для подачи сепарируемого материала, которое создаёт помехи движению воздушного потока. В каналах с круглым сечением возможно добиться наибольшей равномерности скоростного поля [14, 49, 79].

Недостатком аспирационных каналов с кольцевым сечением является неравномерность распределения в них воздушного потока, из-за того что воздух отсасывается как правило при помощи патрубка, который охватывает только половину кольца. Данный недостаток трудно устраним, даже если воздух отсасывается точно по оси аспирационного канала.

Форма канала порождает его аэродинамические свойства и геометрию зернового потока, поступающего в него. При зерновых нагрузках более  $3,5...4 \text{ кг/см}^2\text{ч}$  эффективнее работает воздушный поток в пневмосепарирующем канале с круглой формой сечения. Кольцевая форма сечения канала незначительно уступает круглой форме и значительно превосходит прямоугольные и квадратные каналы.

В исследованиях Демского А.Б. [49, 50] отмечено, что наибольшая эффективность свойственна прямоугольным каналам с постоянным сечением и коническим, сужающимся вверх, в сравнении, с другими конструкциями сечения каналов [20, 27].

Значительным недостатком всех пневмосепарирующих каналов является то, что при увеличении подачи и загрязнённости вороха, снижается их эффективность [30].

Это происходит за счёт увеличения воздействия компонентов друг на друга, особенно при содержании в ворохе крупных засорителей, а также за счёт неравномерности распределения частиц в ворохе. Так как в ворохе имеются компоненты, соизмеримые по аэродинамическим свойствам и по размерам с семенами основной культуры, то на выходе из пневматического сепаратора получают несколько фракций, которые требуют дальнейшей обработки [33, 37].

На производительность работы аспирационного канала влияют: аэродинамические свойства компонентов, входящих в состав зернового вороха, характеристика воздушного потока, форма и конструкция каналов, способ подачи и количество подаваемого вороха.

В современных зерноочистительных машинах существует большое разнообразие конструкций воздушных систем. Классификация зерноочистительных машин осуществляется по различным показателям [29, 58, 143, 154] (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Классификация пневматических систем зерноочистительных машин.

В хозяйствах, для обработки зернового вороха, используются семяочистительные машины, с централизованной воздушной системой перерабатывающего комплекса (ЗАВ, КЗС), разомкнутую воздушную систему, замкнутую и замкнуто-разомкнутую воздушную систему [28, 93, 154].

Всасывающий воздушный поток применяется во многих пневмосистемах отечественных и зарубежных машин, таких как: ОВС-25, СВУ-5А, ЗВС-20А, Petkus К-547, Petkus М 15, Petkus U 15, Schmidt-Seeger Separator Classifier MTRA, Cimbria Delta 100, Damas OMEGA и т.д. Пневмосистемы с нагне-

тательным воздушным потоком применяются редко и в основном в пневматических сепараторах.

Пневмосистемы с разомкнутой воздушной системой применяют на многих машинах отечественных и зарубежных фирм [26, 28, 32, 76, 79, 86].

В последнее время наблюдается использование машин с однократной воздушной очисткой вороха, но такие машины не в полной мере отвечают требованиям обработки зернового материала. Следовательно, зерноочистительная машина, должна иметь двухаспирационную систему обработки зернового вороха – до решётного стана и после. Машины с такой системой сепарации в настоящее время выпускаются, как отечественными производителями, так и зарубежными [3, 21, 29, 51, 150].

Анализ машин, используемых, в процессе послеуборочной обработки зерна говорит о том, что преобладающая часть пневмосистем имеет разомкнутый тип. Недостаток замкнутых и замкнуто-разомкнутых систем аспирации заключается в том, что воздух в системе циркулирует вместе с пылью [136, 137, 139, 155]. Значит, более перспективными будут пневмосистемы разомкнутого типа, с двумя работающими последовательно аспирационными системами, одна из которых выделяет из вороха легковесные незерновые примеси, а другая – щуплые, дроблённые и биологически неполноценные зерновки.

#### **1.4. Разделение зернового вороха по толщине**

По толщине и ширине зёрна пшеницы разделяют на плоских или цилиндрических решётах с отверстиями одинакового размера (продолговатыми или круглыми). Плоское решето помещают в решётный стан, который подвешивают к раме горизонтально или наклонно на пружинных или шарнирных подвесках и приводят в колебательное движение от эксцентрика, кривошипа или коленчатого вала.

Основой большинства зерноочистительных агрегатов являются плоские решётные станы. Объясняется это лёгкостью происходящего процесса

очистки зерна на решете, простотой конструкции и компоновки решётного стана. Если сравнивать с воздушными системами, то эти машины работают с наименьшими затратами энергии [62].

Вопросами плоскорешётного сепарирования занимались И.И. Блехман [9], В.С. Быков [22], И.Ф. Гончаревич [34], В.В. Гортинский [37], В.П. Горячкин [38], Ю.И. Ермольев [62], П.М. Заика [68], А.Н. Зюлин [73], И.Е. Кожуховский [79], В.А. Кубышев [85], И.П. Лапшин [87], М.Н. Летошнев [89], В.И. Оробинский [101, 102], А.И. Петрусов [106], Л.Т. Свиридов [117, 118, 119], А.П. Тарасенко [137], Г.Д. Терсков [145], Н.Н. Ульрих [148], В.М. Цециновский [151, 152], С.С. Ямпиллов [156, 157, 158] и др.

В машинах, предназначенных для очистки зерна, устанавливают обычно несколько решёт, которые выполняют разные операции. В зависимости от предназначения машины (для предварительной, первичной или вторичной очистки) изменяются количество и компоновка решёт [22, 32, 62, 63, 64, 153].

Решётные станы, входящие в состав очистительных машин, могут состоять из нескольких решёт, расположенных в конкретной последовательности, по определённой схеме и работающих во взаимной связи. Существуют различные решётные станы, состоящие из подсевных, разделительных и колосовых решёт, каждое из которых, имеет различную удельную нагрузку. В зерноочистительных машинах применяют различные схемы решётных станов с одно-, двух- и трёхъярусным расположением решёт. Рассмотрим наиболее известные из них.

В машинах с одноярусным расположением трёх решёт, ворох, поступивший на обработку, делится на четыре потока и каждый из них подаётся на подсевное решето своего решётного стана, на них выделяются проходом мелкие засорители [82, 111]. Часть зернового вороха, оставшаяся на подсевном решете, идет сходом на сортировальное решето, где выделяются проходом зерновки размером менее 2,4...2,6 мм и остальная часть мелких примесей. Зерновки с размерами больше 2,4...2,6 мм, а также крупные засорители идут сходом на ко-



лосовое решето. Вместе с тем, на колосовое решето сходом попадает и небольшая часть недовыделившихся зерновок размером меньше 2,4...2,6 мм. На колосовых решётах, проходом выделяются полноценные чистые зерновки, а крупные засорители идут сходом в лоток и удаляются из машины. В данном решётном стане, проходом сквозь сортировальное решето выделяется фуражная фракция, а проход через колосовое решето даёт полноценное зерно.

Широкое применение обрела двухъярусная четырёхрешётная модель расположения решёт, которая состоит из двух основных схем, отличающихся между собой распределением зернового вороха по ярусам (рисунок 1.4). Схема с четырёхрешётным двухъярусным расположением решёт обширно используется во многих зерноочистительных машинах, с набором решет  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B$  и  $\Gamma$ . По первой схеме (рис. 1.4 а) работа решётного стана осуществляется по следующему принципу: на решетках  $B_1$  поступаемый материал делится на две приблизительно одинаковые части. Небольшие засорители и наиболее мелкие зерновки просеиваются на решето  $B$ , а более крупная часть идет сходом на решето  $B_2$ . Разделение вороха по такому принципу повышает производительность машины, благодаря тому что, решёта  $B_1$  и  $B_2$  работают последовательно. Решето  $B_2$  отделяет крупные засорители от поступившего на него вороха, на решетках  $B$  выделяются мелкие сорные примеси. Сход с решета  $B$  попадает на решето  $\Gamma$ , где выделяется мелкое и щуплое зерно. В результате очищенное зерно получаем с прохода решета  $B_2$  и схода с решета  $\Gamma$  [20, 137].

По второй схеме, показанной на рисунке 1.4 (б), решётный стан работает по следующему принципу. Решётный стан с двумя ярусами решёт, в верхнем ярусе последовательно расположены сортировальное  $\Gamma$  и колосовое  $B_2$  решёта, на которых выделяются крупные примеси, а зерно просыпается на подсевное решето  $B$ , где мелкие засорители просыпаются с выделением этих компонентов в отдельную фракцию. На сортировальных решётах нижнего яруса  $\Gamma$  фракционной машины выделяются мелкие, биологически неполноценные и дробленые зерновки которые проходом идут в фуражную фракцию. Полноценные зерновки, а также некоторые невыделенные засорители и био-

логически неполноценные зерновки перемещаются сходом с сортировальных решёт нижнего яруса Г [22, 153].

Представленный на рисунке 1.4 б решётный стан имеет два сортировальных решета, что позволяет выделять самые качественные зерновки в семенную фракцию [100].

Существуют четырёхрешётные двухъярусные станы с размещением в нижних ярусах двух сортировальных или подсевных решёт. Подсевные решёта в нижний ярус устанавливают, обычно, при вторичной очистке, если необходимо выделить максимальное количество засорителей, но при этом эффективность машины будет снижена. Установка двух сортировальных решёт, наоборот, увеличит производительность машины.

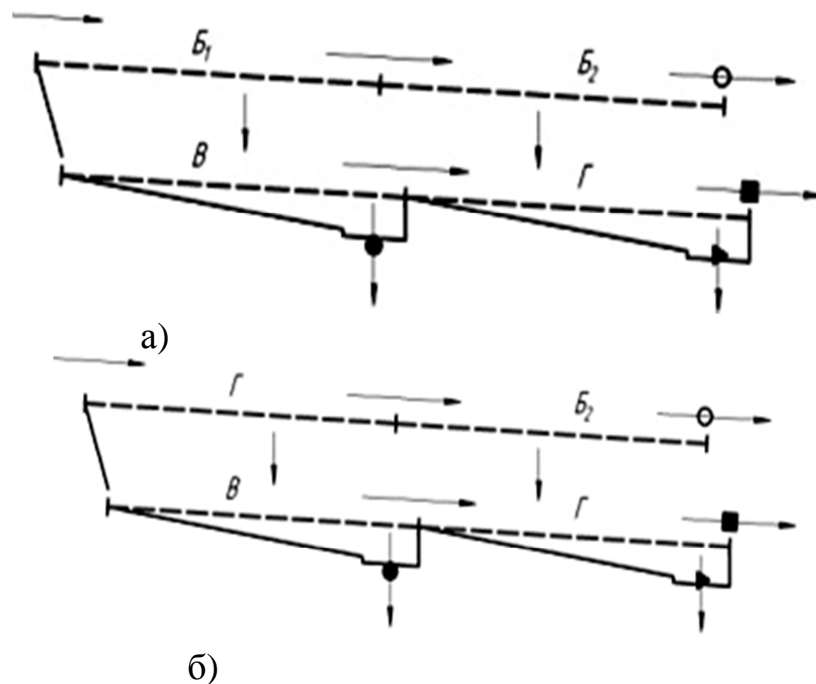


Рисунок 1.4 – Схемы четырёхрешетчатых двухъярусных станков:  
а) с одним сортировальным решето; б) с двумя сортировальными решетами:

Б<sub>1</sub> – разделительное решето; Б<sub>2</sub> – колосовое решето; В – подсевное решето; Г – сортировальное решето;

— исходный ворох; ■ — очищенное зерно; ● — отходы; ▲ — фуражная фракция; ○ — крупная примесь.

Разгрузочные и подсевные решета имеют различные удельные нагрузки и поэтому их кинематические режимы должны быть различными. Кон-

структивно это трудновыполнимо и обычно их делают одинаковыми, что снижает эффективность сепарации на решётах [73, 79].

Исследования А.Н. Зюлина [73] по возможности увеличения производительности работы двухъярусных решётных станов привели к созданию им усовершенствованной схемы. В разработанной математической модели [73] было установлено, что разгрузочное решето целесообразно выполнять составным, а перед решётами нижнего яруса установить скатную доску, которая выполняет функцию накопителя. Представленная схема, полученная в результате испытаний, показала, что в сравнении с классической, она обеспечивает увеличение производительности на 30 %, при одинаковом качестве очистки семян, а при соизмеримых подачах полнота выделения засорителей на усовершенствованном решётном стане выше на 20 % [73].

Также, есть пятирешётный двухъярусный стан, в верхнем ярусе которого, последовательно установлены разделительное и колосовое решёта, а в нижнем – подсевное и сортировальные. Работа решётного стана осуществляется следующим образом. Подаваемый зерновой ворох разделяется на две равные части разделительным решетом верхнего яруса. Сход поступает на колосовое решето, где из него выделяются крупные засорители. Проход, с разделительного решета, поступает на подсевное решето, на котором выделяется мелкое и дроблёное зерно, а также мелкие засорители. Сход с подсевного решета и проход с колосового, поступают на сортировальное решето, где выделяется фуражная фракция. На сортировальном решете идет дальнейшее её выделение. К недостатком пятирешётного стана можно отнести довольно низкую производительность, что объясняется сравнительно небольшой площадью колосового решета.

В двухъярусном шестирешётном стане, обрабатываемый материал делится на два приблизительно равных потока. Затем, каждый из них поступает на сортировальные решета каждого решётного стана с двухъярусным расположением решёт, где проходом выделяются мелкие примеси и биологически-неполноценные зерновки с размерами менее 2,4...2,6 мм [105]. Оставшаяся

часть вороха идёт далее сходом на следующее сортировальное решето, где выделяются мелкие примеси и зерновки с размерами менее 2,4...2,6 мм. Зерновки, с размерами более 2,4...2,6 мм, вместе с крупными засорителями попадают на колосовое решето, с круглыми отверстиями диаметром 8...10 мм, где проходом выделяется зерно с мелкими засорителями, а крупные примеси идут сходом в лоток и далее удаляются из машины. Выделенный ворох, через сортировальные решёта верхнего яруса, поступает на подсевные решета нижнего яруса, на котором выделяются мелкие примеси. Зерновой ворох, пройдя через колосовое решето, подаётся на сортировальное решето нижнего яруса, где выделяются зерновки с размерами менее 2,4...2,6 мм и мелкие примеси, а полноценные зерновки идут сходом в пневмосортировальный канал второй аспирации. В фуражную фракцию идёт часть вороха, просеявшаяся сквозь сортировальное решето нижнего яруса, объединённая с зерном, сошедшим с подсевного решета [100, 153].

Применение в машине компоновки с двумя четырёхрешётными двухъярусными станами вместо четырёх с одноярусным их расположением и одинаковой суммарной площадью решёт позволяет снизить габариты машины, тем самым уменьшить её металлоёмкость. Между тем, в схемах решётных станов с двухъярусным расположением решёт, в фуражную фракцию выделяется большее количество неполноценных зерновок, более того, применение их позволяет увеличить качество обрабатываемого материала, как при первичной очистке (40 т/ч), так и при вторичной (20 т/ч) [25, 153].

Существуют также трёхъярусные шестирешётные станы [19, 20, 104, 137, 153]. Верхний стан имеет четыре решета — по два в каждом ярусе, нижний стан – два решета.

Вначале материал поступает на разделительное решето, которое делит всю зерновую смесь на две примерно равные части. Каждая часть обрабатывается отдельно на решётах. Сход с разделительного решета, обрабатывается колосовым решетом, проход через разделительное решето, обрабатывается сортировальными и подсевными решётами. Колосовое решето выделяет

крупные засорители, которые удаляются из машины вместе с отходами воздушной очистки, а после прохождения вороха сквозь колосовое решето мы получаем очищенное на верхнем ярусе решёт зерно. На сортировальных решётах выделяется мелкое зерно и мелкие примеси.

Сход с подсевных решёт – это очищенное зерно второго сорта. Мелкие примеси, выделившиеся, проходом через подсевные решёта выводятся по лотку из машины. В процессе дальнейшей очистки происходит соединение схода с сортировального решета и прохода сквозь колосовое решето и всё это направляется в канал второй аспирации, где довыделяются оставшиеся легковесные засорители, а также неполноценное зерно.

Недостатками данной конструкции являются маленькая площадь сортировальных решёт, что может быть причиной попадания неполноценного зерна в основную фракцию и, следовательно, снижение качества как посевного, так и продовольственного материала и сравнительно малая производительность.

Шестирешётную трёхъярусную схему используют для сортирования семян, устанавливая сортировальные решёта, с различными размерами отверстий во втором и третьем ярусах. Дополнительное введение двух сортировальных решёт повысило качество сортирования. С определенными преобразованиями, шестирешётные трёхъярусные схемы, применяют в различных машинах отечественных и зарубежных производителей [67, 88].

По данным С.С. Ямпилова [158], разработанное семейство каскадных плоскорешётных сепараторов зерна, отличается простотой конструкции в первую очередь, за счёт того, что отсутствуют очистители решёт. Так же, каскадные сепараторы применяют, как на стадии предварительной очистки, так и на стадии вторичной очистки, без смены полотён решёт. Однако у данной конструкции решётного стана есть существенный недостаток. В его состав входит большое количество решёт, что приводит к увеличению стоимости конструкции, к значительному росту колебательных масс сепараторов, а также к снижению её надёжности. Помимо этого, из-за большого пути сепар-

рации зерновой материал сильнее травмируется, что приводит к ухудшению качества обрабатываемого зернового вороха и снижению посевных качеств семян.

Среди отечественных зерноочистительных машин, наиболее высокопроизводительными считаются ОЗС-50/25/10 (ГСКБ "Зерноочистка") [82], СВУ-60 (ОАО "Воронежсельмаш") [111], а также ОЗФ-50 и ОЗФ-80 [99, 110, 136, 153].

По результатам исследований Ю.И. Ермольева [61] в режиме очистки товарного зерна эффективность двух трёхрешётных модулей в 1,77 раза выше, чем в одном классическом двухъярусном четырёхрешётном стане, тогда как площадь решётных полотен в последнем варианте на 19,7 % меньше, чем у первого. Это достигается путём тонкослойной сепарации и рациональной последовательности установки решёт.

Анализ вышеприведенных источников показывает, что на эффективность решётного сепарирования в целом влияет достаточно много факторов, которые характеризуются свойствами и концентрацией компонентов смеси и её поступлением в единицу времени, конструкция и материал решёт, размеры отверстий, размеры решёт и способы их очистки, кинематические режимы рабочих органов, а также технологические схемы разделения вороха. Некоторые из этих факторов следует оценивать только в совокупности, так как при изменении одного из них, на качество сортирования может оказываться не только прямое, но и косвенное влияние.

Способы по интенсификации процесса сепарирования решётными станами, подразумевающих оснащение их вспомогательными устройствами, приведут к увеличению стоимости конструкции и к снижению эксплуатационной надёжности решётных очистителей [153]. Улучшение эффективности разделения зернового вороха, содержащего трудновыделяемые примеси, на плоских решётах, можно осуществить только выявлением оптимальной схемы расположения решёт в решётном стане. Такая схема должна будет выполнять сепарацию зернового вороха на решётах с разделением на основную

и фуражную фракции, позволит снизить энерго- и материалоёмкость технологического процесса и повысить его производительность [153].

При фракционировании зернового вороха, то есть разделении его на семенную, продовольственную и фуражную фракции применяют различные воздушно-решётные зерноочистительные машины отечественных и зарубежных фирм. Универсальная зерноочистительная машина фирмы Petkus K-547A10 с четырёхрешётной двухъярусной схемой расположения (рис. 1.4 б) позволяет настраивать её на режим фракционирования. Такая схема позволяет подбирать решёта таким образом, чтобы в фуражную фракцию выделялись из зернового вороха не только самые мелкие компоненты, но и зерновки непригодные для семенных целей.

Высокопроизводительные воздушно-решётные зерноочистительные машины, настроенные на режим фракционирования, позволяют выделять из зернового вороха пшеницы, фракции, не отвечающие требованиям, предъявляемым к семенному материалу, то есть биологически неполноценное зерно. Применение в семяочистительных линиях машин, настраиваемых на режим фракционирования, позволит исключать из них дополнительные зерноочистительные машины, а также транспортирующие органы. Реализация этих принципов приведёт к снижению затрат на дополнительное оборудование, энергию, а так же уменьшит количество и интенсивность механических воздействий на зерновой ворох в процессе его обработки [163]. При этом качество семенного материала будет выше, так как уменьшение механических воздействий приведёт к снижению повреждения зерновок [121].

### **1.5. Разделение зернового вороха по длине**

Для разделения зернового материала по длине зёрен и частиц примесей применяют дисковые или цилиндрические триеры. Цилиндрическим триером называется, вращающийся стальной цилиндр 1 (рис. 1.6) с углублениями на внутренней поверхности и желобом 2, установленным внутри цилиндра по

всей его длине. Внутри желоба установлен вращающийся шнек 3. Подача зернового вороха осуществляется на внутреннюю плоскость цилиндра. Зерновки скользят по поверхности цилиндра, взаимодействуя с ячейками. Семена с маленькими и короткими размерами полностью погружаются в ячейки. В процессе вращения цилиндра, сначала выпадают длинные зёрна, при небольшом угле поворота ( $< 90^\circ$ ), дальнейшее вращение цилиндра приводит к выпадению коротких зёрен, поступающих в желоб 2.

Итак, принцип разделения зёрен по длине основан на том, что при вращении цилиндра сначала выпадают длинные зерна из ячеек, а затем более короткие.

Для того чтобы одновременно выделять из зернового вороха пшеницы, как длинные, так и короткие примеси, используют сразу два цилиндра. Короткие примеси выделяются при применении кукольного триера, снабжённого мелкими ячейками (рис. 1.5 а), длинные же примеси выделяются овсюжным триером, снабжённым крупными ячейками (рис. 1.5 б). В процессе обработки овсюжным триером в ячейки западают зерновки основной культуры, в ячейки кукольного – короткие примеси.

Во время вращения, кукольный цилиндр, поднимает мелкие засорители выше края неподвижного желоба 2 и они выпадают из ячеек в желоб, из которого выводятся при помощи шнека 3. Зерновки основной фракции перемещаются по дну цилиндра к выходу. Овсюжный цилиндр забрасывает семена основной культуры в желоб, а длинные примеси сходят по дну цилиндра. Регулировку полноты выделения примесей, осуществляют вращением желоба, устанавливая его верхнюю кромку выше или ниже.

Обороты триерного цилиндра должны быть такими, чтобы все зерна выпадали из ячеек. При частоте вращения цилиндра выше критической, центробежная сила задержит часть зерновок в ячейках и тем самым будет снижена точность разделения зерна на фракции. Частота вращения триерного цилиндра чаще всего колеблется в пределах 35...50 об./мин.



Триерные блоки устанавливают в сложные зерноочистительные машины, зерноочистительные агрегаты и комплексы. В промышленности выпускаются триерные цилиндры с диаметрами ячеек 6,3; 8,5 и 11,2 мм для очистки зернового вороха.

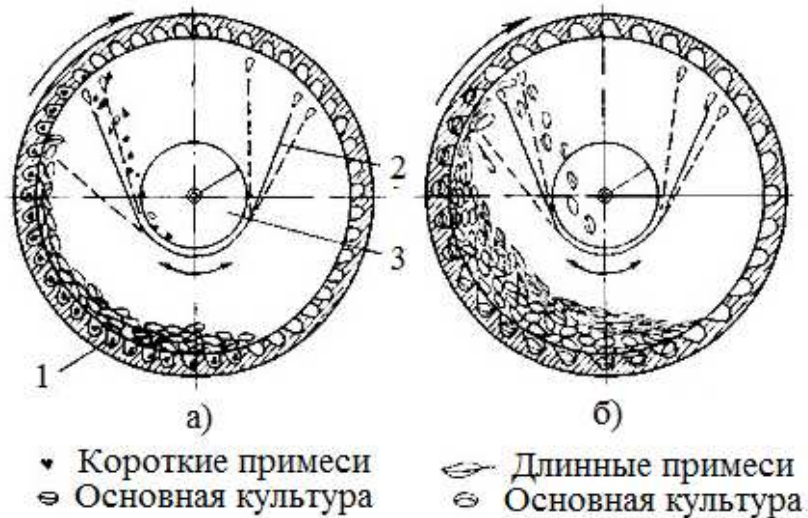


Рисунок 1.5. – Схема технологического процесса цилиндрического триера: а, б – выделение соответственно коротких и длинных примесей, 1 – цилиндр с ячейками, 2 – желоб, 3 – шнек.

Рассмотрим триерный блок фирмы Petkus К-236А. Данный ячеистый триер предназначен для подготовки семенного материала, сортирующий и разделяющий зерно по длине. Применяется преимущественно после воздушно-решётных зерноочистительных машин.

Триеры типа К-236А и его модификации применяются на семеноводческих предприятиях, мукомольных мельницах и в прочей зерноперерабатывающей промышленности. Машина имеет комбинацию из двух расположенных один над другим, сортировочных цилиндров. Расположенный наверху цилиндр отбора короткого зерна служит для отделения семян других растений, имеющих круглую или шаровидную форму и являющихся короче сортируемого материала. Одновременно происходит выборка битого зерна и мелких, отставших в росте зерен. Параллельно под этим цилиндром расположен ци-

цилиндр отбора длинного зерна, служащий для выделения более длинных примесей, чем сортируемый материал, например зёрен овса от пшеницы.

Анализируя работу триерного блока, мы видим, что с помощью кукольного цилиндра выделяются короткие примеси. А так как в технологических линиях, работающих по технологии фракционирования, короткие примеси отделяются на первом этапе обработки воздушно-решетной зерноочистительной машиной, то в работе кукольного триера нет необходимости. В овсюжном цилиндре семенная фракция перемещается шнековым транспортёром. Это является существенным недостатком при подготовке семенного материала, так как шнековый транспортёр значительно травмирует зерновки. При этом снижаются посевные качества семян. Поэтому, устанавливать триерный блок при проектировании семяочистительных линий следует в зависимости от состояния зернового вороха. При хорошем состоянии исходного вороха работа триерного блока нецелесообразна, а при высокой засоренности, триерный блок необходим.

### **1.6. Сепарация зерна по плотности**

По плотности, семена разделяют пневматическими сортировальными столами, что позволяет выделять из зернового вороха наиболее жизнеспособные семена, либо производить очистку зерна от трудноотделимых примесей (например, дикой редьки от семян пшеницы, гречихи и др.).

Принцип работы пневмосортировального стола основан следующим образом, зерновой ворох подают на наклонную в продольном и поперечном направлении делительную плоскость (деку) с небольшими (0,5...0,6 мм) отверстиями. Дека установлена на подвесках и приводится в колебательное движение. Под делительной плоскостью находится воздушная камера, в которую вентилятором нагнетается воздух. В результате энергичного встряхивания семенного материала и продувания его снизу потоком воздуха, происходит взаимное перемещение частиц, обладающих различной плотностью. При этом слой зерна на столе «псевдооживляется», то есть приобретает свой-

ства жидкости. Колебания и наклоны делительной плоскости к горизонту подбирают таким образом, чтобы более тяжелые частицы, оседая, перемещались вдоль плоскости, легкие частицы, всплывая, перемещались в поперечном направлении, а частицы со средней плотностью шли сходом в промежуточном направлении. Таким образом, частицы с различной плотностью, выводятся в разные места.

Существуют множество пневмосортировальных столов, как зарубежных, так и отечественных: KD PETHKUS, СВП – 7, МОС – 9 Н, ПСМ – 10, ПС – 15 и др. Рассмотрим пневмосортировальный стол отечественного производства МОС – 9 Н. Машина окончательной очистки семян предназначена для обработки семенного материала зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур от трудноотделимых примесей, отличающихся от семян основных культур по плотности, форме и состоянию поверхности. Машина может использоваться, как в составе семяочистительных агрегатов и поточных линий, так и индивидуально. Перед обработкой на МОС – 9 Н, исходный материал должен быть предварительно очищен на воздушно – решётных машинах и доведен до кондиционной влажности [137].

К преимуществам данной машины можно отнести высокое качество разделения семенного материала на фракции, а также минимальное воздействие рабочих органов на зерновки.

### **1.7. Выводы**

1. Существующие современные технологические линии, предназначенные для подготовки семенного материала, имеют большую протяженность и включают в себя необоснованное количество зерноочистительных машин и соответствующих транспортирующих органов. Это приводит к удорожанию процесса послеуборочной обработки и повышению травмирования семян.

2. Нет семяочистительных линий с набором зерноочистительных машин примерно одинаковой производительности для получения семян

пшеницы высокого качества, с использованием режима фракционирования зернового вороха;

3. Не обоснован процесс фракционирования зернового вороха с вероятностью его распределения по размерам и аэродинамическим свойствам воздушно-решетной зерноочистительной машиной, с возможностью получения требуемого качества семян;

4. Для реализации данного проекта, предлагаемая технологическая линия для производства семенного материала должна состоять из: воздушно-решетной зерноочистительной машины, настраиваемой на режим фракционирования, для выделения основной фракции, триерного блока, включаемого при необходимости, в зависимости от состава зернового вороха и обрабатываемой культуры, а также пневматического сортировального стола, для доведения семян до базисных кондиций.

## **2. Обоснование вероятности распределения зернового вороха пшеницы по аэродинамическим свойствам и размерам**

### **2.1. Распределение компонентов зернового вороха по размерам и аэродинамическим свойствам**

Для получения высококачественных семян пшеницы и продовольственного зерна, необходимо зерновой ворох очищать сразу по мере его поступления от комбайнов с разделением на фракции: основную (семенную или продовольственную), отходовую и фуражную [116, 137]. Это можно выполнить воздушно-решётными зерноочистительными машинами.

Разделение смесей в воздушном потоке основано на различии, аэродинамических свойств семян и примесей. При относительном движении в воздухе тело встречает с его стороны сопротивление, которое зависит от формы, состояния поверхности, массы и расположения тела в воздушной среде [8].

Совокупность свойств, определяющих способность частиц перемещаться под воздействием воздушного потока, называют аэродинамическими свойствами. Чем большее сопротивление воздуха испытывает частица, тем медленнее она движется и тем раньше упадёт.

Разделение зернового вороха воздушным потоком обладает рядом преимуществ перед другими видами очистки - это высокая удельная производительность, простая конструкция, низкая себестоимость, малая травмируемость семян при очистке. Массовые исследования свидетельствуют, что при разделении зерновых смесей по аэродинамическим свойствам можно выделить до 75% засорителей [90].

Системы воздушной очистки являются частью зерноочистительных машин, они состоят из одного или двух пневмосепарирующих каналов, в которых осуществляется разделение зерновой смеси, вентиляторов, создающих воздушный поток, дополнительных устройств, предназначенных для регулирования скорости воздушного потока, выделения примесей из воздуха, ввода

и вывода компонентов разделяемого зернового вороха, соединительных устройств.

В процессе сепарирования скорость воздушного потока регулируют по выносу полноценных семян в отходы. При обработке пшеницы, скорость воздушного потока в пневмосепарирующих каналах обычно колеблется в пределах от 6 до 11 м/с [126].

Распределение зернового вороха пшеницы по скорости воздушного потока осуществляли на парусном классификаторе ППК-ВИМ с микроманометром и трубкой Пито-Прандтля. Также во время исследований определяли такой показатель качества, как масса 1000 зёрен. Распределение зернового вороха пшеницы, воздушным потоком и массы 1000 зёрен приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Распределение зернового вороха пшеницы  
воздушным потоком

Скорость воздушного потока, м/с	Выделено вороха, %	Масса 1000 зёрен, г
6,93	1,91	15,3
7,48	1,90	18,8
8,00	3,05	23,3
8,49	5,58	24,7
8,94	7,20	28,4
9,38	15,90	35,8
9,80	43,89	39,6
10,20	18,76	42,2
10,58	1,81	46,4

Из данной таблицы видно, что с увеличением скорости воздушного потока с 6,93 м/с и до 9,80 м/с, выделение зернового вороха возрастает, а затем резко уменьшается. Полностью весь зерновой ворох выделяется при скорости воздушного потока равной 10,58 м/с.

Наибольшее количество зернового вороха выделилось при скорости воздушного потока 9,38; 9,80 и 10,20 м/с и составило 78,55 %. Зерно, выделенное при скорости воздушного потока 6,93 ... 8,94 м/с, является биологически неполноценным, о чём говорит низкая масса 1000 зёрен, менее 30 г. Такое зерно должно полностью выделяться пневмоаспирационными системами воздушно-решётных машин.

В воздушно-решётных зерноочистительных машинах, наряду с разделением зернового вороха воздушным потоком (по аэродинамическим свойствам) происходит разделение и на решётах (по размерам).

Для анализа разделения зернового вороха на фракции по размерам рассмотрим исходный зерновой ворох пшеницы, полученный от комбайнов с использованием лабораторного отсева марки УІ–ЕРЛ–2–1, установленные на нём решёта, с интервалом размеров отверстий 0,2 мм.

Состав компонентов зернового вороха пшеницы, полученного от барабанного комбайна John Deere 9660, и его распределение по размерам, приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Распределение зернового вороха пшеницы и его компонентов на решётах

Размер отверстий решет, мм	Выделено вороха, %	Распределение компонентов, %			
		Зерно			засорители
		целое	дробленое	в пленке	
1	2	3	4	5	6
3,2	4,58	88,29	0,07	9,83	1,81
3,0	25,58	98,66	0,13	1,14	0,07

Продолжение таблицы 2.2					
1	2	3	4	5	6
2,8	30,52	98,99	0,39	0,60	0,02
2,6	23,91	98,87	0,61	0,49	0,03
2,4	9,49	98,01	1,24	0,65	0,10
2,2	3,20	94,58	4,00	0,59	0,83
2,0	2,64	67,82	26,22	0,46	5,50
1,8	0,08	30,18	64,97	0	4,85
1,6	0,02	18,82	68,14	0	13,04

Из данной таблицы видно, что выделение зерна на решётах сначала возрастает до 30,52 %, при размере отверстий решета 2,8 мм, а затем убывает до 0,02 % на решете с размерами отверстий 1,6 мм. Наибольшее количество зернового вороха выделяется на решётах с шириной отверстий 3,0; 2,8 и 2,6 мм, соответственно 25,58 %, 30,52 % и 23,91 %. Из зернового вороха, поступившего от барабанных комбайнов, на этих решётах выделяется 80,01 % зернового вороха со средневзвешенным содержанием полноценного зерна 98,84 %. Такая зависимость объясняется большим уровнем дробления зерна барабанными комбайнами, причём, предпочтительно, крупного зерна. На решётах с шириной отверстий <2,6 мм выделение зернового вороха значительно уменьшается. Дробление зерновок увеличивается с 0,07 до 68,14 %, при уменьшении ширины отверстий решёт от 3,2 мм до 1,6 мм.

Большая часть зерна в плёнке и крупных засорителей выделяется на решете с размером отверстий 3,2 мм и составляет 9,83 % и 1,81 % соответственно, а мелких засорителей 24,22 % - на решётах с размерами отверстий 2,2 ... 1,6 мм. От размеров выделенного зерна зависит и его качество.



## **2.2. Вероятность распределения зернового вороха по размерам и по аэродинамическим свойствам**

Исходный зерновой ворох состоит из целого зерна, дроблённого, биологически неполноценного, в плёнке, а также содержит засорители [102, 115]. Для получения высококачественных семян необходимо на самой ранней стадии послеуборочной обработки производить разделение зернового вороха на основную и фуражную фракции. При этом в фуражную фракцию должно выделяться наибольшее количество биологически неполноценного зерна, зерна непригодного для посевных целей и засорителей. Такое разделение зернового вороха на фракции возможно при использовании воздушно-решётных зерноочистительных машин, настроенных на режим фракционирования.

Разделение зернового вороха на воздушно-решётных зерноочистительных машинах происходит по двум признакам: размерам зерна и аэродинамическим свойствам.

Настройка зерноочистительных машин на режим фракционирования осуществляется изменением скорости воздушного потока и подбором соответствующих решёт. Для правильного выбора соответствующих параметров необходимо знать закономерности распределения зернового вороха по аэродинамическим свойствам, для определения скорости воздушного потока и по размерам, для подбора решёт. В первой аспирации воздушно-решётных зерноочистительных машин выделяются легковесные, незерновые примеси, идущие в отходную фракцию. Далее зерновой ворох поступает на решётный стан, где осуществляется разделение на фракции по толщине, на сортировальных решётах. Во второй аспирации, при более высокой скорости воздушного потока, из основной фракции выделяются биологически неполноценные щуплые зерновки, пригодные лишь для фуражных целей.

Для получения теоретической вероятности распределения зернового вороха, необходимо определить какой закон применить для моделирования исходных данных. Существует большое количество математических моде-

лей, отличающихся по математическому аппарату и степени детализации, позволяющих решать различные задачи по распределению [23].

Математическое описание случайных величин предполагает задание закона распределения, устанавливающего взаимосвязь между показателями случайной величины и вероятностью их появления. Случайная величина будет полностью описана с вероятностной точки зрения, если мы зададим это распределение, то есть установим так называемый закон распределения. Закон распределения случайной величины есть всякое соотношение, устанавливающее зависимость между возможными данными случайной величины и соответствующими им вероятностями. Большинство методов обработки данных основываются на том, что расчётные величины имеют нормальное распределение или близкое к нему.

Предположим, что распределение исходного вороха по аэродинамическим свойствам и по толщине зерновок будет подчиняться нормальному закону распределения. При обработке данных необходимо определить такие характеристики случайной величины, как математические ожидания скорости воздушного потока и толщины зерновок исходного вороха ( $M_v$ ,  $M_b$ ), среднеквадратические отклонения скорости воздушного потока и толщины зерновок ( $\sigma_v$ ,  $\sigma_b$ ), а также вероятности попадания зерновок в заданный интервал ( $P_{vi}$ ,  $P_{bi}$ ) [23].

Для начала вычислим характеристики необходимые при определении закона распределения по толщине зерновок.

Среднюю толщину зерновок исходного вороха можно посчитать по формуле:

$$M_b = \sum_{i=1}^n b_{icp} \cdot P_{bi} , \quad (2.1)$$

где  $P_{bi}$  – доля вороха, выделенного на каждом  $i$ -м решете;

$b_{icp}$  – средняя толщина зерновок каждого  $i$ -го класса, мм.

$$b_{icp} = \frac{b_{P(i+1)} + b_{Pi}}{2} , \quad (2.2)$$

где  $b_{pi}$  и  $b_{p(i+1)}$  – ширина отверстий решёт, на котором находится зерно, и предыдущего соответственно, мм.

Среднеквадратичное отклонение толщины зерновок определяется следующим образом:

$$\sigma_b = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_{icp} - M_b)^2 \cdot P_{bi}} \quad (2.3)$$

Теоретическую вероятность попадания зерновок на соответствующее  $i$  решето, можно рассчитать по формуле:

$$P_{bi} = \Phi\left(\frac{b_{i+1} - M_b}{\sigma_b}\right) - \Phi\left(\frac{b_i - M_b}{\sigma_b}\right), \quad (2.4)$$

где  $\Phi(x)$  – интегральная нормальная функция распределения или функция Лапласа.

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dx. \quad (2.5)$$

Характеристика распределения размеров зерновок исходного вороха пшеницы, по толщине и результаты расчётов представлены в таблице 2.3.

На рисунке 2.1 приведены, экспериментальная и теоретическая зависимости, распределения зерновок исходного зернового вороха пшеницы по толщине.

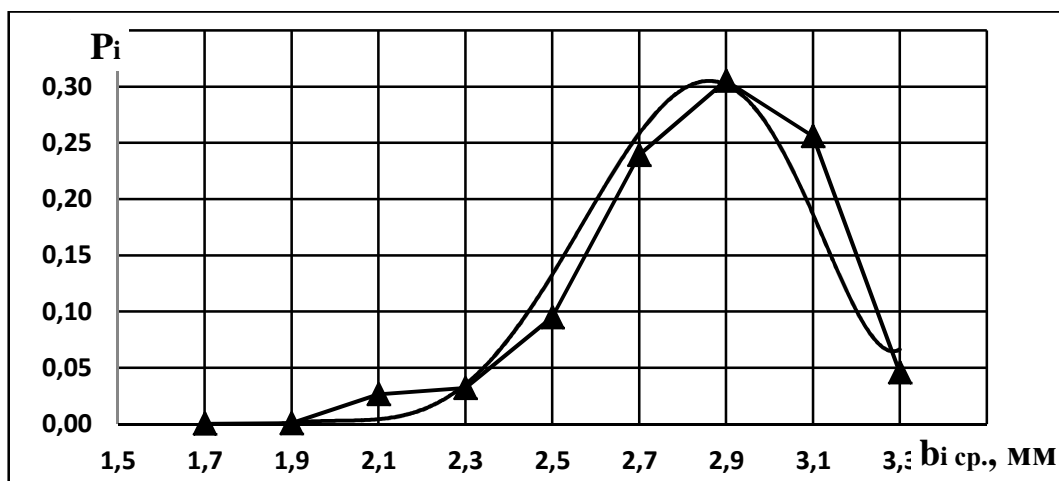


Рисунок 2.1 – Экспериментальный и теоретический графики распределения зернового вороха по толщине. (▲ – экспериментальная зависимость, — - теоретическая зависимость).

Таблица 2.3 – Расчёт и результаты теоретического распределения исходного зернового вороха пшеницы по толщине

Ширина отверстий решёт, $b_i$ , мм	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	Сумма
Толщина зерновок, $b_{i\text{cp.}}$ , мм	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	-
Выделено вороха, $P_{bi}$	0,0002	0,0006	0,0264	0,0320	0,0949	0,2391	0,3052	0,2558	0,0458	1
Средняя толщина зерновки, $M_b = \sum b_{i\text{cp.}} \cdot P_{bi}$	0,0003	0,0011	0,0554	0,0736	0,2373	0,6456	0,8851	0,7930	0,1511	2,8425
$D = \sum (b_{i\text{cp.}} - M_b)^2 \cdot P_i$	0,0003	0,0005	0,0146	0,0094	0,0111	0,0049	0,0010	0,0170	0,0096	0,0683
$\frac{b_{i\text{cp.}} - M_b}{\sigma_b} = x$	-4,371	-3,606	-2,841	-2,076	-1,311	-0,545	0,220	0,985	1,750	-
$\Phi(x)$	0,000006	0,00015	0,00224	0,01895	0,094998	0,292749	0,587005	0,837705	0,959966	-
$P_{biT}$	0,00002	0,00046	0,00540	0,03540	0,12933	0,26309	0,29799	0,18793	0,06599	1

\*СКО толщины зерновок  $\sigma_b=0,2614$

Из графика видно, что экспериментальная и теоретическая кривые совпадают и данная зависимость подчиняется нормальному закону распределения. Для проверки гипотезы о соответствии распределения толщины зерновок исходного вороха нормальному закону использовали критерий Пирсона.

Для определения закона распределения исходного зернового вороха по аэродинамическим свойствам необходимо посчитать следующие характеристики.

Среднюю скорость витания зерновок исходного вороха рассчитываем по формуле:

$$M_v = \sum_{i=1}^n V_{icp} \cdot P_{Vi}, \quad (2.6)$$

где  $P_{Vi}$  – доля вороха, выделенного при каждой  $i$ -й скорости витания;

$V_{icp}$  – средняя скорость витания зерновок каждого  $i$ -го класса, м/с.

$$V_{icp} = \frac{V_{P(i+1)} + V_{Pi}}{2}, \quad (2.7)$$

где  $V_{Pi}$  и  $V_{P(i+1)}$  – скорости витания зерновок, для данного класса и предыдущего соответственно, м/с.

Среднеквадратичное отклонение скорости витания зерновок определяется следующим образом:

$$\sigma_v = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{icp} - M_v)^2 \cdot P_{Vi}}. \quad (2.8)$$

Теоретическую вероятность выделения зерновок при соответствующей скорости витания, можно рассчитать по формуле:

$$P_{Vi} = \Phi\left(\frac{V_{i+1} - M_v}{\sigma_v}\right) - \Phi\left(\frac{V_i - M_v}{\sigma_v}\right), \quad (2.9)$$

где  $\Phi(x)$  – интегральная нормальная функция распределения или функция Лапласа.

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dx. \quad (2.10)$$

Характеристика распределения зерновок исходного вороха пшеницы, по аэродинамическим свойствам и результаты расчётов представлены в таблице 2.4.

На рисунке 2.2 приведены, экспериментальная и теоретическая зависимости, распределения зерновок исходного зернового вороха пшеницы по аэродинамическим свойствам.

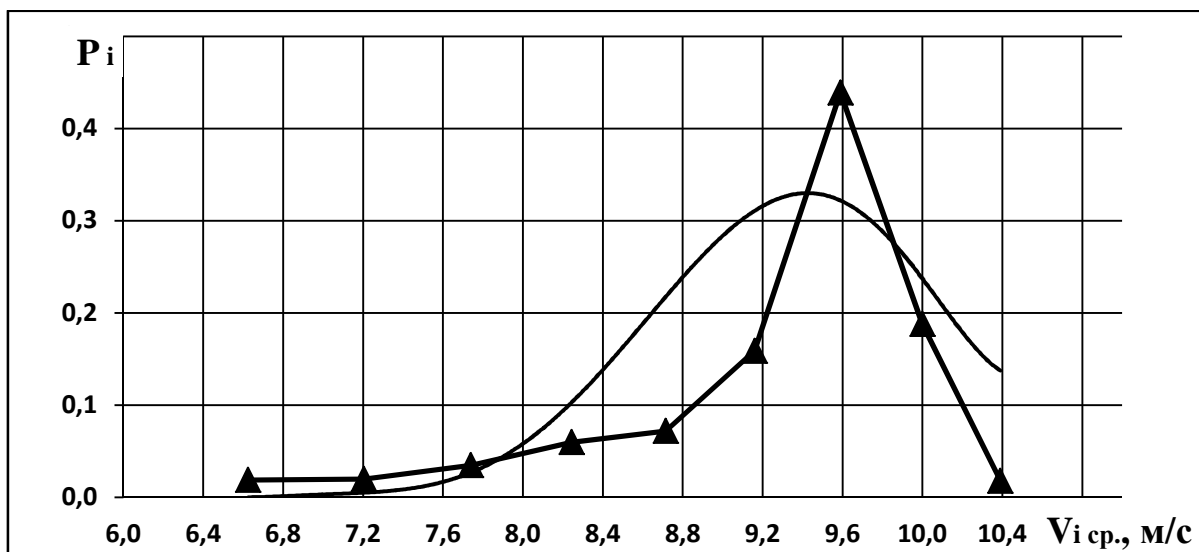


Рисунок 2.2 – Экспериментальный и теоретический графики распределения зернового вороха пшеницы по аэродинамическим свойствам. (▲ – экспериментальная зависимость; — теоретическая зависимость).

Распределение исходного вороха озимой пшеницы по аэродинамическим свойствам подчиняется нормальному закону распределения. Для проверки гипотезы о соответствии распределения зерновок исходного вороха по аэродинамическим свойствам нормальному закону использовали критерий Пирсона. Экспериментальная и теоретическая кривые распределения совпадают между собой (рис. 2.2).

Таблица 2.4 – Расчёт и результаты теоретического распределения исходного зернового вороха пшеницы по аэродинамическим свойствам

Скорость воздушного потока, $V_i$ , м/с	6,93	7,48	8	8,49	8,94	9,38	9,8	10,2	10,58	Сумма
$V_{i\text{cp}}$ , м/с	6,625	7,205	7,74	8,245	8,715	9,16	9,59	10	10,39	-
Выделено вороха, $P_i$	0,0190	0,0200	0,0350	0,0600	0,0720	0,1590	0,4390	0,1880	0,0181	1
Средняя скорость витания, $M_{Vi} = \sum V_{i\text{cp}} P_i$	0,1259	0,1441	0,2709	0,4947	0,6275	1,4564	4,2100	1,8800	0,1881	9,3976
$D = \sum (V_{i\text{cp}} - MV)^2 P_i$	0,1461	0,0961	0,0962	0,0797	0,0335	0,0090	0,0163	0,0682	0,0178	0,5629
$\frac{V_{i\text{cp}} - MV}{\sigma} = x$	-3,695	-2,922	-2,209	-1,536	-0,910	-0,317	0,256	0,803	1,323	-
$\Phi(x)$	0,00011	0,001737	0,013577	0,062244	0,181474	0,375759	0,601214	0,789001	0,907045	-
$P_{ViT}$	0,00036	0,00461	0,02871	0,10127	0,21787	0,31344	0,31889	0,23874	0,13740	1,36129

СКО скорости витания  $\sigma_b = 0,7503$

Для получения высококачественных семян необходимо на самой ранней стадии послеуборочной обработки выделять в фуражную фракцию и в отходы биологически неполноценные зерновки и засорители. Достичь этого позволит настройка воздушно-решётных зерноочистительных машин на режим фракционирования, то есть подбор соответствующих решёт и скорость воздушного потока, в зависимости от состава и качества исходного вороха. Также необходимым условием получения качественных семян является подбор и установка в семяочистительные линии дополнительного оборудования для окончательной очистки семян, с минимальным количеством транспортирующих органов.

Для подбора сортировальных решёт в воздушно-решётных зерноочистительных машинах, проводили исследования по распределению исходного вороха пшеницы на решётном классификаторе марки УІ–ЕРЛ–2–1 с интервалом размеров отверстий решёт 0,2 мм. В процессе исследований производили расчёт с изменением размеров отверстий решёт  $b_{pi} = 2,0 \dots 2,6$  мм и полнотой разделения на решётах  $\varepsilon_b = 0,6 \dots 0,9$  для каждого компонента исходного вороха.

В зависимости от того, с каким размером отверстий установить сортировальные решёта, и какая будет полнота разделения зернового вороха, можно определить с какой вероятностью выделится тот или иной компонент в основную или в фуражную фракцию.

Вероятность выделения целого зерна из исходного вороха, рассчитывается по формуле:

$$P_{ц.з.} = P_{ц.з.}^T \cdot \varepsilon_b. \quad (2.11)$$

На рисунке 2.3 представлена графическая зависимость влияния ширины отверстия сортировального решета ( $b_{pi}$ ) на выделение доли целого зерна (Ц.З.) в фуражную фракцию с учётом полноты разделения на решётах ( $\varepsilon_b$ ).



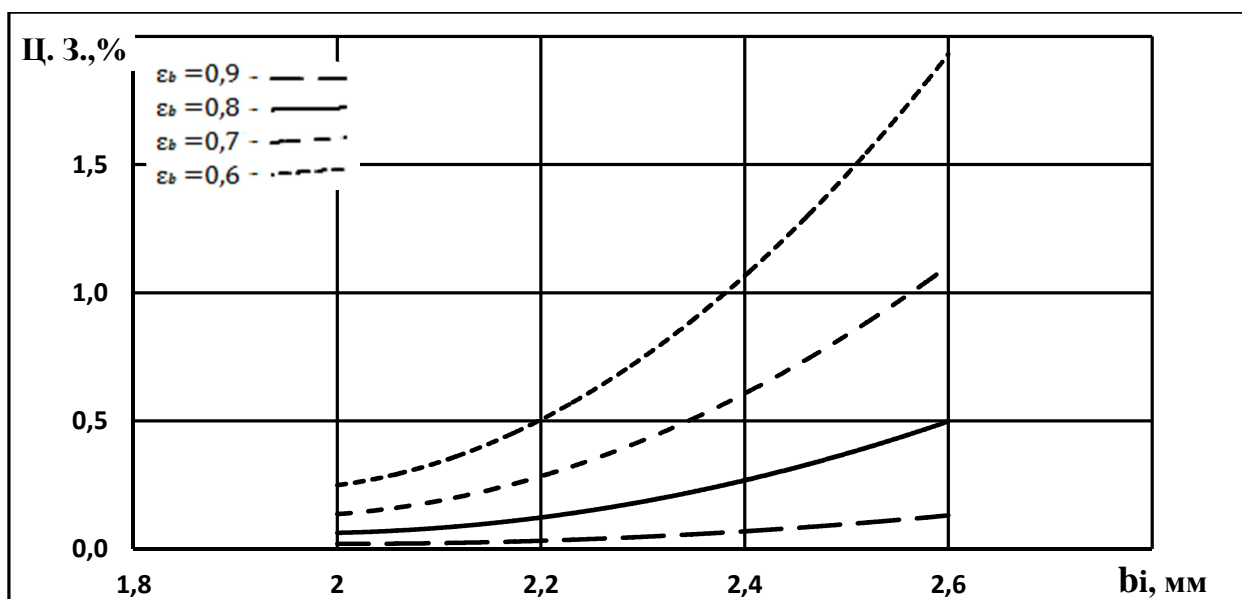


Рисунок 2.3 – Вероятность выделения целого зерна из основной фракции в зависимости от размера решёт ( $b_{pi}$ ) и полноты разделения на решётах ( $\epsilon_b$ ).

Из полученных графиков мы видим, что с увеличением размеров отверстий сортировального решета и увеличением полноты разделения наблюдается повышение выхода доли целого зерна из основной фракции. При полноте разделения  $\epsilon_b = 0,6$  выход полноценного зерна увеличивается с 0,24 до 1,94 % на решётах с размерами отверстий 2,0...2,6 мм. В основную (семенную) фракцию должны попадать, только целые зерновки, с минимальным количеством примесей. Поэтому сортировальное решето необходимо подбирать таким образом, чтобы через него просыпались биологически неполноценные зерновки с низкой массой 1000 зёрен и засорители, но не допускать выхода полноценного зерна в фуражную фракцию.

По аналогии с формулой 2.11 для определения вероятности выхода целого зерна в фуражную фракцию, можно определить вероятность для любого другого компонента, выделяемого сортировальными решётами воздушно-решётных зерноочистительных машин.

На рисунке 2.4 представлена графическая зависимость влияния ширины отверстия сортировального решета ( $b_{pi}$ ) на вероятность выделения дроблёного зерна (Д.З.) в фуражную фракцию с учётом полноты разделения на решётах ( $\epsilon_b$ ).

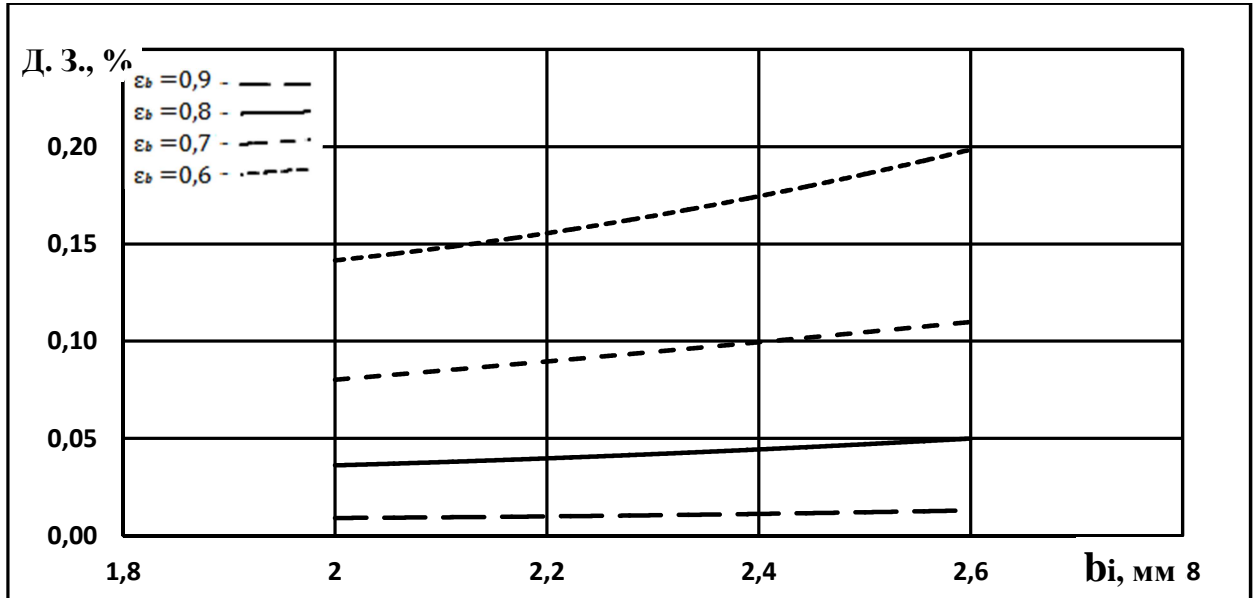


Рисунок 2.4 – Вероятность выделения дроблёного зерна из основной фракции в зависимости от размера решёт ( $b_{pi}$ ) и полноты разделения на решётах ( $\epsilon_b$ ).

В зависимости от того, с каким размером отверстий установить сортировальное решето, и какая будет полнота разделения зернового вороха, можно сказать с какой вероятностью выделятся дроблёные зерновки в фуражную фракцию. Выделение доли дроблёных зерновок из основной фракции фуражную, возрастает с увеличением отверстий решёт с 2,0 до 2,6 мм и увеличением полноты разделения с 0,6 до 0,9. Максимальный выход дроблёного зерна в фуражную фракцию будет наблюдаться при установке сортировальных решёт с шириной отверстий 2,6 мм, при полноте разделения 0,9, которое составит 0,2 %.

В зависимости от состава компонентов исходного зернового вороха, сельхозпроизводители, могут варьировать размерами отверстий решёт, увеличивая их, для более качественного выхода конечного продукта, но теряя при этом долю целого зерна.

На рисунке 2.5 представлена графическая зависимость влияния ширины отверстия сортировального решета ( $b_{pi}$ ) на выделение засорителей (З) в фуражную фракцию с учётом полноты разделения на решётах ( $\epsilon_b$ ).

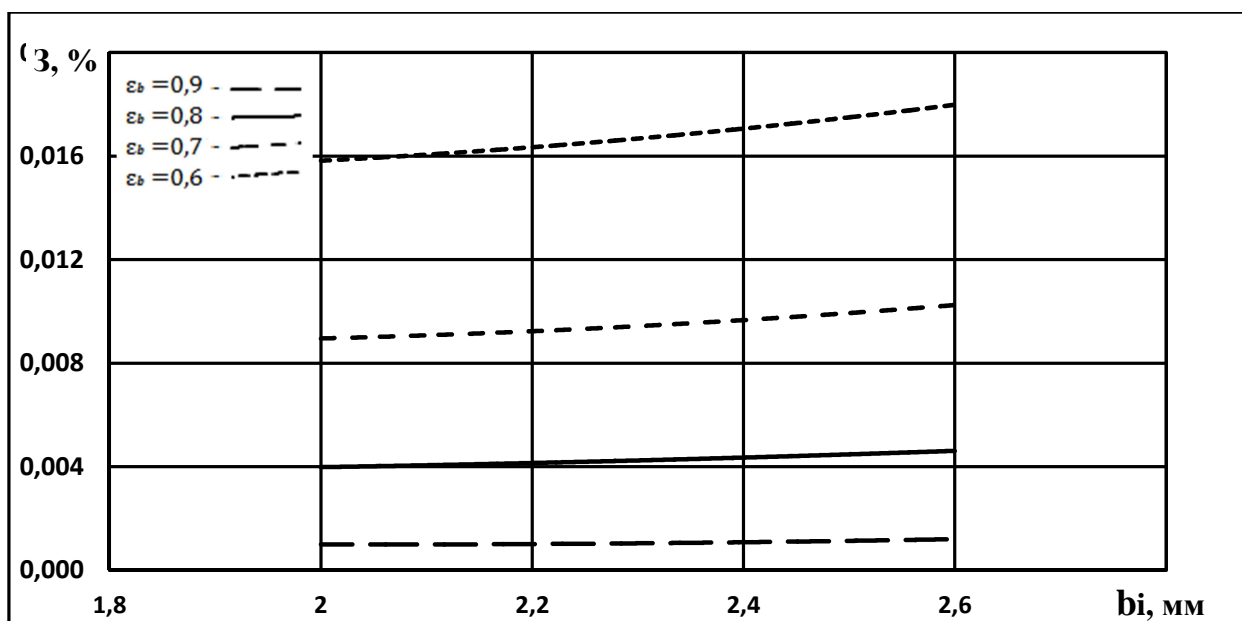


Рисунок 2.5 – Вероятность выделения засорителей из основной фракции в зависимости от размера решёт ( $b_{pi}$ ) и полноты разделения на решётах ( $\varepsilon_b$ ).

Вероятность выделения засорителей возрастает с увеличением размеров отверстий сортировальных решёт и с увеличением полноты разделения зернового вороха. При полноте разделения равной  $\varepsilon_b=0,9$  выделение засорителей практически не изменяется с увеличением размеров отверстий сортировальных решёт и колеблется в пределах  $Z=0,001$  %. Наибольшее количество засорителей  $Z=0,018$  % может выделиться при полноте разделения равной  $\varepsilon_b=0,6$  и сортировальным решётком с размерами отверстий 2,6 мм.

Выделение зерна в оболочке на исследуемых решётах не осуществляется, так как имеет большую толщину зерновок. Выделение данного компонента может осуществляться по аэродинамическим свойствам, во второй аспирации воздушно-решётных зерноочистительных машин, либо на следующем этапе подготовки семенного материала, с помощью машин окончательной очистки, разделяющих зерновой ворох по плотности.

На рисунке 2.6 графически представлено изменение массы 1000 зёрен ( $M 1000$ ) от ширины отверстия сортировального решета ( $b_{pi}$ ) с учётом полноты разделения на решётах ( $\varepsilon_b$ ).

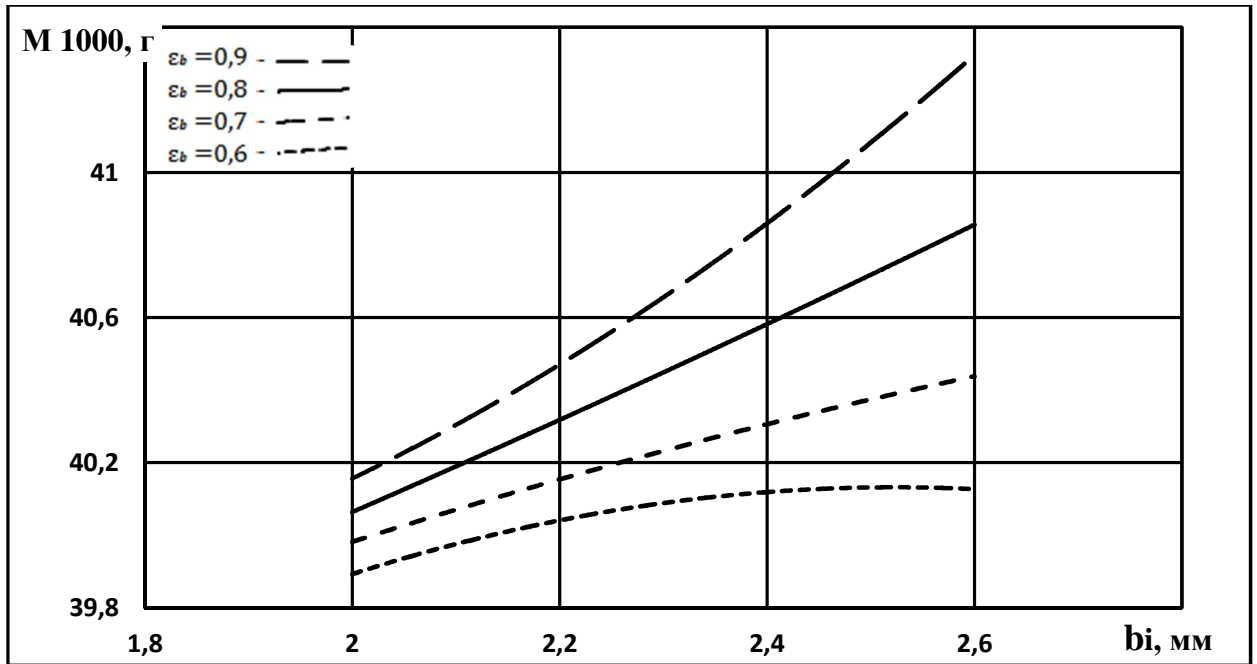


Рисунок 2.6 – Изменение массы 1000 зёрен в зависимости от размера отверстий решёт ( $b_{pi}$ ) и полноты разделения на решётах ( $\epsilon_b$ ).

Анализируя полученные графики, мы видим, что с увеличением размера отверстий решёт масса 1000 зёрен пшеницы возрастает. На решётах с размерами отверстий  $b_p=2...2,2$  мм наблюдается наиболее низкая масса 1000 зёрен, что говорит о необходимости выделения данного зерна в фуражную фракцию. Поэтому для получения семенного материала, целесообразно устанавливать сортировальные решёта с размерами отверстий  $b_p=2,4...2,6$  мм. Также на выход конечного продукта влияет и полнота разделения исходного вороха. Чем выше полнота разделения, тем выше масса 1000 зёрен. При полноте разделения ( $\epsilon_b$ ) 0,6 и 0,7 и ширине отверстий решёт ( $b_p$ ) от 2,0 до 2,6 мм масса 1000 зёрен изменяется от 39,9 до 40,44 г. В то время как, при полноте разделения ( $\epsilon_b$ ) 0,8 и 0,9 масса 1000 зёрен возрастает от 40,07 до 41,32 г (рис. 2.6).

На основе полученных данных по вероятности доли выхода компонентов зернового вороха в фуражную фракцию в зависимости от размера отверстий сортировальных решёт и полноты разделения (рис. 2.3 – 2.5), а также влияния этих параметров на массу тысячи зёрен (рис. 2.6), можно сделать вывод о том, что для получения высококачественного семенного материала

необходимо устанавливать сортировальные решёта с размерами отверстий  $b_p = 2,4 \dots 2,6$  мм и полнотой разделения  $\varepsilon_b = 0,8$ . Так как при большей полноте разделения в основную (семенную) фракцию будут поступать биологически неполноценные, дроблёные зерновки и засорители, а при меньшей, будет наблюдаться высокий процент выхода полноценного зерна с массой 1000 зёрен более 40 г, в фуражную фракцию.

Выделение зерна в оболочке, а также невыделившихся компонентов на решётах возможно осуществить во второй фракции воздушно-решётных зерноочистительных машин, либо на машинах окончательной очистки по плотности.

### 2.3. Выводы

1. В результате расчётов при определении теоретического закона распределения, было установлено, что разделение зерновок по размерам и по аэродинамическим свойствам, осуществляется по нормальному закону распределения, что позволяет нам определить возможность распределения зернового вороха на решётах.

2. Наиболее качественные показатели основной фракции при разделении на решётах наблюдаются при установке сортировальных решёт с размерами отверстий 2,4...2,6 мм и полноте разделения 0,8. При этом выход доли дроблёного зерна в фуражную составил 89,63 %, засорителей 99,1 %. Выход доли целого зерна в фуражную фракцию не превышает 0,5 %.

3. Сортировальные решёта не могут полностью выделить зерно в оболочке. Часть зерна в оболочке выделяется во второй аспирации воздушно-решётных зерноочистительных машин, а также машинами окончательной очистки, разделяющими зерновой ворох по плотности.

### **3. Программа и методика экспериментальных исследований**

#### **3.1. Программа экспериментальных исследований**

В соответствии с поставленными задачами и результатами теоретического анализа была предложена следующая программа экспериментальных исследований:

1. Исследование количественных и качественных показателей зернового вороха, после обработки его на каждом рабочем элементе семяочистительной линии и агрегате в целом;
2. Определение исходной влажности вороха;
3. Определение фракционного состава зернового вороха;
4. Определение массы 1000 зёрен;
5. Определение стекловидности и содержания клейковины зернового вороха пшеницы по фракциям;
6. Определение уровня травмирования (дробления) семян пшеницы;
7. Определение лабораторной всхожести семян;

Экспериментальные исследования проводили в лабораториях кафедры сельскохозяйственных машин и массовых анализов Воронежского ГАУ, а также в хозяйстве ООО «Масловский» Левобережного района г. Воронежа.

#### **3.2 Объект исследования**

Объектом исследований являлась технологическая (семяочистительная) линия (рис. 3.1) для обработки зерна и доведения его до посевных кондиций, состоящая из воздушно-решётной зерноочистительной машины Petkus К-547, триерного блока Petkus К-236 А, пневмосортировального стала МОС-9 Н и соответствующих транспортирующих устройств (норий), для подачи зернового вороха в каждую из машин.

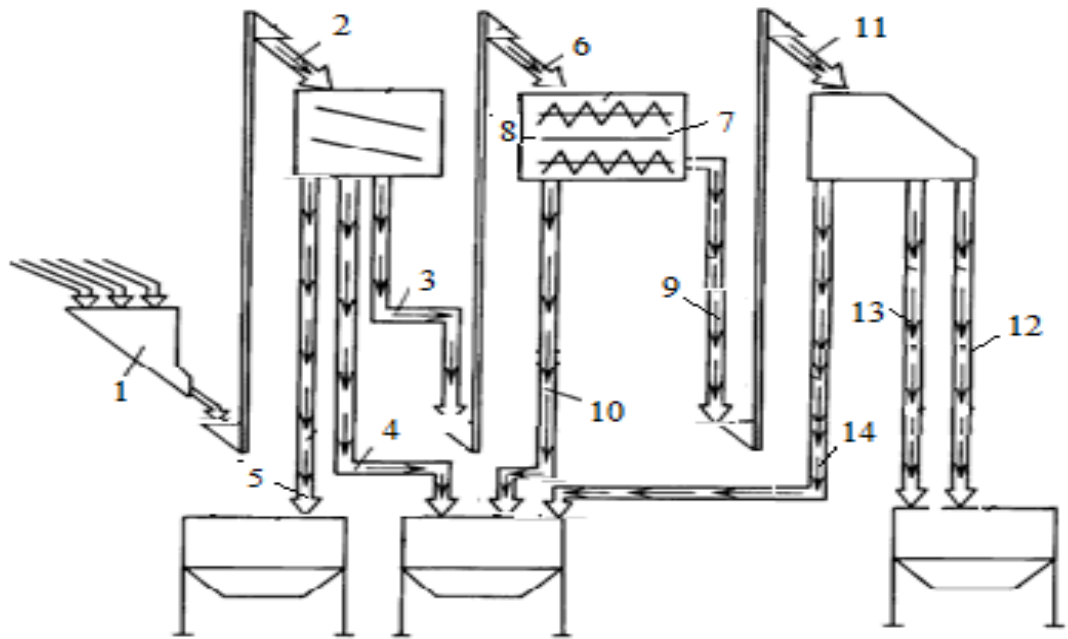


Рисунок 3.1. – Схема семяочистительной линии: 1–завальная яма; 2–подача зерна в машину Petkus K-547; 3–выход основной фракции из машины Petkus K-547; 4–выход фуражной фракции из машины Petkus K-547; 5– выход отходной фракции из машины Petkus K-547; 6–подача зерна в триерный блок; 7–выход основной фракции из кукольного триера; 8–выход отходной фракции из кукольного триера; 9–выход основной фракции из овсюжного триера; 10–выход отходной фракции из овсюжного триера; 11–подача зерна в пневмостол МОС-9Н; 12–выход основной фракции из машины МОС-9Н; 13–выход II фракции из машины МОС-9Н; 14–выход отходной фракции из машины МОС-9Н.

### 3.3 Методика проведения экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводили на базе существующих методов планирования эксперимента и обработки опытных данных, разработанных Г.В. Веденяпиным [24], Ф.С. Завалишиным [66] и другими авторами [27, 135], а также с учетом требований ГОСТов [43, 46, 47, 48].

Подбор требуемого количества повторностей в опытах для получения достоверных результатов выполняли на основании поисковых экспериментов по известной методике [102].

### 3.4 Методика определения влажности вороха пшеницы

Определение влажности исходного вороха осуществляли влагомером Wile – 65. При этом образцы зерновок озимой пшеницы отбирали согласно ГОСТу 12036-85 [43], после выгрузки его в завальную яму. Отбор образцов для данного опыта производили в трёхкратной повторности и затем находили среднее значение влажности.

### 3.5 Методика исследования состава зернового вороха пшеницы по фракциям

Для определения фракционного состава компонентов вороха образцы зерна отбирали в бумажные пакеты в соответствии с ГОСТ 12036–85 [43] при кондиционной влажности, не более 14%, в трехкратной повторности примерно по 1 кг каждый для его анализа в лабораториях кафедры сельскохозяйственных машин и массовых анализов Воронежского государственного аграрного университета.

Зерновой ворох разделяли на фракции лабораторным решетным классификатором УІ–ЕРЛ-2-1 с набором решёт с продолговатыми отверстиями, размер отверстий которых находился в пределах от 1,6 до 3,4 мм с интервалом 0,2 мм. Выделенные на каждом решете фракции взвешивали на электронных весах JW-1 с точностью до 0,01 г и записывали в соответствующую таблицу журнала исследований.

Процентное содержание каждой фракции определяли по формуле:

$$c_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где  $c_i$  – содержание  $i$ -й фракции в общей навеске, %;

$m_i$  – масса  $i$ -й фракции, г;

$m$  – масса общей навески, г;



После этого из каждой полученной размерной фракции отбирали по 3 навески массой 45 – 50 г и вручную определяли содержание целого зерна, дроблёного зерна, зерна в плёнке и засорителей, а также массу 1000 зёрен, в соответствии с ГОСТ 30483–97 [46]. Полученные компоненты взвешивали и записывали в таблицу, по этим данным определяли среднее значение.

### 3.6 Методика определения стекловидности и содержания клейковины

Общую стекловидность и содержание клейковины определяли при помощи диафаноскопа фотоэлектрического «Янтарь» (рис. 3.2.), принцип действия которого основан на измерении светопропускания зерновой массы [122, 123]. Электронная система прибора преобразует полученный при этом фотоэлектрический сигнал в цифровые значения стекловидности и массовой долей клейковины в целом зерне [159, 160].

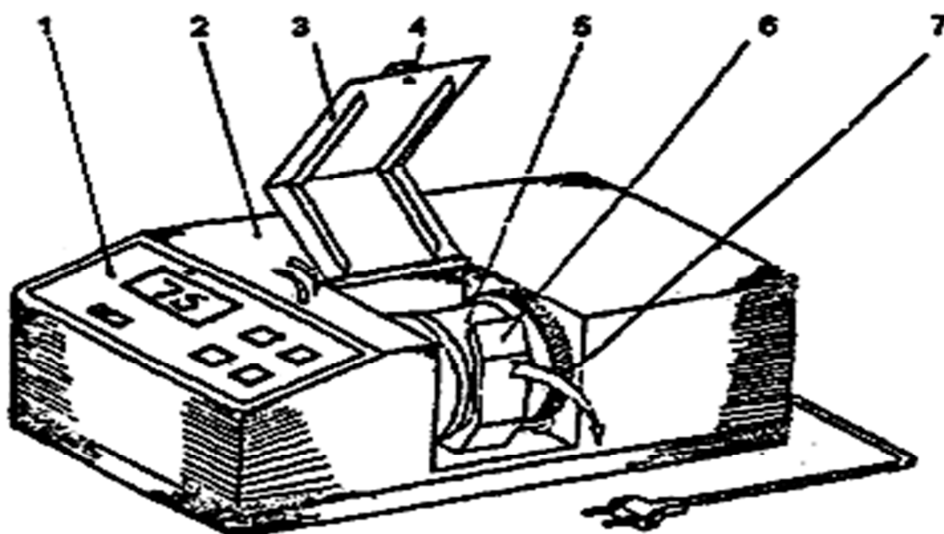


Рисунок 3.2. – Диафаноскоп фотоэлектрический «Янтарь»:

1 – панель управления и индикации; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – фиксатор крышки; 5 – кювета; 6 – рычаг кюветодержателя; 7 – рифленая поверхность крышки кюветы.

В соответствии с ГОСТ 12036–85 [45] для анализа отбирали нормально развитые целые зерновки, исключив сорную, мёртвую и зерновую примеси, а

также щуплое и дробленое зерно. Далее для каждой зерновой пробы пшеницы проводили замеры стекловидности и содержания клейковины в трехкратной повторности. Результаты записывали в журнал по приведенной форме в руководстве по эксплуатации прибора, находили среднее значение полученных величин.

### **3.7 Методика исследования распределения зернового вороха воздушным потоком**

При распределении вороха по скорости воздушного потока образцы отбирали в пакеты в соответствии с ГОСТ 12036–85 [43] при необходимой влажности, менее 14 %, в трехкратной повторности примерно по 1 кг каждый для его анализа.

Распределение зернового вороха по скорости воздушного потока проводили на парусном классификаторе ППК-ВИМ с использованием микроанометра с трубкой Пито-Прандтля. Исследования проводили при изменении скорости воздушного потока от 3,0 до 7 м/с с интервалом 0,5 м/с.

Выделенные воздушным потоком фракции взвешивали на электронных весах JW-1 с точностью до 0,01 г и записывали в таблицу.

Процентное содержание отдельной фракции определяли по формуле 3.1.

В каждой из полученных размерных фракций отбирали по 3 навески массой 45...50 г. Образцы разбирали вручную, на разборных досках. Определяя при этом такой показатель качества, как масса 1000 зерен.

### **3.8 Методика определения влияния уровня травмирования и массы 1000 зёрен на лабораторную всхожесть семян**

Определение приведенного микротравмирования проводили следующим образом [124, 162]. После разбора навесок на чистоту отбирали без выбора три пробы по 100 штук каждая. Каждые 100 зёрен помещали в сосуд, заливали 0,5 % раствором красителя (индигокармина) и помешивали в тече-

ние 3...5 минут. Температура красителя при этом равнялась 45°С. Затем краситель сливали и после тщательной промывки водой семена раскладывали на фильтровальную бумагу для просушки. После просыхания семена разбирали по видам травм, используя для этого лупу 10-кратного увеличения и выделяли зёрна со следующими видами травм:

- выбитым зародышем;
- поврежденным зародышем;
- поврежденной оболочкой зародыша;
- поврежденной оболочкой зародыша и эндосперма;
- поврежденным эндоспермом;
- поврежденной оболочкой эндосперма.

Поскольку каждый вид травм оказывает различное отрицательное влияние на лабораторную всхожесть семян, рассчитывали единый обобщенный показатель травмирования (где все виды травм приводили к повреждению зародыша) по формуле:

$$T_{np} = G_2 + G_1 \frac{b_1}{b_2} + G_3 \frac{b_3}{b_2} + G_4 \frac{b_4}{b_2} + G_5 \frac{b_5}{b_2} + G_6 \frac{b_6}{b_2}, \quad (3.2)$$

где  $G_1, \dots, G_6$  – процентное содержание зерна с выбитым зародышем, поврежденным зародышем, поврежденной оболочкой зародыша, поврежденной оболочкой зародыша и эндосперма, поврежденным эндоспермом, поврежденной оболочкой эндосперма;

$b_1 \dots b_6$  – коэффициенты, определяемые по формуле

$$b_i = 0,01 \cdot (b_7 - b_i), \quad (3.3)$$

где  $b_7$  – всхожесть нетравмированных семян;

$b_i$  – всхожесть семян с отдельными видами травм.

Лабораторную всхожесть семян пшеницы определяли по ГОСТ 12038–84 [43], при этом отсчитывали четыре пробы по 100 семян в каждой. За результат анализа принимали среднее арифметическое значение результатов определения всхожести каждой партии.

### **3.9 Методика определения количественных и качественных показателей зернового вороха**

Определение количественного состава компонентов и качественных показателей зернового вороха, проводили на материале, полученном при прямом комбайнировании от комбайнов с барабанными молотильными устройствами John Deere модели 9660.

В лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин, были проведены опыты по распределению комбайнового вороха на решетном классификаторе марки УІ–ЕРЛ-2-1 с набором решёт от 1,6 до 3,4 мм с продолговатыми отверстиями и шагом изменения отверстий 0,2 мм.

Методики определения состава вороха, уровня травмирования зерна, определение стекловидности и содержания клейковины были изложены ранее.

Лабораторную всхожесть семян определяли по ГОСТ 12038–84 [43], массу 1000 зёрен – по ГОСТ 12042–80 [45].

### **3.10 Методика исследования влияния элементов технологической линии на качество очистки зерна и посевные качества семян**

Для проведения исследований была выбрана технологическая линия для подготовки семенного материала, состоящая из воздушно-решётной зерноочистительной машины, триерного блока, пневмосортировального стола и ряда транспортирующих органов (норий).

Образцы зерна пшеницы отбирали в заранее приготовленные пакеты вместимостью примерно 1 кг в соответствии с ГОСТ 12036-85 [43] из заваль-

ной ямы зерноочистительного агрегата, а также на входе и выходе каждой из машин (рис. 3.1).

Для этого образцы зерна отбирали в соответствии с ГОСТ 12036-85 [43] в следующих местах:

- 1 – завальная яма;
- 2 – подача зерна в воздушно-решетную зерноочистительную машину Petkus K-547;
- 3 – выход основной фракции из машины Petkus K-547;
- 4 – выход фуражной фракции из машины Petkus K-547;
- 5 – выход отходовой фракции (сход с колосового решета) машины Petkus K-547;
- 6 – подача зерна в триерный блок Petkus K-236 А;
- 7 – выход основной фракции с кукольного триера;
- 8 – выход отходовой фракции с кукольного триера;
- 9 – выход основной фракции с овсюжного триера;
- 10 – выход отходовой фракции с овсюжного триера;
- 11 – подача зерна в пневмосортировальный стол МОС-9Н;
- 12 – выход основной фракции с машины МОС-9Н;
- 13 – выход II фракции с машины МОС-9Н;
- 14 – выход отходовой фракции с машины МОС-9Н.

На образцах наносили обозначения с указанием влажности, даты, времени и места отбора, а также номера повторностей. Влажность зерна определяли с помощью влагомера Wile – 65 в соответствии с ГОСТ 12041-82 [42].

В лабораторных условиях от каждого образца отбирали три навески по 50 г каждая и разбирали на компоненты (целое зерно, дробленое зерно, зерно в пленке и засорители), после чего взвешивали на весах JW-1 с точностью до 0,01 г.

Результаты анализа записывали в таблицу, и окончательный результат выводили как среднее арифметическое для каждого из компонентов зернового вороха.

### **3.11 Методика исследования влияния состава поступающего на послеуборочную обработку зернового вороха и распределение его компонентов по размерам**

Для проведения этих исследований взяли основные фракции ранее отобранных в хозяйстве образцов из завальной ямы, а также от каждой из машин семяочистительной линии: воздушно-решетная зерноочистительная машина Petkus K-547, триерный блок Petkus K-236 А, пневмосортировальный стол МОС-9 Н, а также норий, установленных перед каждой из машин.

В лабораторных условиях были проведены опыты по распределению каждого образца зернового вороха на решётном классификаторе УИ–ЕРЛ-2-1 с набором решет от 1,6 до 3,4 мм с продолговатыми отверстиями и шагом изменения отверстий 0,2 мм.

Методики определения состава вороха, уровня травмирования, стекловидности и содержания клейковины были изложены ранее.

### **3.12 Математическая обработка результатов экспериментальных исследований**

Обработка результатов экспериментальных исследований была проведена с использованием стандартных методик математической статистики [24, 27, 135]. Необходимое количество повторностей в опытах определяли с учетом выбранного показателя надёжности опыта, равного 0,95, ошибка которого приближённо равна  $\pm 3\sigma$ . Измерения, которые имели значения ошибки выше предельных, исключали, считая их промахами.

Для увеличения точности измерений было обращено внимание на соответствие измерительно-регистрирующей аппаратуры характеристикам измеряемых процессов. В период проведения эксперимента были приняты следу-

ющие меры: все измерительные приборы проверяли в начале и конце испытаний по их рабочим характеристикам, настройка измерительной аппаратуры осуществлялась одними и теми же лицами. В течение всей работы были использованы одни и те же приборы и оборудование.

При проведении массовых замеров одной величины оценку ее проводили по среднему арифметическому, а ошибку опыта определяли средним квадратичным отклонением.

Сходимость расчетных и экспериментальных данных производили по величине максимального и среднего относительного отклонений экспериментальных данных от расчетных значений по формулам [66]:

$$\delta_{cp} = \frac{1}{n_m} \sum \frac{|y_{расч_i} - y_i|}{y_{расч_i}} \text{ и } \delta_{max} = \left( \frac{|y_{расч_i} - y_i|}{y_{расч_i}} \right)_{max}, \quad (3.4)$$

где  $n_m$  – количество точек сравнения;

$y_{расч}$  и  $y_i$  – расчетное и экспериментальное значение параметра.

Обработку результатов исследований проводили с помощью персонального компьютера с использованием пакетов программ Mathcad 14, Statistica 7, Microsoft Excel и др.

#### **4. Экспериментальные исследования влияния элементов семяочистительной линии на качество очистки семян пшеницы**

##### **4.1. Использование эффективных воздушно-решётных зерноочистительных машин в семяочистительных линиях**

Несвоевременно очищенный зерновой ворох является благоприятной средой для обитания и размножения микроорганизмов, которые поражают семена и ухудшают их продовольственные и посевные кондиции. Значительная часть микроорганизмов находится на примесях и травмированных зерновках. Поэтому из свежееубранного зернового вороха необходимо сразу же, на самой ранней стадии его послеуборочной обработки, удалять засорители, дроблёные, травмированные, биологически неполноценные зерновки [116, 126]. В противном случае качество семян резко ухудшится.

Из вышесказанного следует, что особую актуальность и практическую значимость для АПК всей страны приобретают разработка и эксплуатация наиболее прогрессивных технических средств и технологий послеуборочной обработки зернового вороха, направленных на получение и сохранение качественного продукта. Для получения высококачественного семенного материала пшеницы целесообразно использовать фракционную технологию обработки зерна. Её сущность кроется в том, что на первом этапе обработки вся зерновая смесь разделяется на две половины, так, чтобы в одну из них попала большая часть основной фракции (семенного материала) при небольшом содержании в ней примесей, а во вторую выделилась большая часть примесей, при минимальном количестве семенного материала.

Фракционная технология способствует сокращению длины технологической цепочки и уменьшению числа рабочих и транспортирующих элементов, что приводит к снижению травмируемости семян. Также эта технология способствует снижению материало- и энергозатрат.

Отделение на первоначальной стадии фуражной фракции и отходов, где, как правило, содержатся биологически неполноценное и дроблёное зер-



но, а также засорители, от полноценного зерна, позволит увеличивать пропускную способность всей семяочистительной линии, а также повысит качество посевного материала.

В процессе послеуборочной обработки, с использованием технологии фракционирования, уже на первом этапе его обработки есть возможность получить материал, отвечающий стандарту, а промежуточный - подлежащий доработке на дополнительных машинах.

Существуют различные варианты фракционирования, но наиболее эффективной будет являться работа линий, в состав которых входят высокопроизводительные воздушно-решетные зерноочистительные машины, способные уже на первом этапе получать до 80 % зерна базисных кондиций. Это позволяет существенно повысить производительность технологической линии, снизить травмирование зерна, повысить его посевные качества.

Для технологий фракционирования с экономической точки зрения целесообразно применять высокопроизводительные двухаспирационные зерноочистительные машины. Технологические линии, зерноочистительные агрегаты и комплексы, оснащённые машинами с высокоэффективной аспирационной системой, позволяют за один пропуск получать требуемое качество семян [121].

При фракционировании зернового вороха в процессе его послеуборочной обработки целесообразно использовать зерноочистительные машины с двухъярусным расположением решёт. При правильной компоновке решёт и надлежащих регулировках аспирационных систем можно довести семена по чистоте до требуемых кондиций в соответствии с ГОСТом [129, 130].

Следует отметить, что обработка зернового вороха должна осуществляться на машинах комбинированного типа, включающих решётные устройства и воздушные системы, что позволит совмещать очистку и сортирование по наиболее короткому пути, тем самым уменьшить количество и интенсивность механических воздействий на основную фракцию, разгрузить в целом

технологическую линию, а также снизить затраты на послеуборочную обработку [54, 55].

#### **4.2. Влияние приведенного травмирования и массы 1000 зёрен на качество семян пшеницы**

Качество семян зависит от уровня травмирования зерна и размеров выделенной фракции. Травмирование поступаемого на послеуборочную обработку зерна зависит от типа применяемых комбайнов и режима их работы, а так же от размера зерновок.

Поступаемый на послеуборочную обработку зерновой ворох, наряду с полноценным зерном, содержит зерновки мелкие, щуплые, незрелые, дроблёные и травмированные, а также засорители. Они представляют биологически активную и благоприятную среду для обитания и размножения микроорганизмов, ухудшающих посевные качества семян [126]. Установлено, что интенсивность дыхания сорных примесей в 2,5...4,0 раза выше, чем у зерна основной культуры, у травмированных и щуплых зерновок - в 1,8 и 1,9 раза выше, чем у полноценных [163]. В зерновом ворохе с 5 - 10 % сорной примеси в 2 - 3 раза интенсивнее развиваются плесневые грибы, чем при содержании 1 %. Больше поражаются микроорганизмами дроблёные и травмированные зерновки. Дроблёные зерновки в 10-12 раз больше подвержены поражению микроорганизмами, чем полноценные.

В зерновки, с травмами эндосперма и зародыша, свободно проникают микроорганизмы, что приводит к полному их заражению и в этом случае зерно становится непригодным не только для семенных, но даже для пищевых и фуражных целей.

Именно несвоевременное выделение из зернового вороха засорителей, поврежденных и биологически неполноценных зерновок приводит к тому, что в России нередко высевают не более 20% высококачественных семян и урожайность зерновых в среднем не превышает 17-18 ц/га. Только из-за высокого уровня травмирования зерна недобор урожая достигает 10-15 млн. т. в

год. Каждые 10 % травмированных семян снижают урожайность на 1,0...2,5 ц/га [121].

Анализ зернового вороха проводили при уборке пшеницы сорта Безенчукская барабанными комбайнами в ЗАО «АгроСвет» и ООО «Масловский» Левобережного района г. Воронежа.

В таблице 4.1 приведено влияние размеров зерна на показатели качества.

**Таблица 4.1 – Влияние размеров зерна на его качество**

Размер отверстий решёт, мм	Масса 1000 зёрен, г	Приведенное травмирование, %	Лабораторная всхожесть семян, %	Стекло-видность, %	Содержание клейковины, %
3,2	48,6	29,18	94,9	65	39
3,0	46,5	28,89	98,2	74	37
2,8	42,5	27,6	96,3	64	36
2,6	35,9	30,08	95,9	57	34
2,4	27,7	31,60	94,4	43	32
2,2	20,6	31,79	91,3	26	30
2,0	15,9	33,38	83,9	9	24
1,8	9,6	35,06	-	-	-

С уменьшением размеров отверстий решета снижается масса 1000 зёрен. Так средневзвешенная масса 1000 зёрен полноценного зерна, то есть выделенного на решетках с отверстиями от 3,2 до 2,6 мм составит 44,38 г, а неполноценного – 18,45 г, выделенного на решетах с отверстиями от 2,4 до 1,8 мм [101, 141]. Наименьшее приведенное травмирование зерна отмечено у зерновок, выделенных на решетке с шириной отверстий 2,8 мм. Средневзвешенное значение приведенного травмирования для полноценного зерна будет равняться 28,9 %, а для неполноценного – 32,96 %. Лабораторная всхожесть семян имеет обратную закономерность, с увеличением размера зерновок она сначала возрастает, достигая максимального значения у зерна, выде-

ленного на решетке с шириной отверстий 3,0 мм, а затем снижается. Снижение лабораторной всхожести крупных зерновок объясняется большим уровнем их травмирования при обмолоте. Увеличение травмирования мелких зерновок объясняется меньшей их прочностью. Средневзвешенное значение лабораторной всхожести полноценного зерна составило 96,33 %, что отвечает требованиям, предъявляемым к семенному материалу. Лабораторная всхожесть неполноценного зерна составила всего лишь 89,9 %, что ниже допустимого значения ГОСТа, для семян пшеницы не ниже 92 % [47].

Приведенные выше данные, с учётом средневзвешенных показателей массы 1000 зёрен, приведенного травмирования и лабораторной всхожести полноценного и неполноценного зерна, ещё раз доказывают необходимость фракционирования зернового вороха на самом раннем этапе его послеуборочной обработки. То есть, выделения в фураж из основной фракции неполноценного зерна, размер зерновок которых составляет  $\leq 2,4$  мм.

Стекловидность зерна, сначала возрастает, а затем уменьшается [126, 127]. Такая закономерность объясняется разным уровнем травмирования зерна крупной фракции. Средневзвешенный показатель стекловидности для полноценного зерна составил 65 %, а неполноценного 26 %. Содержание клейковины с уменьшением размера зерновок от 3,2 до 2,0 мм снижается с 39 до 24 % соответственно. Средневзвешенное значение содержания клейковины составляет 36,5 % для полноценных зерновок и 28,7 % для неполноценных.

Это подтверждает и обобщение результатов многолетних исследований [141, 142] влияния массы 1000 зёрен и уровня их травмирования на лабораторную всхожесть семян пшеницы, стекловидность зерна и содержание клейковины (рисунок 4.1, 4.2, 4.3).

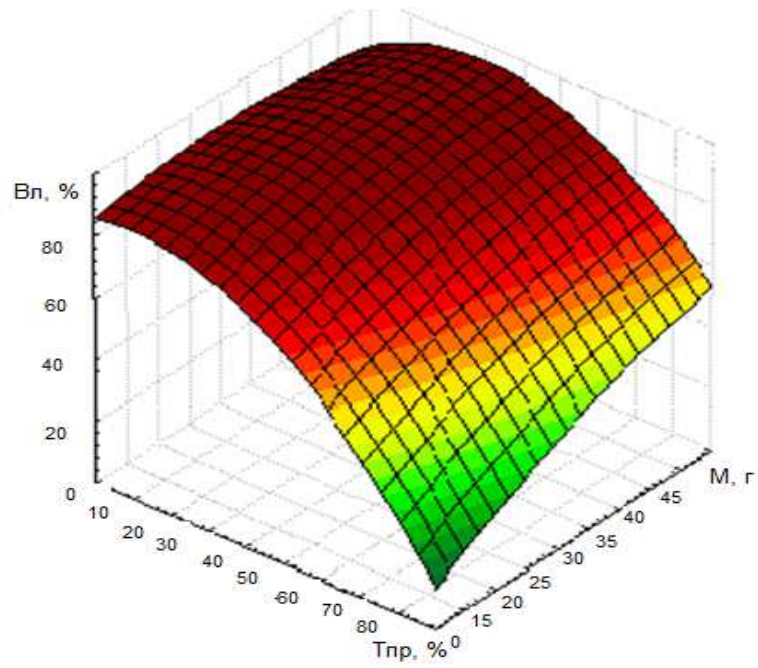


Рисунок 4.1 - Зависимость лабораторной всхожести семян  $V_{л}$  от массы 1000 зёрен  $M$  и уровня их травмирования  $T_{пр}$

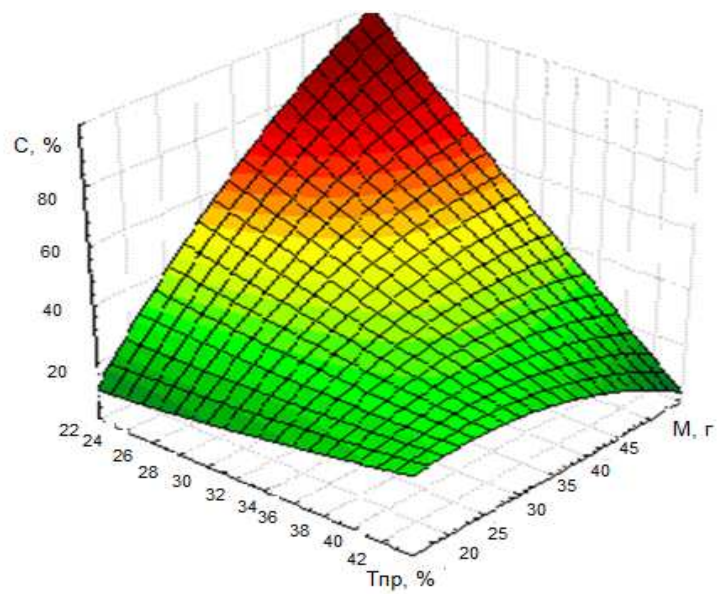


Рисунок 4.2 - Зависимость стекловидности зерна  $C$  от массы 1000 зёрен  $M$  и уровня их травмирования  $T_{пр}$

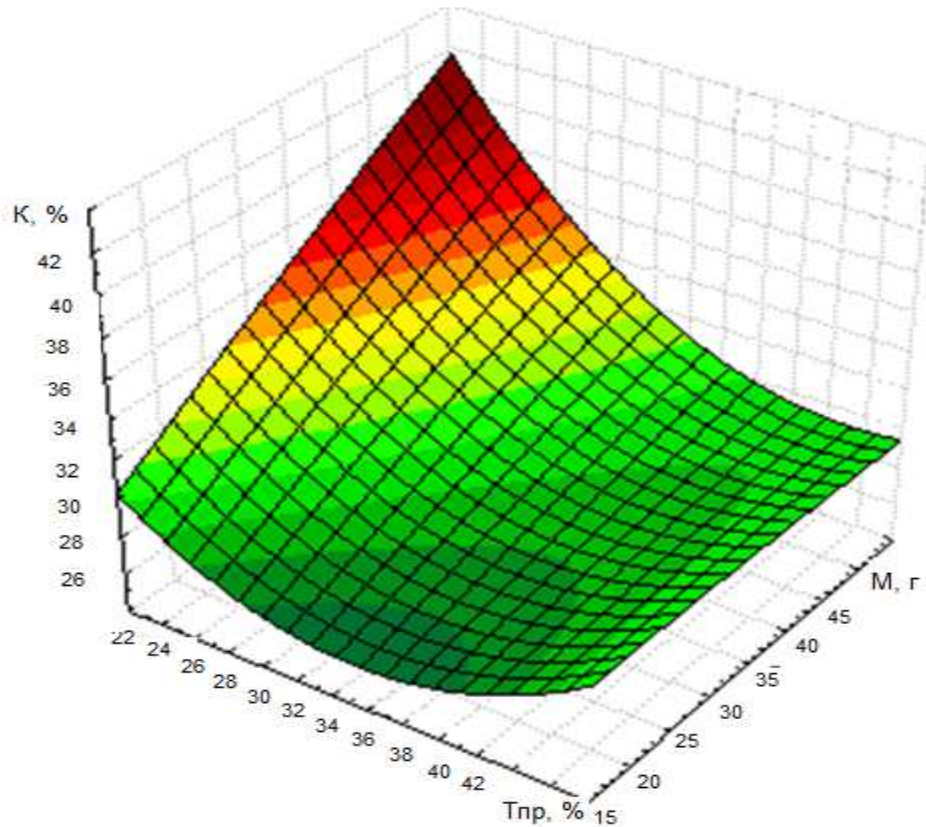


Рисунок 4.3 - Зависимость содержания клейковины  $K$  от массы 1000 зёрен  $M$  и уровня их травмирования  $T_{пр}$

Исследования показали, что на решете с шириной отверстий  $< 2,6$  мм выделяется зерно с массой 1000 зёрен меньше 24,0-26,4 г, его стекловидность не превышает 33-41 %, а содержание клейковины 30-31%. У зёрен с такими показателями пониженная лабораторная всхожесть семян. Совокупность всех показателей качества зерна говорит о том, что оно является биологически неполноценным, которое больше подвержено травмированию при уборке и послеуборочной обработке. На решётах с шириной отверстий  $< 2,6$  мм выделяется значительная часть дроблёного зерна и мелких засорителей.

Количество зерна, выделяемого в фуражную фракцию, зависит от его выполненности, т.е. от массы 1000 зёрен (таблица 4.2). Со снижением массы 1000 зёрен увеличивается процент зерна, выделяемого в фуражную фракцию.

Таблица 4.2 – Влияние выполненности зерна на размер фуражной фракции

Масса 1000 зерён, г	41,3	41,1	40,3	37,1
Выделено зерна в фуражную фракцию, %	7,96	9,03	11,35	22,12

Биологически неполноценное, травмированное и дроблёное зерно, а также засорители являются благоприятной средой для обитания и размножения бактерий и микроорганизмов даже при непродолжительном хранении неочищенного зернового вороха [101, 114]. При этом ухудшаются как посевные его качества, так и продовольственные.

Качество зерна основной и фуражной фракций после обработки зернового вороха пшеницы, полученного от барабанного комбайна John Deere 9660 приведено в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Качество зерна по фракциям

Показатели	Основная фракция	Фуражная фракция
Содержание зерна, %:		
дробленого	0,35	6,63
травмированного	29,00	31,96
в пленке	1,37	0,60
Засоренность, %	0,16	1,25
Масса 1000 зерен, г	42,12	24,03
Лабораторная всхожесть семян, %	96,75	91,86
Стекловидность, %	65,3	33,3

После обработки зернового вороха, поступившего от барабанных комбайнов, в основной фракции содержится дроблёного зерна 0,35 %, травмированного – 29 %, засорителей – 0,16 %, в плёнке – 1,37 %, масса 1000 зёрен 42,12 г, лабораторная всхожесть семян – 96,75 %, стекловидность – 65,3 % и содержание клейковины – 35,9 %.

В фуражной фракции были получены следующие показатели: содержание дроблёного зерна – 6,63 %, травмированного – 31,96 %, в плёнке – 0,6 %, засорителей – 1,25 %, масса 1000 зёрен 24,03 г, лабораторная всхожесть семян – 91,86 %. Стекловидность – 33,3 % и содержание клейковины – 30,1 %.

Таким образом, выделение основной фракции позволит улучшить качество, как семян, так и продовольственного зерна. Зерно, фуражной фракции, следует реализовывать для комбикормовых целей.

Основную фракцию нужно выделять и очищать на самой ранней стадии послеуборочной обработки поступающего от комбайнов зернового вороха, то есть без укладки его на ток, что позволит существенно снизить вероятность поражения его микроорганизмами. Кроме того, только за счёт выделения фуражной фракции с большим уровнем травмирования зерна, содержание его в основной фракции уменьшилось на 2,96 %. При этом исключаются погрузочно-разгрузочные операции с зерном на току, что в свою очередь ведёт к снижению травмирования и энергозатрат. Так как зерно травмируется не только транспортирующими органами зернопогрузчиков, но и за счет контакта с асфальтированным покрытием на токах, при погрузке, которое является сильным абразивом. Так же снижаются энергозатраты на его послеуборочную обработку, за счёт исключения дополнительных агрегатов.

Из вышесказанного следует, что послеуборочную обработку необходимо организовать поточным методом. То есть, исключить из процесса послеуборочной обработки некоторые погрузочно-разгрузочные работы.

Наиболее эффективно разделение зернового вороха на фракции реализуется при использовании высокопроизводительных воздушно-решётных



зерноочистительных машин, настроенных на режим фракционирования – разделения зернового вороха на начальном этапе обработки на основную и фуражную фракции [136].

#### **4.3. Состав поступающего на послеуборочную обработку зернового вороха и распределение его компонентов по размерам**

Поступающий на послеуборочную обработку зерновой ворох в своем составе содержит зерновки полноценные, мелкие, щуплые, биологически неполноценные, дроблёные, травмированные, а также легковесные, крупные и мелкие засорители.

Проведённые исследования показали, что большая часть полноценного зерна пшеницы выделяется на решётах с размерами отверстий 3,0; 2,8 и 2,6 мм. Данное зерно отвечает посевным кондициям: лабораторная всхожесть выше 95 %, масса 1000 зёрен от 35 г до 55 г, минимальное количество дроблёного и травмированного зерна, зерна в оболочке и засорителей. Также полноценное зерно выделяется на решётах с размерами отверстий 3,4 и 3,2 мм, но процент этого зерна в ворохе сравнительно небольшой. Содержание зерна, выделенного на решётах с шириной отверстий <2,6 мм, значительно меньше и оно не отвечает требованиям предъявляемым, к семенному материалу. Лабораторная всхожесть таких семян ниже 92 %, что не соответствует требованиям, предъявляемым к семенному материалу по ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия» [48] и масса 1000 зёрен менее 30 г. На решётах с отверстиями 2,4 мм и менее содержится большая часть мелких засорителей, дроблёного и неполноценного зерна. По совокупности всех показателей качества оно является биологически неполноценным зерном, которое, кроме того, больше травмируется при уборке и послеуборочной обработке. Биологически неполноценное, травмированное и дроблёное зерно, а также засорители являются благоприятной средой для обитания и размножения бактерий и микроорганизмов даже при непродолжительном хранении зернового вороха.

Поэтому попадание этих компонентов в основную фракцию недопустимо, так как они значительно ухудшают посевные качества семян пшеницы.

Из вышесказанного следует, что для посевных целей целесообразно использовать зерно, выделенное на решётах с размером отверстий 2,6 мм и более. Семенную фракцию необходимо выделять на самой ранней стадии послеуборочной обработки зернового вороха при минимальном количестве и интенсивности механических воздействий. Для этого воздушно-решётные зерноочистительные машины, установленные в семяочистительных агрегатах, следует настраивать на режим фракционирования зернового вороха, таким образом, чтобы в основную фракцию попадало зерно шириной  $\geq 2,6$  мм. Достичь этого можно подбором соответствующих решёт. Необходимо добиваться максимального выделения зерновок шириной менее 2,6 мм, но выделение их полностью невозможно, так как часть мелких зерновок может задерживаться в слое зернового вороха, но она не должна существенно влиять на общие показатели качества и состав компонентов. Так, уже после обработки первой зерноочистительной машиной, зерновой ворох разделяется на основную и фуражную фракции. В фуражную фракцию выделяются мелкое зерно, засорители, большая часть дроблёных и неполноценных зерновок [128].

Проанализируем зерновой ворох пшеницы, поступивший в семяочистительную линию с поля, разделённый по фракциям на лабораторном расसेве УИ–ЕРЛ-2-1 с интервалом 0,2 мм. Распределение зернового вороха по размерам и качеству зерна каждой его фракции приведены в таблице 4.4. В исходном зерновом ворохе (завальной яме) содержится зерно: целое, дроблёное, зерно в оболочке, а также засорители [129, 130].

Содержание полноценного зерна, выделенного на решётах с размерами отверстий 2,6 мм и более, составляет 87,54 % со средневзвешенной массой 1000 зёрен 45,66 г. Неполноценного зерна в ворохе содержится 12,46 % и средневзвешенная масса 1000 зёрен его составляет 21,03 %.

Таблица 4.4 – Качество исходного зернового вороха (из завальной ямы)

Исходный ворох (завальная яма)						
Размер решёт, мм	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,95	90,92	0,74	8,34	0	52,14
3,2	3,13	99,66	0	0,34	0	54,01
3,0	31,26	99,22	0,55	0,23	0	47,52
2,8	33,99	98,96	1,04	0	0	40,84
2,6	18,21	98,28	1,70	0	0,02	33,80
2,4	5,12	97,93	2,07	0	0	29,92
2,2	3,05	97,49	2,32	0	0,19	24,72
2,0	1,84	95,5	4,50	0	0	21,68
1,8	1,48	79,71	19,01	0	1,27	17,04
1,6	0,97	29,32	62,53	0	8,15	11,81
Ср. взв.	∑100	88,70	9,45	0,89	0,96	39,5

Наибольшее количество дробленого зерна выделено на решётах с размером отверстий 1,6...2,4 мм, средневзвешенное количество которого составляет 18,1 %. Это говорит о том, что биологически неполноценное зерно больше подвержено травмированию от механических воздействий зерноуборочных комбайнов.

На рисунке 4.4 показано средневзвешенное содержание компонентов зернового вороха в исходном ворохе. Средневзвешенная масса 1000 зёрен в исходном ворохе составила 39,5 г.



Рисунок 4.4 – Средневзвешенные показатели компонентов в исходном ворохе

Семенную фракцию, выделенную на решётах, с размерами отверстий от 2,6 до 3,2 мм, необходимо выделять на самой ранней стадии послеуборочной обработки зернового вороха. Это позволит удалить из основной фракции практически все мелкие засорители и большую часть биологически неполноценного, дроблёного и травмированного зерна в фураж.

#### 4.4. Очистка зернового вороха машиной Petkus K-547

Из завальной ямы зерновой ворох норией НПЗ подается в воздушно-решетную машину Petkus K-547. Данная машина предназначена для вторичной очистки зернового вороха. Производительность до 10 т/ч. Состав компонентов зернового вороха по фракциям, подаваемого в машину Petkus K-547 приведён в таблице 4.5.

Проанализировав данные, приведенные в таблице 4.5, можно оценить влияние загрузочной норией на качество обрабатываемого материала. Из полученных данных видно, что количество дробленого зерна увеличилось на 0,21 %. Средневзвешенное содержание целого зерна в данном ворохе снизилось с 88,7 % до 88,49 %.

Таблица 4.5 – Состав компонентов и качество зернового вороха, подаваемого в машину К-547

<b>Подача в Petkus К-547 (Нория 1)</b>						
Размер решёт, мм	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,97	90,92	0,77	8,31	0	52,11
3,2	3,11	99,35	0,28	0,37	0	53,98
3,0	31,28	99,10	0,69	0,21	0	47,51
2,8	33,97	98,81	1,19	0	0	40,82
2,6	18,23	98,18	1,80	0	0,02	33,81
2,4	5,14	97,89	2,11	0	0	29,91
2,2	3,01	97,4	2,41	0	0,19	24,72
2,0	1,85	95,44	4,56	0	0	21,68
1,8	1,49	79,06	19,87	0	1,07	17,04
1,6	0,95	28,77	62,88	0	8,35	11,79
Ср. взв.	∑100	88,49	9,66	0,89	0,96	39,45

Количество засорителей и зерна в оболочке не изменилось, так как нория является транспортирующим органом и на качество очистки не влияет.

Проанализировав данные, полученные в подаваемом в воздушно-решётную машину Petkus К-547 ворохе пшеницы и сравнив их с показателями зернового вороха полученного из завальной ямы, можно сделать вывод о негативном воздействии загрузочной норрии НПЗ на обрабатываемый материал, так как, увеличилось средневзвешенное содержание дробленого зерна в

ворохе на 0,21 % и, следовательно, снизилось количество целого зерна. Это происходит за счёт воздействия ковшей нории на зерновки.



Рисунок 4.5 – Средневзвешенные показатели компонентов зернового вороха подаваемого в машину Petkus K-547

Проанализируем зерновой ворох, полученный после обработки зерноочистительной воздушно-решётной машиной Petkus K-547. Для этого сравним данные, полученные на подаче в машину и выходе из неё. В процессе обработки зернового вороха данной машиной, он разделяется на основную, отходovou и фуражную фракции. Наибольший интерес для нас представляет основная фракция, поэтому в дальнейшем мы будем более подробно рассматривать обработку машинами этой фракции. Состав компонентов основной фракции после обработки машиной Petkus K-547 по размерам приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Состав компонентов и качество зернового вороха основной фракции после обработки его машиной К-547

<b>Petkus К-547, Основная фракция</b>						
Размер решёт, мм	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,41	95,60	0	4,40	0	54,07
3,2	7,87	98,94	0,37	0,69	0	54,38
3,0	32,77	99,67	0,20	0,13	0	47,84
2,8	33,90	99,40	0,60	0	0	43,32
2,6	18,55	98,93	1,05	0	0,02	38,96
2,4	5,88	97,56	2,10	0	0,34	31,24
2,2	0,62	78,89	20,59	0	0,52	22,50
2,0	-	-	-	-	-	-
1,8	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-
Ср. взв.	$\Sigma 100$	95,57	3,56	0,75	0,13	43,72

Для общей оценки работы зерноочистительной машины Petkus К-547 необходимо провести сравнительный анализ качественных показателей зернового вороха на подаче в машину и выходе из неё основной фракции.

Несмотря на значительное улучшение показателей основной фракции, после обработки зернового вороха машиной Petkus К-547, в нём содержится зерно целое, дроблёное, зерно в оболочке, а также небольшая часть засорителей. В процессе обработки зернового вороха данной машиной большая часть неполноценного зерна выделилась в фуражную и отходную фракции и снизилась по сравнению с подаваемым в неё норией исходным ворохом с 11,51 до 4,43 %. В фуражную фракцию выделилось неполноценное зерно на решё-

тах с размерами отверстий  $\leq 2,0$  мм. Тем не менее, в основной фракции содержится часть неполноценного зерна, оставшаяся на решётах с размерами отверстий 2,2 и 2,4 мм с содержанием дробленого зерна 20,59 и 2,1 %, засорителей 0,52 и 0,34 % и массой 1000 зёрен 22,5 и 31,24 г соответственно. На решётах с размерами отверстий 3,4; 3,2; 3,0 мм в данном ворохе присутствует зерно в оболочке. Данное зерно, также необходимо было выделять в фуражную фракцию, так как оно непригодно для семенного материала по ГОСТ Р 52325 – 2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества» Общие технические условия [47]. Средневзвешенная масса 1000 зёрен полноценного зерна составляет 43,72 г.

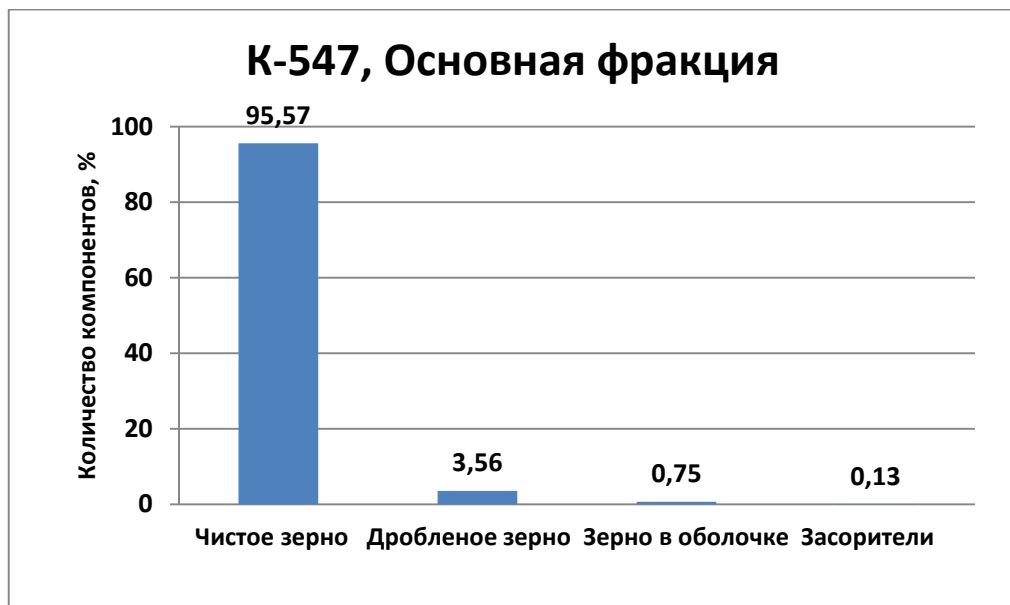


Рисунок 4.6 – Средневзвешенные показатели компонентов зернового вороха после обработки машиной Petkus K-547

На выходе из машины средневзвешенное содержание целого зерна в основной фракции составило 95,57 %, дроблёного – 3,56 %, зерна в оболочке – 0,75 % и засорителей – 0,13 % (рис. 4.6).

После обработки зернового вороха машиной Petkus K-547 средневзвешенное содержание целого зерна в основной фракции увеличилось на 7,08 % по сравнению с зерновым ворохом на подаче в машину. Количество дроблёных зерновок снизилось на 6,1 %, содержание зерна в оболочке и засорите-



лей уменьшилось на 0,14 и 0,84 % соответственно. Средневзвешенная масса 1000 зёрен увеличилась на 4,27 г.

Анализ полученных данных говорит о положительной работе воздушно-решётной зерноочистительной машины в целом, так как все показатели в среднем значительно улучшились. К недостаткам работы этой машины в данной семяочистительной линии можно отнести содержание в основной фракции дроблёного зерна, а также засорителей и зерна в оболочке. Как видно из таблицы 4.6, данные компоненты преимущественно находятся на решётах с размерами отверстий 2,2 и 2,4 мм. Поэтому целесообразно настраивать воздушно-решетные машины, предназначенные для получения семенного материала, на режим фракционирования, то есть выделения из семенной фракции зерна с размерами <2,6 мм. При оптимальной настройке воздушно-решётной машины должно полностью выделяться биологически неполноценное зерно, то есть зерновки с размерами <2,6 мм, которые являются непригодными для семенного материала. В данном случае требуемого качества не было достигнуто, поэтому основная фракция требует дополнительной очистки.

#### **4.5. Очистка зернового вороха триерным блоком Petkus K-236 A**

Основная фракция после обработки воздушно-решётной машиной Petkus K-547, подаётся норией НПЗ в триерный блок Petkus K-236 A. Состав компонентов зернового вороха, подаваемого в триерный блок, представлен в таблице 4.7. В данном ворохе содержится целое зерно, дроблёное, в оболочке, а также засорители.

Распределение компонентов зернового вороха при подаче в триерный блок отличается от основной фракции после обработки машиной K-547 незначительно, так как он подвергался только транспортировке, а изменения могли появиться за счет воздействия на зерновой ворох ковшей нории.

Таблица 4.7 – Качество зернового вороха, подаваемого в триерный блок

<b>Подача зернового вороха в триерный блок, основная фракция (нория 2)</b>						
Размер решёт, мм	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,43	95,60	0	4,40	0,00	54,07
3,2	7,88	98,94	0,37	0,69	0,00	54,38
3,0	32,75	99,64	0,23	0,13	0,00	47,84
2,8	33,89	99,35	0,65	0,00	0,00	43,32
2,6	18,53	98,93	1,05	0,00	0,02	38,96
2,4	5,88	97,18	2,48	0,00	0,34	31,24
2,2	0,64	78,89	20,59	0,00	0,52	22,50
2,0	-	-	-	-	-	-
1,8	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-
Ср. взв.	$\Sigma 100$	95,50	3,62	0,75	0,13	43,7

Для оценки работы промежуточной норрии, проанализируем зерновой ворох, подаваемый в триерный блок, и сравним полученные показатели с ворохом на выходе из предыдущей машины. Для этого посчитаем средневзвешенные значения компонентов зернового вороха, а также массу 1000 зёрен. Содержание целого зерна в данном ворохе составило 95,5 %, что меньше на 0,07 %, чем в ворохе на выходе из воздушно-решётной машины, а содержание дроблёного увеличилось и составило 3,62 %. Содержание зерна в оболочке, засорителей, а также средневзвешенная масса 1000 зёрен не изменились после прохождения зернового вороха через норрию (рис. 4.7). Такая закономерность объясняется тем, что норрия является транспортирующим органом и не влияет на качество очистки.

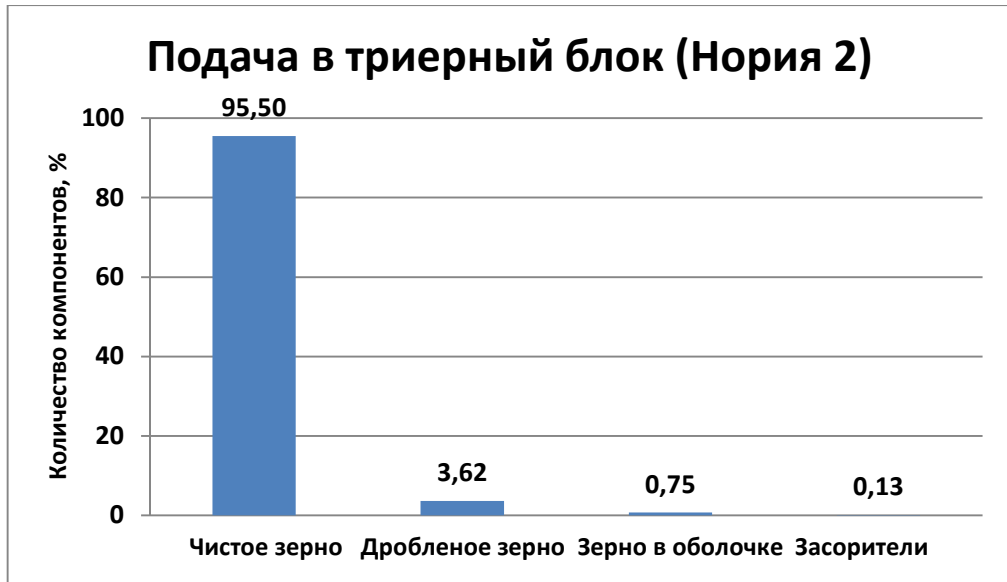


Рисунок 4.7 – Средневзвешенные показатели компонентов зернового вороха на подаче в триерный блок Petkus K-236 А

Незначительное увеличение содержания дроблёного зерна в ворохе и как следствие, снижение целого, произошло за счёт воздействия на зерновки ковшей промежуточной норрии НПЗ, установленной в данную семяочистительную линию для подачи зернового вороха в триерный блок [48].

Триерный блок фирмы Petkus K-236 А предназначен для отделения сортового зерна от короткого (в верхнем кукольном цилиндре) и длинного (в нижнем овсюжном цилиндре) зерна и семян других растений. Изменение фракционного состава зернового вороха основной фракции после обработки триерным блоком Petkus K-236 А приведено в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Качество зернового вороха основной фракции после обработки триерным блоком Petkus K-236 А

<b>Выход основной фракции из овсюжного триера</b>						
Размер решёт, мм	Выделено ворох, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дробленое зерно	зерно в оболочке	засорители	
1	2	3	4	5	6	7
3,4	0,77	97,67	0,23	2,10	0,00	54,13
3,2	5,78	99,26	0,37	0,37	0,00	52,23

Продолжение таблицы 4.8						
1	2	3	4	5	6	7
3,0	32,69	99,69	0,23	0,08	0,00	48,24
2,8	34,83	98,35	1,65	0,00	0,00	42,48
2,6	19,46	98,83	1,15	0,00	0,02	36,21
2,4	6,15	97,50	2,31	0,00	0,19	31,82
2,2	0,32	79,03	20,59	0,00	0,38	22,71
2,0	-	-	-	-	-	-
1,8	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-
Ср. взв.	$\Sigma 100,00$	95,76	3,79	0,36	0,08	42,61

Для определения качества очистки зерна триерным блоком, посчитаем средневзвешенные показатели компонентов зернового вороха. Количество целого зерна в данном ворохе составило 95,76 %, дроблёного – 3,79 %, зерна в оболочке 0,36 %, засорителей – 0,08 % (рис 4.8). После обработки основной фракции зернового вороха триерным блоком Petkus K-236 А основные показатели качества выглядят следующим образом. Средневзвешенная масса 1000 зёрен полноценного зерна уменьшилась с 43,7 до 42,61 г после обработки в триерном блоке.

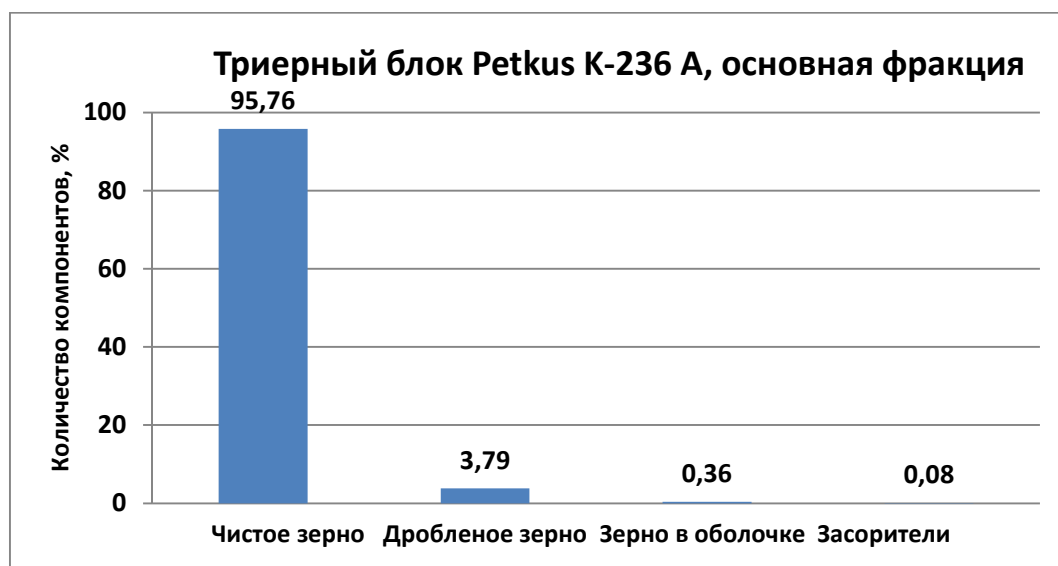


Рисунок 4.8– Средневзвешенные показатели компонентов основной фракции на выходе из триерного блока Petkus K-236 А

Анализируя работу триерного блока, мы видим, что качественные показатели изменились незначительно: содержание целого зерна увеличилось на 0,26 %, по сравнению с ворохом, подаваемым в триерный блок. Количество дробленых зерновок увеличилось на 0,17 %, содержание зерна в оболочке и засорителей снизилось на 0,39 и 0,05 % соответственно.

После обработки зернового вороха триерным блоком К-236 А состав компонентов изменился следующим образом. Наблюдалось незначительное выделение в фуражную фракцию засорителей и зерна в оболочке, а также увеличение дроблёного зерна. Увеличение процента дроблёного зерна в ворохе, может объясняться воздействием на зерновки, шнека, установленного в овсюжном цилиндре триерного блока. На основе полученных данных по работе триерного блока, можно сделать вывод о его нецелесообразности при подготовке семян пшеницы, в случае умеренной засорённости исходного зернового вороха. Отключение триерного блока в семяочистительной линии, при настройке воздушно-решетной зерноочистительной машины на режим фракционирования, при несильной засорённости исходного вороха, позволит сократить количество транспортирующих органов, снизить энергозатраты, при определенном улучшении качества семян.

#### **4.6. Очистка зернового вороха пневматическим сортировальным столом МОС-9 Н**

Известно большое количество пневмосортировальных столов, выпускаемых отечественными фирмами: МОС-9 Н, РСМ-10, РС-15 и зарубежными: «Cimbria» Heid-102, Heid-105, «DAMAS» SIGMA и другие [6, 67].

Для осуществления наиболее перспективной в настоящее время, точной технологии послеуборочной обработки зернового вороха, пневмосортировальные столы, входящие в состав современных семяочистительных линий, должны обладать высокой производительностью. В состав рассматриваемой нами семяочистительной линии входит российский пневматический

сортировальный стол МОС-9 Н, его производительность для зерновых культур составляет 9 т/ч.

Проанализируем зерновой ворох на входе в пневмосортировальный стол МОС-9 Н, а также каждую фракцию на выходе из него. Рассмотрим компоненты зернового вороха по размерам, распределённых на решётном классификаторе и качество зерна каждой фракции.

Для оценки качества зерна, после прохождения через норию НПЗ, анализируем образцы, отобранные в подаваемом на пневмостол зерновом ворохе (таблица 4.9). В нём содержится целое, дроблёное зерно, а также зерно в оболочке и засорители.

Наибольшее количество полноценного (целого) зерна, выделяется на решётах с шириной отверстий 3,0; 2,8; 2,6 и составляет 83,48 %.

Таблица 4.9 – Качество зернового вороха, подаваемого в пневмосортировальный стол МОС-9 Н

<b>Подача в пневмосортировальный стол МОС-9 Н, нория 3</b>						
Размер решёт, мм	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,74	97,65	0,25	2,10	0,00	54,13
3,2	5,81	99,16	0,47	0,37	0,00	52,23
3,0	32,72	99,69	0,23	0,08	0,00	48,24
2,8	34,8	99,11	0,89	0,00	0,00	42,48
2,6	19,45	98,61	1,37	0,00	0,02	36,21
2,4	6,17	97,43	2,38	0,00	0,19	31,82
2,2	0,31	78,01	21,61	0,00	0,38	22,71
2,0	-	-	-	-	-	-
1,8	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-
Ср. взв.	∑100,00	95,67	3,89	0,36	0,08	42,61

Мы видим, что на решётах с шириной отверстий 2,4 – 2,2 мм выделяется 6,48 % зернового вороха, такое зерно не отвечает посевным кондициям, так как в нём содержится большая часть дроблёного зерна и зерна в оболочке, масса 1000 зёрен которого составляет менее 35 г.

Следовательно, зерно, выделенное на решётах лабораторного отсева с размерами отверстий 2,4 и 2,2 мм, необходимо было выделять в фуражную фракцию на самой ранней стадии послеуборочной обработки. Это можно достичь за счет установки подсевного решета большего размера в воздушно-решётной зерноочистительной машине.

В подаваемом на пневмосортировальный стол зерновом ворохе пшеницы средневзвешенное содержание целого зерна составило 95,67 %, дроблёного зерна – 3,89 %, зерна в оболочке 0,36 % и засорителей 0,08 % (рис 4.9). Если сравнивать зерновой ворох на подаче в пневмостол и на выходе из триерного блока, мы видим, что процент целого зерна снизился на 0,09 %, а процент дроблёных зерновок соответственно увеличился, за счет воздействия на зерновой ворох транспортирующих органов загрузочной норрии. Количество зерна в оболочке и засорителей не изменилось.

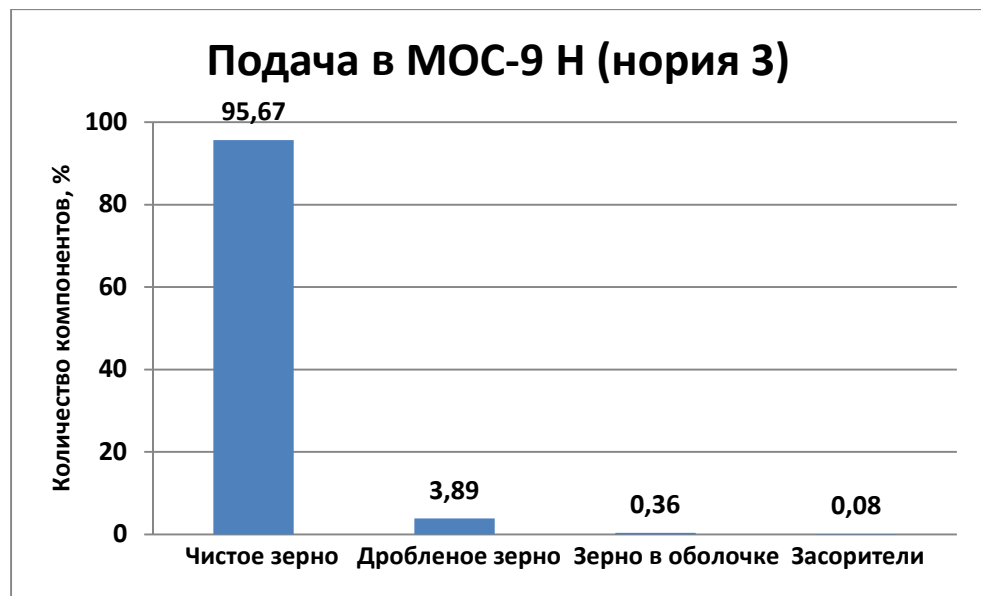


Рисунок 4.9 – Средневзвешенные показатели компонентов зернового вороха на подаче в пневмосортировальный стол МОС-9 Н

В процессе обработки машиной МОС-9 Н зерновой ворох разделяется на три фракции. В первую фракцию выделилась часть зернового вороха пшеницы с наиболее высокой массой 1000 зёрен, и составила 36,2 %, от общей массы поступившего вороха. Во вторую фракцию выделилось 52,9 % зернового вороха. В третью (отходovou) фракцию выделилось 10,9 % зернового вороха, состоящего в основном, из щуплого, биологически неполноценного и дроблёного зерна.

В зерновом ворохе первой фракции, полученном после обработки машиной МОС-9 Н и распределения его, на лабораторном отсеиве, было выделено зерно на решётах с размерами отверстий 3,4 ... 2,2 мм (таблица 4.10). Зерно в оболочке и засорители в данном ворохе отсутствуют. На решетках с размерами отверстий 2,4 и 2,2 мм, выделилась незначительная часть биологически неполноценного зерна и составила 0,51 %. На решетке с размером отверстий 2,2 мм находится большая часть дроблёных зерновок – 4,96 %, так как данное зерно является биологически неполноценным и является более подверженным к разрушению.

Таблица 4.10 – Качество зернового вороха основной фракции после обработки его на пневмосортировальном столе МОС-9 Н

<b>Пневмосортировальный стол МОС-9 Н, основная фракция</b>						
Размер решёт	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 семян, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
1	2	3	4	5	6	7
3,4	1,81	99,87	0,13	0	0	56,03
3,2	27,32	99,91	0,09	0	0	54,63
3,0	34,48	99,87	0,13	0	0	49,52
2,8	28,35	99,78	0,22	0	0	43,96
2,6	7,53	99,31	0,69	0	0	38,16



Продолжение таблицы 4.10

1	2	3	4	5	6	7
2,4	0,41	99,42	0,58	0	0	33,04
2,2	0,10	95,04	4,96	0	0	25,50
2,0	-	-	-	-	-	-
1,8	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-
Ср. взв.	$\Sigma 100$	99,03	0,97	0	0	48,42

Зерно выделившееся на решётах с размерами отверстий 3,4...2,6 мм составляет 99,49 % со средневзвешенным содержанием целого зерна 99,75 % и массой 1000 зёрен 48,42 г. Данное зерно полностью отвечает семенным условиям по ГОСТ Р 52325 – 2005 «Семена сельскохозяйственных растений.

Сортовые и посевные качества» Общие технические условия [47]. В целом средневзвешенные показатели основной фракции, полученной после обработки машиной МОС-9 Н, составляют: чистое зерно – 99,03 %, дроблёное зерно – 0,97 %, зерно в оболочке и засорители отсутствуют (рис. 4.10).

Данные по составу компонентов зернового вороха и по качеству на выходе из второй фракции пневмостола МОС-9 Н представлены в таблице 4.11. Большая часть полноценного зерна во второй фракции выделилась на решётах с размерами отверстий 3,0; 2,8; 2,6 мм и составила 90,34 % зернового вороха. Так же в данном ворохе присутствует часть неполноценного зерна и составляет 1,12 % от общего количества. Наибольшее количество дроблёного зерна в этой фракции выделилось на решётах 3,0 – 0,29 %, 2,8 – 0,46 %, 2,6 – 0,63 %, 2,4 – 1,28 %, 2,2 – 3,9 %.

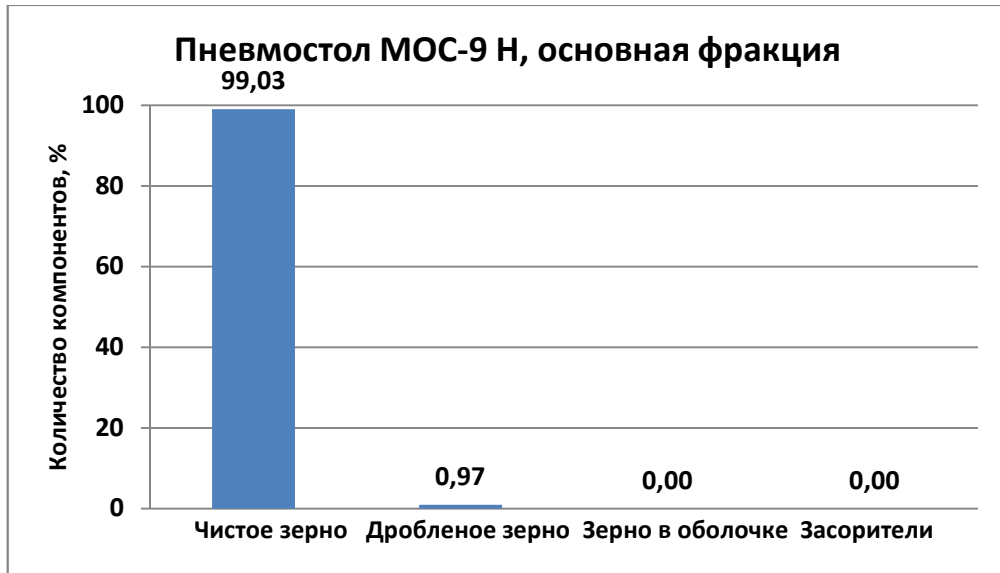


Рисунок 4.10 – Средневзвешенные показатели компонентов основной фракции на выходе из пневмосортировального стола МОС-9 Н

Таблица 4.11 – Качество зернового вороха второй фракции на выходе из пневмосортировального стола МОС-9 Н

<b>Пневмосортировальный стол МОС-9, вторая фракция</b>						
Размер решёт	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зерен, г
		целое зерно	дробленое зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,81	100	0	0	0	55,77
3,2	7,73	100	0	0	0	52,82
3,0	36,22	99,71	0,29	0	0	48,20
2,8	29,67	99,54	0,46	0	0	43,08
2,6	24,45	99,37	0,63	0	0	36,56
2,4	0,92	98,72	1,28	0	0	30,52
2,2	0,20	96,10	3,90	0	0	25,00
2,0	-	-	-	-	-	-
1,8	-	-	-	-	-	-
1,6	-	-	-	-	-	-
Ср. взв.	$\Sigma 100$	99,06	0,94	0	0	43,87

На решётах 2,4 и 2,2 высокий процент целого зерна, но масса 1000 зёрен составляет 30,52 г и 25 г соответственно, то есть менее 35 г, что также является биологически неполноценным зерном.

Во второй фракции, полученной на выходе из пневмосортировального стола средневзвешенное содержание целого зерна составило 99,06 %, дроблёного – 0,94 %, зерно в оболочке и засорители отсутствуют (рис. 4.11). Средневзвешенная масса 1000 зёрен составляет 43,87 г. Зерновой ворох на выходе из пневмостола, выделившийся во вторую фракцию, также отвечает требованиям, предъявляемым к семенному материалу.

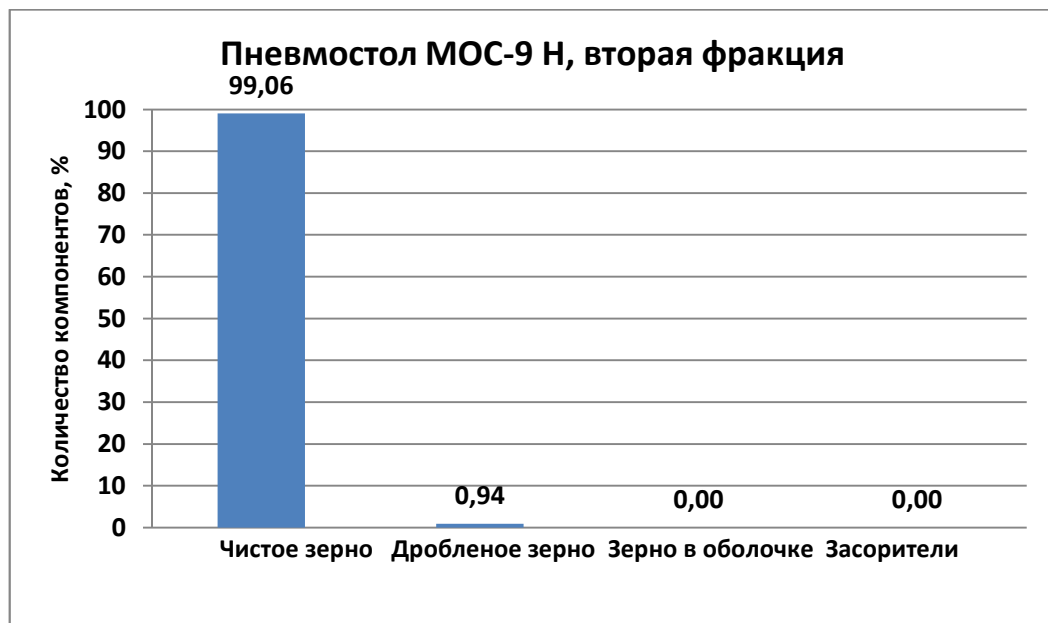


Рисунок 4.11 – Средневзвешенные показатели компонентов второй фракции на выходе из пневмосортировального стола МОС-9 Н

В третью фракцию, полученную после обработки пневмосортировальным столом (таблица 4.12) выделилось зерно, не отвечающее посевным условиям. Большая часть зернового вороха выделилась на решётах с размерами отверстий 3,0...2,4 мм и составила 94,94 %.

Таблица 4.12 – Качество зернового вороха III фракции, полученной от пневмостола МОС-9 Н

<b>Пневмосортировальный стол МОС-9 Н, III фракция</b>						
Размер решёт	Выделено вороха, %	Состав компонентов, %				Масса 1000 зёрен, г
		целое зерно	дроблёное зерно	зерно в оболочке	засорители	
3,4	0,43	97,88	0	2,12	0,00	54,64
3,2	1,82	95,21	4,43	0,36	0,00	52,20
3,0	31,30	96,71	3,18	0,11	0,00	44,48
2,8	36,73	98,16	1,84	0,00	0,00	38,52
2,6	18,35	97,37	2,63	0,00	0,00	34,20
2,4	8,76	98,09	1,91	0,00	0,00	28,52
2,2	1,37	0,00	100	0,00	0,00	-
2,0	0,52	0,00	99,96	0,00	0,04	-
1,8	0,42	0,00	99,83	0,00	0,17	-
1,6	0,3	0,00	99,59	0,00	0,41	-
Ср. взв.	$\Sigma 100$	58,60	41,40	0,26	0,06	25,26

Средневзвешенное содержание целого зерна составило 58,6 %, дроблёного зерна – 41,4 % и зерна в оболочке – 0,26 % и засорителей – 0,06 % (рис. 4.12). Средневзвешенная масса 1000 зёрен составила 25,26 г. Данные показатели не отвечают требованиям, предъявляемым к семенному материалу, следовательно, зерно, получаемое в третьей фракции, следует использовать для фуражных целей.

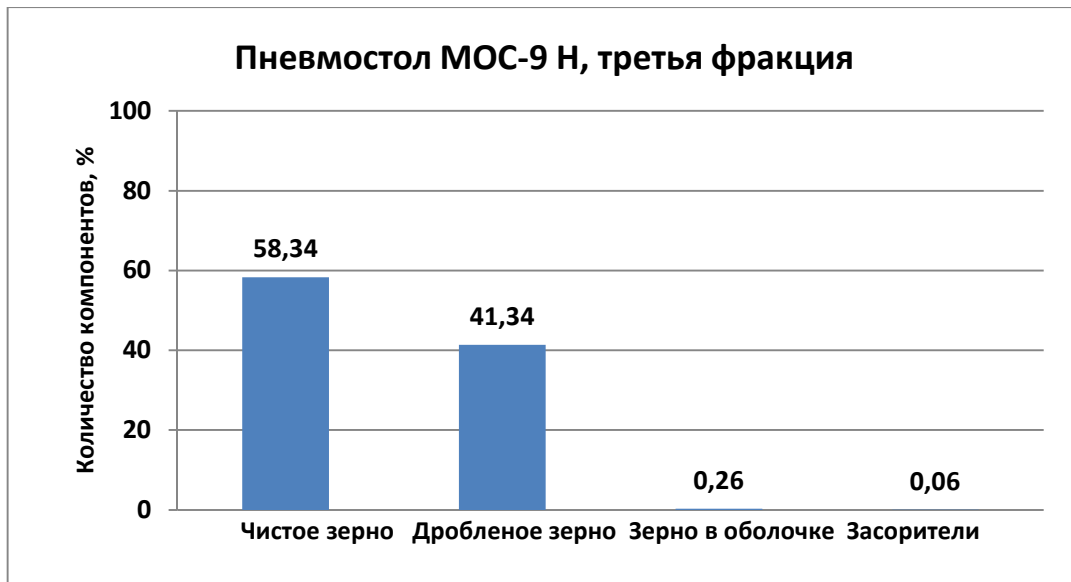


Рисунок 4.12 – Средневзвешенные показатели компонентов третьей (отходовой) фракции на выходе из пневмосортировального стола МОС-9 Н

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод о том, что зерно, полученное от всех фракций пневмостола МОС-9 Н, с размерами менее 2,6 мм, необходимо удалять в фуражную фракцию на более ранней стадии обработки, так как зерно с размерами 2,4 мм и менее не отвечает требованиям, предъявляемым к семенному материалу. В данном зерновом ворохе содержится большое количество дроблёного зерна, а, следовательно, и микротравмированного, так как между этими показателями существует тесная корреляционная связь, коэффициент корреляции составляет 0,98 [123, 137]. Содержание микротравмированного зерна в ворохе существенно снижает лабораторную всхожесть семян. В целом, качество очистки зернового вороха пшеницы пневмосортировальным столом, полученном от первой и второй фракции можно считать высоким, так как это зерно отвечает требованиям, предъявляемым к семенному материалу. К недостаткам работы пневматического сортировального стола можно отнести содержание в основной фракции биологически неполноценного зерна, выделившего на решётах с размерами отверстий 2,4 и 2,2 мм, а также присутствие в отходовой фракции полноценных зерновок с высокой массой 1000 зёрен.

Рассматриваемая семяочистительная линия состоит из завальной ямы, зерноочистительной машины Petkus K-547, триерного блока Petkus K-236 А,

пневматического сортировального стола МОС-9 Н, а также ряда транспортирующих органов.

Проанализировав полученные нами данные, мы видим, что для оптимальной работы семяочистительной линии необходима зерноочистительная воздушно-решётная машина, в данном случае Petkus К-547, либо любая другая машина такого плана, которая должна быть настроена на режим фракционирования, с целью получения семенного материала высокого качества, с размерами зерновок толщиной  $\geq 2,6$  мм. Также при подготовке семенного материала пшеницы, с низкой засорённостью исходного вороха, следует отключать триерный блок, подавая зерновой ворох после воздушно-решетной машины, сразу на пневмосортировальный стол. В случае же сильной засорённости зернового вороха, либо при обработке линией других культур, есть возможность обрабатывать ворох с использованием триерного блока и полученное зерно реализовывать, как продовольственное. Данное предложение позволит при необходимости обрабатывать различные зерновые культуры, возделываемые на данном предприятии, а также с различной засорённостью исходного вороха. При этом, без значительных затрат на переоборудование линии, при производстве семян, значительно улучшится качество получаемого материала, снизится травмирование зерновок норией, установленной на выходе из триерного блока, а также снизятся энергозатраты за счёт отключения дополнительного оборудования.

#### **4.7. Изменение качества очистки семян при реализации предлагаемого варианта семяочистительной линии**

Одной из главных задач сельскохозяйственного производства нашей страны является производство зерновых культур. Но достижение высоких результатов в производстве зерновых без использования семян высокого качества не представляется возможным [3]. Российская Федерация занимает одно из лидирующих позиций в мире по производству зерна. Важность зерна, как одного из главных продуктов питания рассмотрено на уровне Федераль-

ного закона «О зерне и продуктах его переработки», где подчёркивается, что зерно является национальным достоянием Российской Федерации, одним из основных факторов устойчивости её экономики [147].

Урожайность зерновых культур по данным Федеральной службы государственной статистики за последние десять лет колеблется в пределах от 18 до 24 ц/га. Получаемая урожайность далеко не соответствует генетическому потенциалу сортов. Это зависит от многих факторов: несоблюдение технологии возделывания культуры, погодно-климатических условия, но, пожалуй, главной причиной можно назвать низкое качество посевного материала. Поэтому стоит острая задача в увеличении урожайности не только путем применения современных высокопродуктивных сортов пшеницы, но и путем применения оптимальных ресурсосберегающих технологий. Среди агротехнических приемов, специальное место занимает подготовка семенного материала [137, 161].

В поступаемом на послеуборочную обработку зерновом ворохе наряду с основным зерном содержатся зерновки дроблёные, травмированные, в оболочке, а также легковесные, крупные и мелкие засорители. Причём, основное зерно можно разделить на ряд фракций, которые отличаются по показателям качества зерна, таких как, масса 1000 зёрен, уровень их травмирования, содержание биологически неполноценного зерна (щуплое, незрелое, заражённое микроорганизмами), необмолоченные зерновки и примеси. Получение качественных семян зависит от состава исходного вороха и возможности достижения требуемого качества при его послеуборочной обработке [121]. Состояние исходного вороха зависит от агротехники возделывания зерновых культур, а также конструктивных особенностей и режимов работы зерноуборочных комбайнов.

Задача послеуборочной обработки выделить полноценное зерно, то есть удалить из зернового вороха биологически неполноценное зерно, дроблёное, в оболочке, а также засорители. Своевременно и хорошо очищенные семена лучше хранятся. Хорошо очищенные и отсортированные семена

должны отвечать требованиям ГОСТа [47]. Биологически полноценные, выровненные, свободные от примесей и болезней семена обеспечивают наиболее высокие энергию прорастания и лабораторную всхожесть, дружные и сильные всходы, высокую урожайность.

Для получения высококачественного зерна это разделение необходимо проводить на самой ранней стадии обработки при минимальном количестве и интенсивности механических воздействий. От количества и интенсивности механических воздействий зависит качество получаемого материала. Чем больше механических воздействий в процессе послеуборочной обработки, тем больше оно травмируется и меньше подходит для семенного материала. Поэтому при организации послеуборочной обработки зернового вороха необходимо изыскивать возможности минимизировать количество механических воздействий. Достичь этого можно исключением из семяочистительного агрегата некоторых транспортирующих органов и дополнительного оборудования, отрицательно влияющих на качество семенного материала. При этом необходимо достижение достаточной полноты выделения зерновок биологически неполноценных, травмированных и в плёнке при обработке зернового вороха. В связи с этим следует компоновать зерноочистительные агрегаты в зависимости от состояния исходного вороха, то есть иметь возможность отключения дополнительных машин, с целью снижения количества механических воздействий на зерновки и энергозатрат. Реализация этих принципов позволит повысить лабораторную всхожесть семян, урожайность и соответственно производство зерна в целом [3, 101].

В процессе исследований отбирали образцы для анализа качества очистки исходного зернового вороха пшеницы, при подаче в зерноочистительную машину и выходе из неё очищенного зерна и отходových фракций.

Объектом исследования являлась семяочистительная линия в ООО «Масловский». На основе полученных в предыдущей главе экспериментальных данных и их анализа, предлагаем проект реконструируемой семяочистительной линии (рис. 4.13).



Из полученных данных по существующей семяочистительной линии видно, что после обработки зернового вороха триерным блоком, количественные и качественные показатели изменялись незначительно. Поэтому при подготовке семенного материала целесообразно отключать триерный блок, установив при этом перебросной клапан на норию, установленную на выходе из воздушно-решетной машины, для подачи зернового вороха непосредственно на пневматический сортировальный стол. Данное предложение позволит миновать триерный блок и дополнительную норию, установленную на выходе из триерного блока.

Для оптимальной работы семяочистительной линии целесообразно воздушно-решетную зерноочистительную машину настраивать на режим фракционирования. Для этого мы предлагаем установить в данную машину колосовое решето размером 6,5 мм, для удаления крупных примесей в отходы и подсевное решето размером 2,4 мм, для выделения мелких примесей и биологически неполноценного зерна в фуражную фракцию [131].

Предлагаемый вариант семяочистительной линии для обработки пшеницы состоит из: завальной ямы, загрузочной нории, зерноочистительной машины Petkus K-547, промежуточных норий, в одной из которых установлен перебросной клапан для подачи зернового вороха в ту или иную машину, триерного блока Petkus K-236 А и пневматического сортировального стола МОС-9 Н (рисунок 4.13). Также при реконструкции существующей семяочистительной линии целесообразно не исключать из неё триерный блок и подающую в неё зерновой ворох норию, а отключать их при подготовке семенного материала. Так как триерный блок необходим при обработке сильно загрязненного вороха, а также для ряда зерновых культур, таких как овёс. Для этого необходимо на выходе зернового вороха из нории установить делитель, который позволит направлять зерновой поток либо в триерный блок, либо сразу на пневмосортировальный стол, в зависимости от убираемой культуры и состава зернового вороха.

Проанализируем работу предлагаемой семяочистительной линии с отключенным триерным блоком, для подготовки семенного материала. При разборке образцов определяли процентное содержание зерна чистого, дроблёного, в оболочке и засорителей, а также массу 1000 зёрен и лабораторную всхожесть семян (таблица 4.13). Отбор образцов для анализа осуществляли по ГОСТу 13586.3-83 «Правила приемки и методы отбора проб» [43].

Исследования проводили на основе требований, предъявляемых к твёрдой и мягкой пшенице, предназначенной для использования в продовольственных и семенных целях, которые прописаны в ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия» [48] и ГОСТ 9353-90 «Пшеница. Требования при заготовках и поставках» [47].

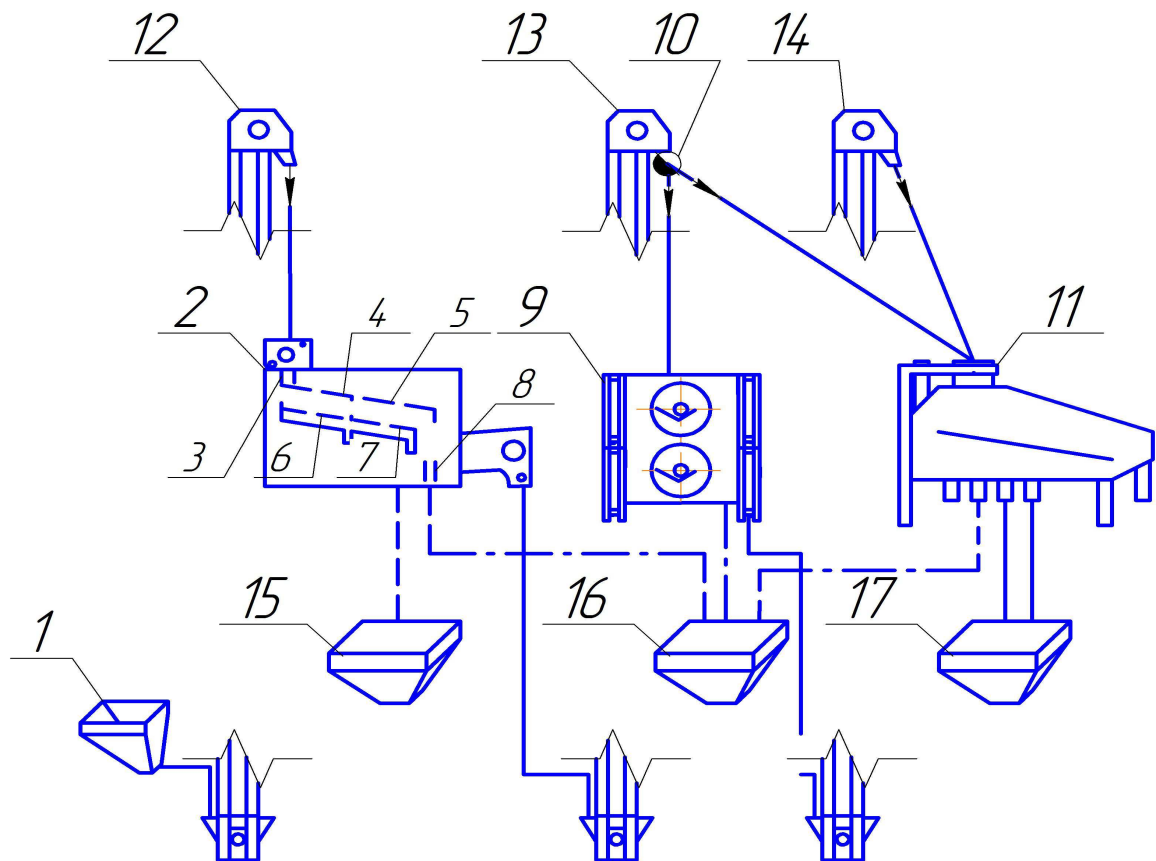


Рисунок 4.13 – Предлагаемый вариант семяочистительной линии:

1 – завальная яма, 2 – фракционная двухаспирационная воздушно-решетная машина, 3 – дорешетный аспирационный канал, 4, 5 – верхний ярус решет, 6 – подсевное решето, 7 – сортировальное решето, 8 – послерешетный аспирационный канал, 9 – триерный блок, 10 – делитель, 11 – пневмосортировальный стол, 12, 13, 14 – нории, 15 – бункер отходов, 16 – бункер фуражного зерна, 17 – бункер очищенного зерна.

В исходном ворохе, подаваемом в семяочистительную линию, содержание целого зерна составило 89,5 %, дроблёного – 8,81 %, в оболочке – 0,76 %, засорителей – 0,93 % (рис 4.14), масса 1000 зёрен – 32,76 г, лабораторная всхожесть – 91,25 %. Анализ состава исходного вороха показал, что лабораторная всхожесть не отвечает требованиям, предъявляемым к посевному материалу по ГОСТ Р 52554-2006 «Пшеница. Технические условия» [48], в котором сказано, что лабораторная всхожесть семян пшеницы должна быть выше 92 %. Также исходный ворох не отвечает требованиям ГОСТа по содержанию в нём дроблёного зерна, в оболочке и засорителей, допустимое значение которых составляет не более 1 %.

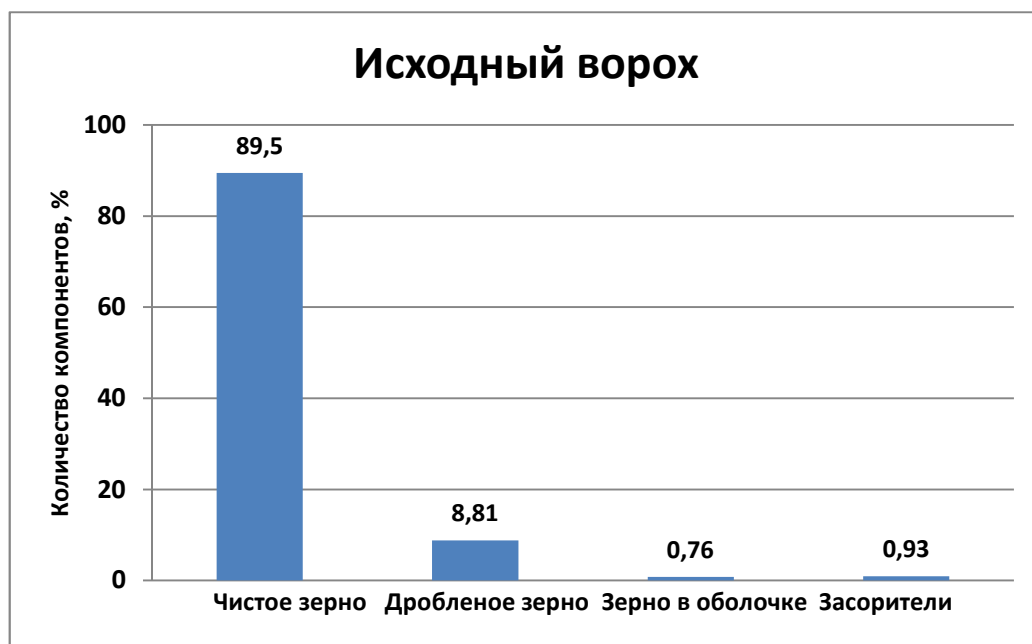


Рисунок 4.14 – Распределение компонентов исходного вороха

Для оценки работы подающей норрии проанализируем зерновой ворох, подаваемый на зерноочистительную воздушно-решётную машину Petkus К-547. Содержание целого зерна при подаче в машину К-547 снизилось на 0,66 %, дробленых зерновок увеличилось по отношению к исходному вороху с 8,81 до 9,47 %, количество зерна в оболочке и засорителей не изменилось.

Лабораторная всхожесть семян снизилась на 0,17 %, а масса 1000 зёрен осталась на прежнем уровне. Ухудшение показателей качества можно объяс-

нить подачи зернового вороха в машину норией. Так как входящие в состав нории ковши травмируют зерновки и тем самым снижают посевные качества семян. Количество зерна в оболочке и содержание засорителей не изменились, потому что, нория не влияет на количественный состав компонентов зернового вороха, поскольку является транспортирующим устройством.

Таблица 4.13 – Изменение качества зерна при реализации предлагаемого варианта семяочистительной линии (триерный блок отключен) в ООО «Масловский»

№ п/п	Выход	Состав вороха, %				Масса 1000 зёрен, г	Всхожесть лабораторная, %
		целое зерно	дробленое зерно	зерно в оболочке	Засорители		
1	Завальная яма	89,5	8,81	0,76	0,93	32,76	91,75
2	Подача в К-547	88,84	9,47	0,76	0,93	32,76	91,58
3	Основная фракция К-547	97,32	2,11	0,48	0,09	45,51	95,25
4	Подача в МОС-9 Н	97,12	2,31	0,48	0,09	45,49	95,23
5	Основная фракция МОС-9 Н	99,98	0,02	0	0	46,61	97,5
6	II фракция МОС-9 Н	99,38	0,59	0,03	0	40,87	96,3
7	III (отходо-вая) фракция МОС-9 Н	66,22	33,36	0,35	0,07	25,27	88,0

Проанализируем основную, фуражную и отходо-вую фракции, получаемые после обработки универсальной зерноочистительной воздушно-решетной машиной Petkus К-547. Данная машина предназначена для вторич-

ной очистки зерновых культур и подготовки семенного материала. Машина закрытого исполнения, все органы управления расположены с одной стороны. Эта машина состоит из питающего устройства, двухаспирационной воздушной системы, верхнего и нижнего решётных станов.

На выходе из зерноочистительной машины Petkus K-547, в основной фракции, содержание целого зерна увеличилось с 88,84 до 97,32 %, масса 1000 зёрен с 32,76 до 45,51 г, лабораторная всхожесть семян с 91,58 до 95,25 %. Содержание дробленого зерна в основной фракции снизилось с 9,47 до 2,11 %, зерна в оболочке с 0,76 до 0,48 %. Содержание засорителей снизилось с 0,93 до 0,09 % (рис. 4.15).

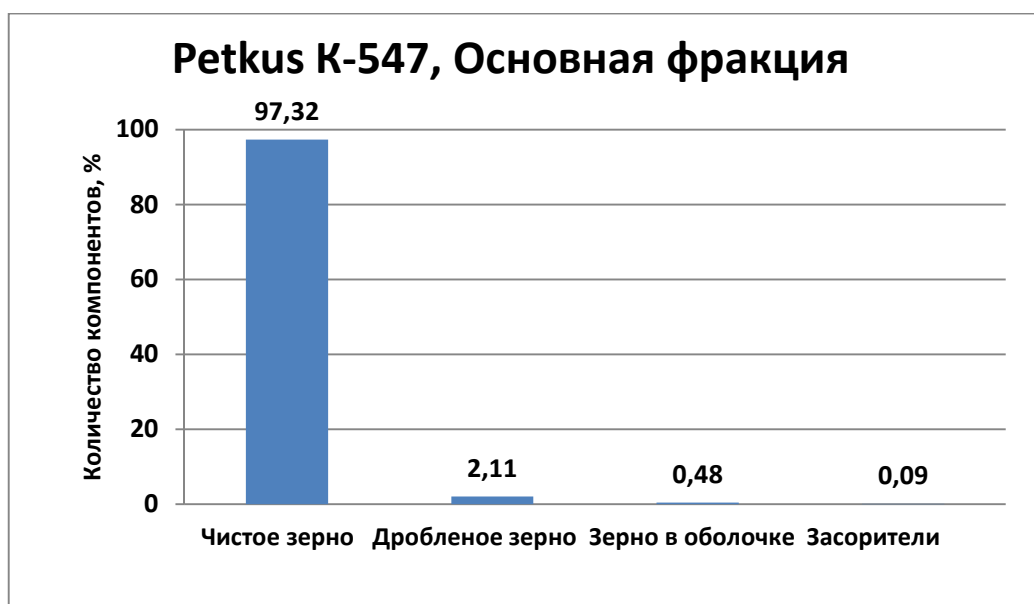


Рисунок 4.15 – Распределение компонентов зернового вороха после обработки машиной Petkus K-547, настроенной на режим фракционирования

Проанализировав работу воздушно-решётной машины K-547, настроенную на режим фракционирования, с установкой колосового решета размером 6,5 мм и подсевного – 2,4 мм, мы получаем основную фракцию с высоким содержанием полноценного зерна – 97,32 %, с лабораторной всхожестью семян – 95,25 % и массой 1000 зёрен – 45,51 г. Небольшое содержание в основной фракции дробленого зерна, в оболочке и трудноотделимых примесей должно выделиться на машине окончательной очистки МОС-9 Н, установленной в данной семяочистительной линии.

Фуражная и отходовая фракции, полученные при разделении на машине Petkus K-547, не содержат в своем составе качественного зерна. Поэтому данные фракции целесообразно реализовывать, как фуражное зерно, для комбикормовых целей.

После обработки зерноочистительной машиной Petkus K-547 основная фракция подаётся норией непосредственно в машину окончательной очистки семян МОС-9 Н, минуя тем самым триерный блок и дополнительную норию.

Для анализа работы подающей нории рассмотрим количественные и качественные показатели в подаваемом на пневмостол МОС-9 Н зерновом ворохе. Содержание целого зерна в основной фракции снизилось с 97,32 до 97,12 %, уровень дробления увеличился на 0,2 %.

Данное снижение показателей качества, можно объяснить негативным воздействием на зерновки, ковшей, входящих в устройство нории. Вследствие чего наблюдалось и ухудшение показателей качества семян, лабораторная всхожесть снизилась на 0,02 %, масса 1000 зёрен снизилась на 0,02 г.

Количество зерна в оболочке и засорителей не изменилось, так как нория является транспортирующим устройством и не влияет на состав компонентов зернового вороха.

Завершающим этапом подготовки семенного материала, является обработка его на машине окончательной очистки МОС-9 Н. Данная машина предназначена для очистки семян зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур от трудноотделимых примесей, отличающихся от семян основных культур по плотности, форме и состоянию поверхности. Паспортная производительность МОС-9 Н, для семян пшеницы составляет 9 т/ч.

После обработки зернового вороха на машине МОС-9 Н он разделяется на три фракции. Первая и вторая фракции идут на семена и составляют 89,1 % от подаваемого вороха, третья фракция составляет 10,9 % и направляется для фуражных целей. В основной фракции содержание целого зерна составляет 99,98 %, дроблёного – 0,02 %, зерно в оболочке и засорители отсутствуют (рис. 4.16).

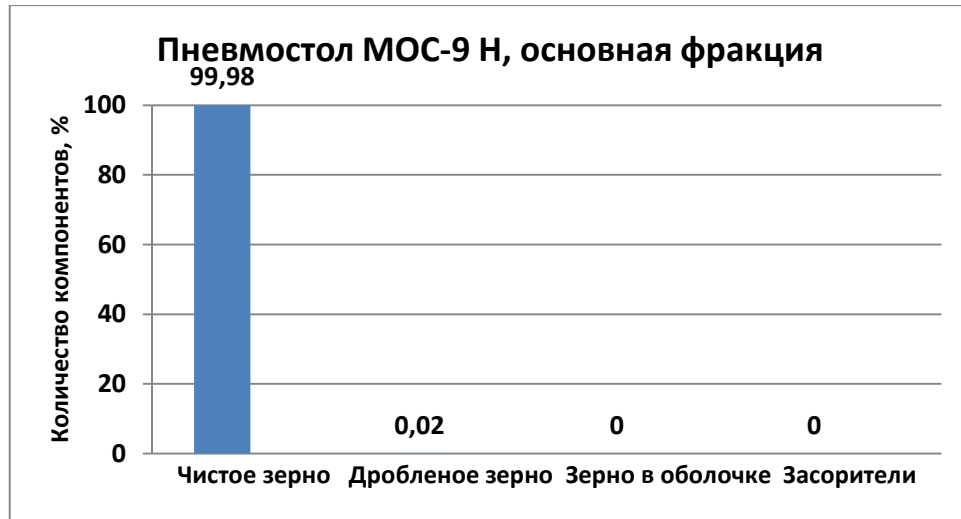


Рисунок 4.16 – Распределение компонентов основной фракции на выходе из пневмосортировального стола МОС-9 Н

Масса 1000 зёрен составляет 46,61 г, а лабораторная всхожесть семян 97,5 %. В основную фракцию, полученную после обработки на пневмосортировальном столе МОС-9 Н, выделилось полноценное зерно, полностью отвечающее требованиям ГОСТа, предъявляемым к семенному материалу [47].

Во второй фракции, полученной после обработки машиной МОС-9 Н, содержание целого зерна составило 99,38 %, дроблёного зерна – 0,59 %, зерна в оболочке – 0,03 %, засорители отсутствуют (рис. 4.17). Масса 1000 зёрен составила 40,87 г, а лабораторная всхожесть семян – 96,3 %. По фракционному составу и по показателям качества данное зерно также подходит для посевных целей.

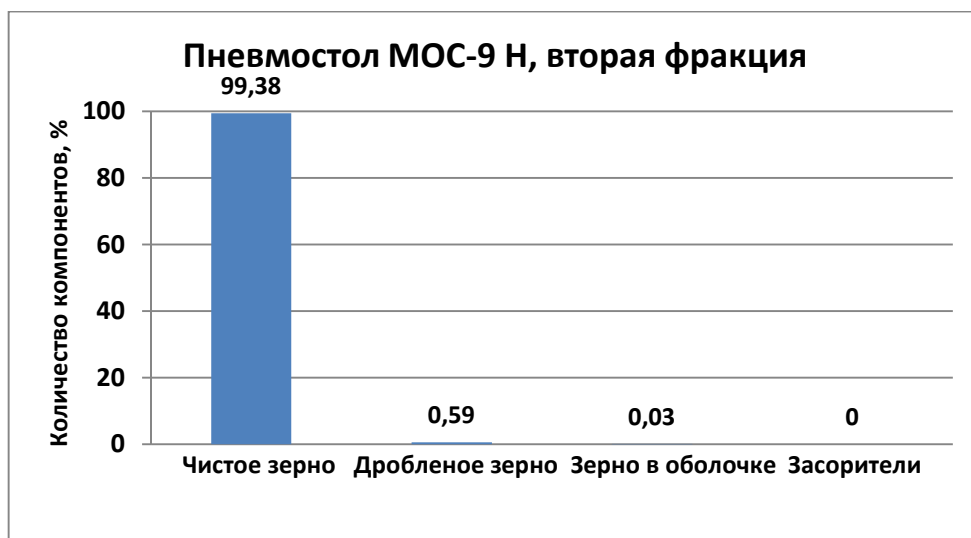


Рисунок 4.17 – Распределение компонентов второй фракции на выходе из пневмосортировального стола МОС-9 Н

В третью (отходовую) фракцию выделилось 10,9 % от общей массы зернового вороха, подаваемого на пневмосортировальный стол. Содержание целого зерна в нём составило 66,22 %, дроблёного – 33,36 %, в оболочке – 0,35 % и засорителей – 0,07 %. Содержащееся здесь целое зерно, является биологически неполноценным, так как лабораторная всхожесть семян в данной фракции составила 88,0 %, а масса 1000 зёрен – 25,27 г, что не отвечает требованиям ГОСТа для семенного материала. Данное зерно целесообразно использовать для фуражных целей, либо отправлять на доработку для получения товарного зерна.

Полученные данные по обработке зернового вороха пневмосортировальным столом МОС-9 Н, говорят о хорошей эффективности работы данной машины. На выходе из этой машины мы получаем зерно от основной и второй фракции, полностью отвечающее посевным кондициям. Благодаря точной регулировке пневмостола в третью (отходовую) фракцию выделилось практически всё биологически неполноценное зерно, а также оставшаяся часть дроблёных зерновок, засорителей и зерна в оболочке.

Обобщая полученные данные по работе предлагаемой семяочистительной линии можно сделать вывод о её эффективности. Из полученных данных видно, что на выходе из семяочистительной линии, мы получаем семенной материал, полностью отвечающий требованиям ГОСТа.

На основе проведенных исследований, при подготовке семян пшеницы, рекомендуем семяочистительную линию, которая включает в себя завальную яму, загрузочную норию, воздушно-решётную зерноочистительную машину, настроенную на режим фракционирования, триерный блок, пневмосортировальный стол и две промежуточные норрии, одна из которых снабжена делителем, для подачи зернового вороха в триерный блок, либо сразу на пневматический сортировальный стол. Отключение триерного блока, а соответственно и дополнительной норрии, установленной на выходе из него, при подготовке пшеницы на семенной материал, с условием низкой засорённости ис-



ходного вороха, можно обосновать экспериментальными данными. Это можно сделать, сравнив результаты анализов, проведённые на зерновом ворохе при подаче в триерный блок и на выходе из него (рис. 4.7, 4.8). После обработки зернового вороха триерным блоком, состав компонентов зернового вороха изменился незначительно. Средневзвешенное содержание дроблёных зерновок увеличивается на 0,17 % после обработки триерным блоком и ещё на 0,1 % после прохождения зернового вороха через норию (рис. 4.9). В целом после обработки зернового вороха триерным блоком и прохождения его через норию, дробление увеличилось на 0,3 %, при незначительном изменении других показателей.

Такое техническое решение позволит, не исключать, а отключать триерный блок по мере необходимости, что снизит затраты на демонтаж и упростит переоборудование существующей семяочистительной линии. Кроме того, при обработке не сильно засорённого исходного вороха, данное техническое решение, позволит получать более качественный семенной материал с наименьшими затратами, за счёт снижения энергозатрат на работу триерного блока и дополнительной промежуточной норией. Несмотря на положительный эффект от отключения триерного блока полное его исключение, также является нецелесообразным. Так как, практически во всех хозяйствах осуществляется производство различных зерновых культур, например овса, обработка которого не представляется возможной без применения триерного блока. Также без применения триерного блока не обойтись при обработке сильно засорённого зернового вороха. Поэтому в современных крупных хозяйствах по возделыванию зерновых, необходимо устанавливать универсальные технологические линии, для обработки различных видов зерновых культур. Также должно учитываться состояние исходного вороха и требования, предъявляемые к конечному продукту, то есть получения семенного материала или товарного зерна.

Линия в таком виде, при подготовке семенного материала пшеницы, с низкой засорённостью исходного вороха, позволяет отключить триерный

блок и соответствующее транспортирующее устройство для подачи зерна, в данном случае ковшовую норию. При этом уменьшается протяженность семяочистительной линии, а, следовательно, и травмирование зерна норией и шнеком, установленном в овсюжном цилиндре триерного блока. Так же, отключение промежуточной норией и триерного блока позволит снизить энергозатраты. Всё это ведёт к улучшению качества семенного материала и удешевлению процесса его послеуборочной обработки [110].

#### 4.8. Выводы

Анализ результатов экспериментальных исследований позволил сделать следующие выводы:

1. Большая часть зернового вороха выделилась на решётах с шириной отверстий более 2,6 мм. Выделенное при этом зерно имеет высокую массу 1000 зёрен, более хорошие показатели стекловидности и содержания клейковины, в нем содержится меньше дроблёного и травмированного зерна, а также засорителей, чем в зерновом ворохе, выделенном на решётах с шириной отверстий меньше 2,6 мм.

2. На первоначальной стадии послеуборочной обработки зерновой ворох необходимо разделять на семенную, фуражную и отходную фракции. В семенную фракцию необходимо выделять зерновки размером 2,6 мм и более, а в фуражную менее 2,6 мм (для данного зернового вороха). Для этого в семяочистительной линии целесообразно использовать высокопроизводительную воздушно-решётную зерноочистительную машину, настроенную на режим фракционирования.

3. При комплектовании семяочистительных линий необходимо уменьшать количество транспортирующих органов (норий), так как они травмируют зерновки рабочими органами и тем самым ухудшают качество посевного материала. После прохождения зернового вороха через норию наблюдается увеличение процента поврежденных зерновок на 0,2 %.

4. После обработки зернового вороха триерным блоком содержание целого зерна увеличилось на 0,26 %, количество дроблёных зерновок увеличилось на 0,17 %, содержание зерна в оболочке и засорителей снизилось на 0,37 и 0,05 % соответственно. Состав компонентов зернового вороха до и после обработки триерным блоком Petkus K-236 А, изменился незначительно. Полученные данные говорят о нецелесообразности использования триерного блока в данной семяочистительной линии при подготовке семенного материала. Подключение триерного блока рекомендуется в случае сильной засоренности вороха и при обработке определённых культур.

5. После обработки зернового вороха на машине окончательной очистки МОС-9 Н, мы получаем в первой и во второй фракции зерно, полностью отвечающее требованиям, предъявляемым к семенному материалу. В третью фракцию выделилось фуражное зерно. То есть после обработки данной машиной в фуражную фракцию выделилось биологически неполноценное зерно и трудновыделимые примеси, отличающиеся от основной фракции по плотности.

6. При настройке воздушно-решетной зерноочистительной машины на режим фракционирования в семяочистительной линии, необходимо отключать триерный блок, что позволит сократить количество транспортирующих органов и снизить энергозатраты, при определённом улучшении качества семян.

## **5. Экономическая оценка эффективности производства семян пшеницы на предлагаемой семяочистительной линии**

### **5.1. Исходные данные и расчёт прибыли от повышения качества семян за счёт реконструкции семяочистительной линии**

В результате проведенных исследований было установлено, что применение предлагаемой семяочистительной линии позволит повысить качество семенного материала пшеницы.

Целью экономического обоснования является определение экономической целесообразности применения предложенного технического решения.

Объектом для сравнения выбрали технологическую линию для подготовки семенного материала, включающую в себя завальную яму, загрузочную норию, воздушно-решётную зерноочистительную машину Petkus К-547, промежуточную норию, триерный блок Petkus К-236 А, промежуточную норию и пневмосортировальный стол МОС-9 Н.

Для получения семенного материала высокого качества было предложено усовершенствовать данную технологическую линию. Воздушно-решетную зерноочистительную машину необходимо настраивать на режим фракционирования с подбором соответствующих решет. Триерный блок необходимо отключать при подготовке семенного материала и подавать обрабатываемый ворох, при помощи делителя, установленного в верхней головке промежуточной норрии, непосредственно на пневмосортировальный стол. Тем самым мы избежим дополнительного воздействия промежуточной норрии при подготовке семенного материала [131].

Экономическая эффективность от реализации предложенного варианта зерноочистительного агрегата при подготовке семенного материала достигается за счет снижения энергозатрат, потребляемых триерным блоком Petkus К-236 А и норрией, которые, как показали исследования ухудшают качество семян, а так же за счет повышения качества семенного материала и реализации его по более выгодной цене.

Исходные данные для расчета годового экономического эффекта от реконструкции данной технологической линии приведены в таблице 5.1.

Заработную плату на проведение демонтажа и монтажа оборудования определим из следующих условий. При проведении работ привлекаем четырех слесарей 7-го разряда и сварщика 5-го разряда. Работы проводим за 10 дней, продолжительность смены - 7 часов.

Тарифная ставка слесаря 7-го разряда

$$T_{\text{сл}} = 82,7 \text{ руб./ч.}$$

Тарифная ставка сварщика 5-го разряда

$$T_{\text{св}} = 84,0 \text{ руб./ч.}$$

Затраты на демонтаж и монтаж оборудования определим по формуле

$$Z_{\text{д.м.}} = D_{\text{сл}} \cdot n_{\text{сл}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_{\text{сл}} + D_{\text{св}} \cdot n_{\text{св}} \cdot T_{\text{св}} \cdot H_{\text{св}}, \text{ руб.}, \quad (5.1)$$

где  $D_{\text{сл}}$ ,  $D_{\text{св}}$  – время работы слесаря и сварщика, сут;  $n_{\text{сл}}$ ,  $n_{\text{св}}$  – количество слесарей и сварщиков;  $H_{\text{сл}}$  и  $H_{\text{св}}$  – трудоемкость слесаря и сварщика в час.

$$Z_{\text{д.м.}} = 10 \cdot 4 \cdot 82,7 \cdot 7 + 10 \cdot 84,0 \cdot 7 = 23156 + 5880 = 29036 \text{ руб.}$$

Таблица 5.1. Исходные данные для расчета экономического эффекта от реконструкции технологической линии.

Показатели	Обозначение	Единица измерения	Варианты	
			базовый	экспериментальный
1	2	3	4	5
Стоимость загрузочной норрии	$C_{1э}$	руб.	-	135350
Стоимость машины Petkus К-547	$C_{2э}$	руб.	-	800000
Стоимость двух промежуточных норрий	$C_{3э}$	руб.	-	240000
Стоимость триерного блока Petkus К-236 А	$C_{4э}$	руб.	-	400000

Продолжение таблицы 5.1.				
1	2	3	4	5
Стоимость пневмосортировального стола МОС-9 Н	$C_{5a}$	руб.	-	420000
Стоимость делителя	$C_{6a}$	руб.	-	10000
Стоимость загрузочной норрии	$C_{16}$	руб.	135350	-
Стоимость машины Petkus К-547	$C_{26}$	руб.	800000	
Стоимость двух промежуточных норрий	$C_{36}$	руб.	240000	-
Стоимость триерного блока Petkus К-236 А	$C_{46}$	руб.	400000	-
Стоимость пневмосортировального стола МОС-9 Н	$C_{56}$	руб.	420000	-
Коэффициент перевода оптовой цены в балансовую, учитывающий затраты на поставку, сборку и регулировку машин	$M$	-	1,2	1,2
Использование автотранспорта	$C_7$	руб.	-	16500
Зарботная плата на проведение демонтажа и монтажа оборудования	$C_8$	руб.	-	29036
Годовая нормативная загрузка машин	$T$	ч	400	400
Производительность на очистке семян	$Q$	т/ч	10	10
Количество обслуживающего персонала	$L$	чел.	1	1

Продолжение таблицы 5.1.				
1	2	3	4	5
Тарифная ставка оператора	$C$	руб./чел. ч	54,6	54,6
Установленная мощность электродвигателя	$N$	кВт	38,75	33,55
Стоимость электроэнергии (с НДС)	$C_э$	руб./кВт – ч	3,7	3,7
Цена продукции (семенной материал)	$C_n$	руб./т	10500	11500
Продолжительность смены	$t_c$	Ч	8	8
Количество смен работы предприятия в сутки	$n_c$	-	2	2
Отчисления на реновацию	$A$	%	14,3	14,3
Коэффициент отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание	$N_p$	%	10,1	10,1
Срок службы технологической линии	$T$	Лет	9,0	9,0
Учетная годовая ставка процента по кредитам банка или вкладу в банк	$NS$	%	14,0	14,0
Цена технологической линии	$C$	руб.	1995350	2034386

Затраты на дополнительные капитальные вложения:

$$З = (Ц_э - Ц_б) / T, \quad (5.2)$$

где  $Ц_б$  – цена базовой технологической линии, руб;  $Ц_э$  – цена экспериментальной технологической линии, руб;  $T$  – срок службы технологической линии, лет.

$$З = (2034386 - 1995350) / 9 = 4337,3 \text{ руб.}$$

Оптимальным сроком уборочных работ является период 10...12 дней. В течение 12 дней при двухсменной работе при обработке зернового вороха пшеницы будет обработано:

$$Q = q \cdot t_c \cdot n_c \cdot n_d \cdot \tau, \text{ т}, \quad (5.3)$$

где  $q$  – производительность машины, т/ч;

$t_c$  – продолжительность смены, ч;

$n_c$  – количество смен;

$n_d$  – количество дней работы;

$\tau$  – коэффициент использования времени смены,

При  $t_c=8\text{ч}$ ;  $n_c=2$ ;  $n_d=12$ ;  $\tau=0,85$  будет обработано зерна

$$Q = 10 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 = 1632, \text{ т}$$

При использовании базового и экспериментального вариантов, получим 1632 т семенного материала. За счет улучшения качества материала в усовершенствованной технологической линии, получим следующую прибыль от реализации продукции.

$$П_p = Q \cdot Ц_n \quad (5.4)$$

Базовый вариант:

$$П_p = 1632 \cdot 10500 = 17136000, \text{ руб.}$$

Экспериментальный:



$$П_p = 1632 \cdot 11500 = 18768000, \text{ руб.}$$

Прибыль от реализации семян, полученных после обработки, экспериментальной технологической линией составит:

$$\Delta П_p = 18768000 - 17136000 = 1632000, \text{ руб.}$$

## 5.2. Расчет годового экономического эффекта от реконструкции семяочистительной линии

Расчет показателей экономической эффективности проводим в соответствии с ГОСТ 23728-88 – 23730-88 [41] и рекомендациями [35, 36].

Экономия прямых эксплуатационных затрат на единицу наработки складывается из изменения затрат на реновацию, текущий ремонт и техническое обслуживание и затрат на электроэнергию.

$$\Delta I_{y\partial} = (A_6 - A_3 + R_6 - R_3 + \Gamma_6 - \Gamma_3), \text{ руб./т}, \quad (5.5)$$

где  $\Delta I_{y\partial}$  – экономия прямых эксплуатационных затрат на единицу наработки, руб./т;

$A_6, A_3$  – затраты на реновацию базовой и экспериментальной технологической линии, руб./т;

$R_6, R_3$  – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание базовой и экспериментальной технологической линии, руб./т;

$\Gamma_6, \Gamma_3$  – затраты на электроэнергию для базовой и экспериментальной технологической линии, руб./т.

$$A = \frac{B_c \cdot a}{100t \cdot q}, \text{ руб./т}, \quad (5.6)$$

где  $B_c = 1,2$  Ц – балансовая стоимость технологической линии, руб.

Базовый вариант:

$$A_6 = \frac{1,2 * 1995350 * 14,3}{100 * 400 * 10} = 85,6 \text{ руб./т},$$

Экспериментальный вариант:

$$A_3 = \frac{1,2 * 2034386 * 14,3}{100 * 400 * 10} = 87,3 \text{ руб./т}.$$

Удельные затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание технологической линии:

$$R = \frac{B_c \cdot N_p}{100 \cdot t \cdot q}, \text{ руб} / \text{ м}, \quad (5.7)$$

Базовый вариант:

$$R_6 = \frac{1,2 \cdot 1995350 \cdot 10,1}{100 \cdot 400 \cdot 10} = 60,5 \text{ руб} / \text{ м},$$

Экспериментальный вариант:

$$R_3 = \frac{1,2 \cdot 2034386 \cdot 10,1}{100 \cdot 400 \cdot 10} = 61,6 \text{ руб} / \text{ м}.$$

Удельные затраты на электроэнергию:

$$\Gamma = \frac{N \cdot C_3}{q}, \text{ руб} / \text{ м} \quad (5.8)$$

Базовый вариант:

$$\Gamma_6 = \frac{38,75 \cdot 3,7}{10} = 14,34 \text{ руб} / \text{ м},$$

Экспериментальный вариант:

$$\Gamma_3 = \frac{33,55 \cdot 3,7}{10} = 12,41 \text{ руб} / \text{ м}.$$

Годовые прямые эксплуатационные затраты определяем по формуле:

$$\Delta И = (A_6 - A_3 + R_6 - R_3 + \Gamma_6 - \Gamma_3) \cdot q \cdot t, \text{ руб}. \quad (5.9)$$

$$\Delta И = - (85,6 - 87,3 + 60,5 - 61,6 + 14,34 - 12,41) \cdot 10 \cdot 400 = 3480 \text{ руб}.$$

Годовой экономический эффект с учетом дополнительных капитальных вложений составит:

$$\mathcal{E}_z = \Delta\Pi_p - \Delta И - З, \text{ руб.} \quad (5.10)$$

$$\mathcal{E}_z = 1632000 - 3480 - 4337 = 1624183 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{-l_n \left(1 - \frac{K_o \cdot NS}{\mathcal{E}_z}\right)}{l_n (1 + NS)}, \quad (5.11)$$

где  $K_o$  – дополнительные капитальные вложения для реализации технологической линии, руб.;  $NS$  – коэффициент, отражающий учетную годовую ставку процента по кредитам банка или вкладу в банк ( $NS = 0,14$ ).

$$T_{ок}^3 = \frac{-l_n \left(1 - \frac{2034386 \cdot 0,14}{1624183}\right)}{l_n (1 + 0,14)} = 1,47$$

Экономический эффект за срок службы технологической линии определим по формуле сложных процентов:

$$K_m = \mathcal{E}_z \cdot \frac{(1 + NS)^T - 1}{NS}, \quad (5.12)$$

где  $T$  – срок службы технологической линии, лет;

$$K_m = 1624183 \cdot \frac{(1 + 0,14)^9 - 1}{0,14} = 26125541 \text{ руб.}$$

Годовой коэффициент эффективности капитальных вложений, показывающий среднюю годовую относительную величину прироста суммы экономического эффекта, определяем по формуле:

$$E_t = \left( \frac{K_m}{K_o} \right)^{1/T} - 1 \quad (5.13)$$

$$E_t = \left( \frac{26125541}{2034386} \right)^{1/9} - 1 = 0,33$$

Данные сравнительных показателей экономической эффективности от использования реконструированной технологической линии представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Сравнительные показатели эффективности использования реконструированной технологической линии

Наименование показателей	Значение показателей по вариантам	
	Базовый	Экспериментальный
Затраты на реновацию на единицу наработки, руб./т	85,6	87,3
Затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание на единицу наработки, руб./т	60,5	61,6
Затраты на электроэнергию, руб./кВт·ч	14,34	12,41
Дополнительные капитальные вложения, тыс. руб.	-	2034
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	-	1,47

Продолжение таблицы 5.2		
Годовой коэффициент эффективности капитальных вложений	-	0,33
Экономический эффект за срок службы, тыс. руб.	-	26125

Как показал расчет экономической эффективности, использование реконструированной семяочистительной линии с применением фракционной технологии является целесообразным. Годовой экономический эффект от внедрения предложенного технологического решения составил 2903 тыс. руб., размер экономического эффекта, который можно накопить за 9 лет, составляет 26125 тыс. руб.  $[(E_t = 0,33) > (NS=0,14)]$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для получения семян высокого качества и снижения затрат на послеуборочную обработку целесообразно использовать технологические линии, предназначенные для подготовки семенного материала, с минимальной протяжённостью. Так как большая протяжённость семяочистительных линий увеличивает количество механических воздействий на зерновку и тем самым снижает посевные качества семян.

2. Обоснованы процессы разделения зернового вороха по размерам и аэродинамическим свойствам, позволяющие определить размеры отверстий решёт и скорость воздушного потока при настройке воздушно-решётных машин на режим фракционирования.

3. По результатам лабораторных исследований выявлено, что после обработки зернового вороха триерным блоком содержание целого зерна увеличилось на 0,26 %, количество дробленых зерновок увеличилось на 0,17 %, содержание зерна в оболочке и засорителей снизилось на 0,39 и 0,05 соответственно. Состав компонентов зернового вороха до и после обработки триерным блоком К-236 А практически не изменился, а качество ухудшилось. Поэтому, при подготовке семенного материала рекомендуется отключать триерный блок и подавать зерновой ворох непосредственно на пневмосортировальный стол, минуя тем самым дополнительную норию, негативно влияющую на семенной материал пшеницы.

4. На основе проведённых исследований, рекомендуем семяочистительную линию, которая включает в себя завальную яму, загрузочную норию, воздушно-решётную зерноочистительную машину Petkus К-547, настроенную на режим фракционирования, триерный блок, с возможностью его отключения при подготовке семян, пневматический сортировальный стол МОС-9 Н и две промежуточные нории, одна из которых снабжена делителем в верхней головке для изменения направления подачи зернового вороха.

5. Обобщая полученные данные по работе предлагаемой семяочистительной линии можно сделать вывод об её эффективности. Из получен-

ных данных видно, что на выходе из семяочистительной линии, мы получаем семенной материал, полностью отвечающий требованиям ГОСТа.

6. Расчетный годовой экономический эффект от работы предлагаемой семяочистительной линии составит 2903 тыс. рублей, размер экономического эффекта за срок службы составит 26125 тыс. рублей.



**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович, С.Ю. Крашенников, А.Н. Секундов, И.П. Смирнов - М.: Наука, 1984. – 716с.
2. Авдеев А.В. Анализ работы зерноочистительной техники на комбайновом ворохе голозерного материала / А.В. Авдеев, Е.Ц. Эрдынеева // Тракторы и сельхозмашины. - 2003.- № 9.- С.23 - 25.
3. Авдеев А.В. Перспективы механизации послеуборочной обработки зерна /А.В. Авдеев// Тракторы и сельхозмашины.-2002.- № 5.- С.18-23.
4. Андреев В.Л. Повышение эффективности очистки семян зерновых культур в условиях евро-северо-восточного региона путём разработки и совершенствования технологий и воздушно-решётных машин: автореф. дис. ... док. техн. наук / В.Л. Андреев. - Киров, 2005. – 40с.
5. Анискин В.И. Возродить отечественную базу машинной обработки зерна и подготовки семян /В.И.Анискин, Э.В. Жалнин, А.Н. Зюлин, А.Г. Чижиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М., 1999. № 12. - С. 9 – 11.
6. Бабченко В.Д. Исследование процесса сепарации на пневматическом сортировальном столе / В.Д. Бабченко // Сельскохозяйственные машины и технологии – М.: 2014. № 12. – С. 34 – 38.
7. Барков К.М. Основные элементы теории сепарирования семян воздушным потоком / К.М. Барков // Тр. ВИМа – М., 1935. – Т.1. – С.3 - 54.
8. Безручкин И.П. Исследование аэродинамических свойств зерна в вертикальном потоке / И.П. Безручкин // Сельскохозяйственная машина. – 1936. - №3. – С.16 - 22.
9. Блехман И.И. Вибрационная механика - развитие общего подхода, новые результаты и приложения / И.И. Блехман // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики сборник докладов– М.: 2015. – С. 482 – 484.

10. Богданов И.Н. Пневматический транспорт в сельском хозяйстве / И.Н. Богданов. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 128с.
11. Бодртдинов А.З. Послеуборочная обработка зерна и семян / А.З. Бодртдинов. – Казань, 1998. – 72с.
12. Бодртдинов А.З. Послеуборочная обработка зерна и семян / А.З. Бодртдинов. – Казань, 2001. – 80с.
13. Бурков А.И. Семейство высокоэффективных универсальных пневмосепараторов / А.И. Бурков, А.П. Роцин // Техника и оборудование для села. – 2008. - №11.- С. 16 - 18.
14. Бурков А.И. Машины для послеуборочной обработки семян трав / А.И. Бурков, Н.Л. Конышев, О.П. Роцин. – Киров.: НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 208с.
15. Бурков А.И. Повышение эффективности функционирования пневмосистем зерно- и семяочистительных машин совершенствованием их технологического процесса и основных рабочих органов: дис. ... док. тех. наук: 05.20.01 / А.И. Бурков. – Киров, 1993. – 500с.
16. Бурков А.И. Эффективный диаметральный вентилятор для зерно- и семяочистительных машин / А.И. Бурков, О.П. Роцин, В.И. Исупов // Тракторы и сельхозмашины. – 2002. - №11. - С.30 - 32.
17. Бурков А.И. Зерноочистительная универсальная / А.И. Бурков // Сельский механизатор. – 2005. - №5.- С.8.
18. Бурков А.И. Влияние поворотного клапана на процесс работы разделительной камеры универсального пневмосепаратора / А.И. Бурков, А.Л. Глушков, В.А. Лазыкин // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. – 2013. – № 6. С. 60 – 64.
19. Бурков А.И. Модернизация очистительного отделения КЗС – 25Ш /А.И. Бурков // Земледелие. - 2006. – №5. –С. 35-37.
20. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследования, расчет и испытание/ А. И. Бурков, Н. П.Сычугов–Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000.–261 с.

21. Бушуев Н.М. Семяочистительные машины. Теория, конструкция и расчёт / Н.М. Бушуев. – Москва – Свердловск: Машгиз, 1962. – 238с.
22. Быков В.С. Интенсификация процесса плоскорешетной сепарации за счет высокочастотных вибраций / В.С. Быков// Совершенствование технологий и технических средств для механизации процессов в растениеводстве: сб. науч. тр./ Воронеж. госуд. аграрный ун-т. - Воронеж, 1994. - С. 52-60.
23. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – 8-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.: ил.
24. Веденяпин В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / В.Г. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
25. Влияние схемы размещения решет в решетном стане на фракционирование зернового вороха / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.А. Сундеев, В.В. Шередекин, А.М. Гиевский // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. - № 3. – С. 32-34.
26. Волосевич Н.П. Машины для послеуборочной обработки зерна / Н.П. Волосевич, А.В. Дружкин. – Саратов, 1973. – 84с.
27. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных/ В.Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 254 с.
28. Воронов Ю.И. Сельскохозяйственные машины / Ю.И. Воронов, Л.Н. Ковалев, А.Н. Устинов – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропром издат, 1990 – 254 с.
29. Гехтман А.А. Семяочистительная машина МВО-20 / А.А. Гехтман, Н.К. Панкратов, М.Д. Правдивцева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. - №11. – С.36 - 37.
30. Гиевский А.М. Пневмоинерционный сепаратор вороха семенников трав / А.М. Гиевский, А.Н. Чибисов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. - №5. – С.8 - 9.

31. Гималов Х.Х. Пневмофракционная очистка семян / Х.Х. Гималов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. - №3. – С.50 - 52.
32. Гладков Н. Г. Зерноочистительные машины / Н.Г. Гладков. – М.: Машгиз, 1961. – 368с.
33. Голик М.Г. Научные основы обработки зерна в потоке / М.Г. Голик, В.Н. Демидович, Б.Е. Мельник. – М.: Колос. – 1972. – 129с.
34. Гончаревич И.Ф. Вибрационная техника в пищевой промышленности / И.Ф. Гончаревич, Н.Б.Урьев, М.А. Талейсник. – М.: Пищ. пром-ть, 1977. - 280 с.
35. Горланов С.А. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов студентов инженерных факультетов / С.А. Горланов, Н.Т. Назаренко, Е.В. Злобин. – Воронеж : ВГАУ, 2000. – 37 с.
36. Горланов С.А. Экономическая оценка проектных разработок в АПК : учеб. – метод. пособие. Ч. 1. Методические указания / С.А. Горланов, Е.В. Злобин. – Воронеж : ВГАУ, 2002. – 66 с.
37. Гортинский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304с.
38. Горячкин В.П. Земледельческая механика / В.П. Горячкин // Соч. В 7 т. - М.: ВАСХНИЛ, 1937. – Т.2. – 258 с.
39. Гриднева Г.А. Структура воздушных потоков в каналах предварительной очистки зерноочистительных машин / Г.А. Гриднева, Г.Е. Травина. – Зап. Ленинградский СХИ. – Л., 1972. - т. 202. – С.60 - 64.
40. Грозубинский В.А. Комплексная оценка эффективности сепарации / В.А. Грозубинский, В.В. Дудка // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - №1. – 1986. – С.53 - 54.
41. ГОСТ 23728-88 – 23730-88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Взамен ГОСТ 23728-79 : введ. 01.01.79. – М. : Стандартинформ, 2009. – 25 с.

42. ГОСТ 12041-82. Семена сельскохозяйственных культур. Переизд. с изм. 1. – Взамен ГОСТ 12041-66: кроме части семян сахарной свеклы: введ. 01.07.83 до 01.07.93 // Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. – М.: Стандартиформ, 2011.
43. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. – Переизд. с изм. №2 взамен ГОСТ 12036-66; введ. 01.07.86 до 01.07.96 // Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. Ч.2. –М., Стандартиформ, 2011.
44. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести, введ. 1986.07.01. –М.: Стандартиформ, 2011. – 11с.
45. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян, введ. 1981.07.01. –М.: Стандартиформ, 2011.–5с.
46. ГОСТ 30483 - 97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зёрен и крупностей; содержания зёрен пшеницы; повреждённых клопом - черепашкой; содержания металломагнитной примеси. Взамен ГОСТ 13586.2-81; введ. 1998.07.01. - М.: Стандартиформ, 2009. – 21 с.
47. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. введ. 2006.01.01. – М.: Изд- стандартов, 2005.– 24 с.
48. ГОСТ Р 52554-2006. Пшеница. Технические условия. введ. 2006.07.09. –М.: Изд-стандартов, 2006. –17с.
49. Демский А.Б. Комплектные зерноперерабатывающие установки малой мощности / А.Б. Демский. – М.: Колос, 2004. – 256с.
50. Демский А.Б. Основные направления совершенствования пневмосепарирующего зерноочистительного оборудования / А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев. - М.: ЦНИИТЭлегпищемаш. - 1978. – 73с.

51. Дондоков Ю.Ж. Проблемы создания универсальных зерно - семяочистительных машин / Ю.Ж. Дондоков // Тракторы и сельхозмашины. 2002. - № 4.– С.30 - 31.
52. Дринча В.М. Качество зернового материала и эффективность послеуборочной обработки / В.М. Дринча, И.Г. Зубаилов // Тракторы и сельхозмашины. 2002. - № 9.– С.31 - 34.
53. Дрогалин К.В. Очистка семян от трудноотделимых примесей / К.В. Дрогалин. - М.: Колос, 1978. – 126с.
54. Егоров В.Г. Инновационные технологии возделывания новых сортов зерновых культур интенсивного типа / Егоров В.Г., Леонова Е.В. // В сборнике: инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: А.Ю. Измайлов. 2014. С. 45-50.
55. Егоров В.Г. Внедрение точного земледелия в зерновом хозяйстве центрального нечерноземья / Егоров В.Г., Измайлов А.Ю., Леонова Е.В., Личман Г.И.// Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2014 —№ 3 - с.15-19.
56. Егоров В.Г. Некоторые аспекты технического и компьютерного обеспечения точных технологий производства зерна в црнз / Егоров В.Г., Леонова Е.В., Попов В.Ф., Пупынин В.М., Тафинцев В.К.// АгроЭкоИнфо. – 2010. № 2. С. 8.
57. Егоров В.Г., Леонова Е.В. Техника для точных технологий производства зерна в ЦРНЗ / Егоров В.Г., Леонова Е.В. // «АгроЭкоИнфо», 2009, №1, <http://agroekoinfo/narod/ru/journal/STATY/2009/1>
58. Елизаров В.П. Контейнерная система для заготовки семян зерновых и зернобобовых культур / В.П. Елизаров, Н.Е. Евтюшенков, М.Л. Крюков, Г.А. Калинин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2014. - № 2. - С. 10 - 13.

59. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 440с.
60. Еременко И.Ф. Изменение параметров воздушного потока по длине зерновой струи / И.Ф.Еременко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. - №3. – С.18 - 20.
61. Ермольев Ю.И. Интенсификация процесса сепарации зерна / Ю.И. Ермольев, М.В. Шелков, Н.Ф. Турищев, А.Н. Кремнев, А.А. Гехтман // Техника и оборудование для села. – 2002.–№10. –С. 13-15.
62. Ермольев Ю.И. Интенсификация технологических операций в воздушно-решетных зерноочистительных машинах/ Ю.И. Ермольев. – г. Ростов-на – Дону: Издательский центр ДГТУ, 1998 – 496 с.
63. Ермольев Ю.И. Фракционные технологии семенной очистки зерна / Ю.И. Ермольев, М.Н. Московский, М.В. Шелков, А.В. Бутовченко // Тракторы и с.-х. машины.–2005.–№ 6.–С. 23-25.
64. Ермольев Ю.И. Повышение эффективности работы зерноочистительного агрегата ЗАВ-40 / Ю.И. Ермольев, С.И. Василенко, В.Н. Бобриков // Техника в сел. хоз-ве. – 1985. - № 9. – С. 39-40.
65. Ермольев Ю.И. Анализ показателей процесса пневмосепарации зернового материала в пневмосепараторе / Ю.И. Ермольев, А.А. Дорошенко, А.В. Бутовченко, С.В. Горювая // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Сборник статей 9-й международной научно-практической конференции в рамках 19-й международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2016". 2016. –С. 40-43.
66. Завалишин Ф.С. Методы исследования по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – М.: Колос, 1982. – 232 с.
67. Завод по производству зерноочистительного и зернопогрузочного оборудования «Агротек» : [Электронный ресурс] // Зерноочистительные машины. URL: [http://www.agrtek.ru/product/zernoochistiteli\\_petkus/](http://www.agrtek.ru/product/zernoochistiteli_petkus/) (Дата обращения: 12.04.2014 г.)

68. Заика П.М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин/П.М. Заика. - М.: Машиностроение, 1977. - 287 с.
69. Захарченко И.В. Послеуборочная обработка семян в нечернозёмной зоне / И.В. Захарченко. – М.: Россельхоз, 1983. – 263с.
70. Злочевский В.Л. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов / В.Л. Злочевский // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. –1984. -№1. – С.73-79.
71. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / Ф.Г. Зуев. – М.:Колос, 1976. – 344с.
72. Зюлин А.Н. Зависимость чистоты зерна от состава исходного вороха при пневмоинерционной сепарации / А.Н. Зюлин // Механизация уборки зерновых культур: Тр. / ВАСХНИЛ. М., 1985. - С.35 – 39.
73. Зюлин А.Н. Математическое описание обобщенного признака разделения зерновых материалов сепаратором / А.Н. Зюлин // Сб. науч. тр./ВИМ, 1987 (1988). – Т.115. – С.24 - 41.
74. Зюлин, А.Н. Теоретические проблемы развития технологий сепарирования зерна/ А.Н. Зюлин // Труды ВИМ. -М., 1992. - 209 с.
75. Каплин И.Н. Исследование процесса сепарации вороха в аэродинамическом поле стока / И.Н. Каплин // Актуальные вопросы послеуборочной обработки зерна: Сб. рефератов /ВИМ. –М., 1973. – С.25 - 26.
76. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527с.
77. Климок А.Н. Зона рассеивания и характер траекторий при пневмосепарировании зерна пересекающимися потоками / А.Н. Климок, А.Л. Орлов. - Науч. техн. бюл./ ВАСХНИЛ СО. – Новосибирск, 1987. – Вып.35 – С.28 - 30.
78. Ковриков И.Т. Повышение равномерности распределения семян по пневмоканалу зерновых сепараторов / И.Т. Ковриков, И.Ш. Тавтилов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. - №7. - С.9 - 10.



79. Кожуховский Н.Е. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет и проектирование / Н.Е. Кожуховский. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение. – 1974. – 200с.
80. Коломеец П.А. Исследование свойств зернового вороха как объекта сепарирования воздушным потоком / П.А. Коломеец. – Тр./ЛСХИ - Ленинград-Пушкин, 1977. – Т.335. – с.49 - 53.
81. Коноплёв А.И. Как уменьшить травмирование семян в процессе очистки / А.И. Коноплёв // Зерновое хозяйство. – 1976. - №10.- С.42.
82. Красов В.Д. ГСКБ «Зерноочистка»: 50 лет / В.Д. Красов, Н.И. Грабельковский. – Воронеж: Изд-во НПО МОДЭК, 2006. – 192 с.
83. Косилов Н.И. Технологические принципы повышения производительности сепараторов зернового вороха / Н.И. Косилов // Совершенствование технологий и технических средств, для уборки урожая и послеуборочной обработки зерна: Тр. ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1987. - С.6 – 13.
84. Косилов Н.И. Повышение эффективности предварительной очистки зерна в хозяйствах / Н.И. Косилов, В.В. Пивень // Уральские нивы. - 1987. - №3. – С.54 - 55.
85. Кубышев В.А. Пути интенсификации процессов послеуборочной обработки зерна /В.А. Кубышев, [и др.] // Интенсификация процессов послеуборочной обработки зерна; труды ЧИМЭСХ. - Челябинск, 1974. - Вып. 87. - С. 6-12.
86. Кузнецов В.В. Оптимизация зерновых потоков при послеуборочной обработке./ Кузнецов В.В., Шмидт А.В., Гаджимурадов М.С. Воронеж: ВГАУ, 2001.-131с.
87. Лапшин И.П. Расчет и конструирование зерноочистительных машин /И.П. Лапшин, Н.И. Косилов – Курган: ГИПП «Зуралье», 2002. – 168 с.
88. Ловчиков А.П. Зерноочистительные машины [Текст] : учеб. пособие к лаб. раб. / А.П. Ловчиков, Р.А. Салыхов, Н.А. Кузнецов. – Челябинск : ЧГАА, 2010. – 159 с.

89. Летошнев М.Н. Очистка и сортирование семенного материала и зерноочистительные машины/ М.И. Летошнев - Л.: Гос. институт опытной агрономии, 1929. - 28 с.
90. Малис А.Я. Машины для очистки зерна воздушным потоком / А.Я. Малис, А.Р. Демидов. – М.: Машгиз, 1962. – 176с.
91. Матвеев А.С. К выбору формы сечения пневмосепарирующего канала / А.С. Матвеев // Тракторы и сельхозмашины. – 1971. - №9. - С.26 - 28.
92. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений)/ Тарасенко А.П., Солнцев В.Н., Гребнев В.П. и др.-М.:Колос,2002г.-203 с.
93. Механизация процессов послеуборочной обработки зерна в Новосибирской области: Рекомендации / РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибИМЭ; Подгот. Иванов Н.М., Синицын В.А., Климок А.И. и др. – Новосибирск, 2002. – 128с.
94. Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. пособие / Б.А. Журавлёв, Г.Я. Загольский, П.А. Овчинников и др.: под ред. Б.А. Журавлёва. – М.: Стройиздат, 1980. – 448с.
95. Нелюбов А.И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А.И. Нелюбов, Е.Ф. Ветров. – М.: Машиностроение, 1977. – 192с.
96. Нилов В.П. Методика проектирования пневмоинерционных сепараторов / В.П. Нилов / Совершенствование технологий и технических средств для уборки и послеуборочной обработки зерновых культур: Сб. науч. тр. – Челябинск, 1983. – С.68 - 71.
97. Окнин Б.С. Машины для послеуборочной обработки зерна / Б.С. Окнин, И.В. Горбачев, А.А. Терехин, В.М. Соловьёв. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238с.
98. Олейников В.Д. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна / В.Д. Олейников, В.В. Кузнецов, Г.И. Гозман. – М.: Колос,

1977. – 112с.

99. Оробинский В.И. Использование двухъярусных четырёхрешётных станков для фракционирования зернового вороха / В.И. Оробинский // Зерновое хозяйство. – 2006. - № 4. – С.18-19.

100. Оробинский В.И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации: автореф. дисс.....д-ра техн. наук/В.И. Оробинский; Воронежский ГАУ. - Воронеж ,2007 г.- 48с.

101. Оробинский В.И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации: дисс... д-ра с.-х. наук / В.И. Оробинский. – Воронеж, 2007. – 298 с.

102. Оробинский В.И. Фракционирование зернового вороха и качество семян / В.И. Оробинский // Тракторы и с.-х. машины. – 2006.- № 10. – С. 29-30.

103. Папин Б.Д. Взаимосвязь характеристик сепарирования при разных концентрациях зернового потока / Б.Д. Папин // Техника в сельском хозяйстве. - 1993. - №1.- С.10-12.

104. Пат. 2191639 Российская Федерация, МПК В 07 В9/00, А 01 F 12/44. Способ разделения зерновых смесей / Галкин В.Д., Галкин А.Д.; заявитель и патентообладатель Пермская государственная сельскохозяйственная академия им. Д.Н. Прянишникова. -№ 2000130408/03, 04.12.2000; опубл. 27.10.2002.

105. Пат. № 104490 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>В 07 В 1/30, В 07 В 1/46. Решетный стан / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.В. Чернышов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ВГАУ им. К. Д. Глинки №2010150434/03; заявл. 08.12.2010; Опубл.20.05.2011. Бюл.№14.

106. Петрусов А.И. Зерноперерабатывающие высокочастотные вибрационные машины / А.И. Петрусов– М.: Машиностроение, 1975. - 40 с.

107. Пивень А.В. О взаимодействии компонентов зернового вороха при разделении воздушным потоком / А.В. Пивень, В.А. Бондарь // Повыше-

ние производительности и качества работы зерноуборочных и зерноочистительных машин: Тр. /ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1986. – С.27 - 30.

108. Пикуза И.Ф. Теоретические основы новых методов сепарирования зерна / И.Ф. Пикуза. – Зап./ Казанский СХИ. – Казань-Йошкар-Ола, 1987. – 263с.

109. Приумов А.И. Аэродинамические основы инерционной сепарации / А.И. Приумов. – М.: Госстрой, 1961. – 256с.

110. Протокол №14-14-2006 (4070142) приемочных испытаний очистителя фракционного ОЗФ-80/40/20. – п. Камышин. – 2006. – 56 с.

111. Протокол №14-57-2005 (1070062) приемочных испытаний сепаратора вороха универсального СВУ-60. – п. Камышин, 2005. – 62с.

112. Рекомендации по влиянию современных зерноочистительных машин и оборудования на качество семян и выбор наиболее перспективных для разработки или реконструкции семяочистительных линий / Сост. А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, И.А. Резниченко, А.М. Гиевский, А.А. Сундеев, М.Э. Мерчалова, С.В. Чернышов, Д.Н. Мироненко. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2008. – 33 с.

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

114. Ряднов А.И. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологий и технических средств обмолота сельскохозяйственных культур / Бердышев В.Е., Цепляев А.Н., Ряднов А.И., Шапров М.Н., Шарипов Р.В., Дугин Ю.А., Цепляев В.А. // Волгоград, 2012.

115. Ряднов А.И. Вероятность вымолота и дробления зерна устройством предварительного обмолота хлебной массы / Ряднов А.И., Федорова О.А. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3. С. 188-193.

116. Ряднов А.И. Технология уборки зерновых культур с выделением ценных семян / Ряднов А.И.// Аграрная наука. 2004. № 6. С. 15.

117. Свиридов Л.Т. К обоснованию числа фракций при сортировании семян хвойных пород / Л.Т. Свиридов, А.Д. Голев // Лесное хозяйство Поволжья: сб. науч. тр.- Саратов, 1996. – Вып. 2.-С. 148-156.

118. Свиридов Л.Т. О вероятности просеивания семян на решётах/ Л.Т. Свиридов // Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 1995. – 13с. – Деп. в ВИНТИ 16,01,96, № 152 – В 96.

119. Свиридов Л.Т. О целесообразности сепарирования семян хвойных пород/ Л.Т. Свиридов, Б.М. Скрынников // Лесное хозяйство.- 1987. - №5. – С. 75-76.

120. Семенов А.Н. О некоторых закономерностях послойного «сухого» трения твердых тел / А.Н. Семенов, Б.И. Чайковский // Сб. тр. / «Земледельческая механика». – М.: Машиностроение, 1966. – Т.9. – С.315 – 326.

121. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур: рекомендации. / А.П. Тарасенко, В.И. Орбинский, А.М. Гиевский, М.Э. Мерчалова, А.В. Чернышов, С.В. Чернышов, А.С. Миронов, Н.Н. Сорокин, И.В. Горбачев, Ю.М. Шрейдер. – М.: «Росинформагротех», 2014. – 60 с.

122. Сорокин Н.Н. Методы определения микротравмирования семян / Н.Н. Сорокин // Ресурсосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве и технические средства их реализации: Матер. межрег. науч.-практ. конф. – Воронеж: Воронеж. гос. агр. ун-т, 2009. – С. 39

123. Сорокин Н.Н. Изыскание возможности экспресс-контроля качества зерна при послеуборочной обработке / Н.Н. Сорокин // «Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых» [Текст]: Воронеж. гос. технолог. акад. Воронеж, 2009. – С. 282-285

124. Сорокин Н.Н. Приборное обеспечение для настройки семяочистительных линий / Н.Н. Сорокин // «Наукоемкие технологии и материалы» (НТМ-2010): сб. тр. регион. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. - С. 88-89

125. Сорокин Н.Н. Улучшение качества семян и продовольственного зерна при послеуборочной обработке / Н.Н. Сорокин // «Инновационные технологии на базе фундаментальных научных разработок»: сб. тр. регион. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Воронеж, 2011. — С. 206-208

126. Сорокин Н.Н. Получение высококачественных семян и товарного зерна при послеуборочной обработке / Н.Н. Сорокин // Инновационные технологии и технические средства для АПК. –Ч.IV. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ.-2011.- С. 122-124

127. Сорокин Н.Н. Разработка методики и приборного блока для экспресс-контроля качества семян и товарного зерна. Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона. Сборник докладов.- Воронеж: Воронежский ЦНТИ, 2012. - С. 28-29

128. Сорокин Н.Н. Совершенствование технологических линий для послеуборочной обработки семян и зерна / Н.Н. Сорокин // Научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов Воронежской области Сборник докладов. – Воронеж: Воронежский ЦНТИ филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго РФ, 2013. – С. 147-150

129. Сорокин Н.Н. Влияние элементов семяочистительной линии на качество семян и зерна / Н.Н. Сорокин, А.П. Тарасенко // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Россия, Воронеж, 27-78 марта). – Ч.III./Коллектив авторов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – С. 89-95

130. Сорокин Н.Н. Состав поступаемого на послеуборочную обработку зернового вороха и распределение его компонентов по размерам / Н.Н. Сорокин // Международная научно-техническая конференция «Экологоресурсосберегающие технологии и системы в лесном и сельском хозяйстве» Сборник трудов. – Воронеж: ВГЛТА – РФФИ, 2014. №3 ч. 4 – С. 472-476

131. Сорокин Н.Н. Совершенствование процесса подготовки качественных семян / Н.Н. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. - № 9. – С. 25 – 26.
132. Сычугов Н.П. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав / Н.П. Сычугов, Ю.В. Сычугов, В.И. Исупов. – ФГУИПП «Вятка» - Киров, 2003. – 368с.
133. Сычугов Н.П. Повышение производительности пневмосепарирующего канала машин для предварительной очистки зерна / Н.П. Сычугов, А.И. Бурков // Тракторы и сельхозмашины. – 1986. - №2. - С.26 - 28.
134. Сычугов Н.П. Воздушные системы машин послеуборочной обработки зерна ( технологические схемы, теория, расчет ): дис. ... док. тех. наук: 05.20.01 / Н.П. Сычугов. – Киров, 1987. – 527с.
135. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента/ Л.З. Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
136. Тарасенко А.П. Совершенствование воздушно-решётной семяочистительной машины / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.А. Сундеев, В.В. Шередекин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. - №4. - С.3 - 5.
137. Тарасенко А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян / А.П. Тарасенко. – М.: КолосС, 2008. – 232 с.
138. Тарасенко А.П. Совершенствование пневмоинерционной очистки сепаратора / А.П. Тарасенко, Е.Е. Быкасов, М.В. Мурзин // Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства: Сб. науч. тр. – Воронеж. - 1998. – с.4 – 10.
139. Тарасенко А.П. Совершенствование процесса пневмосепарации в зерноочистительной машине с центробежным вентилятором / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.А. Сундеев, В.В. Шередекин, А.И. Королёв // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. - №9. - С.7 - 9.
140. Тарасенко А.П. Критическая скорость частиц в слое / А.П. Тарасенко, В.С. Быков // Совершенствование технологий и технических средств

для механизации процессов в растениеводстве: Сб. науч. тр. – Воронеж. – 1994. - С.60 - 68.

141. Тарасенко А.П. Фракционирование зернового вороха на решетках / Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Мерчалова М.Э., Чернышов А.В., Сорокин Н.Н.// Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 5. С. 26-29.

142. Тарасенко А.П. Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна/ Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Мерчалова М.Э., Сорокин Н.Н.// Лесотехнический журнал. 2014. Том 4 № 1 (13). С. 36-40.

143. Теленгатор М.А. Мастер по очистке семян / М.А. Теленгатор; - М.: Колос, 1975. – 112с.

144. Терсков Г.Д. Оптимальная скорость воздушного потока в сортировках и построение траектории движения зерна / Г.Д. Терсков // Сельскохозяйственная машина. – 1936. - №2. – С.15 - 18.

145. Терсков Г.Д. Расчет зерноуборочных машин / Г.Д. Терсков;- Москва - Свердловск: Машгиз, 1949. - 206 с.

146. Турбин Б.Г. Вентиляторы сельскохозяйственных машин. Теория и технологический расчёт / Б.Г. Турбин. – Л.: Машиностроение, 1968.– 160 с.

147. Указ Президента РФ от 3.01.2010 г. № 120«Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. –2010. –№5. – ст. 502.

148. Ульрих Н.Н. Научные основы очистки и сортирования семян/ Н.Н. Ульрих – М.-Л.: ВАСХНИЛ, 1937. - 87 с.

149. Урюпин С.Г. Аэродинамические свойства компонентов зернового вороха пшеницы / С.Г. Урюпин. – Докл.ТСХА. – М., 1980. – Вып. 259. - С.133 - 136.

150. Фетисов Н.А. О возможности повышения качества воздушной сепарации зернового вороха / Н.А. Фетисов, С.Я. Яковлев // Науч. тр. Омского СХИ, т.177 - 1978. - С.42 – 43.



151. Цециновский В.М. Технология обработки семян зерновых культур/ В.М. Цециновский. - М.: Колос, 1982. - 204 с.
152. Цециновский В.И. Теоретические основы разделения сыпучих смесей / В.М. Цециновский// Тр. ВНИИЗ.-М., 1951 . – Вып.23 .-С. 177-188.
153. Чернышов А.В. Совершенствование процесса фракционирования зернового вороха на решетном стане зерноочистительных машин: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Чернышов А.В. – Воронеж, 2011. – 126 с.
154. Чижиков А.Г. Послеуборочная обработка зерна в колхозах и совхозах / А.Г. Чижиков, Н.А. Добычин, В.С. Косихин, Г.И. Синьков. - М.: Колос, 1971. – 232с.
155. Шередекин В.В. Разделение сильнозасоренного вороха направленным воздушными потоками при пневмотранспорте: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Шередекин В.В. – Воронеж, 1998. – 144с.
156. Ямпиров С.С. Обоснование параметров сепаратора с каскадом решет для разделения зерновых смесей по длине частиц в поточных линиях производительностью 50 т/ч сельскохозяйственных зернообрабатывающих предприятий: дисс....канд. техн. наук. - М., 1984. - 174 с.
157. Ямпиров С.С. Математическая модель процесса сепарации зернового материала энергосберегающим сепаратором / С.С.Ямпиров, Ж.Б. Цыбенков // Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Технология и техника агропромышленного комплекса". – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. – С. 125-131.
158. Ямпиров С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо–энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян/ С.С. Ямпиров. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003.-262с.
159. Majumdar S., D.S. Jayas and S.J. Symons. 1999. Textural features for grain identification. *Agricultural Engineering Journal* 8(4):213-222.
160. Paliwal J., N.S. Visen and D.S. Jayas. 2001. Evaluation of neural network architectures for cereal grain classification using morphological features. *Journal of Agricultural Engineering Research* 79(4):361 -370.

161. Shahin M.A. and S.J. Symons. 2000. Comparison of scanners for grain grading by image analysis. ASAE Paper No. 00- 3096. St. Joseph, MI: ASAE.
162. Visen N.S., N.S. Shashidhar J. Palivval and D.S. Jayas. 2001. Identification and segmentation of occluding groups of grain kernels in a grain sample image. *Journal of Agriculture Engineering Research* 79(2): 159-166
163. Zayas I., H. Converse and J. Sieele. 1990. Discrimination of whole from broken corn kernels with image analysis. *Transactions of the ASAE* 33(5): 1642-1646.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Расчёт распределения исходного зернового вороха с р-рами отверстий сортировального решета 2,6 мм при полноте разделения 0,9...0,6

Полнота разделения 0,9

Р-р отв. решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделено вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,07	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,53	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	35,21	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	38,28	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	20,51	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	0,58	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	0,34	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	0,21	95,5	95,5	4,5	4,5	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,17	79,71	79,71	19,01	19,01	0	0	1,27	1,27	17,04
1,6	1,7	0,97	0,11	29,32	29,32	62,53	62,53	0	0	8,15	8,15	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

Полнота разделения 0,8

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделено вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,06	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,48	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	34,72	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	37,75	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	20,23	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	1,14	97,93	19,586	2,07	0,414	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	0,68	97,49	19,498	2,32	0,464	0	0	0,19	0,038	24,72
2	2,1	1,84	0,41	95,5	19,1	4,5	0,9	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,33	79,71	15,942	19,01	3,802	0	0	1,27	0,254	17,04
1,6	1,7	0,97	0,22	29,32	5,864	62,53	12,506	0	0	8,15	1,63	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45	2,21	0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,7

Р-р решёт , мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Цело е зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблен ое зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочк е	Зерно в оболочке (что оста лось)	Засорители	Засорите ли (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,04	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,43	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	34,25	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	37,24	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	19,95	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	1,68	97,93	29,379	2,07	0,621	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	1,00	97,49	29,247	2,32	0,696	0	0	0,19	0,057	24,72
2	2,1	1,84	0,60	95,5	28,65	4,5	1,35	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,49	79,71	23,913	19,01	5,703	0	0	1,27	0,381	17,04
1,6	1,7	0,97	0,32	29,32	8,796	62,53	18,759	0	0	8,15	2,445	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,6

Р-р решёт , мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Цело е зерно	Целое зерно (что осталось )	Дроблено е зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочк е	Зерно в оболочке (что оста лось)	Засорители	Засорите ли (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,03	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,38	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	33,79	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	36,74	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	19,68	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	2,21	97,93	39,17	2,07	0,83	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	1,32	97,49	39,00	2,32	0,93	0	0	0,19	0,08	24,72
2	2,1	1,84	0,80	95,5	38,20	4,5	1,8	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,64	79,71	31,88	19,01	7,60	0	0	1,27	0,51	17,04
1,6	1,7	0,97	0,42	29,32	11,73	62,53	25,01	0	0	8,15	3,26	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Расчёт распределения исходного зернового вороха с р-рами отверстий сортировального решета 2,4 мм при полноте разделения 0,9...0,6

Полнота разделения 0,9

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделено вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,02	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,35	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	33,47	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	36,39	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	19,50	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,48	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	0,33	97,49	9,749	2,32	0,232	0	0	0,19	0,019	24,72
2	2,1	1,84	0,20	95,5	9,55	4,5	0,45	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,16	79,71	7,971	19,01	1,901	0	0	1,27	0,127	17,04
1,6	1,7	0,97	0,10	29,32	2,932	62,53	6,253	0	0	8,15	0,815	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

Полнота разделения 0,8

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделено вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,01	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,33	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	33,21	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	36,11	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	19,35	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,44	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	0,65	97,49	19,498	2,32	0,464	0	0	0,19	0,038	24,72
2	2,1	1,84	0,39	95,5	19,1	4,5	0,9	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,31	79,71	15,942	19,01	3,802	0	0	1,27	0,254	17,04
1,6	1,7	0,97	0,21	29,32	5,864	62,53	12,506	0	0	8,15	1,63	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,7

Р-р решёт , мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Цело е зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблен ое зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в обо- лочке (что осталось)	Засорители	Засорител и (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	1,00	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,30	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	32,95	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	35,83	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	19,20	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,40	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	0,96	97,49	29,247	2,32	0,696	0	0	0,19	0,057	24,72
2	2,1	1,84	0,58	95,5	28,65	4,5	1,35	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,47	79,71	23,913	19,01	5,703	0	0	1,27	0,381	17,04
1,6	1,7	0,97	0,31	29,32	8,796	62,53	18,759	0	0	8,15	2,445	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,6

Р-р решёт , мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблено е зерно	Дробленное зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в обо- лочке (что оста- лось)	Засори- тели	Засорите ли (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,99	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,27	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	32,70	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	35,56	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	19,05	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,36	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	1,28	97,49	39,00	2,32	0,93	0	0	0,19	0,08	24,72
2	2,1	1,84	0,77	95,5	38,20	4,5	1,8	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,62	79,71	31,88	19,01	7,60	0	0	1,27	0,51	17,04
1,6	1,7	0,97	0,41	29,32	11,73	62,53	25,01	0	0	8,15	3,26	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Расчёт распределения исходного зернового вороха с р-рами отверстий сортировального решета 2,2 мм при полноте разделения 0,9...0,6

Полнота разделения 0,9

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделено вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,99	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,26	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	32,52	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	35,36	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,94	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,33	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,17	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	0,19	95,5	9,55	4,5	0,45	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,15	79,71	7,971	19,01	1,901	0	0	1,27	0,127	17,04
1,6	1,7	0,97	0,10	29,32	2,932	62,53	6,253	0	0	8,15	0,815	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

Полнота выделения 0,8

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделено вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,98	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,24	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	32,37	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	35,20	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,86	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,30	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,16	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	0,38	95,5	19,1	4,5	0,9	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,31	79,71	15,942	19,01	3,802	0	0	1,27	0,254	17,04
1,6	1,7	0,97	0,20	29,32	5,864	62,53	12,506	0	0	8,15	1,63	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,7

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Цело е зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблен ое зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что оста лось)	Засори тели	Засорител и (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,98	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,23	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	32,23	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	35,04	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,77	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,28	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,14	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	0,57	95,5	28,65	4,5	1,35	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,46	79,71	23,913	19,01	5,703	0	0	1,27	0,381	17,04
1,6	1,7	0,97	0,30	29,32	8,796	62,53	18,759	0	0	8,15	2,445	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,6

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблен ое зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочк е	Зерно в оболочке (что оста лось)	Засори тели	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,98	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,21	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	32,09	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	34,89	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,69	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,26	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,13	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	0,76	95,5	38,20	4,5	1,8	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,61	79,71	31,88	19,01	7,60	0	0	1,27	0,51	17,04
1,6	1,7	0,97	0,40	29,32	11,73	62,53	25,01	0	0	8,15	3,26	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35



ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Расчёт распределения исходного зернового вороха с р-рами отверстий сортировального решета 2,0 мм при полноте разделения 0,9...0,6

Полнота разделения 0,9

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделен о вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,97	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,20	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	31,96	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	34,76	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,62	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,24	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,12	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	1,88	95,5	95,5	4,5	4,5	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,15	79,71	7,971	19,01	1,901	0	0	1,27	0,127	17,04
1,6	1,7	0,97	0,10	29,32	2,932	62,53	6,253	0	0	8,15	0,815	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

Полнота разделения 0,8

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок, мм	Выделен о вороха, %	Что осталось	Целое зерно	Целое зерно (что осталось)	Дробленое зерно	Дробленое зерно (что осталось)	Зерно в оболочке	Зерно в оболочке (что осталось)	Засорители	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,97	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,19	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	31,88	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	34,67	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,57	98,28	98,28	1,7	1,70	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,22	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,11	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	1,88	95,5	95,5	4,5	4,50	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,30	79,71	15,942	19,01	3,80	0	0	1,27	0,254	17,04
1,6	1,7	0,97	0,20	29,32	5,864	62,53	12,51	0	0	8,15	1,63	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,7

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Цело е зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблен ое зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочк е	Зерно в оболочке (что оста лось)	Засори тели	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,97	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,18	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	31,81	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	34,58	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,53	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,21	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,10	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	1,87	95,5	95,5	4,5	4,5	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,45	79,71	23,913	19,01	5,703	0	0	1,27	0,381	17,04
1,6	1,7	0,97	0,30	29,32	8,796	62,53	18,759	0	0	8,15	2,445	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## Полнота разделения 0,6

Р-р решёт, мм	Толщина зерновок , мм	Выделен о вороха, %	Что осталос ь	Цело е зерно	Целое зерно (что осталось)	Дроблен ое зерно	Дроблено е зерно (что осталось)	Зерно в оболочк е	Зерно в оболочке (что оста лось)	Засори тели	Засорители (что осталось)	Масса 1000 зёрен, г
3,4	3,5	0,95	0,96	90,92	90,92	0,74	0,74	8,34	8,34	0	0	52,14
3,2	3,3	3,13	3,18	99,66	99,66	0	0	0,34	0,34	0	0	54,01
3	3,1	31,26	31,73	99,22	99,22	0,55	0,55	0,23	0,23	0	0	47,52
2,8	2,9	33,99	34,50	98,96	98,96	1,04	1,04	0	0	0	0	40,84
2,6	2,7	18,21	18,48	98,28	98,28	1,7	1,7	0	0	0,02	0,02	33,8
2,4	2,5	5,12	5,20	97,93	97,93	2,07	2,07	0	0	0	0	29,92
2,2	2,3	3,05	3,10	97,49	97,49	2,32	2,32	0	0	0,19	0,19	24,72
2	2,1	1,84	1,87	95,5	95,5	4,5	4,5	0	0	0	0	21,68
1,8	1,9	1,48	0,60	79,71	31,88	19,01	7,60	0	0	1,27	0,51	17,04
1,6	1,7	0,97	0,39	29,32	11,73	62,53	25,01	0	0	8,15	3,26	11,81
Ср. взв.		100	100,00	88,70		9,45		0,89		0,96		33,35

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д – АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ООО «МАСЛОВСКИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

В. А. Гулевский

20 г.

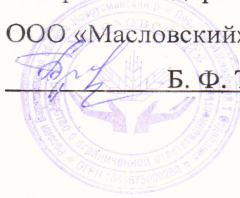


УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ООО «Масловский»

Б. Ф. Трухачев

20 г.



### АКТ

о внедрении в производство результатов научно-исследовательской работы

Мы нижеподписавшиеся, директор по производству ООО «Масловский» Мильгунов Юрий Николаевич, главный агроном Бутенко Владимир Владимирович, главный инженер Курбанов Магомед Рабазанович с одной стороны, заведующий кафедрой сельскохозяйственные машины Оробинский Владимир Иванович, профессор кафедры сельскохозяйственные машины Тарасенко Александр Павлович, аспирант Сорокин Николай Николаевич, с другой составили настоящий акт о внедрении в производство результатов научно-исследовательской работы.

Настоящий акт удостоверяет, что в ООО «Масловский» приняты к внедрению результаты теоретических и экспериментальных исследований предлагаемой семяочистительной линии для послеуборочной подготовки семян пшеницы.

Предложенная схема семяочистительной линии позволила снизить травмирование зерна при послеуборочной обработке за счет уменьшения количества механических воздействий на зерно при получении требуемого качества семян.

Считаем целесообразным рекомендовать использовать предложенную схему семяочистительной линии при послеуборочной обработке зерна и семян.

От ООО «Масловский»

Директор  
по производству

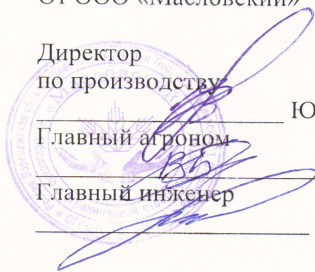
Ю. Н. Мильгунов

Главный агроном

В. В. Бутенко

Главный инженер

М. Р. Курбанов



От ФГБОУ ВО ВГАУ им. императора  
Петра I

Зав. каф. «Сельскохозяйственные машины»

В. И. Оробинский

Профессор кафедры сельскохозяйственных машин

А. П. Тарасенко

Аспирант

Н. Н. Сорокин



# ПРИЛОЖЕНИЕ Е – СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО

Воронежского государственно-

го аграрного университета

имени императора Петра I

Н. И. Бухтояров

«    » 20   г.

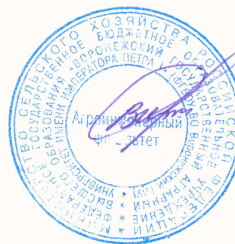


## СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс результатов научно-исследовательской работы аспиранта Сорокина Н. Н.

Результаты научных исследований по совершенствованию послеуборочной подготовки семян пшеницы внедрены в учебный процесс по подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 (110800.62) и магистров по направлению 35.04.06 (110800.68). Их используют при чтении лекций, выполнении курсовых и дипломных проектов, проведении лабораторно-практических занятий.

Декан агроинженерного ф-та ВГАУ  
Зав. каф. сельскохозяйственные машины  
д.с.-х.н., профессор



В. И. Орбинский