

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I

На правах рукописи



АХМАТОВ Александр Александрович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО
ВОРОХА ПО ШИРИНЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНЫХ
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук Оробинский В.И.

Воронеж – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОСТОЯНИЕ СТЕПЕНИ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ.....	13
1.1 Состав зернового вороха поступающего на послеуборочную обработку и требования к качеству семян.....	13
1.2 Анализ технических решений приемно-распределительных устройств зерноочистительных машин.....	16
1.3 Влияние конструктивно-технологических параметров приемно-распределительных устройств на качество семян.....	28
1.4 Выводы.....	43
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ПО ШИРИНЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВОЗДУШНО- РЕШЕТНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН.....	44
2.1 Формирование вороха в бункере приемно-распределительного устройства.....	44
2.2 Влияние характера заполнения бункера на распределение давления в зерновом слое.....	53
2.3 Выводы.....	63
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	64
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	64
3.2 Описание конструкции экспериментальной установки.....	64
3.3 Методика проведения исследования.....	68
3.3.1 Методика определения состава вороха.....	68
3.3.2 Методика определения влажности зерна.....	69
3.3.3 Методика определения стекловидности и содержания клейковины.....	70
3.3.4 Методика определения параметров вороха в бункере при его заполнении.....	71
3.3.5 Методика определения распределения зерна по	

ширине рабочей машины.....	72
3.3.6 Методика определения повреждения зерна.....	72
3.3.7 Методика обработки экспериментальных данных.....	74
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	76
4.1 Состав бункерного вороха семян пшеницы.....	76
4.2 Формирование зернового вороха в бункере приемно- распределительного устройства.....	77
4.2.1 Заполнения бункера приемно-распределительного устройства при подаче зерна по центру.....	77
4.2.2 Заполнение бункера приемно-распределительного устройства при смещении загрузки от центра.....	84
4.3 Распределение зерна по ширине рабочих органов зерноочистительной машины при симметричном ворохе в бункере.....	90
4.4 Распределение зерна по ширине рабочих органов зерноочистительной машины при ассиметричном ворохе в бункере.....	93
4.5 Обоснование принципиальной схемы приемно-распределительного устройства.....	95
4.6 Выводы.....	99
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМНО- РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА.....	101
5.1 Общие положения методики расчета экономической эффективности модернизированного приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины МЗС-25.....	101
5.2 Расчет годового экономического эффекта от модернизации приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины....	105
5.3 Выводы.....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	111
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	136

ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	140
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ И.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....	154
ПРИЛОЖЕНИЕ М.....	155

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Продовольственная безопасность страны является частью национальной безопасности РФ и в большей мере определяется валовым сбором зерна, который необходим для создания семенных фондов, обеспечения продуктами питания населения и животноводства зернофуражом. Главная проблема агропромышленного комплекса страны – это устойчивое наращивание производства зерна [9, 36, 49, 132].

Широкое использование современных технологий и технических средств является главным направлением развития агропромышленного комплекса страны. От качества семян зависит урожайность сельскохозяйственных культур. По сравнению с ведущими странами Европы и Канадой, в которых урожайность зерновых культур составляет 80 ц/га и 50...60 ц/га соответственно, в нашей стране этот показатель значительно ниже и составляет 18...20 ц/га. Такая невысокая урожайность зерновых культур зависит от разных причин: несоблюдения технологии возделывания и хранения культуры, погодно-климатических условий, но основная причина – это низкое качество семенного материала. По данным Госсеминаспекции, в последние годы в ведущих зернопроизводящих странах стандартных семян высевают 90...95 %. В нашей стране этот показатель находится в пределе 20 %. Основными причинами такого низкого качества зерна являются высокий уровень травмирования зерна в процессе уборки и послеуборочной обработки, неполное выделение биологически неполноценного зерна, а также несвоевременная обработка зернового вороха, что приводит к поражению семян микроорганизмами. Недостаточный технический и технологический уровень механизации и производств семян объясняет столь низкое качество семян в РФ [7, 23, 51, 67, 80, 82, 101, 110, 133, 139].

Наиболее важное условие получения высокого валового сбора урожая – качественная послеуборочная обработка семян. Очистка, сортировка, сушка, хранение, погрузочные и транспортные работы являются главными составляющими частями послеуборочной обработки. Зерновой ворох включает в себя: дробленое зерно, семена культурных и сорных растений, полову, отдельные колосья и обрывки соломы. Все эти примеси отрицательно влияют не только на качество продовольственного и семенного зерна, но и затрудняют хранение. Так как влажность сорняков превышает влажность зерновой части урожая на 30-35 %, то для повышения посевных качеств семян необходимо полно и своевременно очищать зерно. Чтобы получить качественные семена необходимо шире внедрять высокоурожайные сорта и гибриды, совершенствовать структуру посевных площадей и агротехнику. Учитывая, что в настоящее время качество семян низкое, то приоритетным направлением для улучшения качества обработки зернового вороха является совершенствование зерноочистительных машин [21, 34, 54, 70, 107, 110, 133, 143].

В РФ и за рубежом для очистки семенного и продовольственного зерна применяют зерноочистительные машины, в конструкциях которых имеются приемно-распределительные устройства. Они подают зерновой ворох на рабочие органы зерноочистительной машины. В настоящее время широкое распространение получили устройства гравитационного типа, но такие устройства зачастую не обеспечивают равномерность подачи зернового вороха по ширине рабочих органов зерноочистительной машины. Поэтому повышение эффективности процесса распределения материала по ширине рабочих органов за счет совершенствования конструкции и обоснования параметров приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины представляет собой важную задачу [3, 22, 52, 67, 79, 83, 119, 137].

Повышение эффективности процесса распределения материала по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин невозможно без знаний закономерности распределения зернового вороха в

приемно-распределительном устройстве, а поэтому тема диссертации актуальна.

Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательской работы агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (ВГАУ) «Инновационные направления совершенствования процессов и технических средств механизации и электрификации сельскохозяйственного производства», утвержденной ученым советом ВГАУ (номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

Степень разработанности темы. Вопросами повышения равномерности распределения и снижения травмирования зерна приемно-распределительными устройствами зерноочистительных машин занимались и в настоящее время продолжают заниматься множество ученых. Процессы распределения зернового вороха по ширине рабочих органов зерноочистительной машины рассматривались в трудах Тарасенко А.П., Оробинского В.И., Свиридова Л.Т., Тишанинова Н.П., Сундеева А.А., Быкова В.С., Завгороднего А.И., Зюлина А.Н., Вахниной Г.Н., Кожуховского И.Е., Лопана А. А., Файбушевича Г.З., Чумакова В.Г., Борискина М.А., Заики П.М., Шакина Н.И. и др.

Анализ изученных патентных и литературных источников показал, что в настоящее время применяют приемно-распределительные устройства принудительного, гравитационного и комбинированного действия. Принудительные и комбинированные приемно-распределительные устройства существенно травмируют зерновой материал. Наиболее перспективными являются приемно-распределительные устройства гравитационного типа, т.к. практически не травмируют зерновой материал, однако с помощью их трудно обеспечить равномерную подачу материала по ширине рабочих органов зерноочистительных машин, что приводит к снижению производительности и ухудшению качества очистки зерна. Поэтому распределительные устройства гравитационного типа нуждаются в

дальнейшем изучении с целью улучшения и модернизации конструкции для повышения производительности и качества очистки зерна.

Объектом исследований является процесс подачи и распределения зернового материала приемно-распределительным устройством по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин.

Предметом исследований является закономерность распределения зернового вороха по поверхности приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин.

Цель работы – повышение равномерности распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин при сходе с приемно-распределительного устройства путем стабилизации уровня зерна в бункере дозирующего устройства.

Задачи исследований:

- 1) изучить закономерность формирования зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин;
- 2) установить зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин;
- 3) разработать новое техническое решение для реализации процесса равномерного распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин;
- 4) экспериментально обосновать конструктивно-технологические параметры гравитационного приемно-распределительного устройства.

Научная новизна:

- закономерность формирования зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин, отличающаяся учетом сдвига вершины вороха в зависимости от угла подачи зерна;

- аналитическая зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин, отличающаяся учетом неравномерности бокового давления в горизонтальном сечении вороха;

- техническое решение для реализации процесса равномерного распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин, отличающееся тем, что привод заслонки дополнительно связан с датчиками верхнего и нижнего уровня зернового материала, а датчики установлены на расстоянии от кромки выгрузного окна, которое определяется в зависимости от длины выгрузного окна и угла естественного откоса зерна;

- рациональные конструктивно-технологические параметры гравитационного приемно-распределительного устройства.

Теоретическая и практическая значимость работы. Закономерность формирования зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин позволяет определить расположение вершины вороха в бункере в зависимости от угла подачи зерна. Аналитическая зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин позволяет определить боковое давление в любой точке вороха. Закономерность формирования зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства и аналитическая зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере дополняют теорию зерноочистительных машин.

Предложенное техническое решение, защищенное патентом Российской Федерации (№ 166618), позволит повысить равномерность распределения материала по ширине рабочих органов воздушно-решетной зерноочистительной машины и ее производительность.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований можно использовать при разработке наиболее перспективных моделей приемно-

распределительных устройств воздушно-решетных зерноочистительных машин.

Методология и методы исследования. Теоретическое исследование произведено на основе методов теоретической механики, дифференцирования и интегрального исчисления, решения дифференциальных уравнений. Лабораторный эксперимент поставлен на основе планирования эксперимента, для проведения которого были изготовлены две экспериментальные лабораторные установки: гравитационное приемно-распределительное устройство зерноочистительной машины и шнековое приемно-распределительное устройство. Для проведения расчётов и обработки результатов эксперимента применяли современные ЭВМ и использовали программное обеспечение: Microsoft Excel, MatLab, Mathcad.

Положения, выносимые на защиту:

- закономерность формирования зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин, позволяющая определить траекторию полета и точку падения частицы в бункере, а также расположение зернового вороха по ширине дозирующей щели;

- аналитическая зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин, позволяющая определить боковое давление, действующее на частицу в слое зернового вороха;

- новое техническое решение для реализации процесса равномерного распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин, позволяющее повысить эффективность сепарации зерна;

- рациональные конструктивно-технологические параметры приемно-распределительного устройства, позволяющие повысить равномерность

распределения материала по ширине рабочих органов и увеличить производительность воздушно-решетных зерноочистительных машин.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов работы подтверждается методологической базой исследований, применением современных методов исследований, средств вычислительной техники и программного обеспечения.

Эксперимент поставлен на лабораторной установке с применением современных средств измерений и регистрации результатов. Обработку результатов выполняли на ЭВМ по стандартным апробированным программам. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований показало, что экспериментальные данные отличаются от теоретических не более чем на 9 %.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались:

- на научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственной продукции (Воронежский ГАУ, 2014 – 2017 годы);

- на международной заочной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов на иностранных языках (Россия, Воронеж, апрель 2015 г.).

Результаты диссертационной работы внедрены на предприятии по производству сельскохозяйственных машин и оборудования ЗАО «Техника-Сервис» (г. Воронеж).

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе Воронежского ГАУ при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» и магистров по направлению 35.04.06 «Агроинженерия».

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя заключается в постановке задач исследования, выборе методов и разработке методики исследований, разработке математической модели, выполнении математических преобразований и расчетов, реализации модели на ЭВМ,

усовершенствовании конструкции приемно-распределительного устройства, изготовлении лабораторных установок, проведении экспериментов, обработке экспериментальных данных, формулировке выводов, подготовке научных публикаций.

Публикации. Результаты диссертационной работы опубликованы в 12 научных статьях, из которых 3 – в рецензирующих научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций. По результатам диссертационной работы получено два патента на полезные модели № 148656 и № 166618.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, включающих 40 рисунков и 10 таблиц, заключения, списка литературы, состоящего из 154 наименований, 12 приложений. Объем диссертации составляет 155 страниц.

1 СОСТОЯНИЕ СТЕПЕНИ РАЗРАБОТАННОСТИ ТЕМЫ

1.1 Состав зернового вороха поступающего на послеуборочную обработку и требования к качеству семян

В процессе уборки зерновой ворох поступает от комбайнов на пункт послеуборочной обработки зерна, в состав которого входят полноценные, щуплые и поврежденные семена основной культуры, семена сорных и других культурных растений. Кроме этого в ворохе имеются примеси органического и минерального происхождения [30, 51, 59, 74, 119, 143].

Зерновой ворох, поступающий с поля, характеризуется влажностью и засоренностью. На качественные и количественные показатели зернового вороха влияют ряд причин: почвенно-климатические условия, уровень агротехники, применяемые технологии уборки, количество осадков, влажность и температура воздуха, спелость хлебов, продолжительность работы уборочной техники за сутки и тщательность регулировок применяемых машин. Во многих источниках литературы отмечается, что содержание семян основной культуры в зерновом ворохе составляет 72-99 %, а минеральная примесь (в виде пыли минерального происхождения, комочки земли, песок и др.) составляет не более 1,0-1,5 % . Остальную часть вороха занимают соцветия и семена сорных растений, которые содержат до 50-80 % воды и отрицательно влияют на состояние зерна [8, 27, 35, 56, 73, 81, 83, 105, 115, 118, 151].

Сохранение собранного урожая, доведение зернового материала до необходимого качества, а именно получение семенного и продовольственного зерна является главной задачей послеуборочной обработки. Посевные качества характеризуют семенной материал, под которыми понимают совокупность признаков, определяющих пригодность семян для посева [28, 76, 113].

Чтобы улучшить посевные качества семян нужно вовремя удалять из зерновой массы сорняки, пыль, зеленые части растений. Такие показатели

как влажность, масса 1000 зерен, засоренность, вкус, запах, цвет, зараженность вредителями характеризуют качество товарного зерна.

Наибольшее отрицательное воздействие на качество и хранение зерна оказывает влажность. При влажности более 20 % зерновой ворох должен быть обработан в течение суток для безопасного хранения. Зерновой ворох с высокой влажностью в первые часы хранения склонен к усилению интенсивности дыхания, что приводит к повышению температуры, появлению плесени и бактерий, вследствие чего полностью или частично портится зерно [7, 23, 64, 77, 135].

По данным авторов [21, 54, 76, 83, 103, 117, 135, 137, 154] при исходной влажности 28 % на третьи сутки хранения необработанного вороха зерна семенного назначения его энергия прорастания снизилась с 62 до 8 % , всхожесть с 82 до 20 %, при этом температура возросла с 27 до 43 °С. В процессе уборки влажность зерна основной культуры изменяется от 16 до 52 % и имеет не однородный состав по влажности, куда входят недозревшие и спелые зерновки. В свежесобранной массе влажность отдельных зерновок варьирует в больших пределах и может достигать разницы до 30 %. Не все зерна успевают созреть до уборки и зачастую в исходном материале содержится до 30 % недозревших, зеленых зерен. При влажности зернового вороха 16...17 % влажность незрелых зерен может достигать 25...30 %, вследствие чего при очистке зерна эти незрелые семена будут являться источником самосогревания зернового вороха.

Помимо незрелых и полноценных зерен в зерновом ворохе имеются и травмированные зерновки. Они также отрицательно влияют на хранение зерна и приводят к развитию микроорганизмов, снижению стойкости при хранении, появлению клещей и других вредителей зерна.

Большое количество поврежденных зерен при уборке урожая, приводит к нарушению защиты их от микроорганизмов. Проникая через трещины, микроорганизмы быстрее добиваются до оболочек зародыша и лишают зерновок питательных веществ. Все это может привести к непригодности

зерновок не только для семенного, но даже для пищевого и фуражного материала. Большое количество микроорганизмов может находиться в основной культуре. Так, например, в 1 г зерновой массы содержатся десятки или сотни тысяч микроорганизмов [29, 35, 51, 76, 113].

Из анализа литературных источников следует, что основная среда обитания микроорганизмов – это мелкие засорители и дробленое, травмированное зерно. Влажность семян в процессе уборки и послеуборочной обработки, продолжительность хранения, уровень их травмирования, температура хранения являются наиболее важными факторами, оказывающими влияние на жизнедеятельность семян.

Для определения качества посевного материала в государственном стандарте нормированы такие показатели, как всхожесть, влажность, чистота, зараженность болезнями и вредителями. Во время послеуборочной обработки зерна стоит задача сохранить собранный урожай и довести его до требуемого качества, т.е. получить семенной материал, соответствующий требованию ГОСТ Р 52325-2005 (Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия). Влажность семян во время хранения не должна превышать 14 %, однако, для семенного материала озимых культур допускается до 16 %, если высеивание семян произойдет в год их уборки независимо от климатической зоны [43, 49, 70, 83].

Для получения семян требуемого качества необходимо очищать, сортировать и калибровать зерновой материал. Во время очистки из зернового вороха выделяют посторонние примеси, а именно семена сорняков и других культур, минеральные и органические примеси, щуплые и дробленые зерна. После этого зерно сортируют и разделяют его по качеству и назначению. Во время всех процессов важно как можно меньше травмировать семенной материал, т.к. это снижает полевую всхожесть [27, 57, 70, 109, 119].

Для длительного хранения семян различных культур необходимо вовремя и качественно очищать зерно, что приводит к повышению всхожести и урожайности, а также снижает процент засоренности полей. Полноценные зерна, не имеющие примесей и болезней, показывают высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть, высокую урожайность, а также сильные и дружные всходы. Для посева используют качественные сорта и гибриды, которые занесены в Государственный реестр селекционных достижений и допущены к применению [35, 73, 106, 134, 150].

Семенной материал не используют для посева, если в нем обнаружили:

- семена ядовитых растений (триходесм седой, гелиотропа волосистоплодный);
- живых вредителей и их личинки, повреждающих семена соответствующей культуры, за исключением категории РСТ, где допускается наличие клещей не более 20 ед./кг;
- сорняки (плоды, семена), вредителей и возбудителей болезней [33].

1.2 Анализ технических решений приемно-распределительных устройств зерноочистительных машин

Зерноочистительные машины предназначены для очистки зернового вороха различных культур с доведением его до продовольственных кондиций. Они делятся на стационарные и передвижные машины. Стационарные зерноочистительные машины используют на зерноочистительных комплексах и агрегатах, а передвижные зерноочистительные машины применяют для очистки зерна на открытых площадках, под навесом и в зернохранилищах. По типу рабочих органов и назначению зерноочистительные машины делятся на 2 вида: машины общего назначения и специальные. Машины общего назначения бывают четырех типов: воздушные, воздушно-решетные, триерные и воздушно-решетно-триерные машины, которые используют при первичной и вторичной очистке

семян зерновых, бобовых культур. Специальные машины применяют при очистке зерна от примесей, которые невозможно отделить на машинах общего назначения, к которым относятся пневматические сортировальные столы, диэлектрические и фрикционные сепараторы, электромагнитные машины и другие [9, 22, 44, 45, 66, 78, 104, 117, 141].

Подача зернового материала на рабочие органы зерноочистительных машин осуществляется с помощью приемно-распределительных устройств. Приемно-распределительные устройства должны обеспечивать оптимальную загрузку рабочих органов зерноочистительных машин. Подачу обрабатываемого материала необходимо поддерживать в требуемом количестве, то есть непрерывное поступление зернового материала по времени и равномерное заполнение ширины рабочих органов зерноочистительных машин [4, 23, 58, 63, 72].

Основные задачи приемно-распределительного устройства зерноочистительных машин – обеспечить номинальную производительность; возможность корректировать номинальную производительность; равномерное распределение материала по ширине рабочих органов [4].

Применяемые в настоящее время устройства для подачи и распределения зернового материала в зерноочистительных машинах можно разделить на 3 группы: приемно-распределительные устройства принудительного действия (рисунок 1.1), гравитационного действия (рисунок 1.4) и комбинированного действия (рисунок 1.6) [1, 4, 15, 47, 147].

В приемно-распределительных устройствах принудительного действия (рисунок 1.1) распределение по ширине приемной камеры и подача зернового вороха на рабочие органы зерноочистительной машины осуществляется только за счет активнодействующих рабочих органов, к которым относятся распределительные шнеки, питающие валики, вибролотки, ворошители, колеблющийся лоток и т.д. Использование активнодействующих рабочих органов позволяет равномерно распределять зерновой ворох по ширине сепарирующей поверхности зерноочистительных

машин, однако, такие устройства значительно травмируют обрабатываемый материал [4, 5, 53, 87, 88, 89, 93, 96].

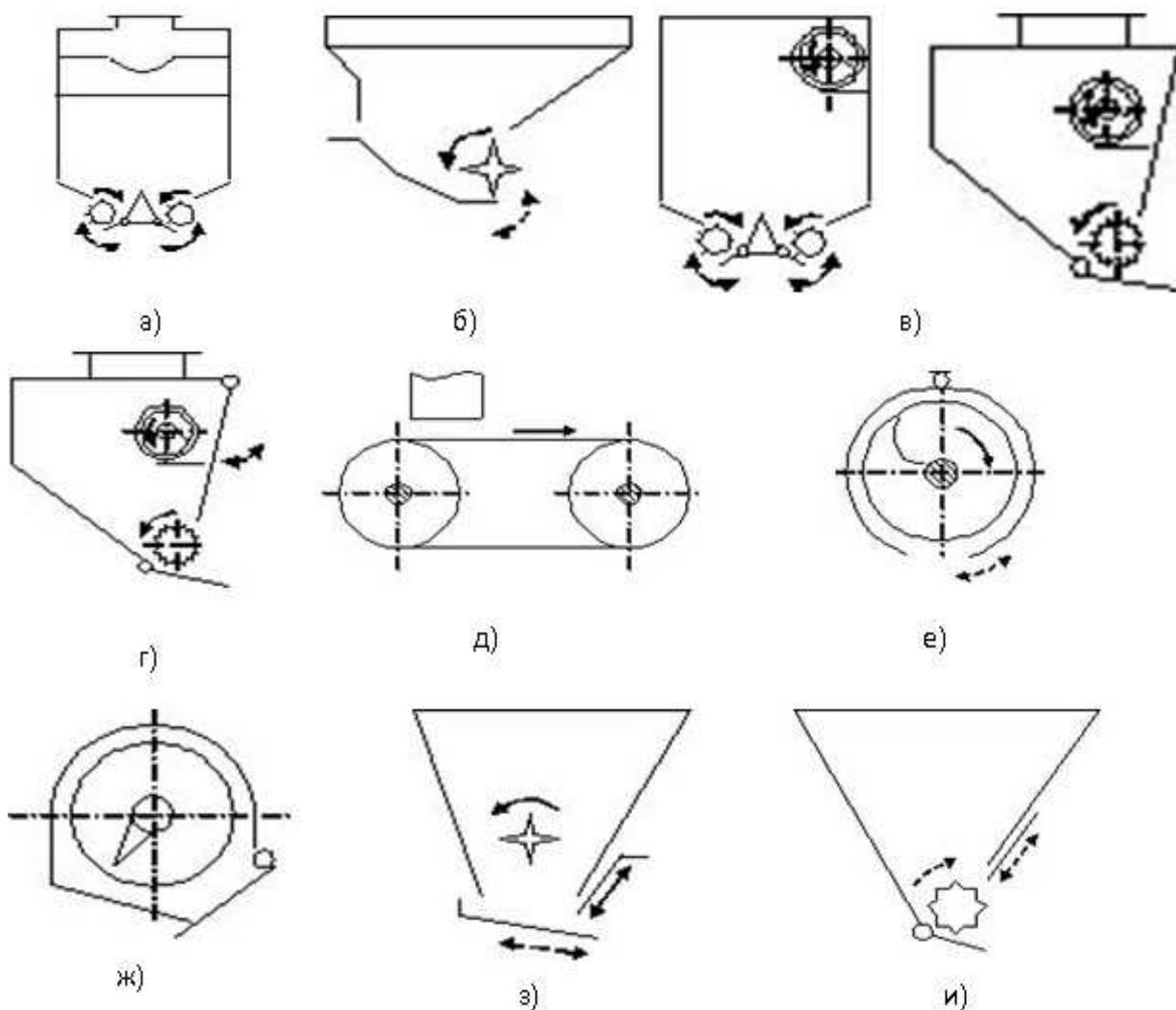


Рисунок 1.1 – Приемно-распределительные устройства принудительного действия:

- а) питающий валик + регулировочная задвижка (клапан); б) питающий валик + колеблющийся лоток; в) распределительный шнек + питающий валик + клапан; г) распределительный шнек + колеблющийся лоток + питающий валик; д) ленточное питательно-распределительное устройство; е) распределительный шнек + регулировочная заслонка (клапан); ж) напорно-распределительный шнек + клапан; з) ворошилка + колеблющийся лоток + регулировочная задвижка; и) питающий валик + регулировочная задвижка (клапан).

В основном приемно-распределительные устройства принудительного действия используют на зерноочистительных машинах первичной очистки производства Воронежсельмаш, Осколсельмаш.

К приемно-распределительным устройствам принудительного действия относятся распределительные устройства шнекового, барабанного, ленточного и вибрационного типов. Как правило, распределение зернового вороха внутри приемной камеры осуществляется шнековыми устройствами, а подача – за счет применения питающих валиков, колеблющихся лотков, ленточных и шнековых транспортеров.

Приемно-распределительное устройство состоит из кожуха, напорно-распределительного шнека и подпружиненного клапана (рисунок 1.1ж). В таких устройствах продвижение обрабатываемого материала от места загрузки к противоположному концу происходит за счет вращения шнека. Подача материала на рабочие органы зерноочистительной машины осуществляется подпружиненным клапаном, который закрыт до того времени, пока материал не достигнет торцевую стенку питателя. Как только это случится, давление на клапан возрастет и произойдет его открытие. Для равенства поступления зернового вороха и подачи его в зерноочистительную машину используется регулируемое усилие прижатия клапана. Приемно-распределительное устройство влияет на травмирование семян, посевные качества, а так же равномерное распределение зернового вороха по ширине сепарирующей поверхности зерноочистительной машины за счет режима работы питателя-распределителя, а именно от количества поступаемого зернового материала, силы прижатия клапана, давления, создаваемого внутри камеры приемного устройства [4, 72].

С увеличением силы прижатия клапана и подачи материала в приемно-распределительное устройство увеличивается равномерность загрузки решетного стана зерноочистительной машины. Даже при оптимальных условиях работы машины, после прохождения материала через

распределительный шнек, травмирование семян возрастает на 1,5 % [6, 18, 153].

Применение приемно-распределительных устройств вибрлоткового типа (рисунок 1.1з, 1.1и) позволит снизить травмирование зернового материала. Однако, для равномерного распределения зернового материала по ширине рабочих органов, такие устройства нуждаются в большой точности установки углов наклона лотков и вибрационного привода, что существенно усложняет конструкцию зерноочистительных машин [5].

Самым простым активным устройством является вращающийся рифленый валик с уплотнителем (рисунок 1.2). В зерно- и семяочистительных машинах применяются питающие валики с нижней и верхней подачей зернового материала.



Рисунок 1.2 – Приемно-распределительное устройство с рифленным валиком:

1 – питающий валик; 2 – лопатки; 3 – доньшко

При вращении питающего валика 1 с нижней подачей зернового материала, зерно перемещается относительно доньшка в сторону пневмосепарирующего канала. К недостаткам процесса работы питающего валика с нижней подачей зернового материала относятся травмирование семян в зазоре между доньшком 3 и лопатками 2, влияние высоты нижней части канала на качество очистки [87, 88, 89, 93, 96].

Приемно-распределительное устройство с питающим валиком используют фирмы-производители, как Petkus, Cimbria, Jubus, Damas и другие.

Процесс работы питающего валика с верхней подачей зернового материала протекает следующим образом: зерновой материал самотеком поступает в желоб питающего валика, затем при повороте валика частицы перемещаются в канал, причем выявлено, что при нижней подаче зерновой материал поступает в канал более плотным слоем и распределяется по глубине канала менее равномерно, чем при верхней подаче [87, 89].

Наиболее опасными, с точки зрения повреждения семян, являются приемно-распределительные устройства, содержащие механические устройства активного действия. К ним относятся шнеки, устройства напорного действия. Недостатком шнековых устройств (рисунок 1.3) является еще и то, что они требуют точности регулировки силы прижатия клапана [10, 72, 90].

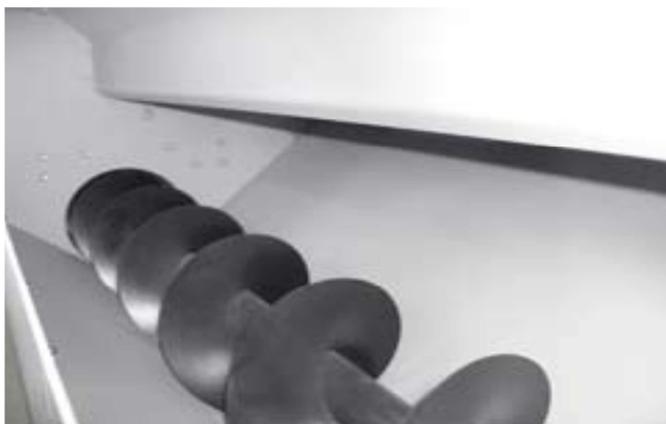


Рисунок 1.3 – Питающий шнек

В приемно-распределительных устройствах гравитационного типа (рисунок 1.4) распределение зернового вороха осуществляется только за счет действия гравитационных сил. Такие приемно-распределительные устройства плохо выдерживают равномерное распределение по ширине рабочей части машины, т.к. они работают только с хорошо сыпучим материалом, который прошел первичную очистку. Главное преимущество

гравитационных приемно-распределительных устройств заключается в том, что они практически не травмируют зерновой материал [2, 4, 15, 86, 94, 95, 98, 99, 100, 127, 130].

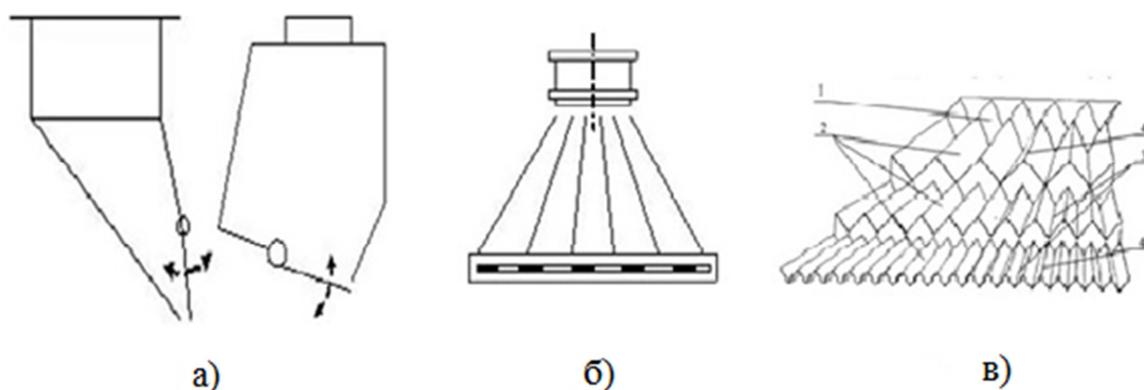


Рисунок 1.4 – Приемно-распределительные устройства гравитационного типа:

а) – бункерное приемно-распределительное устройство с гравитационным клапаном; б) – скатные делители; в) – гофрированное распределительное устройство.

В группу гравитационных приемно-распределительных устройств входят скатные делители (рисунок 1.4б), бункерные приемно-распределительные устройства с гравитационным клапаном (рисунок 1.4а). Пассивные устройства, а именно скатные доски, сетки, установленные наклонно и непосредственно в канале, очень простые по устройству, имеют небольшие габаритные размеры и не нуждаются в дополнительном приводе. Способ ввода с помощью сеток имеет ряд недостатков, основным из которых является слабое разрыхление и расслоение поступающего зернового вороха, что не приводит к оптимальным условиям сепарации. Также этот способ не обеспечивает равномерного распределения материала по ширине сепарирующей поверхности и герметичность устройства ввода [4, 33, 99, 100, 148].

Скатные распределительные устройства широко используются из-за простоты своей конструкции. Преимуществом таких устройств является то, что они практически не травмируют зерновой материал, однако имеют

существенный недостаток: работают только при малой производительности и с материалом прошедшим предварительную очистку [99, 147].

Бункерные приемно-распределительные устройства с подпружиненным или грузовым клапаном применяются на зерноочистительных машинах с небольшой шириной рабочих органов. Использование таких устройств позволяет минимизировать повреждение зернового материала в виду отсутствия активнодействующих рабочих органов. Главным недостатком механизмов со статическим накоплением зерна над клапаном является то, что они имеют тенденцию к порционному выпуску зернового материала. Принцип работы подобных устройств заключается в следующем: зерно подается через приемный патрубок и накапливается в камере до определенного уровня, как только давление достигает величины, превышающей противодействие грузов, открывается клапан и подает зерно на рабочие органы зерноочистительной машины. Дальнейшее изменение зазора между клапаном и направляющим скатом определяется изменением количества зерна в камере [4, 21].

На зерноочистительных машинах с большой шириной рабочих органов клапанные приемно-распределительные устройства практически не используются, т.к. отличаются недостаточной надежностью в работе, большой инертностью. Зачастую, в эксплуатации клапан открывался и опорожнял бункер за короткое время, только после этого клапан возвращался в первоначальное положение. Это объясняется примерным равенством моментов сил, открывающих клапан и противодействующих сил. Установка клапанов даже с небольшим перекосом приводит к увеличению моментов трения в опорах, к снижению чувствительности и эффективности работы клапанов [4, 6, 32].

Одним из вариантов повышения эффективности пневмосепарации при высоких удельных нагрузках является ввод зернового материала в канал двумя потоками. Разделение слоя зерна на два потока уменьшает его толщину и улучшает условия выделения легких примесей. Однако при

близком расположении вводов потоки зерна в зоне сепарации взаимодействуют между собой. Происходит частое соударение удаляемых зерновок. Поэтому увеличение расстояния между потоками до определенных значений способствует большему их разрыхлению и снижению вероятности столкновения легких частиц и полноценного зерна, благодаря чему улучшается качество очистки. Увеличение расстояния приводит к увеличению габаритных размеров и уменьшению длины рабочей части пневмоканала. Как правило, гравитационные приемно-распределительные устройства применяются только на зерноочистительных машинах вторичной очистки, где не требуется большой производительности [29, 51, 79, 82, 138].

Приемно-распределительное устройство сыпучего материала (рисунок 1.4в) включает в себя бункер с регулятором расхода и зернораспределитель, выполненный в виде наклонных веерообразных каскадно-расположенных секций с гофрированной поверхностью. Число гофр удвоено в каждой последующей секции, при этом образующие впадин гофр предыдущей секции совмещены с соответствующими выступами гофр последующей секции. Материал поступает в бункер-компенсатор, где накапливается в количестве, определяемом усилием прижатия регулировочного клапана. Под действием силы тяжести материала гравитационный клапан опускается, открывается разгрузочное отверстие. С увеличением величины разгрузочного отверстия, увеличивается производительность загрузочно-распределительного устройства. Материал через разгрузочное отверстие бункера-компенсатора попадает на гофрированное распределительное устройство, при этом заполняя гофры загрузочной части и делится на количество одинаковых потоков равное количеству гофр. По мере продвижения потоков расстояние между ними увеличивается [97].

Недостатком этого устройства являются большие габаритные размеры, сложность изготовления конструкции, а также соединения гофр между собой что образует клиновидные каналы, которые приводят к неравномерному движению зернового материала, забиванию пылью и

инородными телами межгофрового пространства. Все это приводит к снижению эффективности ее работы.

Имеется приемно-распределительное устройство (рисунок 1.5), включающее входной патрубок 1 и симметрично расходящиеся выходные патрубки 4, 7 с установленным перед ними делитель потока 9. Толкатели 2, 10, связанные с датчиками давления 3, 8, расположены в выходных патрубках 4, 7. Каждый выходной патрубок имеет дополнительный зернораспределитель, имеющий такое же устройство как предыдущий [91].

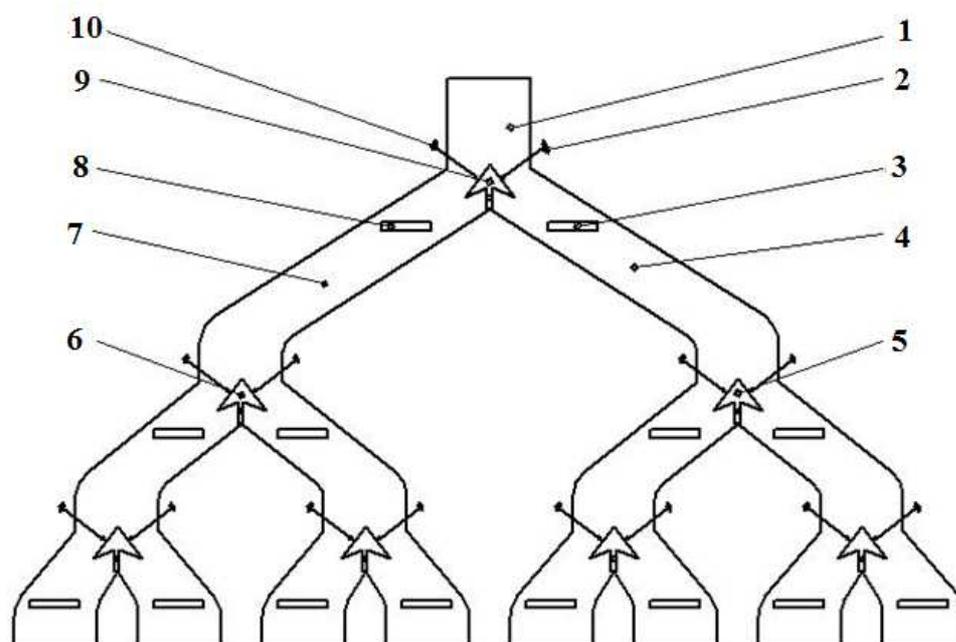


Рисунок 1.5 – Гравитационное приемно-распределительное устройство:
1 – входной патрубок; 2, 10 – толкатели; 3, 8 – датчики давлений; 4, 7 –
выходные патрубки; 5, 6, 9 – делители потока

Поток сыпучего материала подается в загрузочный патрубок 1, поступает на делитель 9, делится на два равных потока, каждый из которых направляется в выходные патрубки 4 и 7. На выходе из каждого патрубка установлены делители 5 и 6, которые также делят поток сыпучего материала на два одинаковых (вторая ступень) и так далее на третьей и последующих ступенях. При неравномерном делении зернового потока сигнал от датчиков давления 3, 8, находящихся в выходных патрубках 4, 7, поступает на

толкатель 2 или 10, который поворачивает делитель и изменяет поток семян в выходных патрубках. Такой процесс повторяется на второй, третьей и последующих ступенях, в зависимости от ширины пневмосепарирующего канала зерноочистительной машины (Приложение А) [91].

Данное устройство обеспечивает равномерную подачу сыпучего материала в пневмосепарирующий канал зерноочистительной машины по всей ее ширине. Недостаток этого приемно-распределительного устройства заключается в том, что чем больше ширина зерноочистительной машины, тем больше ступеней нужно, а это приводит к громоздкости конструкции.

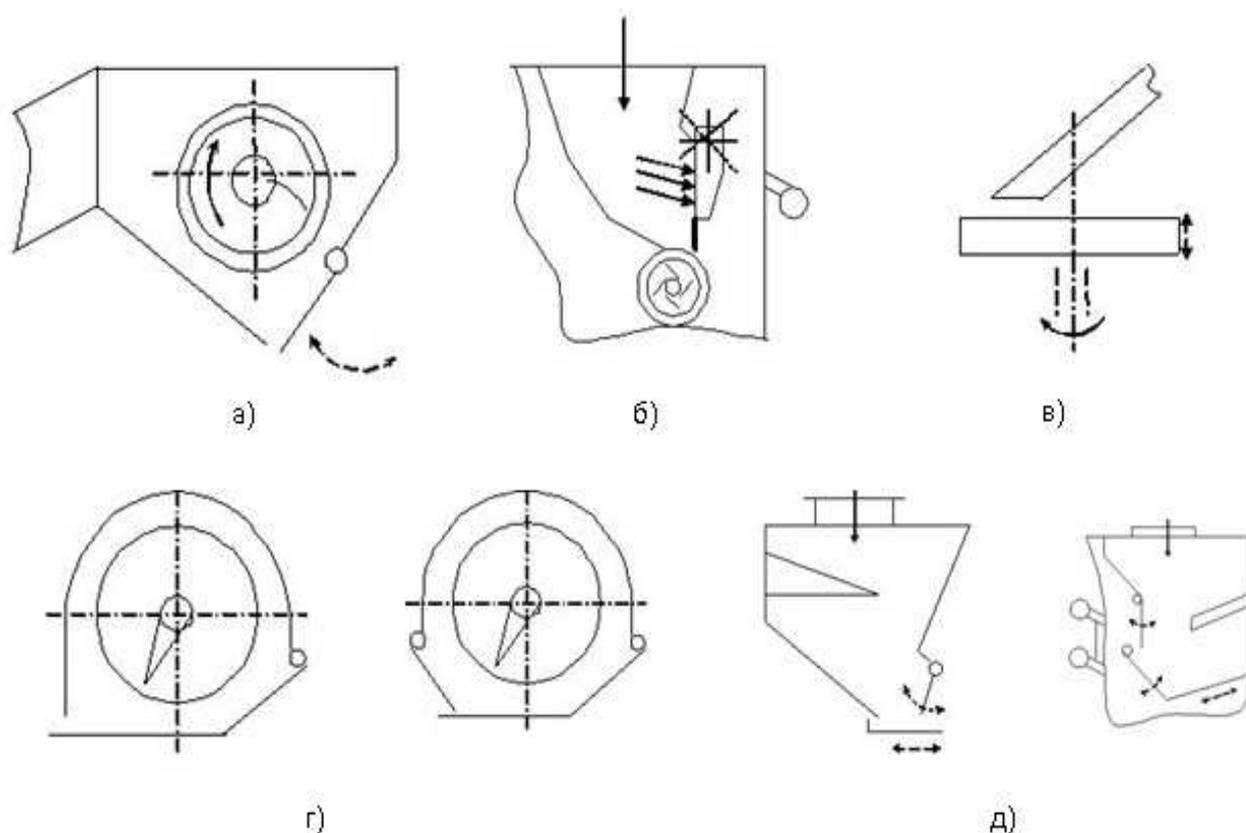


Рисунок 1.6 – Приемно-распределительные устройства комбинированного действия:

- а) – распределительный шнек + гравитационный клапан; б) – питающий валик + качающаяся заслонка; в) – тарельчатое распределительное устройство; г) – распределительный шнек + гравитационный клапан; д) – распределительный лоток (двухсторонний скат) + колеблющийся лоток + клапан (двухклапанный механизм).

В приемно-распределительных устройствах комбинированного действия (рисунок 1.6) в основном распределение материала внутри приемной камеры происходит за счет активнодействующих рабочих органов, а подача материала осуществляется действием гравитационных сил. Гравитационный клапан установлен на дне приемной камеры этих устройств и открывается под действием силы тяжести зернового материала, находящегося внутри этой камеры [1, 4, 31, 53, 85, 121].

В приемно-распределительных устройствах комбинированного типа (рисунок 1.6) использованы оба принципа распределения и подачи материала. В основном в таких устройствах распределение зернового вороха внутри приемной камеры осуществляется за счет активных рабочих органов, а подача материала на сепарирующую поверхность происходит через гравитационный клапан. К активным устройствам относятся вибротетки, питающие рифленые валики, разбрасывающие диски и др. Активными устройствами ввода можно в необходимых пределах регулировать скорость и угол подачи зернового материала, а также предварительно расслаивать ворох перед подачей в канал. Это позволяет улучшить сепарацию и повысить эффективность разделения. Иногда используются схемы, в которых материал распределяется внутри приемной камеры распределительными лотками за счет гравитационных сил, а подача осуществляется при помощи колеблющихся лотков [32, 54, 79, 101, 105, 143].

Приемно-распределительные устройства комбинированного действия применяются на зерноочистительных машинах первичной и вторичной очистки.

За счет замены части активнодействующих рабочих органов приемно-распределительных устройств принудительного действия на устройства без активного воздействия на обрабатываемый материал позволило снизить повреждение зерна этими устройствами. Стабильность подачи материала в зерноочистительные машины в заданных пределах можно регулировать автоматически [4].

Комбинированное приемно-распределительное устройство вибрлоткового типа незначительно травмирует зерновой материал, однако для равномерного распределения материала по ширине рабочих органов зерноочистительной машины необходимо точно устанавливать углы наклона лотков и вибрационного привода, а это существенно усложняет конструкцию зерноочистительных машин [6].

Проведенный анализ приемно-распределительных устройств показал, что использование активных устройств ввода зерновой смеси позволяет в требуемых пределах изменять скорость и угол ввода зерновой смеси, предварительно расслаивать смесь перед подачей в канал, улучшить условия сепарации и повысить эффективность разделения. Однако применение данных устройств не снижает уровень травмирования материала. Наиболее перспективными являются приемно-распределительные устройства гравитационного типа, т.к. они практически не травмируют обрабатываемый материал.

1.3 Влияние конструктивно-технологических параметров приемно-распределительных устройств на качество семян

Послеуборочная обработка зерна включает в себя основные технологические операции (очистка, сортирование, сушка) и вспомогательные (транспортировка, распределение и накопление). Представленные операции выполняются различными комплексами машин, объединенных в поточные линии послеуборочной обработки зерна, которые в свою очередь, делятся на зерноочистительные агрегаты (ЗАВ), зерноочистительно-сушильные комплексы (КЗС) и специальные линии для обработки семенного материала. По мнению большинства авторов, при проведении операций послеуборочной обработки (при очистке, сортировании, сушке и транспортировке) зерно получает большее количество

механических повреждений, чем при обмолоте комбайном [11, 25, 71, 82, 95, 121, 129, 138].

При послеуборочной обработке большое значение имеет транспортировка зерна от одной машины к другой, а также равномерное распределение материала по сепарирующей поверхности зерноочистительных машин. Транспортирующие органы многократно воздействуют на перемещаемый материал в зерноочистительных машинах и агрегатах, что приводит к травмированию семян. Для загрузки приемных камер зерноочистительных машин применяют различные транспортирующие механизмы: механические, самотечные и пневматические. Количество механических воздействий на обрабатываемый материал зависит от протяженности технологических линий, большую часть в которых занимают транспортирующие органы [12, 61, 114, 120, 121, 137].

Пневмокамеры и решета зерноочистительных машин требуют распределение зерна по ширине, без чего можно обойтись только в случаях подачи материала в триер, сушилку и пневмосортировальный стол. В случае неравномерной подачи материала по ширине воздушно-решетной очистки происходит снижение сепарации зернового вороха в воздушном потоке, а так же избыточное воздействие металлических поверхностей на разрозненные семена в недогруженных зонах, что в свою очередь способствует росту травмирования зерна рабочими органами зерноочистительных машин. В перегруженных зонах, за счет большого слоя обрабатываемого материала, происходит снижение эффективности сепарации. При неравномерной подаче материала по ширине решет уменьшается просеваемость, вследствие чего снижается производительность зерноочистительных машин, увеличиваются потери, ухудшается качество готового зерна и стабильность работы поточных линий [72, 83, 116, 119, 131, 132, 145].

Равномерность распределения входит в группу основных факторов оказывающих решающее влияние на пропускную способность решет.

Снижение производительности при неравномерном распределении загрузки с увеличением коэффициента ее вариации по ширине на каждые 10 % составляют в среднем 122 кг/ч. Для оптимальной работы зерноочистительных машин необходимо равномерно загружать их рабочие органы [67, 119, 143].

Большое значение имеют приемно-распределительные устройства при создании высокопроизводительных машин. В этом случае производительность машин повышают за счет увеличения ширины решетчатого стана. Приемно-распределительные устройства должны загружать всю площадь решет для обеспечения расчетной производительности машин. Широкие сепарирующие поверхности требуют одинаковые нагрузки на каждый равный участок ширины [44].

Применяемые в настоящее время транспортирующие и распределительные устройства существенно увеличивают микротравмирование зерна и снижают качество транспортируемого материала [29, 45, 65, 101, 118, 133].

Основными причинами, вызывающими разрушение и травмирование зерна, являются механические воздействия рабочих органов машин, а также орудий для послеуборочной обработки семян, их сушки и транспортировки. При этом травмирование будет тем больше, чем больше будет скорость перемещения семян.

На травмирование зерна во время уборки и послеуборочной обработки оказывают влияние следующие факторы: совершенство конструкции уборочных машин, режимы работы машин и их рабочих органов, сроки и способы уборки, физико-механические свойства зерна в момент обмолота и очистки на зерноочистительных машинах. В момент обмолота существенное влияние на качество семян оказывает влажность зерна, которая зависит от погодных условий в момент уборки и сроков уборки [3, 10].

Зачастую активные рабочие органы зерноочистительных машин деформируют зерна без повреждения поверхностных слоев зерновок. Когда

нагрузка снята с зерновки, происходит восстановление ее размеров за счет упругих свойств и внешне кажется неповрежденной, однако внутренние ткани при этом травмированы. Посевные качества семян снижаются не только от наличия видимых травм, но и от повреждения внутренних тканей зерновок при их деформации, на которые существенное влияние будет оказывать влажность зерна [72, 112, 136].

Зерно, поступающее на обработку, имеет 22,3 % внешних повреждений, а после очистки, сортирования и сушки – 55,2 % повреждений. Учитывая то, что больше 10 % травмированных семян попадает в отходы, общее количество травмированных зерен поточной линией составляет 43 %. От этого количества более 50 % повреждений приходится на погрузочно-разгрузочные и транспортные операции, при этом на долю самотечных труб приходится более 30 % и около 20 % — на долю технологического оборудования [32, 84, 121].

Многочисленными исследованиями установлено, что зерновой материал, обработанный на одной семяочистительной машине или на поточной зерноочистительной линии, в своем составе может иметь от 1 до 92 % травмированных зерен. Большой разброс и высокий уровень травмирования зерна при послеуборочной обработке обусловлен наличием большого количества как внешних, так и внутренних факторов системы «среда-технологический процесс обработки», влияющих на этот показатель. Поэтому для совершенствования технологического процесса послеуборочной обработки зерна путем снижения его травмирования прежде всего необходимо выявить те машины и те рабочие органы машин, которые наносят зерну наибольшее повреждение [10, 69, 75, 102, 121].

В момент уборки и послеуборочной обработки зерна получают различные виды травм, которые по-разному влияют на посевные качества семян. Исследования под микроскопом образцов травмированных семян пшеницы показывают, что чаще всего встречаются следующие виды повреждений: внутренние трещины эндосперма, трещины и срывы оболочек

на разных участках зерна, повреждения зародыша вплоть до полной его утраты, повреждения эндосперма [12, 75].

В среднем в убранном зерновом материале содержится:

- 0,92 % – зерна с выбитым зародышем,
- 1,64 % – с поврежденным зародышем,
- 8,44 % – с поврежденной оболочкой зародыша,
- 14,3 % – с поврежденной оболочкой зародыша и эндосперма,
- 1,1 % – с поврежденным эндоспермом,
- 29,9 % – с поврежденной оболочкой эндосперма,
- 10,1 % – дробленого зерна, которое не может использоваться для семенных целей,
- 34,4 % – неповрежденного [114].

Посевные качества семян с различными видами микротравм представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Лабораторная всхожесть семян по видам травм

Вид травм	Лабораторная всхожесть семян, %
Поврежден зародыш	50,8
Поврежден эндосперм	60,6
Повреждена оболочка зародыша	85,6
Повреждена оболочка зародыша и эндосперма	83,4
Повреждена оболочка эндосперма	94,4
Без повреждений	99,0

Из таблицы видно, что высокая лабораторная всхожесть имеется у неповрежденных семян, которая равна 99 % и соответствует I классу посевных кондиций. Остальные виды травм снижают существенно

лабораторную всхожесть семян. Самая низкая всхожесть у семян с поврежденным зародышем (50,8 %) и эндоспермом (60,6 %) [12, 114].

Травмирование зерновому материалу наносят старые зерноочистительные машины за счет деформации каналов, увеличения зазора между кожухами и шнеками, а также новые машины из-за наличия острых кромок, заусенцев. В процессе послеуборочной обработки зерна необходимо минимизировать пропуски через зерноочистительные машины, т.к. каждый последующий пропуск через машину приводит к повышению травмирования зерна на 2-3 % [78, 84, 136, 149].

Исследования, проведенные И.А.Чудиным в разных хозяйствах, показали, что повреждение зерна зерноочистительными машинами и транспортирующими органами поточных линий колеблется в значительных пределах. Зерноочистительные машины травмируют от 3 до 8 % зерна, нории до 10 % , пневмотранспортер 17 и более процентов [136].

Самотечные устройства незначительно травмируют зерновой материал. При подаче зернового вороха по каналам происходит трение зерновых потоков и изнашиваются поверхности зерновок. Основным недостатком таких устройств является то, что они эффективно работают только при малой производительности и с зерновым материалом прошедшим первичную очистку. Так же недостатком некоторых устройств является громоздкость конструкций по габаритным размерам. Недостатки конструкций со статическим накоплением зерна над клапаном имеют тенденцию к порционному выпуску зерна, что приводит к нестабильной работе зерноочистительной машины [60, 62, 124, 126].

В самотечных трубопроводах травмированность семян возрастает с увеличением их длины и скорости передвижения семян. Наибольший процент травмирования наблюдается в местах перемены направления потока.

Механические повреждения приводят к травмированию зародышей семян и уменьшают запасы питательных веществ в эндосперме. Также травмы приводят к проникновению микроорганизмов из почвы внутрь семян,

тем самым повреждая их ткани. Из-за этого примерно половина травмированных семян погибает в поле, а из другой половины высеянных семян развиваются ослабленные растения. Изреженные посевы приводят к низкой урожайности, а также наличие в посевном материале пшеницы 10 % травмированных семян вызывает снижение урожая более чем на 1 ц/га. Если в посевном материале находится более половины поврежденных семян, то всхожесть снижается ниже 90 %, и тогда приходится дорогостоящий семенной материал применять для продовольственных целей [80, 102, 111].

Для того, чтобы снизить повреждения семян при уборке, транспортировании, очистке и сушке необходимо: во время уборки применять мягкие режимы обмолота; при транспортировании самотеком поддерживать заполнение зернопроводов не менее 60 %, т.к. свободное падение приводит к сильным ударам семян. Также нужно располагать оборудование так, чтобы обеспечить минимальную высоту подъемов и падений семян. На всем пути движения семян необходимо места изгибов и поворотов покрыть листовой резиной. Обязательно устранить острые заусенцы, выступы и излишние перемещения [56, 84, 125].

Высококачественные семена возможно получить при уборке и послеуборочной обработке в том случае, если влажность зерна будет не более 22 %. В таком случае механические воздействия орудий машин не наносят существенные повреждения материалу и не приводят к снижению посевных качеств семян [57, 110].

Установлено, что скребковый транспортер длиной 2,3 м при скорости цепи 1,15 м/с повреждает семена за один пропуск на 1,5 %. При увеличении пропусков через такой транспортер приведет к приросту повреждений семян на 0,5 % [69, 111].

Повреждение зерна пшеницы шнековым транспортером в зависимости от производительности и частоты вращения шнека представлено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Травмирование зерна шнеком

Производительность, т/ч	Частота вращения шнека, мин^{-1}				
	120	180	240	300	360
	Повреждение зерна, %				
2,0	17,3	14,2	8,6	9,4	14,4
2,5	10,5	13,0	7,2	7,0	11,5
3,0	6,8	11,8	5,9	6,9	8,6
3,5	4,6	10,0	5,0	7,3	5,6
4,0	3,4	7,7	4,7	8,2	2,3

Приведенные данные показывают, что травмирование зерна уменьшается с увеличением производительности шнека и минимальное его повреждение наблюдается при частоте вращения 240 мин^{-1} . При влажности зерна 11,9 % с увеличением числа пропусков через шнек травмирование также увеличивается. Изменение влажности с 21,9 до 11,9 % при частоте вращения шнека 240 мин^{-1} вызывает увеличение дробления зерна в 2,85 раза. Это объясняется тем, что сухое зерно более хрупкое. Травмирование зерна шнеком возрастает и с увеличением длины перемещения. При перемещении зерна пшеницы оптимальная частота вращения шнека составляет $155\text{-}280 \text{ мин}^{-1}$, причем меньшая частота вращения соответствует влажности 12-14 % и большая – 17-19 % [75, 136].

Влияние зазора между шнеком и кожухом, вида и направления подачи, ее величины на травмирование семян изучали многие авторы на горизонтальном шнеке открытого и закрытого типа. Исследование работы горизонтального шнека показало, что с увеличением радиального зазора от 2 до 30 мм при постоянной скорости вращения травмирование семян вначале

возрастает, достигая максимума при зазорах 4-12 мм, а затем снижается до минимума при зазорах более 20 мм. При оптимальных зазорах повышение частоты вращения шнека до 460 мин^{-1} не влияет существенно на травмирование семян. В шнеках закрытого типа при зазорах 1,0 и 20,0 мм и частоте вращения до 400 мин^{-1} травмирование семян незначительно. Увеличение частоты вращения с 400 до 620 мин^{-1} ведет к резкому повышению травмирования семян, что объясняется защемлением их в приемной части и ростом динамической нагрузки в момент выгрузки. Было выявлено также значительное влияние на это длины выгрузного окна. Так, при частоте вращения шнека 620 мин^{-1} и длине окна 140 мм за один пропуск травмировалось до 12 % семян, тогда как с увеличением длины окна до 190 мм и той же частоте вращения шнека – лишь 0,36 %. Исследованиями установлено, что при транспортировке шнеком пшеницы ее дробление увеличивается не более чем на 0,1 %, а микроповреждение – 3,4 % [18, 75, 112, 121].

При перемещении зерна шнеком травмирование его зависит от частоты вращения шнека, его производительности, влажности зерна, числа пропусков через шнековый транспортер и многих других факторов [18].

Приемно-распределительные устройства с распределительным шнеком в настоящее время широко применяются на зерноочистительных машинах. Для оценки данного типа приемно-распределительных устройств были проведены лабораторные исследования повреждения семян при дозировании. Исследования проводили на лабораторной установке, изготовленной на базе питателя зерноочистительной машины «Петкус»[55].

Для исследования травмирования материала шнековыми приемно-распределительными устройствами была изготовлена лабораторная установка, выполнена на базе питателя зерноочистительной машины «Петкус». Схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.7.

Лабораторная установка состоит из рамы 1 (рисунок 1.7) сварной конструкции, электродвигателя 2 для привода рабочих органов, загрузочного

бункера 5, в котором смонтирована регулировочная заслонка 4 для изменения подачи материала. В кожухе 6 открытого типа размещен шнек 7. На противоположном конце кожуха выполнен выгрузной рукав 8 для схода зернового вороха в емкость 9. На краях кожуха 6 смонтированы винтовые механизмы регулировки зазора шнека 3. Величину зазора между витками шнека и нижней частью кожуха можно изменять от 0 до 30 мм.

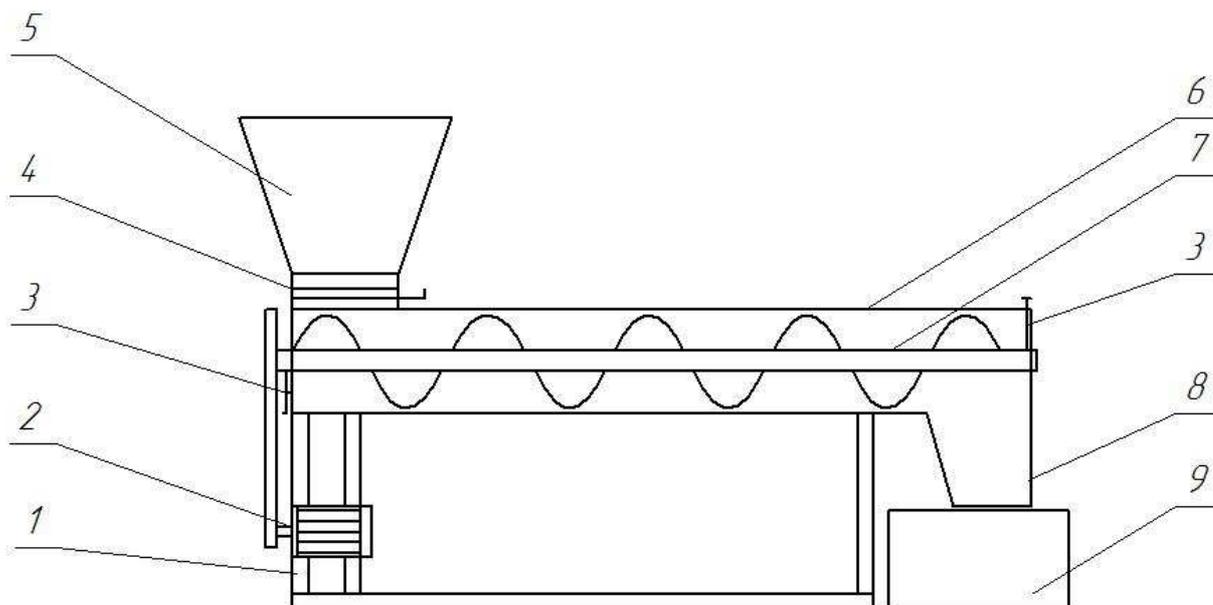


Рисунок 1.7 – Схема лабораторной установки:

1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – механизмы регулировки зазора шнека; 4 – регулировочная заслонка; 5 – загрузочный бункер; 6 – кожух; 7 – шнек; 8 – выгрузной рукав; 9 – емкость для материала

Экспериментальная установка работает следующим образом: зерновой ворох загружали в загрузочный бункер 5, из которого зерно самотеком поступало в открытый кожух 6 шнекового питающего устройства. С помощью заслонки 4 устанавливали заданную подачу материала в питающее устройство. Шнек 7 приводится во вращение от электродвигателя 2 через клиноременную передачу. При вращении шнека 7 зерновой ворох перемещается по кожуху 6 от загрузочного бункера 5 в выгрузной рукав 8 и поступает в емкость для материала 9. При сходе зернового вороха из выгрузного рукава 8 отбирались пробы зерна для анализа. Зазор между

витками шнека и кожухом изменяли с помощью механизмов 3 регулировки шнека. Частоту вращения шнека 7 изменяли с помощью частотного регулятора питания электродвигателя 2.

В процессе исследований изучали влияние величины зазора между витками шнека и кожухом, а также частоты вращения шнека на повреждение зерна. Исследования проводили по схеме однофакторного эксперимента по методикам описанным в третьей главе. Величину зазора между витками шнека и кожухом изменяли от 0 до 25 мм, при этом частота вращения шнека и производительность приемно-распределительного устройства оставались постоянными. Частота вращения шнека составляла 150 мин^{-1} , а производительность 25 т/ч. Опыты проводили на семенном материале озимой пшеницы сорта «Московская 39». Влажность семян составляла 14 %. Перед проведением опытов определяли качественный состав исходного вороха. Результаты анализа исходного вороха представлен в разделе 4.1.

Результаты исследований влияния величины зазора между витками шнека и кожухом на повреждение зерна представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Влияние величины зазора между витками шнека и кожухом на повреждение зерна

№	Зазор, S, мм	Целое зерно, %	Дробленое зерно, %	Засорители, %	Всхожесть, %	Микро-травмирование, $T_{\text{пр}}$, %
1	25	97,37	2,31	0,32	96,98	11,0
2	20	97,34	2,34	0,32	96,65	11,2
3	15	97,30	2,38	0,32	96,02	11,5
4	10	97,25	2,43	0,32	95,22	11,9
5	5	97,06	2,62	0,32	93,86	12,4
6	0	96,14	3,54	0,32	91,14	13,3

Графическая зависимость повреждения зерна от величины зазора между витками шнека и кожухом представлена на рисунке 1.8.

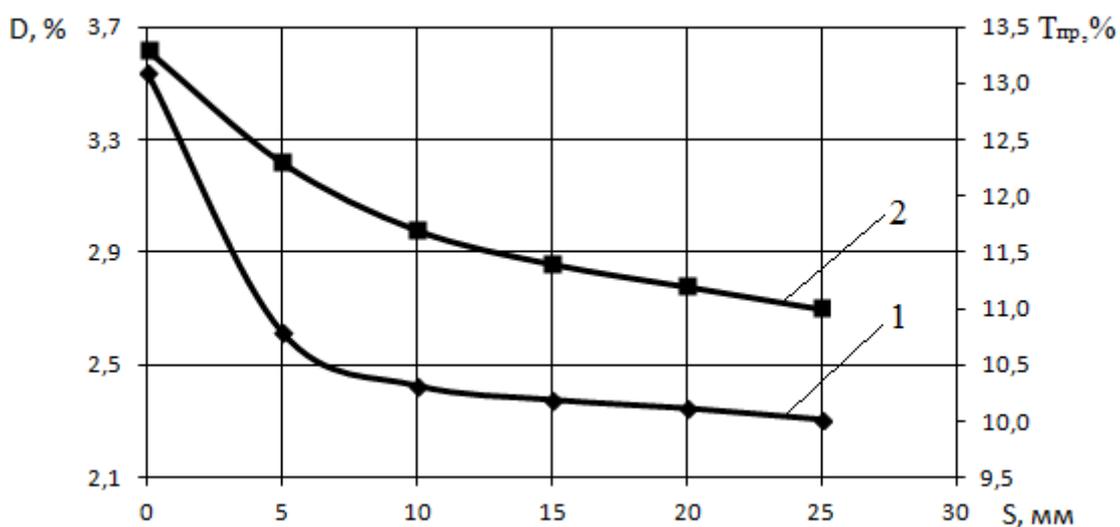


Рисунок 1.8 – Зависимость повреждения зерна от величины зазора между витками шнека и кожухом (S, мм):
1 – дробленое зерно (D, %); 2 – микротравмированное зерно (T_{пр}, %)

1 – дробленое зерно (D, %); 2 – микротравмированное зерно (T_{пр}, %)

На рисунке 1.9 представлена графическая зависимость всхожести зерна от величины зазора между витками шнека и кожухом.

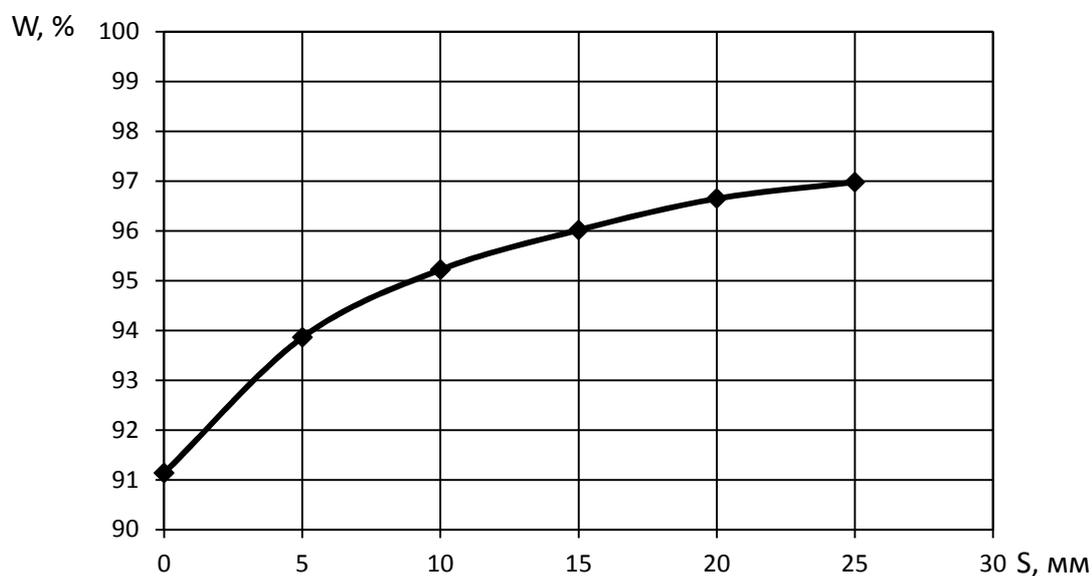


Рисунок 1.9 – Зависимость всхожести зерна (W, %) от величины зазора между витками шнека и кожухом (S, мм)

Анализ результатов исследований, представленных в таблице 1.3 и на рисунках 1.8, 1.9, показывает, что с увеличением зазора между витками шнека и кожухом от 0 до 25 мм наблюдается снижение дробления зерна с

3,54 до 2,31 % и микротравмирования зерна с 13,3 до 11,0 %, а всхожесть зерна возрастает с 91,14 % до 96,98 %. Увеличение зазора снижает вероятность соприкосновения зерновок с навивками шнека и заклинивания их в установленном зазоре. При зазорах от 10 до 25 мм наблюдаются незначительное изменение повреждения зерна, а также высокие показатели всхожести зерна. Из этого следует, что для минимизации травмирования зерна необходимо обеспечивать зазор не менее 10 мм. Существенное увеличение дробления и микротравмирования зерна при малых зазорах (от 0 до 5-6 мм) также приводит к снижению всхожести зерна, что обусловлено защемлением и деформацией семян между кожухом и витками шнека. Это особенно проявляется в шнековых устройствах с открытым кожухом [18].

Для определения зависимости травмирования зерна от частоты вращения шнека были проведены исследования, где частоту вращения шнека изменяли от 50 до 200 мин⁻¹. Производительность и величина зазора между витками шнека и кожухом оставались постоянными и составляли соответственно 25 т/ч и 25 мм.

Результаты исследований влияния частоты вращения шнека на повреждение зерна представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Влияние частоты вращения шнека на повреждение зерна

№	Частота вращения, n, мин ⁻¹	Целое зерно, %	Дробленое зерно, %	Засорители, %	Всхожесть, %	Микротравмирование, T_{np} , %
1	50	97,42	2,26	0,32	97,10	10,8
2	75	97,40	2,28	0,32	96,98	10,9
3	100	97,38	2,30	0,32	96,76	11,1
4	125	97,34	2,34	0,32	96,30	11,3
5	150	97,26	2,42	0,32	95,75	11,6
6	175	97,16	2,52	0,32	95,02	12,0
7	200	97,05	2,63	0,32	94,23	12,4

Графическая зависимость дробления и микротравмирования зерна от частоты вращения шнека представлена на рисунке 1.10.

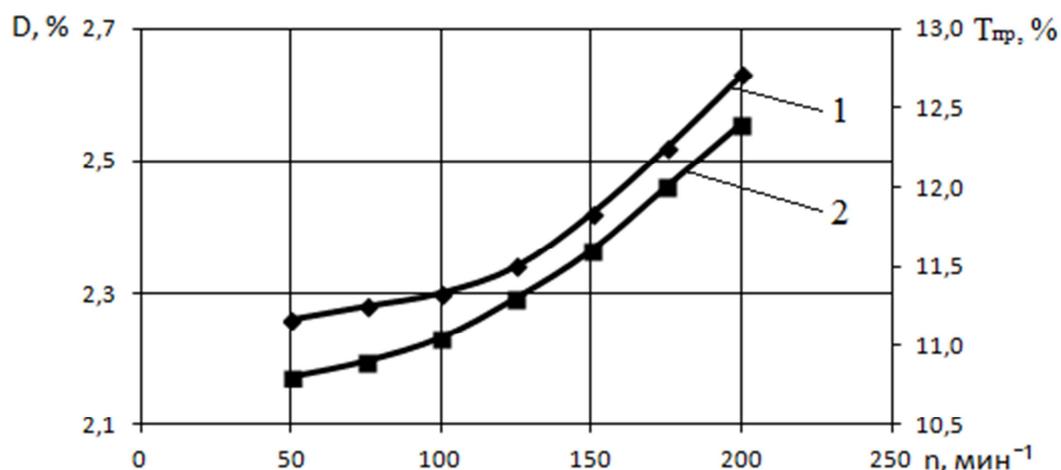


Рисунок 1.10 – Зависимость дробления и микротравмирования зерна от частоты вращения шнека ($n, \text{мин}^{-1}$):

1 – дробленое зерно ($D, \%$); 2 – микротравмированное зерно ($T_{\text{пр}}, \%$)

На рисунке 1.11 представлена графическая зависимость всхожести зерна от частоты вращения шнека.

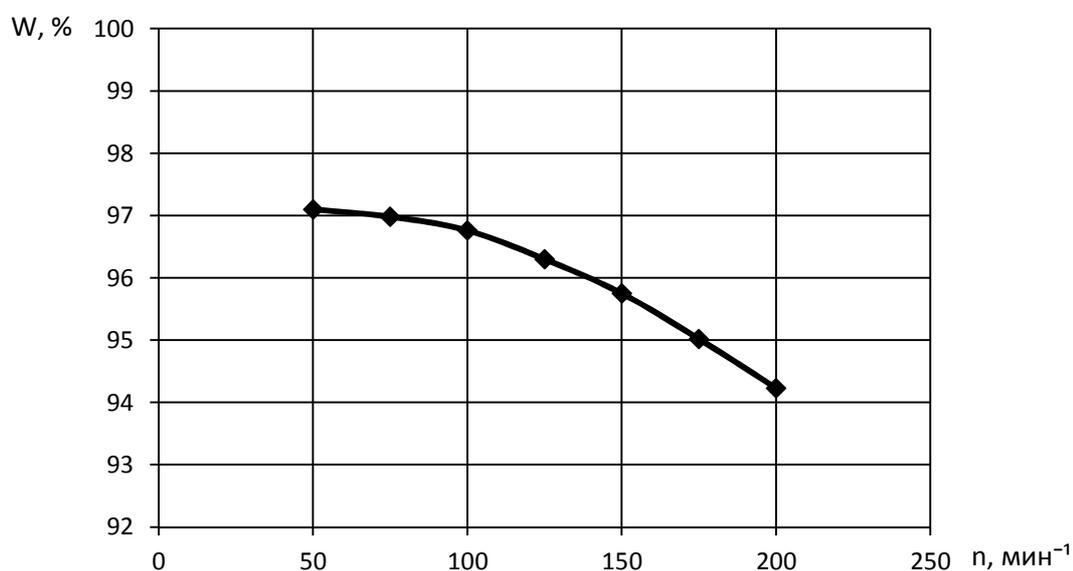


Рисунок 1.11 – Зависимость всхожести зерна ($W, \%$) от частоты вращения шнека ($n, \text{мин}^{-1}$)

Анализ данных, представленных в таблице 1.4 и на рисунках 1.10, 1.11, показывает, что с увеличением частоты вращения шнека с 50 до 200 мин^{-1}

возрастает дробление зерна с 2,26 % до 2,63 % и микротравмирование зерна с 10,8 % до 12,4 %, а всхожесть снижается с 97,10 % до 94,23 %. При изменении частоты вращения от 50 до 125 мин⁻¹ увеличение дробления и микротравмирования зерна возрастает незначительно. Дальнейшее повышение частоты вращения приводит к существенному увеличению повреждения зерна и снижению всхожести зерновок. При частоте вращения 200 мин⁻¹ дробление достигает 2,63 %, т.е. увеличение составляет 0,37 % от исходного (2,26 %). Даже при частоте вращения шнека 150 мин⁻¹ дробление составляет 2,42 %, а увеличение на 0,16 % от исходного, при этом всхожесть семян достаточно высокая и составляет 95,75 %. Анализ данных показал, что для снижения дробления и микротравмирования зерна частоту вращения шнека необходимо выбирать не выше 150 мин⁻¹ [18].

Рост дробления зерна и снижение всхожести зерна при повышении частоты вращения шнека объясняются увеличением динамических нагрузок на зерновки, а также повышением вероятности их защемления между витками шнека и кожухом при более хаотичном и динамичном движении слоя.

Представленные результаты исследований позволяют сделать вывод, что для достижения высокой всхожести зерна и снижения повреждения зерна в шнековых приемно-распределительных устройствах зерноочистительных машин величину зазора между витками шнека и кожухом необходимо устанавливать максимально, чтобы исключить защемление зерна и его разрушение, при этом не нарушив процесс перемещения и дозирования материала. Частоту вращения шнека желательно выбирать минимальную, одновременно обеспечивая требуемую производительность зерноочистительной машины.

Однако полностью исключить повреждение зерна путем выбора рациональных режимов работы шнека и оптимизации его конструктивных параметров не представляется возможным. Поэтому в последнее время наметилась тенденция к применению на зерноочистительных машинах

приемно-распределительных устройств гравитационного типа. Использование таких устройств позволяет исключить повреждение зерна, однако в определенных условиях может нарушить равномерность подачи зернового материала по ширине решета зерноочистительных машин.

Такое явление вероятнее всего может проявляться у зерноочистительных машин высокой производительности, которая, как правило, обеспечивается путем увеличения ширины решетного стана. Исходя из выше изложенного, необходимо изучить процесс заполнения бункера гравитационного приемно-распределительного устройства обрабатываемым материалом и последующую подачу его на решето зерноочистительной машины.

1.4 Выводы

1. Используемые в настоящее время приемно-распределительные устройства имеют ряд существенных недостатков и требуют дальнейшего совершенствования. Каждое устройство имеет свои достоинства и недостатки, но наиболее весомым недостатком у большинства устройств является наличие активных рабочих органов травмирующие зерно. Поэтому, наиболее перспективными для совершенствования являются приемно-распределительные устройства гравитационного типа.

2. Для длительного хранения семян различных культур необходимо вовремя и качественно очищать зерно, чтобы получить высокую всхожесть и урожайность, а также снизить процент засоренности полей.

3. Получение высококачественных семян в процессе послеуборочной обработки зерна возможно только при минимизации пропусков через транспортирующие органы и зерноочистительные машины.

Полученные выводы позволили сформулировать цель и задачи исследований, которые представлены во введении.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ПО ШИРИНЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

2.1 Формирование вороха в бункере приемно-распределительного устройства

Процесс подачи зернового материала на рабочие органы зерноочистительной машины приемно-распределительным устройством гравитационного типа в значительной степени определяется параметрами вороха в бункере. При подаче зерна в бункер из зернопровода оно попадает в определенное место дна и, по мере накопления образует конус из зерновой массы с углом естественного откоса, а в нижней части зерно под давлением вышележащего слоя распределяется в соответствии с конфигурацией днища приемно-распределительного устройства [19].

Начальное место подачи зернового вороха в приемно-распределительное устройство в значительной степени определяется углом наклона зернопровода (углом подачи) относительно горизонта.

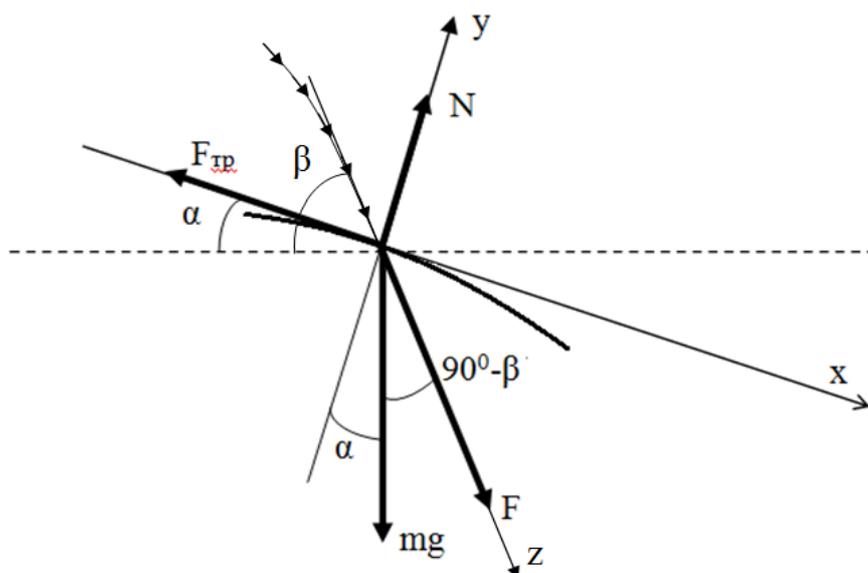


Рисунок 2.1 – Силы, действующие на частицу в момент соприкосновения ее с формируемым ворохом зерна

Рассмотрим, как влияет угол подачи материала в приемно-распределительное устройство зерноочистительной машины на формирование в нем вороха зерна. На первом этапе рассмотрим траекторию полета зерновок из подающего патрубка в приемно-распределительное устройство зерноочистительной машины и её влияние на формируемый ворох. Условно принимаем, что зерновка имеет форму шара. На рисунке 2.1 показана схема сил, действующих на частицу в момент соприкосновения ее с поверхностью формируемого вороха зерна. При падении частиц на ворох, зерна в приемно-распределительном устройстве соприкасаются с наклонной поверхностью и скользят по ней.

Для определения угла соскальзывания частиц с наклонной плоскости, спроектируем силы на ось x :

$$m \cdot g \cdot \sin\alpha + F \cdot \sin(90^\circ - \beta + \alpha) - F_{\text{тр}} = 0,$$

где m – масса частицы (кг), g – ускорение свободного падения (м/с^2), F – сила, с которой зерно действует на элемент вороха при падении (Н), $F_{\text{тр}}$ – сила трения (Н), α – угол касательной к вороху с горизонтом ($^\circ$), β – угол касательной к траектории падения частицы с горизонтом ($^\circ$)[50, 150].

Учитывая, что

$$\sin(90^\circ - \beta + \alpha) = \cos(\beta - \alpha),$$

$$F_{\text{тр}} = f \cdot N,$$

где f – коэффициент трения, N – нормальная реакция (Н).

Получаем

$$m \cdot g \cdot \sin\alpha + F \cdot \cos(\beta - \alpha) - f \cdot N = 0. \quad (2.1)$$

Нормальную реакцию определим из уравнения проекций сил на ось y :

$$N - m \cdot g \cdot \cos\alpha - F \cdot \sin(\beta - \alpha) = 0,$$

откуда $N = m \cdot g \cdot \cos\alpha + F \cdot \sin(\beta - \alpha)$.

Тогда уравнение (2.1) примет вид:

$$m \cdot g \cdot \sin\alpha + F \cdot \cos(\beta - \alpha) - f \cdot (m \cdot g \cdot \cos\alpha + F \cdot \sin(\beta - \alpha)) = 0. \quad (2.2)$$

Раскрывая скобки и применяя элементарные тригонометрические тождества получаем:

$$m \cdot g \cdot \sin\alpha + F \cdot \cos\beta \cdot \cos\alpha + F \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha - f \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha - f \cdot F \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha + f \cdot F \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha = 0.$$

Разделив полученное равенство на $\cos\alpha$, получим соотношение:

$$m \cdot g \cdot \operatorname{tg}\alpha + F \cdot \cos\beta + F \cdot \sin\beta \cdot \operatorname{tg}\alpha - f \cdot m \cdot g - f \cdot F \cdot \sin\beta + f \cdot F \cdot \cos\beta \cdot \operatorname{tg}\alpha = 0.$$

Из полученного равенства определим $\operatorname{tg}\alpha$:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{f \cdot m \cdot g + f \cdot F \cdot \sin\beta - F \cdot \cos\beta}{m \cdot g + F \cdot \sin\beta + f \cdot F \cdot \cos\beta}.$$

Сила F , с которой зерно при падении действует на элемент вороха, определяется по формуле:

$$F = \rho \cdot s \cdot V^2,$$

где ρ – плотность зерна (кг/м^3), $s = \pi \cdot r^2$ – площадь поперечного сечения зерна (м^2), r – радиус зерна (м), V – скорость падения зерна (м/с).

Учитывая, что $m = \rho \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$, получим

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{f \cdot \rho \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g + f \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot V^2 \cdot \sin\beta - \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot V^2 \cdot \cos\beta}{\rho \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot g + \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot V^2 \cdot \sin\beta + f \cdot \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot V^2 \cdot \cos\beta},$$

или

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{f \frac{4}{3} r \cdot g + f \cdot V^2 \cdot \sin\beta - V^2 \cdot \cos\beta}{\frac{4}{3} r \cdot g + V^2 \cdot \sin\beta + f \cdot V^2 \cdot \cos\beta}. \quad (2.3)$$

Полученное выражение позволяет определить изменение тангенса угла трения частиц по вороху в зависимости от скорости падения частиц. Численная реализация указанного алгоритма приведена в приложение В «Программа определения тангенса угла трения при различных углах подачи материала».

На рисунке 2.2 показаны зависимости тангенса угла трения от скорости падения частиц на поверхность вороха при различных углах наклона

касательной к траектории падения в точке встречи частицы с поверхностью. Так при углах подачи частиц 65° , 70° наблюдается отрицательный угол трения, т.е. трение отсутствует полностью. В этом случае частицы движутся по инерции, существенно смещаются в одну сторону, образуя при этом не симметричное заполнение. При углах подачи 75° , 80° тангенс угла трения имеет значение выше нуля, в этом случае трение замедляет движение частицы по поверхности, не давая ей сильно смещаться в сторону от места падения. Из представленных результатов видно, что угол трения практически не зависит от угла подачи при скорости свыше $1,5$ м/с. В рассматриваемом нами процессе скорость падения частиц находится в диапазоне свыше $1,5$ м/с.

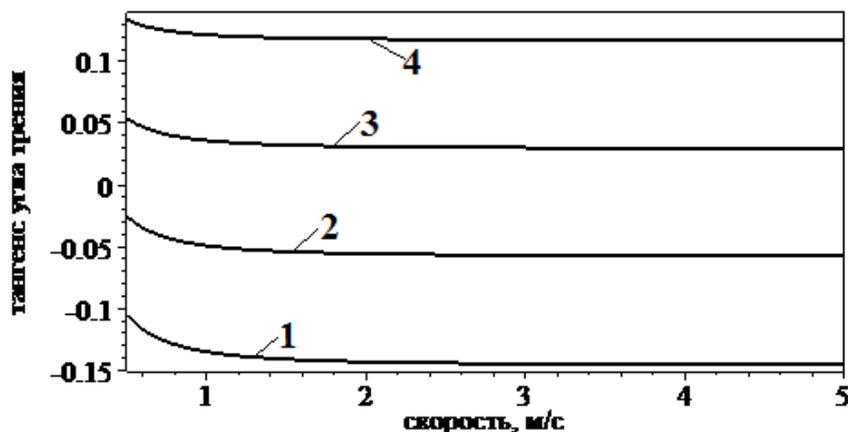


Рисунок 2.2 – Зависимость тангенса угла трения от скорости падения частиц:

1 – угол подачи частиц 65° ; 2 – угол подачи частиц 70° ; 3 – угол подачи частиц 75° ; 4 – угол подачи частиц 80°

На рисунке 2.3 показана зависимость тангенса угла трения от угла наклона касательной к траектории падения в точке встречи частицы с поверхностью при $V=2$ м/с. Численная реализация указанного алгоритма представлена в приложении Г «Программа определения тангенса угла трения». Из рисунка видно, что с увеличением угла наклона падения частицы тангенс угла трения уменьшается и при 73° обращается в 0. Таким образом, в зоне падения частиц на вершине вихря должна образовываться практически горизонтальная площадка, по которой частицы будут перемещаться за счет

горизонтальной составляющей скорости падения. Чем выше эта составляющая, тем бóльшая асимметрия будет наблюдаться в расположении вороха.

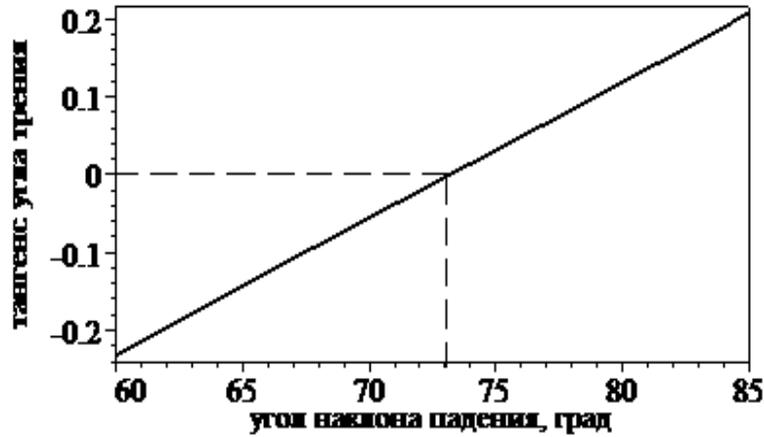


Рисунок 2.3 – Зависимость тангенса угла трения от угла наклона касательной к траектории падения частиц

Более точное определение угла падения, при котором тангенс угла трения обращается в 0, может быть получено приравниваем правой части равенства (2.3) к нулю, что приводит к уравнению относительно угла β :

$$f \cdot \frac{4}{3} \cdot r \cdot g + f \cdot V^2 \cdot \sin\beta - V^2 \cdot \cos\beta = 0.$$

Разделив на V^2 и на нормируемый множитель $\sqrt{1 + f^2}$, получим

$$\frac{4 \cdot f \cdot r \cdot g}{V^2 \cdot \sqrt{1 + f^2}} + \frac{f \cdot \sin\beta}{\sqrt{1 + f^2}} - \frac{\cos\beta}{\sqrt{1 + f^2}} = 0. \quad (2.4)$$

Вводя дополнительный угол φ , определяемый соотношениями

$$\cos\varphi = \frac{f}{\sqrt{1 + f^2}}, \sin\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}},$$

уравнение (2.4) примет вид

$$\frac{4 \cdot f \cdot r \cdot g}{V^2 \cdot \sqrt{1 + f^2}} + \sin\beta \cdot \cos\varphi - \cos\beta \cdot \sin\varphi = 0,$$

или

$$\frac{4 \cdot f \cdot r \cdot g}{V^2 \cdot \sqrt{1 + f^2}} + \sin(\beta - \varphi) = 0, \text{ или } \sin(\varphi - \beta) = \frac{4 \cdot f \cdot r \cdot g}{V^2 \cdot \sqrt{1 + f^2}}.$$

В результате преобразований получим

$$\beta = \varphi - \arcsin \frac{4 \cdot f \cdot r \cdot g}{V^2 \cdot \sqrt{1 + f^2}}$$

Определение точки и скорости падения проводится с помощью численного решения задачи Коши для квазилинейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка [50, 108, 122, 144]:

$$\begin{cases} \ddot{x} = k \cdot \dot{x} \cdot \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} \\ \ddot{y} = -k \cdot \dot{y} \cdot \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - g \end{cases}, \quad (2.5)$$

где k —коэффициент парусности,

с начальными условиями:

$$x(0) = 0, y(0) = H, \dot{x}(0) = v_0 \cdot \cos(\beta), \dot{y}(0) = v_0 \cdot \sin(\beta). \quad (2.6)$$

После определения указанных выше кинематических характеристик падения частиц предлагается следующий алгоритм определения формы образующегося вороха.

Принимающий бункер разбивается по ширине на достаточно большое количество частей, в которых в последствии будет накапливаться поступающее количество зерен. Если разность между высотой зернового столба превышает угол естественного откоса, то частица пересыпается в соседнюю часть разбиения бункера и удаляется из той, в которой она находилась. При этом учитывается, что угол естественного откоса увеличивается от нуля до вполне определенного значения по мере отдаления части разбивки от зоны загрузки. Кроме того, учитывается тот факт, что по мере наполнения бункера, меняются координаты точки загрузки, угол попадания на верхнюю часть вороха, скорость и, как следствие, ее горизонтальная составляющая, влияющая на проявления асимметрии формы вороха.

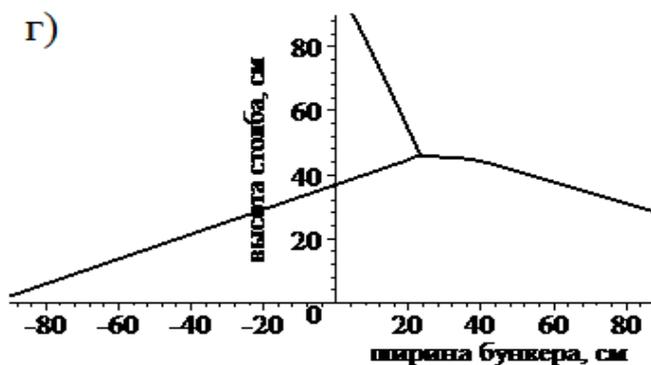
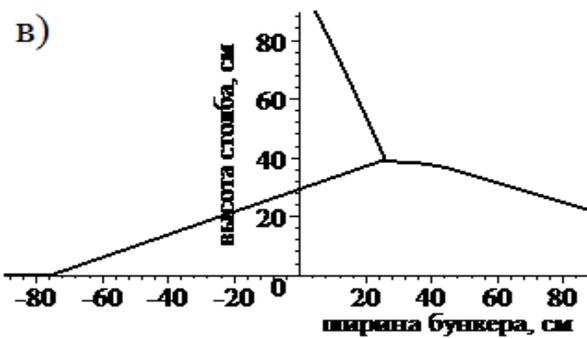
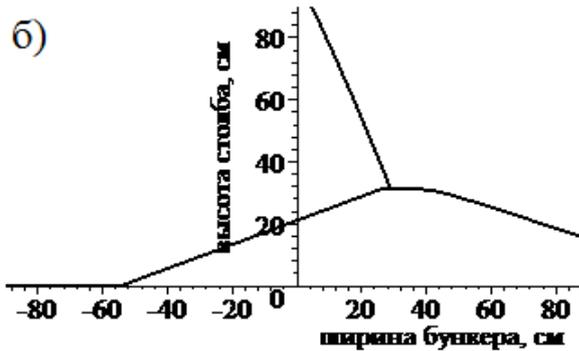
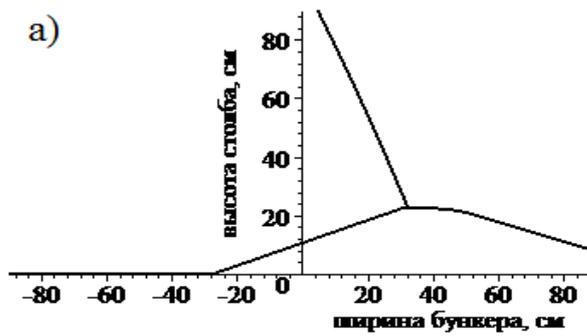


Рисунок 2.4 – Процесс формирования зернового вороха в бункере на различной высоте:

- а) – высота вороха 23 см; б) – высота вороха 32 см; в) – высота вороха 37 см; г) – высота вороха 45 см

Этапы заполнения вороха, с учетом предложенного выше алгоритма отражены на рисунке 2.4. Они представляют собой визуализацию решения системы уравнений полета совместно с указанным выше порядком перераспределения частиц. Угол подачи зернового материала составляет 70° , а ширина приемно-распределительного устройства равна 1,85 м. Численная реализация указанного алгоритма представлена в приложении Д «Программа полета зерновки и формирования вороха зерна».

На рисунке 2.4а показан начальный этап формирования зернового вороха. Зерновой ворох формируется в бункере приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины со смещением относительно центра его (места ввода зерна) на 32 см. Вследствие чего, правая часть бункера заполняется зерном, а левая часть бункера практически не заполнена. На рисунке 2.4б показан очередной этап заполнения бункера, когда на правой его части высота зернового вороха становится больше. При этом на левой части есть свободное пространство, составляющее 30 см. Вершина вороха смещена от центра бункера на 29 см. На следующем этапе (рисунок 2.4в) показан процесс формирования вороха на высоте 37 см. Вершина вороха приближается к центру бункера и находится на расстоянии 26 см. Однако при такой высоте еще остается незаполненная зона в левой части бункера, а в правой части бункера формируется слой зерна имеющий несущественную разницу между вершиной вороха и правой стенкой бункера. На рисунке 2.4г показан очередной этап заполнения бункера, когда на левой его части высота зернового вороха становится больше нуля, т.е. незаполненные зоны отсутствуют. Вершина вороха расположена на расстоянии 23 см от центра бункера приемно-распределительного устройства. При этом на правой части происходит вертикальное заполнение и составляет 31 см. На левой и на правой частях происходит вертикальное несимметричное заполнение.

На рисунке 2.5 показан процесс формирования вороха в бункере при различных углах подачи зерна. Численная реализация алгоритма представлена в приложении Е, Ж и З.

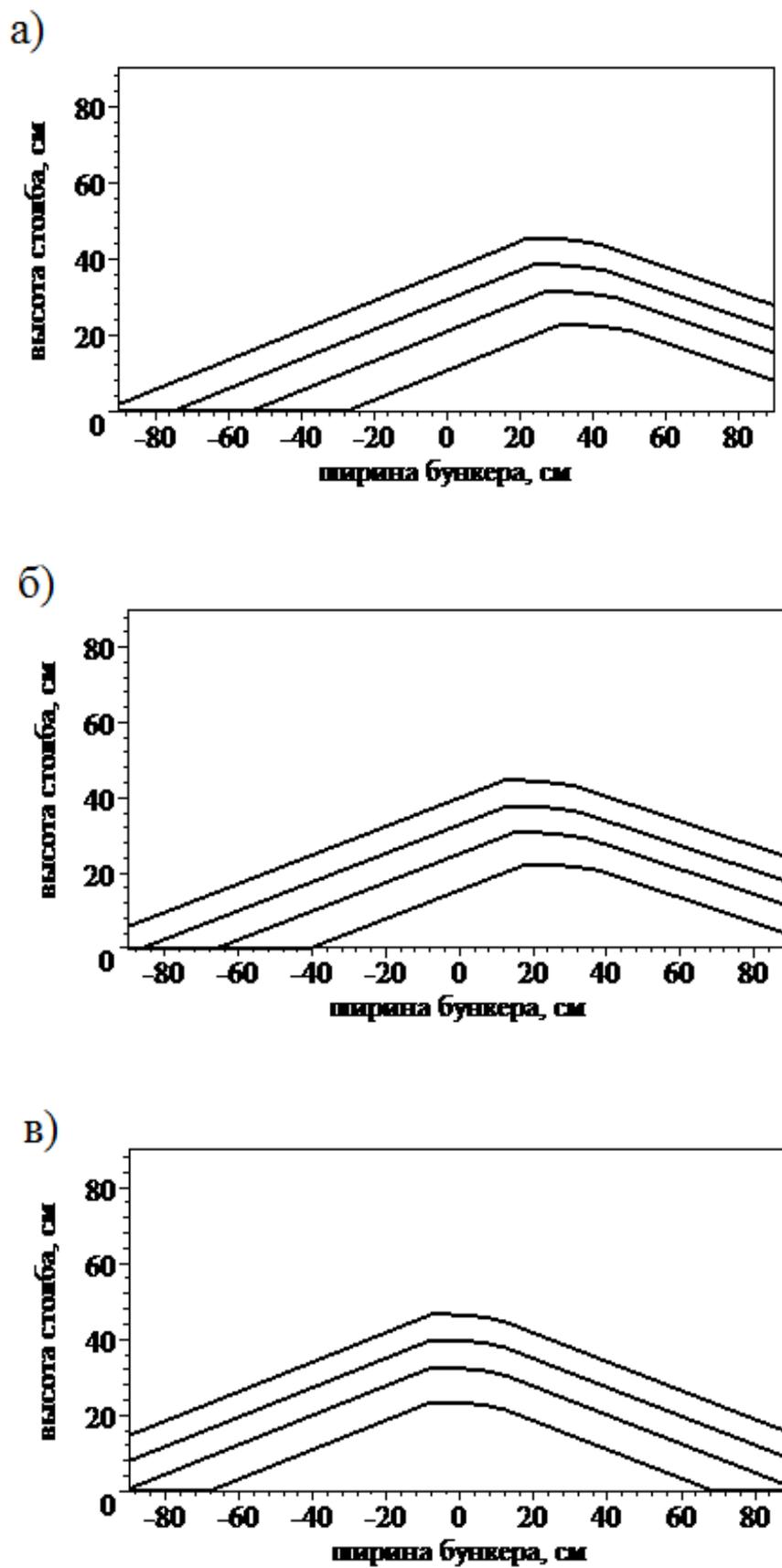


Рисунок 2.5 – Процесс формирования вороха в бункере:

а) – при угле подачи 70° ; б) – при угле подачи 80° ; в) – при угле подачи 90°

Из рисунка 2.5а видно, что при угле подачи 70° основная часть вороха сосредотачивается в правой части бункера приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины. Это объясняется тем, что зерновки поступают из загрузочного патрубка, имеют существенную скорость движения. За счет сил инерции и отсутствия тангенса угла трения зерновки существенно смещаются в правую сторону бункера, образуя при этом ассиметричный конус. При увеличении угла подачи до 80° ворох смещается к центру (рисунок 2.5б), а при вертикальной подаче (угол равен 90°) в бункере формируется симметричный ворох (рисунок 2.5в).

Для обеспечения симметричного вороха в бункере приемно-распределительного устройства при наклонной подаче необходимо смещать место ввода зерна в бункер. При угле наклона подачи 70° смещение должно составлять 25...27 см, а при угле подачи материала 80° смещение должно составлять 12...14 см.

2.2 Влияние характера заполнения бункера на распределение давления в зерновом слое

Процесс истечения сыпучих материалов из бункеров сложен и до сих пор составляет предмет исследования. Истечение сыпучих смесей зависит от физико-механических свойств, состояния поверхностей частиц материала и бункера, геометрических размеров, формы бункера и отверстия. В работе бункера различают следующие этапы: заполнение; начало истечения, которое соответствует переходному периоду; установившееся истечение при постоянном и переменном уровне; выгрузка. Наибольший интерес представляет процесс установившегося истечения, который имеет два вида – нормальный и гидравлический. При определенных условиях возможен смешанный вид истечения. При нормальном истечении (рисунок 2.6, а и б) движение материала происходит в пределах определенного канала, расположенного над выходным отверстием. Весь остальной материал при

этом остается в покое. Этот вид истечения наблюдается у более вязных материалов [44, 104, 128, 152].

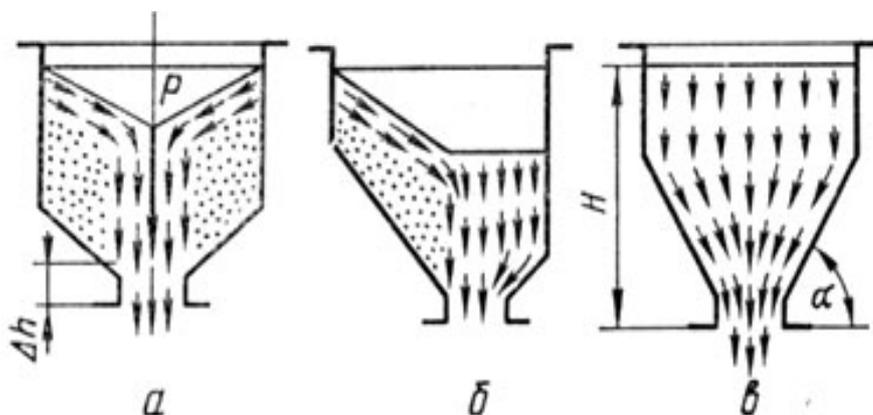


Рисунок 2.6 – Схемы истечения из бункеров:

а,б — нормальное истечение; в — гидравлическое истечение

При гидравлическом истечении (рисунок 2.6в) весь материал, находящийся в бункере, приходит в движение при начале выгрузки. Истечение через дозирующую щель происходит за счет обрушения материала в зоне над выходным отверстием; эту зону называют объемом обрушения. Такой вид истечения возможен для материалов с малым коэффициентом внутреннего трения при угле наклона боковых стенок бункера, на 5...10 % большем угла естественного откоса груза. Нормальная эксплуатация бункеров достигается правильным выбором геометрических параметров: угла наклона стенок, размера выходного отверстия [78, 104, 128].

Сыпучее тело – совокупность воздуха и частиц твердого тела. Связь между частицами, ориентация их в пространстве определяются силами трения и тяжести [64].

Сыпучие тела по своим свойствам занимают промежуточное положение между твердыми и жидкими телами. Сыпучие тела так же, как и жидкие, при помещении их в желоб принимают его форму, а при наклоне желоба текут [64, 104, 128].

Для анализа равномерного распределения зернового вороха приемно-распределительным устройством по всей ширине рабочей части

зерноочистительной машины, необходимо выяснить, как влияют силы, действующие в бункере, на истечение материала через дозирующую щель.

При рассмотрении процесса истечения сыпучих смесей из приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины использовались методы классической механики и гидравлики, процесс истечения материалов моделировался с применением дифференциальных уравнений и последующих математических вычислений. В основу рассмотрения данного вопроса использовались работы ряда ученых [46, 104, 122, 123, 140, 142].

Равномерность истечения сыпучего материала через отверстие приемно-распределительного устройства в значительной степени зависит от сил, действующих на ворох в зоне его истечения.

Рассмотрим зерновой ворох, находящийся в бункере приемно-распределительного устройства высотой Δz , длиной b и шириной h . На элемент зерновой массы действуют следующие силы: сила тяжести F_1 ; сила давления зернового вороха снизу и сверху F_2 , F_3 ; сила трения F_{mp} (рисунок 2.7) [14].

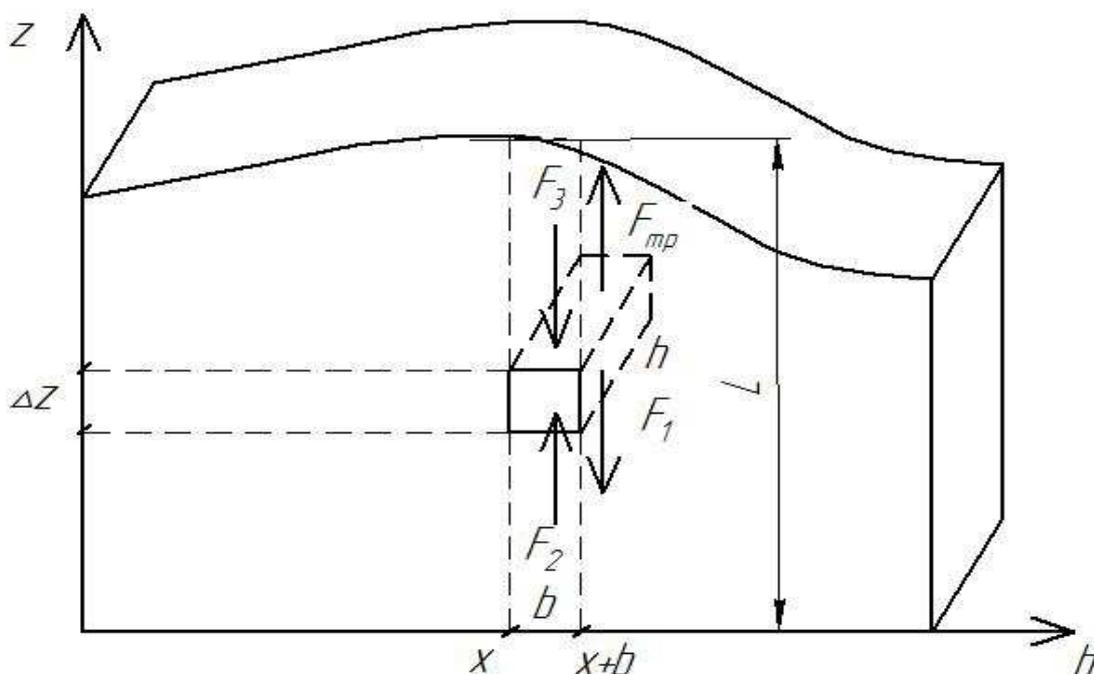


Рисунок 2.7 – Схема сил действующих на элемент зернового вороха находящийся в приемно-распределительном устройстве

Сила тяжести, действующая на элемент зернового вороха, определяется по известному выражению

$$F_1 = m \cdot g, \quad (2.7)$$

где m – масса элемента зернового вороха (кг); g – ускорение свободного падения (м/с^2).

Масса элемента зернового вороха определяется по формуле

$$m = \rho \cdot \Delta V,$$

где ρ – плотность материала (кг/м^3); ΔV – объем элемента зернового вороха (м^3).

Объем элемента зернового вороха в свою очередь, определяется выражением

$$\Delta V = b \cdot \Delta z \cdot h.$$

Тогда масса элемента зернового вороха равна

$$m = \rho \cdot b \cdot \Delta z \cdot h. \quad (2.8)$$

Подставим значение массы элемента зернового вороха из выражения (2.8) в выражение (2.7), получим значение силы тяжести

$$F_1 = \rho \cdot b \cdot \Delta z \cdot h \cdot g. \quad (2.9)$$

Сила трения в слое зернового вороха определяется по формуле

$$F_{тр} = k \cdot N, \quad (2.10)$$

где k – коэффициент внутреннего трения; N – нормальная реакция (Н).

Нормальную реакцию можно рассчитать по формуле

$$N = P_{бок} \cdot S,$$

где $P_{бок}$ – боковое давление элемента зернового вороха (Па); S – площадь боковой поверхности, выделенного элемента зернового вороха (м^2).

Площадь боковой поверхности равна (рисунок 2.7)

$$S = \Delta z \cdot h.$$

Боковое давление (рисунок 2.8) определим как среднее арифметическое боковых давлений на верхнюю и нижнюю части выделенного элемента

$$P_{бок} = \frac{P_{бок}(z) + P_{бок}(z + \Delta z)}{2},$$

где $P_{бок}(z)$ – боковое давление в нижней точке z (Па); $P_{бок}(z + \Delta z)$ – боковое давление в верхней точке $(z + \Delta z)$ (Па).

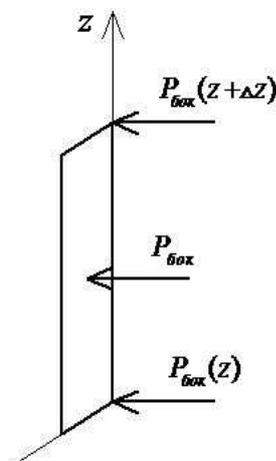


Рисунок 2.8 – Действие бокового давления в приемно-распределительном устройстве на элемент зернового вороха

При $z \rightarrow 0$ боковое давление будет равно

$$P_{бок} = P_{бок}(z).$$

После некоторых преобразований и с учетом того, что боковое давление действует с двух сторон, выражение (2.10) примет следующий вид

$$F_{mp} = 2 \cdot k \cdot P_{бок}(z) \cdot \Delta z \cdot h. \quad (2.11)$$

Кроме силы тяжести и бокового давления на выделенный зерновой элемент действуют силы вертикального давления в слое – F_2, F_3 , которые определяются из выражений

$$F_2 = P(z) \cdot b \cdot h, \quad (2.12)$$

$$F_3 = P(z + \Delta z) \cdot b \cdot h, \quad (2.13)$$

где $P(z)$ – вертикальное давление в точке z (Па); $P(z + \Delta z)$ – вертикальное давление в точке $(z + \Delta z)$ (Па).

После определения всех сил, действующих на выделенный зерновой элемент вороха, составим уравнение равновесия

$$F_{mp} + F_2 - F_1 - F_3 = 0.$$

С учетом выражений (2.9), (2.11), (2.12), (2.13), уравнение равновесия примет вид:

$$2 \cdot k \cdot P_{бок}(z) \cdot \Delta z \cdot h + P(z) \cdot b \cdot h - \rho \cdot b \cdot \Delta z \cdot h \cdot g - P(z + \Delta z) \cdot b \cdot h = 0. \quad (2.14)$$

Боковое давление в точке z можно представить в виде выражения

$$P_{бок}(z) = \zeta \cdot P(z), \quad (2.15)$$

где ζ – коэффициент бокового давления сыпучего материала [121].

Коэффициент бокового давления определяется по формуле

$$\zeta = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = tg^2 \left(\frac{\varphi}{2} + \frac{\pi}{4} \right),$$

где φ – внутренний угол трения.

Коэффициент бокового давления сыпучего материала для зерна примерно равен 0,44 [123].

Внутренний угол трения характеризуется углом естественного откоса, величина которого во многом зависит от влажности зерна. Для семян зерновых культур: $\varphi = 0,4 \dots 0,6$ [140].

Запишем уравнение (2.14) с учетом выражения (2.15) и получим

$$P(z + \Delta z) \cdot b - P(z) \cdot b - 2 \cdot k \cdot \zeta \cdot P(z) \cdot \Delta z = -\rho \cdot b \cdot \Delta z \cdot g. \quad (2.16)$$

Разделим уравнение (2.16) на $b \cdot \Delta z$, получим

$$\frac{P(z + \Delta z) - P(z)}{\Delta z} - \frac{2 \cdot k \cdot \zeta \cdot P(z)}{b} = -\rho g. \quad (2.17)$$

Рассмотрим уравнение (2.17) при $\Delta z \rightarrow 0$, получим линейное дифференциальное уравнение 1-го порядка относительно вертикального давления $P(z)$

$$\frac{dP}{dz} - \frac{2 \cdot k \cdot \zeta \cdot P(z)}{b} = -\rho g. \quad (2.18)$$

Рассмотрим полученное уравнение с учетом граничного условия

$$P(L) = 0, \quad (2.19)$$

где L – средняя высота столба зернового вороха на участке $[x; x+b]$ (м) (см. рис. 2.2).

Граничное условие (2.19) означает, что на верхней границе столба давление равно нулю.

Для решения дифференциального уравнения представим боковое давление в виде произведения

$$P(z) = u(z) \cdot v(z), \quad (2.20)$$

где $u(z)$, $v(z)$ – неизвестные функции, причем функция $v(z)$ может быть выбрана произвольно [146].

Тогда

$$\frac{dP}{dz} = \frac{du}{dz} \cdot v(z) + u(z) \cdot \frac{dv}{dz}.$$

С учетом предыдущих выражений, дифференциальное уравнение 1-го порядка примет вид

$$\frac{du}{dz} \cdot v(z) + u(z) \cdot \frac{dv}{dz} - \frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} u(z) v(z) = -\rho \cdot g.$$

Упростив полученное уравнение, получаем

$$\frac{du}{dz} \cdot v(z) + u(z) \left[\frac{dv}{dz} - \frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} v(z) \right] = -\rho \cdot g. \quad (2.21)$$

Так как $v(z)$ может быть любой функцией, мы обращаем квадратную скобку в уравнении (2.21) в ноль, т.е.

$$\frac{dv}{dz} = \frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} \cdot v.$$

После разделения переменных проинтегрируем это уравнение

$$\int \frac{dv}{v} = \int \frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} dz,$$

в результате получим

$$\ln v = \frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z.$$

Решив полученное уравнение, определим v

$$v = e^{\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z}. \quad (2.22)$$

Решаем оставшуюся часть уравнения (2.21)

$$\frac{du}{dz} \cdot v(z) = -\rho \cdot g. \quad (2.23)$$

Подставим выражение (2.22) в уравнение (2.23), получим

$$\frac{du}{dz} \cdot e^{\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z} = -\rho \cdot g,$$

$$\frac{du}{dz} = -\rho \cdot g \cdot e^{-\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z}.$$

Проинтегрируем это уравнение, получаем

$$u = \int -\rho \cdot g \cdot e^{-\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z} dz = \rho \cdot g \cdot \frac{b}{2 \cdot k \cdot \zeta} \cdot e^{-\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z} + C, \quad (2.24)$$

где C – постоянная интегрирования.

Подставляя выражение (2.22) и (2.24) в выражение (2.20), после преобразований получим

$$P(z) = u \cdot v = C \cdot e^{\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z} + \frac{\rho \cdot g \cdot b}{2 \cdot k \cdot \zeta}. \quad (2.25)$$

Используя граничное условие (2.19) определим постоянную интегрирования

$$0 = C \cdot e^{\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} L} + \frac{\rho \cdot g \cdot b}{2 \cdot k \cdot \zeta},$$

откуда C будет равна

$$C = -\frac{\rho \cdot g \cdot b}{2 \cdot k \cdot \zeta} e^{-\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} L}.$$

Подставляем постоянную интегрирования в выражение (2.25), получаем

$$P(z) = -\frac{\rho \cdot g \cdot b}{2 \cdot k \cdot \zeta} e^{-\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} L} \cdot e^{\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} z} + \frac{\rho \cdot g \cdot b}{2 \cdot k \cdot \zeta}.$$

Окончательно выражение после всех преобразований примет вид

$$P(z) = \frac{\rho \cdot g \cdot b}{2 \cdot k \cdot \zeta} \left(1 - e^{\frac{2 \cdot k \cdot \zeta}{b} (z-L)} \right). \quad (2.26)$$

Полученное выражение позволяет определить давление, действующее на элемент зернового вороха в вертикальном столбе при разной высоте слоя.

Подставив в полученное уравнение исходные данные, определим численные значения давления в слое (Приложение И). Графические зависимости давления на элемент зерновой массы в слое при различной высоте вороха в бункере представлены на рисунке 2.9.

Результаты проведенных теоретических исследований показывают, что в верхнем слое вороха давление, действующее на зерновки, равно нулю и возрастает к нижним слоям. При большей высоте вороха в бункере давление в слое нарастает более интенсивно, чем при малой высоте. Так для высоты

вороха 1,4 м наиболее интенсивно давление изменяется в верхних слоях и, начиная со слоя приблизительно 0,8 м, изменяется незначительно, т.е. практически стабилизируется. Это можно объяснить изменением действия внутренних сил и прежде всего сил F_2 и F_3 (см. рис. 2.7). Для высот вороха 1,2; 1,0 и 0,8 м стабилизация давления наступает в более низких слоях. Так при высоте вороха 1,2 м давление практически стабилизируется в слое 0,6 м, а при высоте 0,8 только в слое 0,2 м. При высоте вороха в бункере 0,6 м и менее стабилизация давления в слое не наступает, поэтому высоту вороха 0,6 м можно считать минимальной для равномерного истечения материала через дозирующую щель приемно-распределительного устройства [14].

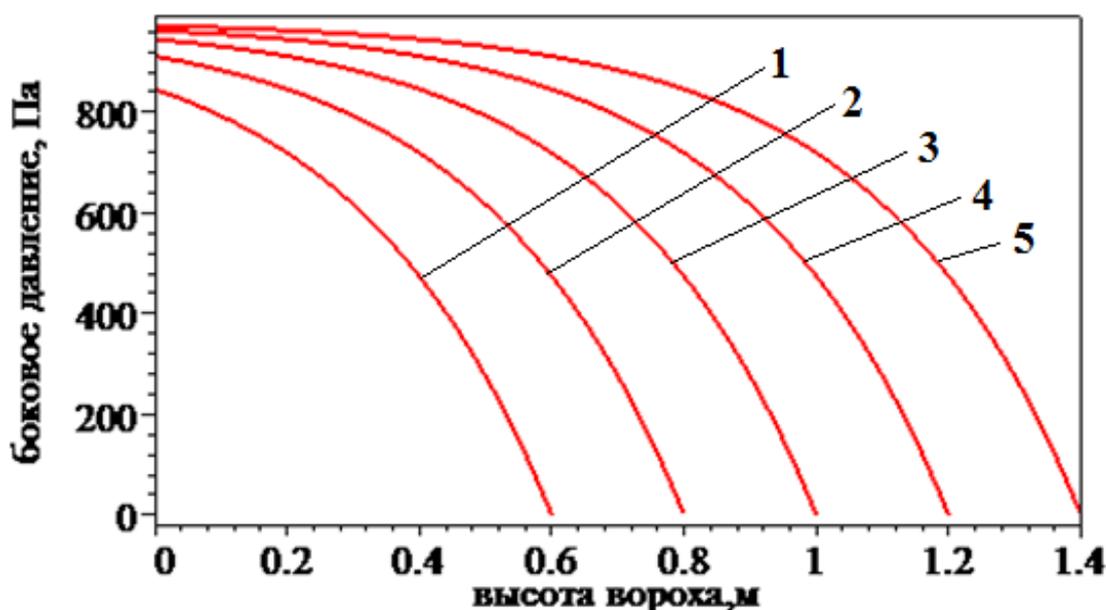


Рисунок 2.9 – Изменение давления на зерновки в бункере приемно-распределительного устройства по высоте слоя зернового вороха:

1 – высота вороха в бункере 0,6 м; 2 – высота вороха в бункере 0,8 м; 3 – высота вороха в бункере 1 м; 4 – высота вороха в бункере 1,2 м; 5 – высота вороха в бункере 1,4 м

С помощью программы определим боковое давление в фиксированном слое при разной высоте загрузки зерна в бункере (Приложение К). На рисунке 2.10 представлена зависимость давления в фиксированном слое зернового вороха от высоты материала в бункере.

Из рисунка видно, что в зерновом слое на высоте 0,7 м действующее давление на зерновки изменяется в больших пределах, так при высоте слоя в бункере 1,2-1,4 м давление в фиксированном слое почти одинаково. Это будет способствовать равномерному истечению зернового вороха из дозирующей щели. При высотах вороха от 0,6 до 1,2 м давление в слое меняется существенно. Для малых высот вороха давление в фиксированном слое отсутствует полностью или имеет маленькое значение, т.к. на верхних границах слоя действия сил F_2 и F_3 минимальны.

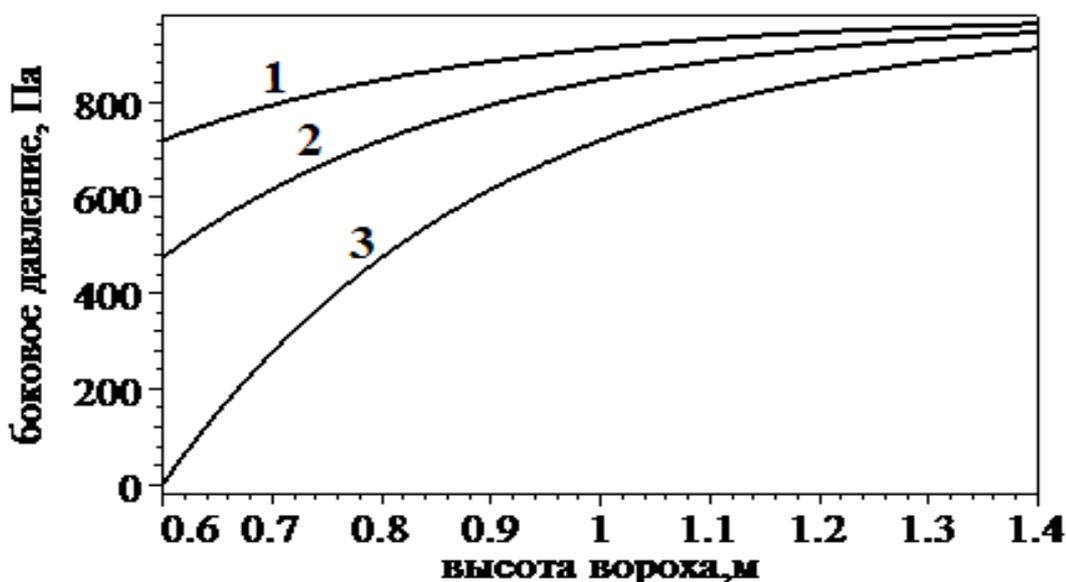


Рисунок 2.10 – Изменение давления в фиксированном слое зернового вороха от высоты материала в бункере:

1 – слой зерна на высоте 0,2 м; 2 – слой зерна на высоте 0,4 м; 3 – слой зерна на высоте 0,6 м

В зерновом фиксированном слое 0,2 проявляется выравнивание давлений для разных высот вороха. При высоте вороха 0,6 и 1,4 м разница давлений в слоях незначительная, что будет влиять в малой степени на истечение материала. В фиксированном зерновом слое 0,4 и 0,6 м при большой высоте вороха давление на зерновки практически одинаково, а при малых высотах наблюдается существенная разница давлений в слое, что приведет к неравномерному истечению материала через дозирующую щель. Из этого следует, что необходимо создать максимальную высоту зернового

вороха в бункере для выравнивания давления в нижних слоях (близких к дозирующей щели), при этом необходимо учитывать и ограничиваться габаритными размерами бункера. Это обеспечит равномерное истечение зернового материала из дозирующей щели по всей ширине решетного стана.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что для равномерного распределения материала через дозирующую щель по ее длине, т.е. по ширине решетного стана зерноочистительной машины, необходимо в бункере поддерживать определенную высоту вороха, которая не должна быть менее 0,6 м. Такое условие можно соблюсти только за счет согласования производительности, подающей норрии и зерноочистительной машины. Для этого необходимо на зерноочистительной машине предусмотреть систему автоматического поддержания заданной высоты слоя.

2.3 Выводы

1. Выявленная закономерность формирования зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства позволяет определить расположение зернового вороха по ширине дозирующей щели в зависимости от угла подачи зерна.

2. Для формирования симметричного вороха в бункере приемно-распределительного устройства при наклонной подачи необходимо смещать место ввода зерна в бункер на 25...27 см для угла наклона подачи 70° , а для угла наклона подачи 80° смещение должно составлять 12...14 см.

3. Установлена аналитическая зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства, позволяющая определить боковое давление в горизонтальном сечении вороха.

4. Для обеспечения равномерного распределения материала через дозирующую щель приемно-распределительного устройства по ее длине в бункере необходимо поддерживать высоту вороха не менее 0,6 м.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

В соответствии с поставленными задачами данной диссертационной работы и результатами теоретического анализа была намечена следующая программа экспериментальных исследований, которая включает:

- 1) определение фракционного состава зернового вороха, поступающего на послеуборочную обработку;
- 2) определение влажности пшеницы, её клейковины и стекловидности;
- 3) влияние способа подачи зернового материала на его формирование в бункере гравитационного приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин;
- 4) влияние конструктивно-технологических параметров гравитационного приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин на равномерность загрузки решет.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I на разработанной и изготовленной нами экспериментальной установке.

3.2 Описание конструкции экспериментальной установки

Для экспериментальных исследований была изготовлена экспериментальная установка, которая моделирует работу приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины первичной очистки МЗС-25.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 3.1.

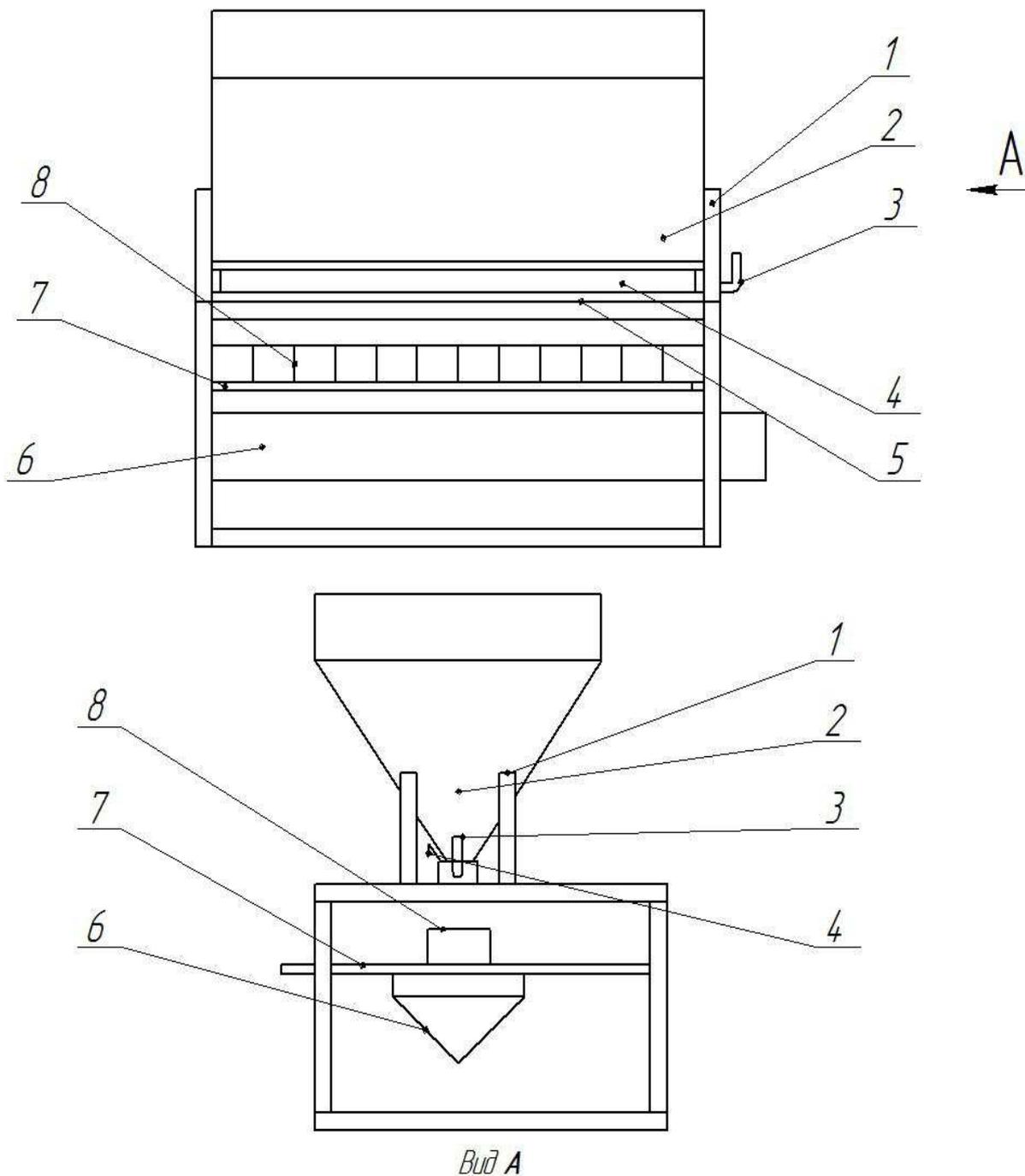


Рисунок 3.1 – Схема лабораторной установки:

- 1 – рама; 2 – загрузочный бункер; 3 – регулятор заслонки;
 4 – регулировочная заслонка; 5 – дозирующая щель; 6 – приемный лоток;
 7 – подвижная каретка; 8 – емкость пробоотборника

Экспериментальная установка включает в себя раму 1, на которой установлен загрузочный бункер 2. В нижней части загрузочного бункера 2 расположена дозирующая щель 5 с регулировочной заслонкой 4, величина

открытия которой изменяется с помощью регулятора заслонки 3. Под дозирующей щелью 5 установлен на подвижной каретке 7 пробоотборник 8 для отбора проб зернового вороха. Внизу под кареткой пробоотборника смонтирован приемный лоток 6 для сбора зернового вороха.

Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Общий вид лабораторной установки

Общий вид пробоотборника представлен на рисунке 3.3.

Пробоотборник 8 установлен на подвижной каретке 7 содержит 12 емкостей, шириной по 15 см и высотой 25 см. Емкости расположены под дозирующей щелью 5 по всей её длине.



Рисунок 3.3 – Общий вид пробоотборника

Работа представленной экспериментальной установки осуществляется следующим образом: исходный зерновой ворох загружали через питающий зернопровод в загрузочный бункер 2 (рисунок 3.1). В бункере формировали ворох конусной формы различной высоты. При достижении зерновым ворохом заданной высоты с помощью регулятора 3 открывали заслонку 4 на определенную величину. Зерновой ворох самотеком выходил из дозирующей щели 5 и поступал в приемный лоток 6. В момент установившегося режима истечения материала через дозирующую щель 5 подводили пробоотборник 8 на 5 секунд под поток зернового вороха. После чего дозирующую щель 5 закрывали. Из каждой емкости пробоотборника 8 зерно взвешивали на

электронных весах JW-1 с точностью до 1 г. Данные заносились в журнал экспериментальных исследований для дальнейшего анализа. Экспериментальные исследования проводились с применением известных методов планирования эксперимента и обработки опытных данных. В дальнейшем изменяли режим работы приемно-распределительного устройства (величину дозирующей щели), высоту зернового вороха, форму конуса вороха в бункере, место ввода материала и повторяли эксперимент.

3.3 Методика проведения исследования

Экспериментальные исследования проводили на основе известных методов планирования эксперимента и обработки опытных данных, разработанных Ф.С. Завалишиным и М.Г. Мацневым, С.В. Мельниковым, В.Р. Алешкиным и другими авторами [20, 24, 26, 48, 68], а также с учетом требований ГОСТов [39, 40, 41, 43].

Выбор необходимого числа повторностей в опытах для получения достоверных результатов проводили на основании поисковых экспериментов по известной методике [26].

3.3.1 Методика определения состава вороха

При определении состава вороха образцы зерна отбирали в пакеты в соответствии с ГОСТ 12036–85 [38] кондиционной влажности, равной 14 %, в трехкратной повторности примерно по 0,5 кг каждый для его дальнейшего анализа в лаборатории Воронежского ГАУ.

Из каждой отобранной пробы выделяли по 3 навески массой 45...50 г. Разборку образцов производили вручную на разборных досках. При этом определяли следующие показатели: содержание зерна чистого, дробленого, микроповрежденного и засорителей, в соответствии с ГОСТ 30483–97 [42]. Полученные компоненты взвешивали на электронных весах с точностью

0,01 г. Данные заносили в журнал экспериментальных исследований. По результатам разбора навесок определяли среднее значение.

3.3.2 Методика определения влажности зерна

Для определения влажности исходного вороха, использовали влагомер Wile – 65, представленный на рисунке 3.4. Влагомер представляет собой микропроцессорный электронный прибор, обеспечивающий непосредственный вывод процентного содержания влаги на электронный цифровой дисплей. Зерно засыпали в камеру измерителя и накручивали крышку на измеритель. Включали измеритель и выбирали номер шкалы, соответствующей типу зерна в камере. На цифровом дисплее высвечивалось значение влажности данного образца.

Образцы зерна отбирали в соответствии с ГОСТ 12036-85 [39]. Опыты проводили в трехкратной повторности. По результатам замеров определяли среднее значение влажности зерна.



Рисунок 3.4 – Влагомер «WILE-65»:

1 – крышка камеры; 2 – цифровой дисплей; 3 – кнопки управления

3.3.3 Методика определения стекловидности и содержания клейковины

Для определения стекловидности и содержания клейковины применяли диафаноскоп фотоэлектрический (рисунок 3.5). Принцип действия данного прибора основан на измерении светопропускания зерновой массы. Электронная схема устройства преобразует полученный при этом фотоэлектрический сигнал в цифровые значения стекловидности и массовой доли клейковины в целом зерне [134].

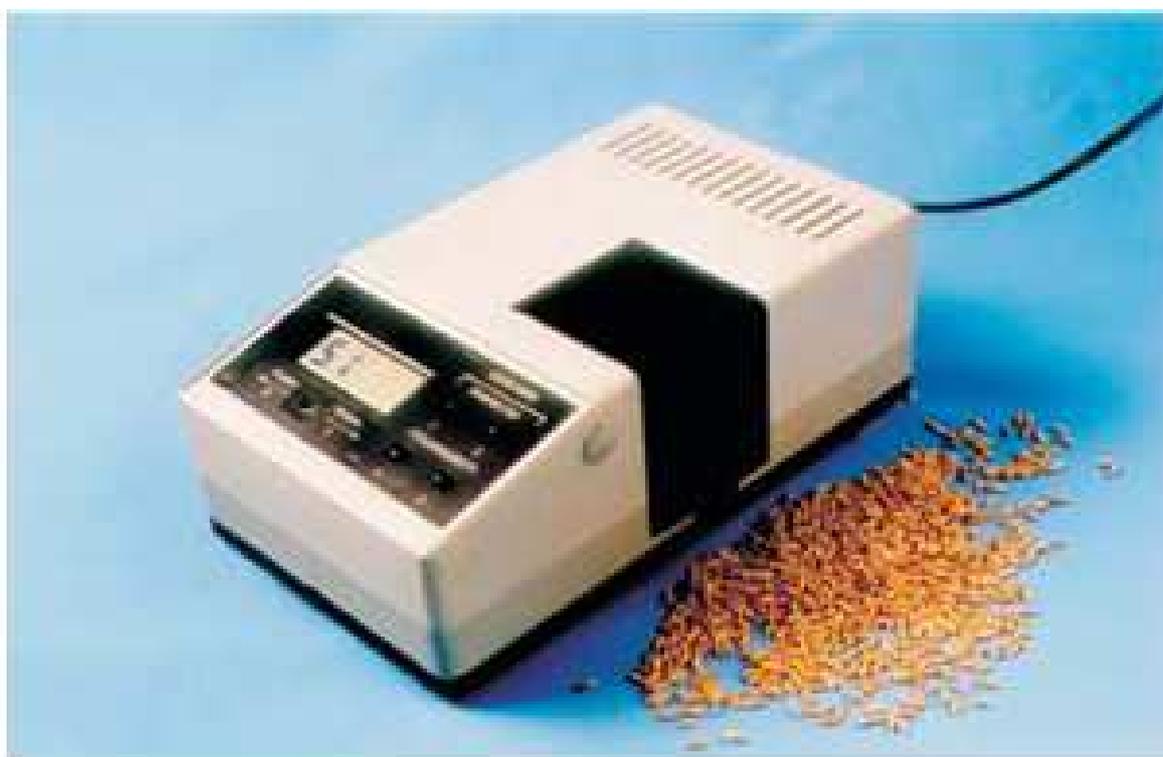


Рисунок 3.5 – Диафаноскоп фотоэлектрический

В соответствии с ГОСТ 12036–85 для анализа отбирали нормально развитые зерна, исключив щуплое и дробленое зерно, а так же сорные, мертвые и зерновые примеси [39]. Пробы зерна закладывали в прибор, где слой целого неразмолотого зерна просвечивается насквозь светом в ближней инфракрасной области спектра на длине волны около 1 мкм. Далее проводили замеры параметров в трехкратной повторности для каждой зерновой пробы пшеницы. По показаниям цифрового табло определяли стекловидность, количество клейковины в зерне пшеницы. Результаты

записывали в журнал экспериментальных исследований, находили среднее значение полученных величин.

3.3.4 Методика определения параметров вороха в бункере при его заполнении

На зерноочистительных агрегатах зерно в машины подается из норий по самотечным зернопроводам. В зависимости от размещения машин в технологической линии направление подачи зерна в приемно-распределительные устройства зерноочистительных машин осуществляется по разному, которое может изменяться от вертикального до предельного наклонного, определяемое коэффициентом трения зерна по материалу зернопровода. В большинстве случаев подача зерна в машины осуществляется по наклонным самотекам при углах наклона к вертикале около 20° .

От направления подачи зерна в бункер приемно-распределительного устройства в значительной мере будет изменяться его заполнение по объему.

Исследование заполнения бункера проводили при углах подачи зерна 50° , 60° , 70° , 80° и 90° к горизонту, при этом загрузку осуществляли по центру бункера. Затем исследовали заполнение при смещении места подачи зерна на 15 и 30 см от центра бункера, угол подачи материала изменяли от 50° до 90° . Для оценки заполнения бункера зерном на торцевых стенках и в центре боковых стенок бункера устанавливали измерительные линейки для фиксирования высоты слоя. Для измерения высоты слоя промежуточных точек использовали линейку с нанесенной на ней измерительной шкалой.

При проведении опытов бункер экспериментальной установки заполняли зерновым ворохом пшеницы по трубопроводам, которые устанавливали под углом 50° , 60° , 70° , 80° и 90° . При формировании в бункере конусообразного вороха фиксировали высоту вороха по краям бункера, в центре бункера (по вершине вороха) и в промежуточных точках.

Полученные данные записывались в журнал экспериментальных исследований и использовались для анализа процесса заполнения бункера приемно-распределительного устройства.

3.3.5 Методика определения распределения зерна по ширине рабочей машины

Характер заполнения бункера приемно-распределительного устройства гравитационного типа влияние оказывает существенное на истечение зерна через дозирующую щель.

Равномерность истечения зерна через дозирующую щель исследовали на установке при производительности 5, 10, 15 и 20 т/ч.

При проведении опытов в приемно-распределительное устройство экспериментальной установки по зернопроводу засыпали зерновой ворох пшеницы и формировали заданный ворох в бункере. Далее открывали заслонку на величину, необходимую для заданной производительности. В этот момент на 5 секунд под поток зерна подводили пробоотборник, установленный на подвижной каретке. Зерно, собранное в каждой емкости пробоотборника, взвешивали на электронных весах JW-1 с точностью 1 г. и записывали в журнал экспериментальных исследований. Опыт проводили в трехкратной повторности.

3.3.6 Методика определения повреждения зерна

Тип приемно-распределительного устройства оказывает существенное влияние не только на равномерность подачи зерна по ширине решетчатого стана, но и на повреждение зерна. Наибольшее повреждение зерна отмечается у приемно-распределительных устройств принудительного типа, к которым в первую очередь следует отнести шнековые.

Для оценки уровня повреждения зерна при проведении экспериментальных исследований отбирали образцы зерна. Из отобранных образцов выделяли по три навески массой 40-50 г., которые разбирали на разборных досках: на целое, дробленое зерно и примеси. Данные заносили в журнал экспериментальных исследований, которые обрабатывали с использованием методов математической статистики с определением средних значений и средних квадратичных отклонений.

Для определения микротравмирования зерна из отборных образцов отбирали по три пробы по 100 зерен каждая. Отобранные зерна помещали в сосуд, в который заливали 0,5 % раствор красителя (индигокармина) и помешивали в течение 3...5 минут. Температура красителя в этот момент равнялась 45 °С. После этого сливали краситель, затем тщательно промывали семена водой и раскладывали на фильтровальную бумагу для просушки. После просыхания семена разбирали по видам травм, для этого использовали лупу 10-кратного увеличения и выделяли зерна с [114]:

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

С учетом того, что каждый вид травм оказывает различное отрицательное влияние на лабораторную всхожесть семян, рассчитывали единый обобщенный показатель травмирования $T_{пр}$ (где все виды травм приводили к повреждению зародыша) по формуле

$$T_{пр} = G_2 + G_1 \frac{b_1}{b_2} + G_3 \frac{b_3}{b_2} + G_4 \frac{b_4}{b_2} + G_5 \frac{b_5}{b_2} + G_6 \frac{b_6}{b_2}, \quad (3.1)$$

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:

$$b_i = 0,01(b_7 - b_i), \quad (3.2)$$

где b_7 – всхожесть нетравмированных семян, b_i – всхожесть семян с отдельными видами травм [114].

Для определения лабораторной всхожести отбирали по четыре пробы по 100 семян в каждой. Семена проращивали в термостате, определяли энергию прорастания и лабораторную всхожесть. В результате анализа подсчитывали среднее значения всхожести всех проанализированных проб.

3.3.7 Методика обработки экспериментальных данных

Для обработки результатов экспериментальных исследований воспользовались стандартными методами математической статистики [20, 26, 48, 68, 146]. Необходимое количество повторений опыта при проведении экспериментальных исследований определяли с учетом выбранной надежности опыта, равной 0,95, ошибка при которой приближенно равна $\pm 3\sigma$. Измерения, имеющие значения ошибки выше предельного, исключали, считая промахами.

В период проведения экспериментальных исследований все измерительные приборы проверялись в начале и в конце испытаний по их рабочим характеристикам, настройку измерительной аппаратуры осуществляли одни и те же лица, в течение всей работы использовали одну и ту же аппаратуру.

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

Оценку сходимости расчетных и экспериментальных данных производили по величине максимального и среднего относительного отклонений экспериментальных значений от расчетных по формулам [49]:

$$\delta_{cp} = \frac{1}{n_m} \sum \frac{|y_{расч_i} - y_i|}{y_{расч_i}}, \quad (3.3)$$

$$\delta_{max} = \left(\frac{|y_{расч_i} - y_i|}{y_{расч_i}} \right)_{max}, \quad (3.4)$$

где n_m – количество точек сравнения, $y_{расч}$ и y_i – расчетное и экспериментальное значение параметра.

Для обработки результатов эксперимента применяли ЭВМ с использованием пакетов программ Mathcad, Statistica 10 и др.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Состав бункерного вороха семян пшеницы

Для проведения исследований на лабораторной установке в качестве исходного материала был взят ворох семян пшеницы из бункера зерноуборочного комбайна «ACROS 580» полученный во время уборки. Опыты проводили на семенном материале озимой пшеницы сорта «Московская 39». Влажность семян составляла 14 %. Перед проведением опытов определяли качественный состав исходного вороха. Результаты анализа исходного вороха представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Качественные показатели исходного вороха.

№	Целое зерно, %	Дробленое зерно, %	Засорители, %	Стекловидность, %	Содержание клейковины, %	Всхожесть, %	Микротравмирование, T_{np} , %
1	97,36	2,24	0,40	64,12	26,70	97,36	10,3
2	97,31	2,33	0,36	63,87	26,30	98,75	10,6
3	97,38	2,23	0,39	63,12	27,50	97,23	10,4
4	97,47	2,28	0,25	64,24	29,20	96,92	10,7
5	97,56	2,26	0,18	63,47	28,80	97,90	10,6
Среднее	97,41	2,27	0,32	63,76	27,70	97,83	10,5

Таким образом, в исходном ворохе среднее содержание целых семян составляло 97,41 %, дробленого зерен – 2,27 %, засорителей 0,32 %.

Анализ целых семян на лабораторную всхожесть показал, что она колеблется от 96,92 до 98,75 % и в среднем составляет 97,83 %. Стекловидность семян составляет 63,76 %, содержание клейковины 27,7 %. Обобщенный показатель микротравмирования семян, где все виды травм приведены к повреждению зародыша, находится в пределах 10,3-10,7 %.

4.2 Формирование зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства

4.2.1 Заполнения бункера приемно-распределительного устройства при подаче зерна по центру

Приемно-распределительные устройства зерноочистительных машин должны обеспечивать равномерную подачу обрабатываемого материала в пневматический канал первой аспирации и, соответственно, на очистительные решета. Одновременно к приемно-распределительным устройствам предъявляется требование: сохранение целостности структуры зерновок обрабатываемого материала, т.е. исключение или минимизация повреждения зерна.

Зерноочистительные агрегаты в большинстве случаев содержат одну подающую норию и две поточные линии с набором машин для обработки зерна.

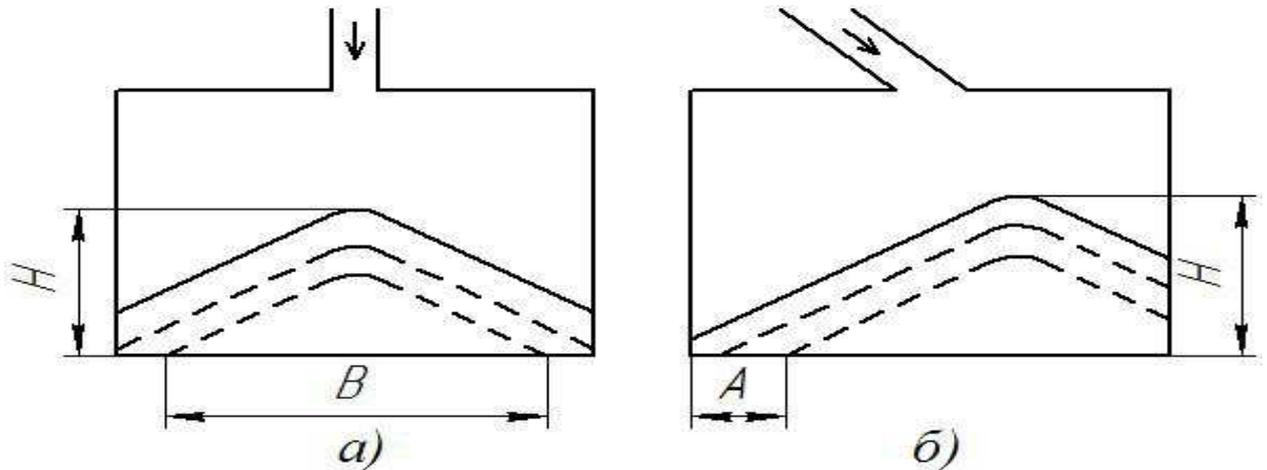


Рисунок 4.1 – Заполнение бункера приемно-распределительного устройства:

а) вертикальное расположение зернопровода; б) наклонное расположение зернопровода; H – высота вороха; B – основание вороха; A – свободная зона питающей щели

В этом случае поток зерна от нории поступает в приемно-распределительное устройство зерноочистительных машин по зернопроводу, с боковым наклоном (рисунок 4.1б) [13].

В зерноочистительных агрегатах с одной технологической линией подача зерна в приемно-распределительное устройство осуществляется по зернопроводу без бокового наклона (рисунок 4.1а) [13, 16, 17].

Естественно, процесс заполнения бункеров будет отличаться, что рассмотрено в теоретической части диссертации.

Для подтверждения правильности теоретических предпосылок по заполнению бункера приемно-распределительного устройства гравитационного типа нами были проведены исследования процесса накопления зерна в бункере с изменением его высоты.

На первом этапе исследовали заполнение бункера при подаче зерна по центру.

Для проведения экспериментов было выбрано устройство, представляющее собой бункер с передней и задней наклонными стенками высотой 1 м и шириной 1,85 м. В нижней части бункера расположена дозирующая щель по всей его ширине. Схема и принцип работы лабораторной установки изложен в разделе 3.2.

При проведении экспериментов имитировали подачу материала в бункер с максимальным приближением к реальным условиям. Подачу материала осуществляли через загрузочный патрубок длиной 1 м, а угол наклона задавали 50, 60, 70, 80, 90° к горизонту. Высоту слоя (по вершине конуса вороха) фиксировали от 30 до 55 см. Характер распределения зерновой массы в бункере приемно-распределительного устройства представлен на рисунке 4.2.

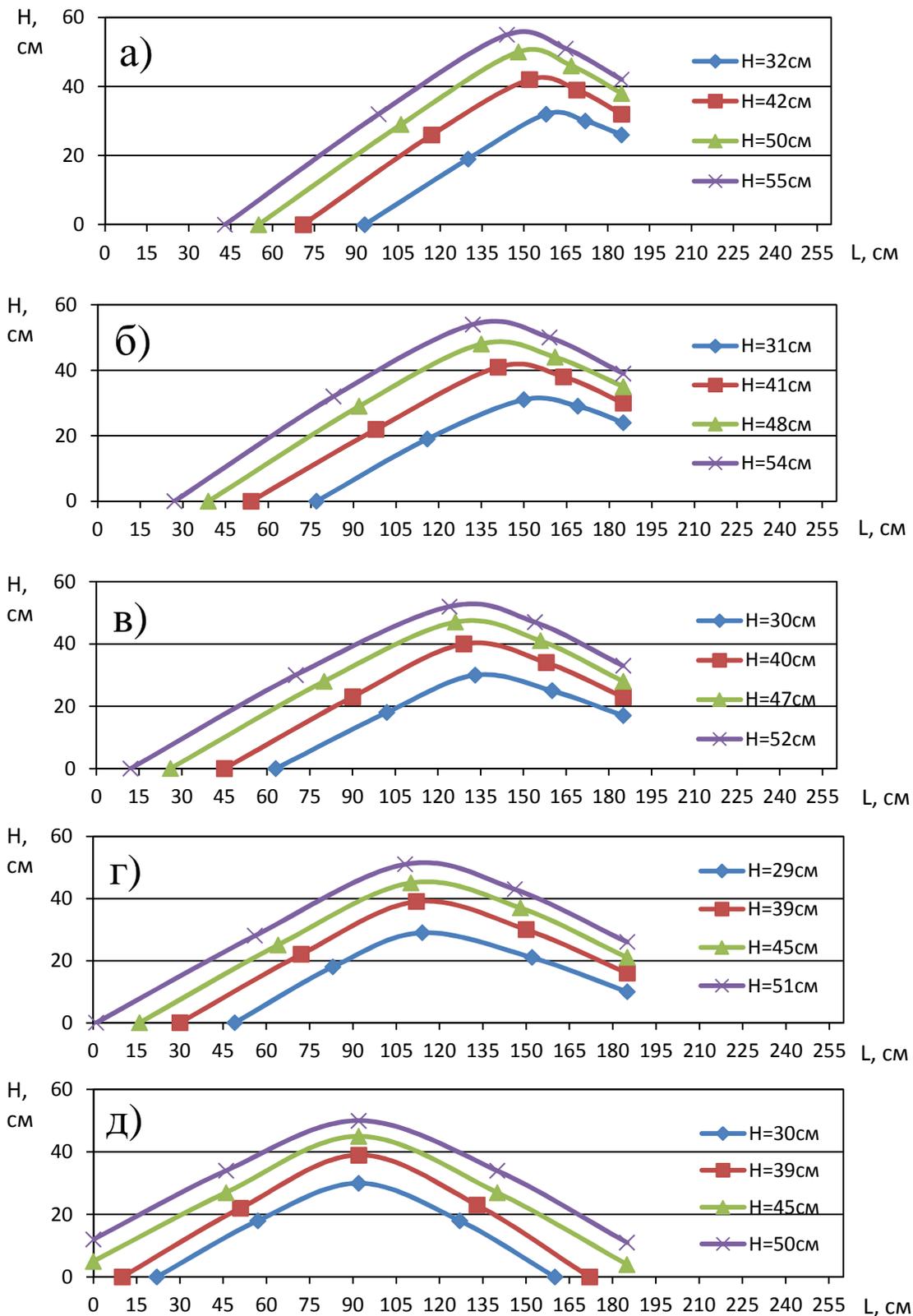


Рисунок 4.2 – Заполнение бункера приемно-распределительного устройства при загрузке зерна по центру и различных углах подачи материала:

H – высота вороха, см; L – длина основания бункера, см; α – угол подачи материала, °; а) α=50°; б) α=60°; в) α=70°; г) α=80°; д) α=90°

Представленные данные показывают, что при углах подачи материала 50, 60, 70° зерновой ворох распределяется в бункере в виде ассиметричного конуса (рисунок 4.2а, б, в). Ассиметричное формирование зернового вороха можно объяснить тем, что при движении зерна по наклонному зернопроводу оно приобретает кинетическую энергию, которая обеспечивает сохранение траектории движения близкой к заданной зернопроводом. Поэтому место загрузки в бункере существенно смещено от места ввода его в бункер (от центра). В результате в бункере приемно-распределительного устройства зерновой ворох сосредотачивается у одного края, а другой край остается незаполненным. Увеличение угла наклона зернопровода при подаче материала приводит к улучшению распределения зернового вороха в бункере (см. рисунок 4.2).

На рисунке 4.3 представлены теоретические и экспериментальные кривые формирования зернового вороха в бункере гравитационного приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины.

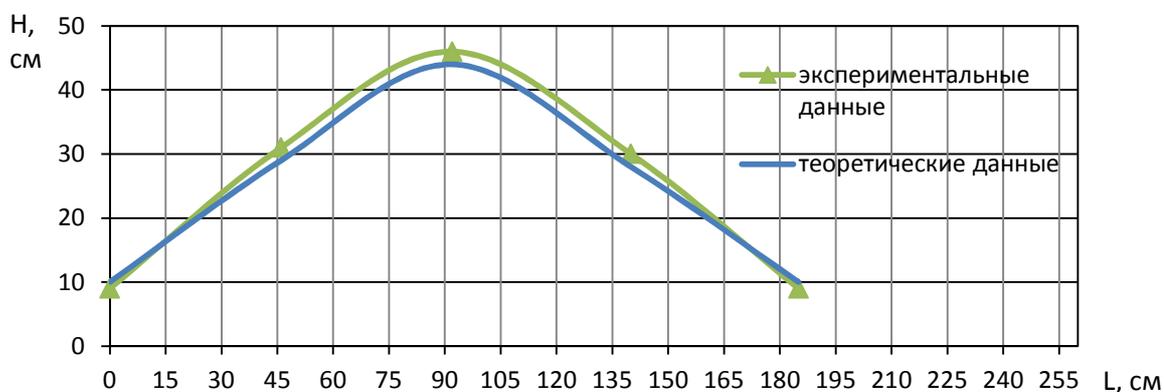


Рисунок 4.3 – Формирование зернового вороха в бункере гравитационного приемно-распределительного устройства:

H – высота вороха, см; L – длина основания бункера, см

Из рисунка 4.3 видно, что характер заполнения по ширине бункера приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины, полученный с помощью экспериментальных данных, подтверждает теоретическую зависимость, представленную в главе 2. Незначительные

расхождения объясняются тем, что в экспериментальных исследованиях на лабораторной установке не удастся полностью имитировать процесс, как это происходит в реальной технологической линии. Кроме этого, небольшое отличие теоретических и экспериментальных данных можно объяснить допущениями, принятыми при теоретических исследованиях.

Анализ представленных зависимостей показывает, что отличие теоретических и экспериментальных данных, формирования зернового вороха в бункере гравитационного приемно-распределительного устройства носит несущественный характер, т.к. среднее относительное отклонение не превышает 9 %.

Графическая зависимость расположения вершины вороха в бункере от угла наклона подающего патрубка для разных высот вороха представлена на рисунке 4.4.

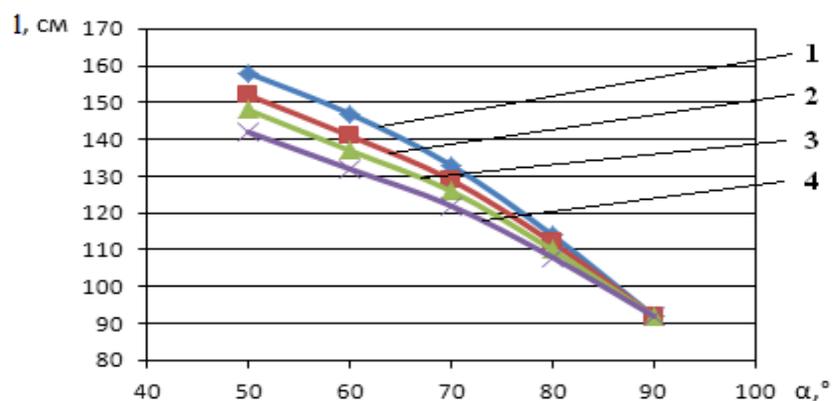


Рисунок 4.4 – Зависимость расположения вершины вороха (l , см) в бункере от угла наклона подающего патрубка (α , °) при подаче зерна по центру:

- 1 – высота вороха (по вершине конуса H) 30 см; 2 – высота вороха 39 см;
- 3 – высота вороха 47 см; 4 – высота вороха 52 см.

Как показали результаты проведенных исследований, при углах подачи материала 50° , 60° , и 70° вершины вороха смещены от центра бункера существенно, при различной высоте заполнения бункера (расположение вершины вороха измеряли от края бункера со стороны загрузки подающего зернопровода). Смещение зернового материала к одному краю приведет к

неравномерной загрузке решет зерноочистительной машины. Это объясняется тем, что зерновой поток приобретает скорость в подающем патрубке и по инерции движется к одному краю бункера, соответственно другая часть бункера остается не загружена. При угле подачи материала 80° вершина вороха даже при малых высотах вороха располагается вблизи центра бункера, а при 90° – точно по центру. С увеличением высоты вороха в бункере вершины будут смещаться в сторону центра. Угол подачи материала 90° является наилучшим, при котором обеспечивается более равномерное заполнение бункера. Однако в производственных условиях обеспечить его не всегда представляется возможным.

Из представленных данных видно, что для равномерной загрузки бункера при вводе зернового материала по центру бункера подавать материал следует только из вертикального трубопровода или с отклонением от вертикали в пределах $10...15^\circ$. Так как при центральной загрузке материала в бункер угол подачи 90° является оптимальным, были проведены опыты для выявления высоты вороха, при которой наступит полное заполнение дозирующей щели.

Зависимость ширины основания вороха в бункере от высоты слоя в нем при центральной подаче материала под углом 90° представлена на рисунке 4.5.

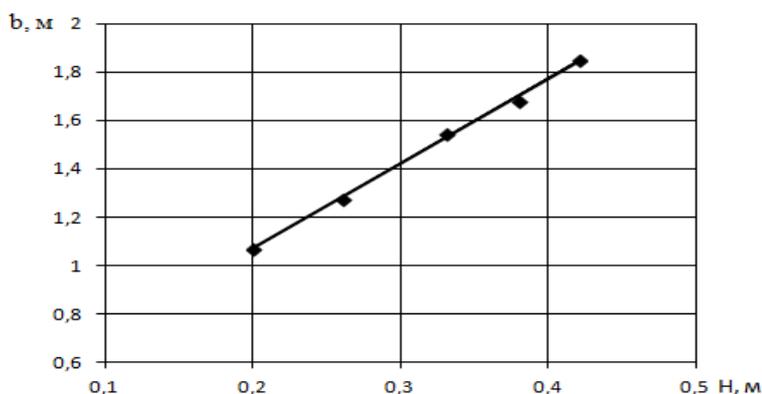


Рисунок 4.5 – Зависимость ширины основания вороха в бункере от его высоты:

b – ширина основания вороха, м; H – высота вороха (по вершине конуса), м

Из рисунка 4.5 видно, что чем больше высота вороха в бункере, тем большую ширину он заполняет (рисунок 4.1а), т.е. ширина основания вороха растет прямо пропорционально его высоте. Полученные данные экспериментальных исследований показали, что полное заполнение бункера по ширине происходит при высоте вороха 0,42 м.

Дальнейшее увеличение высоты слоя позволяет формировать толщину слоя у краев бункера, что гарантирует более равномерную загрузку решета по ширине зерноочистительной машины. Окончательную необходимую высоту слоя зерна в бункере можно обосновать изучив истечение его через дозирующую щель и определив равномерность подачи на решетный стан.

Чаще всего в поточной линии устанавливают две параллельные зерноочистительные машины, что приводит к наклонной подаче материала. Угол наклона подающего патрубка составляет зачастую примерно 70° . В этом случае образуется свободная зона дозирующей щели, т.е. часть бункера не заполнена материалом (рисунок 4.1б). Для этого построена зависимость изменения свободной зоны в бункере приемно-распределительного устройства гравитационного типа от высоты слоя зерна при угле подачи материала 70° . Данные представлены на рисунке 4.6.

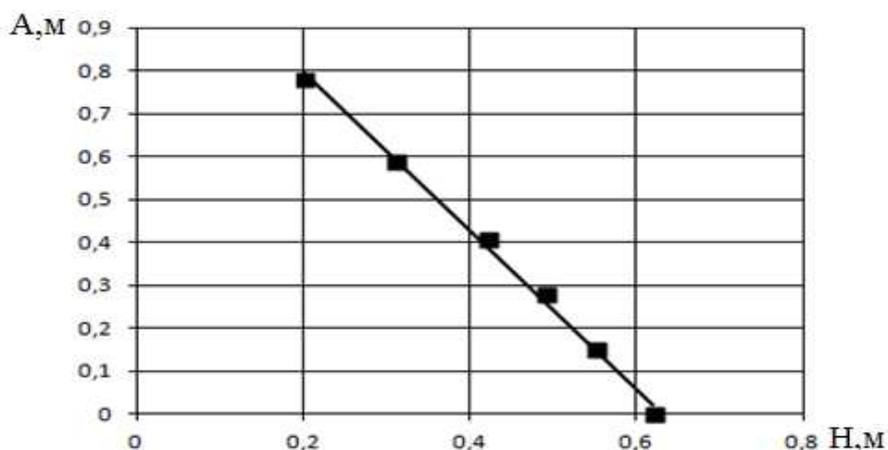


Рисунок 4.6 – Зависимость свободной зоны дозирующей щели бункера от высоты вороха при угле подачи материала 70° :

А – свободная зона питающей щели бункера, м; Н – высота вороха (по вершине конуса), м

Из рисунка 4.6 видно, что при малой высоте слоя в бункере свободная зона существенна и при увеличении высоты слоя сокращается пропорционально его высоте. Полное заполнение основания бункера (дозировочной щели) происходит при высоте вороха 0,62 м.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют констатировать, что без обеспечения определенной высоты слоя зерна в бункере обеспечить его равномерную подачу через дозирующую щель на решетный стан не возможно. Поэтому для равномерной подачи зерна на решетный стан зерноочистительной машины необходимо в бункере поддерживать определенный слой зерна (не менее 62 см). Это возможно только при четкой согласованности производительности подающей норрии и питающего устройства зерноочистительной машины. Согласовать два объекта по производительности в ручном режиме практически невозможно, поэтому нами предлагается техническое решение, позволяющее регулировать истечение зерна из дозирующего устройства для поддержания установленной высоты слоя в бункере (Приложение Б).

4.2.2 Заполнение бункера приемно-распределительного устройства при смещении загрузки от центра

При монтаже зерноочистительных поточных линий чаще всего не обеспечивают вертикальную подачу материала. Подача зерна осуществляется по наклонному самотеку, что приводит к асимметричной загрузке зерна в бункере [13].

Поэтому нами была поставлена задача: исследовать влияние смещения места подачи зерна в бункер при различных углах наклона зернопровода на процесс формирования в нем вороха зерна. Для изучения данного процесса были проведены лабораторные исследования по заполнению бункера в зависимости от места подачи зерна при различных углах наклона зернопровода.

Эксперименты проводили на лабораторной установке, схема и принцип работы которой изложен в разделе 3.2. Подачу материала осуществляли через патрубок длиной 1 м, под углом 50, 60, 70, 80, 90° к горизонту. Место подачи зерна через зернопровод смещали на 15 и 30 см от центра бункера. Процесс формирования зернового вороха в приемно-распределительном устройстве изучали при заполнении бункера от 30 до 55 см.

На рисунке 4.7 представлены результаты исследований формирования зернового вороха в приемно-распределительном устройстве, при смещении места подачи материала на 15 см от центра бункера.

Из рисунка 4.7 видно, что при углах подачи материала 50, 60° даже при максимальной высоте вороха наблюдаются незагруженные участки бункера. Увеличение угла подачи материала приводит к выравниванию распределения зернового вороха в бункере. С увеличением высоты слоя основание вороха расширяется, а заполнение улучшается.

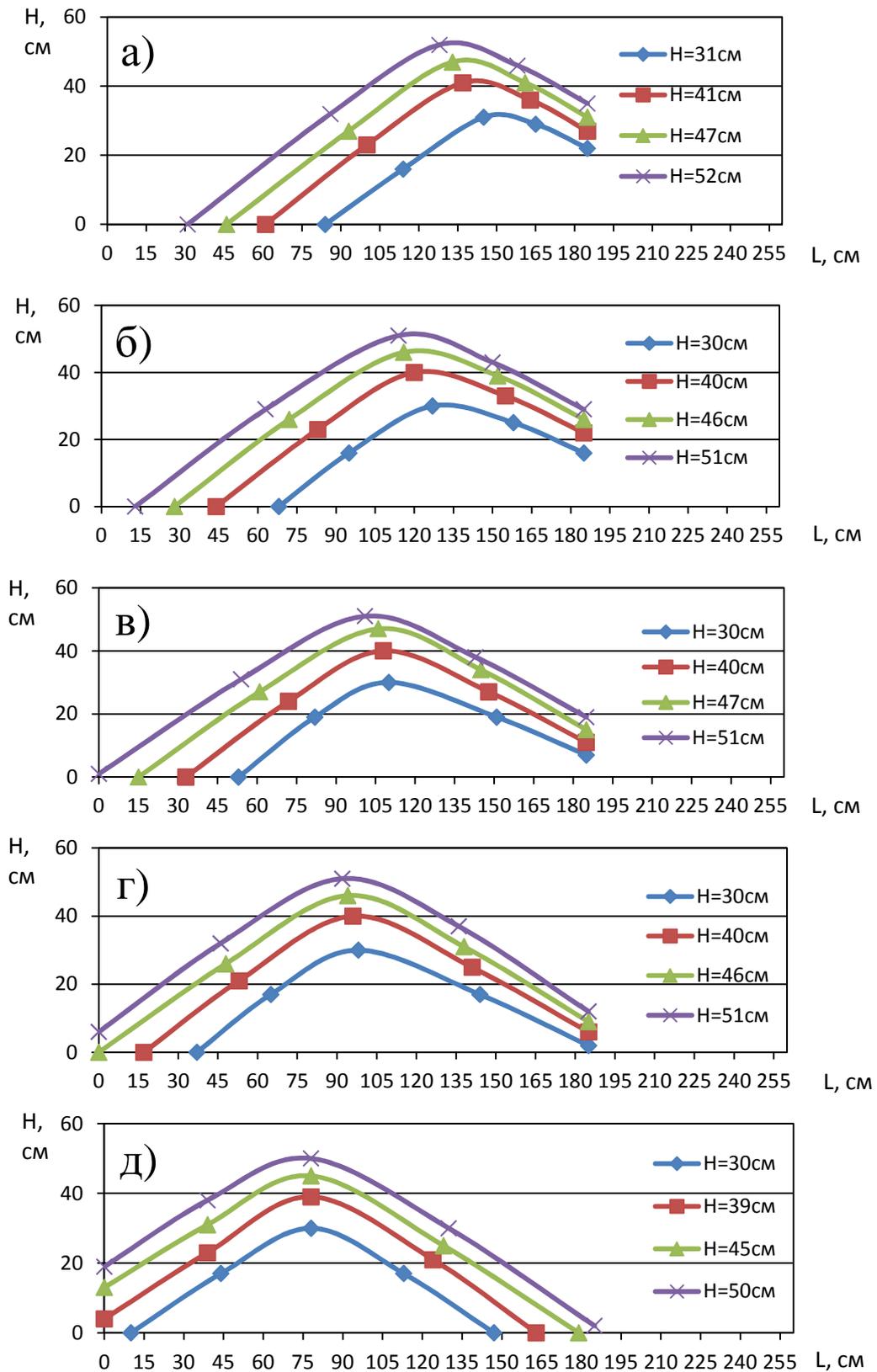


Рисунок 4.7 – Заполнение бункера приемно-распределительного устройства при смещении места подачи зерна на 15 см от центра бункера:

H – высота вороха, см; L – длина основания бункера, см; α – угол подачи материала, °; а) $\alpha=50^\circ$; б) $\alpha=60^\circ$; в) $\alpha=70^\circ$; г) $\alpha=80^\circ$; д) $\alpha=90^\circ$

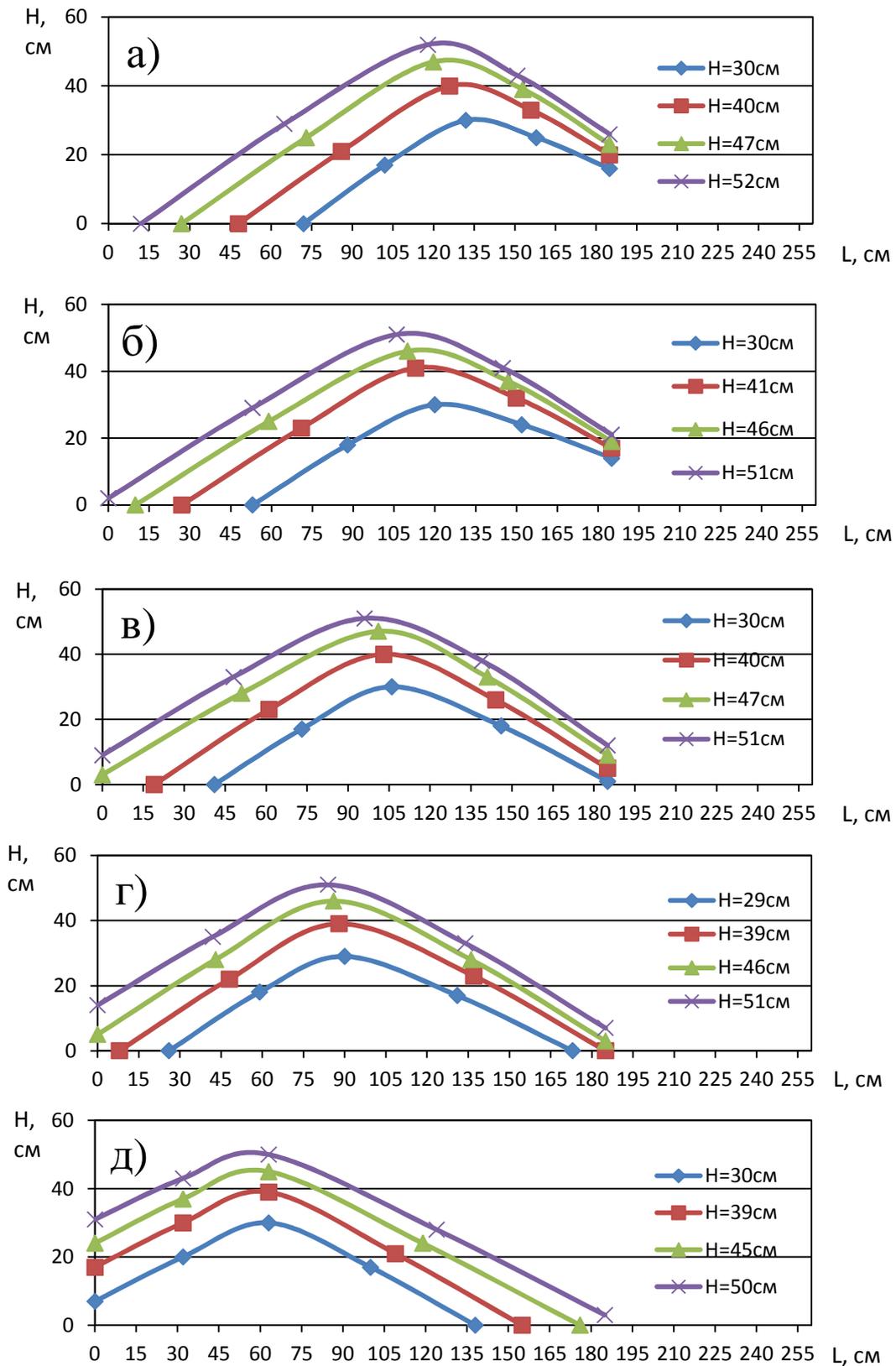


Рисунок 4.8 – Заполнение бункера приемно-распределительного устройства при смещении места подачи зерна на 30 см от центра бункера:

H – высота вороха, см; L – длина основания бункера, см; α – угол подачи материала, °; а) $\alpha=50^\circ$; б) $\alpha=60^\circ$; в) $\alpha=70^\circ$; г) $\alpha=80^\circ$; д) $\alpha=90^\circ$

На рисунке 4.8 представлено формирование зернового вороха при смещении места подачи на 30 см от центра бункера.

Из рисунка 4.8 видно, что только при угле подачи материала 50° при разных высотах вороха наблюдается незагруженные участки. Увеличение угла подачи материала до 80° приводит к равномерному заполнению бункера зерновым ворохом. В этом случае вертикальная подача (90°) приводит к ухудшению равномерности заполнения бункера зерном.

На рисунке 4.9 представлена зависимость влияние смещения места подачи зерна в бункер при различных углах наклона зернопровода на расположение вершины вороха. Отсчет расстояния вершины вороха считается от края бункера со стороны подачи материала.

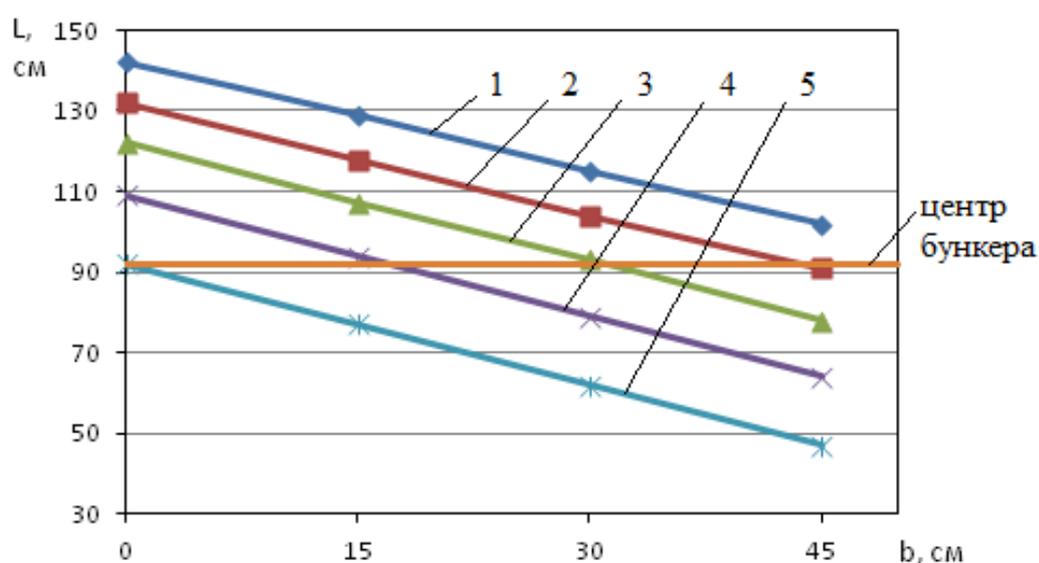


Рисунок 4.9 – Зависимость смещения вершины вороха (L, см) от места подачи зерна в бункер (b, см):

- 1 – угол подачи материала (α) 50° ; 2 – угол подачи материала 60° ; 3 – угол подачи материала 70° ; 4 – угол подачи материала 80° ; 5 – угол подачи материала 90°

Представленные данные наглядно показывают, что при центральной загрузке зернового материала под углом подачи 50° расположение вершины вороха находится далеко от центра бункера, и даже смещение загрузки от

центра бункера на 15, 30 и 45 не приводит к улучшению результата. Это все приведет к неравномерному заполнению бункера, а при малых высотах вороха наблюдаются свободные зоны бункера, т.е. часть дна бункера не загружена. При больших высотах вороха один край будет загружен больше, чем другой. При подаче материала под углом 60° также наблюдается неравномерное заполнение бункера, как при центральной загрузке зернового материала, так и при смещении загрузки на 15, 30 см от центра бункера. Однако при смещении места подачи зерна на 45 см от центра бункера наблюдается улучшение заполнения, т.к. вершина зернового вороха смещается к центру бункера. Равномерное заполнение зернового материала под углом подачи 70° наступает только при смещении загрузки на 30 см от центра бункера, а под углом подачи 80° наступает при смещении загрузки на 15 см. В остальных случаях подача материала под углом 70° , 80° приведет к отдалению вершины вороха от центра бункера и ухудшению равномерности заполнения бункера. Угол подачи материала 90° при центральной загрузке является наилучшим, в этом случае обеспечивается более равномерное заполнение бункера и смещение подачи материала от центра на 15, 30, 45 см приведет к ухудшению равномерности заполнения бункера.

Для равномерного заполнения приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины необходимо подобрать место ввода зерна и угол наклона подающего зернопровода так, чтобы вершина зернового вороха располагалась в центре бункера. На рисунке 4.10 представлена зависимость смещения места ввода зерна в бункер от угла наклона зернопровода.

Используя данную зависимость, можно подобрать оптимальное расположение места ввода материала в зависимости от угла наклона зернопровода. Так, например, для $\alpha=70^\circ$ место ввода зерна необходимо сместить примерно на 30 см от центра бункера.

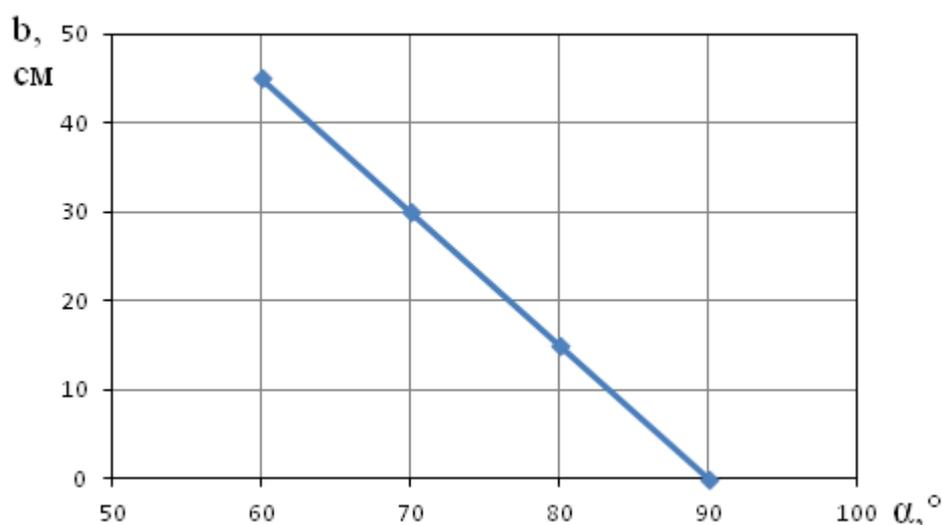


Рисунок 4.10 – Зависимость смещения места ввода зерна (b, см) в бункер от угла наклона зернопровода (α, °)

Проведенные исследования позволяют сделать вывод: для равномерного распределения материала по ширине рабочей части зерноочистительной машины необходимо в гравитационном приемно-распределительном устройстве иметь равномерно распределенный зерновой ворох, а это можно достичь: при центральной загрузке материала под углом подачи 90°; при загрузке материала со смещением 15 см от центра бункера под углом подачи 80°; при загрузке материала со смещением 30 см от центра бункера под углом подачи 70°; при загрузке материала со смещением 45 см от центра бункера под углом подачи 60°. При этих показателях будет наблюдаться качество очистки материала и высокая производительность зерноочистительной машины.

4.3 Распределение зерна по ширине рабочих органов зерноочистительной машины при симметричном ворохе в бункере

При заполнении бункера приемно-распределительного устройства гравитационного типа зерновая масса сосредотачивается в месте подачи его из зернопровода и далее распределяется с убыванием от места ввода

материала, которое определяется преимущественно углом естественного откоса и силами, действующими на зерновки в процессе их движения.

Теоретические исследования показали, что давление внутри зернового вороха изменяется от высоты слоя и достигает максимального значения в нижних слоях. Именно давление в нижних слоях зернового вороха определяют истечение его через дозирующую щель. Исходя из того, что слой вороха и, соответственно, давление у краев бункера приемно-распределительного устройства меньше, чем в центральной части, то следует ожидать, что истечение материала также будет меньше.

Для подтверждения данных предпосылок и оценки равномерности распределения зерна по длине дозирующей щели (соответственно ширине рабочих органов зерноочистительной машины) нами были проведены экспериментальные исследования.

Исследования проводили в лабораторных условиях на кафедре сельскохозяйственных машин на изготовленной нами экспериментальной установке, схема и принцип работы которой представлен в разделе 3.2. Для исследований использовали зерновой ворох озимой пшеницы. Физико-механические свойства исходного вороха представлены в таблице 4.1.

При проведении экспериментальных исследований высоту слоя (по вершине конуса вороха) задавали от 26 до 68 см. Истечение зерна через дозирующую щель изучали при разных величинах открытия её, которые соответствовали производительности приемно-распределительного устройства 10, 15 и 25 т/ч.

На первом этапе исследовали истечение зерна по длине дозирующей щели (ширине бункера) в зависимости от высоты вороха в бункере приемно-распределительного устройства при формировании его в бункере симметричной формы, что соответствует вертикальной подачи зерна из зернопровода по центру бункера.

Равномерность дозирования зерна по длине дозирующей щели оценивали вероятностью истечения на фиксированных участках.

Данные исследований представлены на рисунке 4.11.

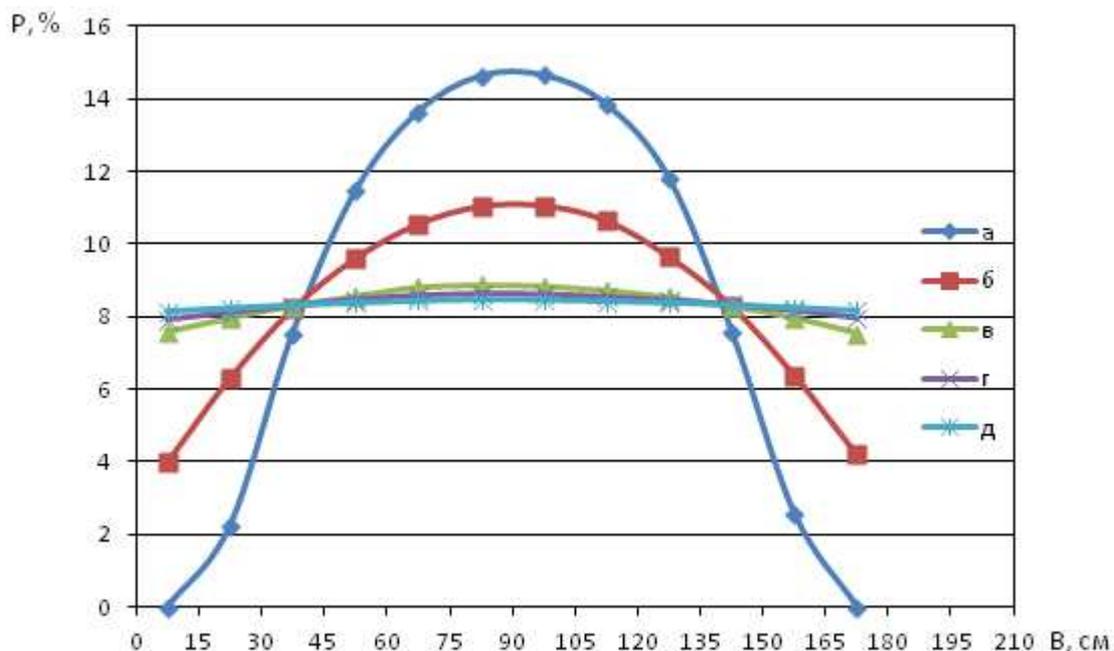


Рисунок 4.11 – Вероятности истечения зерна через дозирующую щель по ширине бункера при вертикальной его загрузке:

P – вероятность истечения, %; B – ширина дозирующей щели, см;

а) высота слоя зерна в бункере 26 см; б) высота слоя зерна в бункере 40 см; в) высота слоя зерна в бункере 48 см; г) высота слоя зерна в бункере 57 см; д) высота слоя зерна в бункере 68 см

Из рисунка 4.11 видно, что при высоте слоя до 40 см наблюдается существенная неравномерность истечения зерна по ширине бункера приемно-распределительного устройства. При высоте слоя 26 см и менее отмечается отсутствие истечения зерна через дозирующую щель по краям бункера. Отсутствие дозирования зерна по краям бункера при малой высоте слоя объясняется не заполнением краев бункера. При увеличении высоты вороха в приемно-распределительном устройстве свободные от зерна зоны у краев бункера отсутствуют, однако равномерного дозирования по длине щели не наблюдается. В средней части вороха истечение зерна значительно больше, чем у краев, что объясняется большим давлением в нижних слоях по центру, чем у краев. С увеличением высоты слоя зерна в бункере истечение

зерна через дозирующую щель приемно-распределительного устройства постепенно выравнивается. При высоте слоя вороха в бункере свыше 48 см отмечается стабилизация истечения зерна через дозирующую щель и, соответственно, равномерная загрузка рабочих органов по ширине зерноочистительной машины.

Поэтому для обеспечения равномерной загрузки решет и высоких качественных показателей работы очистки зерноочистительной машины и максимальной ее производительности необходимо в бункере приемно-распределительного устройства поддерживать уровень зернового вороха не менее 45-48 см.

Существенного изменения истечения зерна через дозирующую щель от величины ее открытия, т.е. производительности, не отмечено.

4.4 Распределение зерна по ширине рабочих органов зерноочистительной машины при ассиметричном ворохе в бункере

Подача зерна в бункер приемно-распределительного устройства по наклонному зернопроводу существенно изменяет характер формирования зернового вороха, что рассмотрено в разделе 2.2 и 4.2. Ассиметричное заполнение бункера значительно изменяет процесс дозирования зерна на решето зерноочистительной машины, что приводит к перегрузке одной и недогрузке другой части решета. Для подтверждения данного предположения были проведены экспериментальные исследования. Условия проведения опытов оставались аналогичными как в разделе 4.2.

Для определения влияния высоты вороха на равномерность распределения материала по ширине рабочих органов зерноочистительной машины при наклонной подачи зерна в приемно-распределительное устройство провели лабораторные исследования. Схема и принцип работы экспериментальной установки изложен в разделе 3.2.

Высоту зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства увеличили до 70 см. Загрузку зерна по зернопроводу осуществляли под углом 70° к горизонту.

Равномерность истечения зерна по ширине дозирующей щели при ассиметричном заполнении приемно-распределительного устройства представлена на рисунке 4.12.

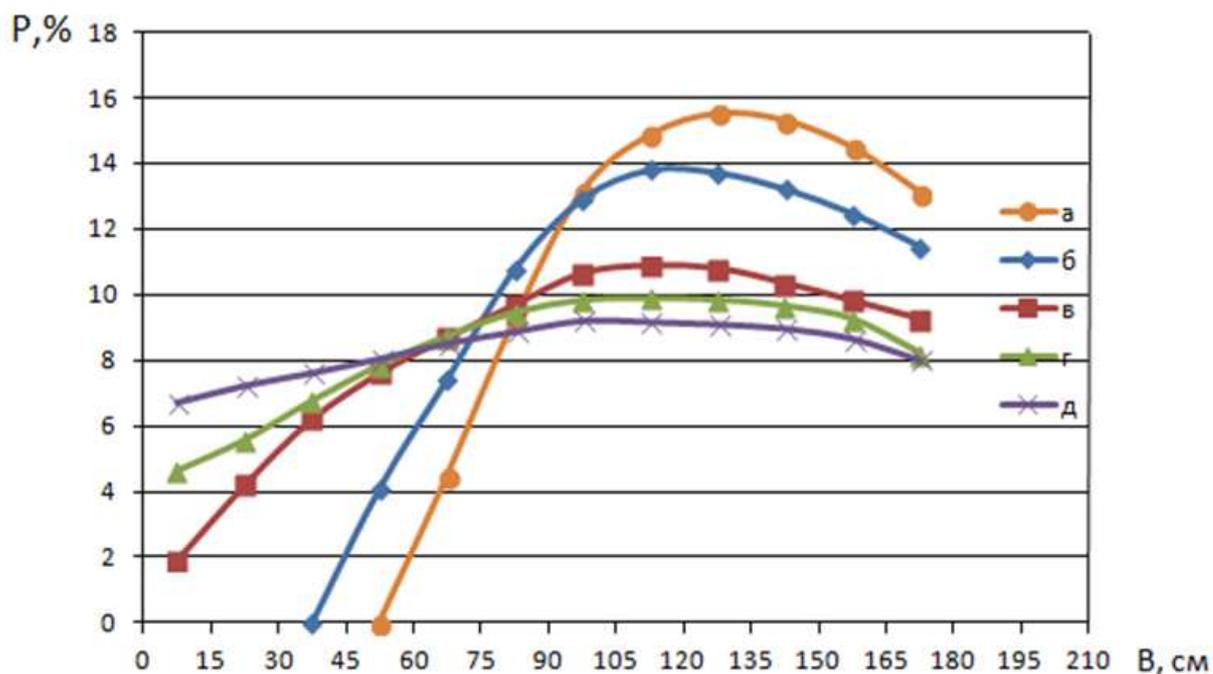


Рисунок 4.12 – Вероятности истечения зерна через дозирующую щель приемно-распределительного устройства при ассиметричном заполнении бункера:

- Р – вероятность истечения, %; В – ширина дозирующей щели, см;
- а) высота слоя зерна в бункере 30 см; б) высота слоя зерна в бункере 37 см;
- в) высота слоя зерна в бункере 56 см г) высота слоя зерна в бункере 63 см;
- д) высота слоя зерна в бункере 70 см

Из рисунка 4.12 видно, что при высоте слоя зернового вороха в бункере приемно-распределительного устройства до 49 см отмечается неравномерное истечение материала из дозирующей щели и, соответственно, неравномерная подача на рабочие органы зерноочистительной машины. При высоте слоя зерна в бункере 30 и 37 см отмечается отсутствие истечения

зерна через дозирующую щель на ширине бункера от 60 до 40 см. Увеличение высоты слоя зерна в бункере повышает равномерность истечения его через дозирующую щель приемно-распределительного устройства, а при высоте слоя в бункере свыше 63 см практически выравнивается.

Представленные экспериментальные данные показали, что равномерность загрузки рабочих органов зерноочистительной машины в значительной степени зависит от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства, равномерностью его распределения по ширине бункера (длине дозирующей щели и высотой слоя зерна в бункере). Равномерность распределения зерна по ширине приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины определяется местом его ввода из самотечного зернопровода, углом наклона подающего зернопровода относительно места ввода зерна в бункер. Это необходимо учитывать при компоновке зерноочистительной линии.

Минимальная высота слоя зерна в приемно-распределительном устройстве при вертикальной подаче в бункер должна соответствовать не менее 45...48 см. При наклонной подаче зерна по центру бункера высоту слоя необходимо увеличить до уровня не менее 63...70 см.

4.5 Обоснование принципиальной схемы приемно-распределительного устройства

В соответствии с поставленными задачами исследований предлагаем техническое решение, приемно-распределительный бункер зерноочистительной машины (Приложение Б).

Устройство состоит (рисунок 4.13) из бункера 1 зерноочистительной машины, в нижней части которого имеется выгрузное окно 2, заслонка 3 с приводом 4, который связан с датчиком нижнего уровня 5, удаленного от нижней кромки выгрузного окна 2 на расстоянии $\frac{L}{10} \sin \alpha$, и датчиком

верхнего уровня б, удаленного от нижней кромки выгрузного окна на расстоянии $\frac{L}{6} \sin \alpha$, где L – длина выгрузного окна; $\alpha = 26 \dots 40^\circ$.

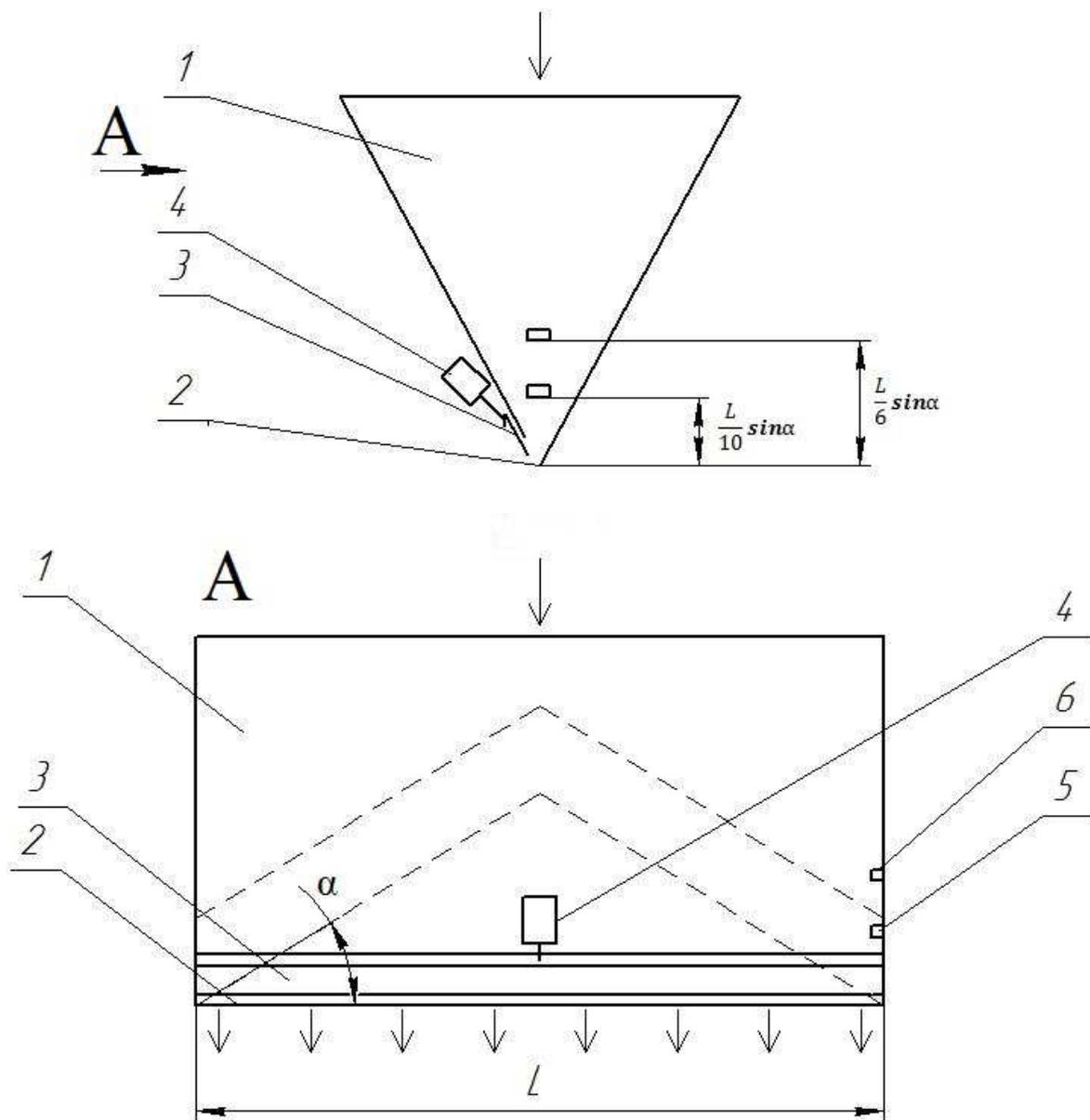


Рисунок 4.13 – Приемно-распределительный бункер зерноочистительной машины:

1 – бункер; 2 – выгрузное окно; 3 – заслонка; 4 – привод заслонки; 5 – датчик нижнего уровня материала; 6 – датчик верхнего уровня материала

Для обеспечения дозирования по всей ширине выгрузного окна необходимо в бункере поддерживать определенную высоту слоя. Поддерживать его вручную невозможно, т.к. согласовать подачу материала в

бункер и истечение его через выгрузное окно невозможно или сложно. На высоту слоя влияют такие параметры как: L – длина бункера и α – угол естественного откоса зерна.

Приемно-распределительный бункер зерноочистительной машины работает следующим образом. Поток сыпучего материала подается в загрузочный бункер 1. В бункере начинает формироваться ворох конусообразной формы, при достижении материалом уровня нижнего датчика 5, заслонка 3 остается в закрытом положении. Материал в бункере 1 накапливается и при достижении им уровня верхнего датчика 6, сигнал от него подается на привод 4, который открывает заслонку 3. Истечение материала увеличивается через выгрузное окно 2 и уровень в бункере 1 уменьшается до нижнего датчика 5, сигнал от него подается на привод 4, который прикрывает заслонку 3, но не закрывает ее совсем. Истечение материала через выгрузное окно 2 уменьшается, а уровень его в бункере 1 повышается до уровня верхнего датчика 6. Далее цикл работы повторяется [92].

Для стабильной работы и поддержания слоя, на основании экспериментальных данных, нижний датчик уровня необходимо установить на расстоянии $\frac{1}{5}$ высоты слоя от нижней кромки выгрузного окна ($\frac{L}{10} \sin \alpha$). Данный датчик при такой высоте поддерживает необходимый минимальный слой в бункере и обеспечивает равномерность подачи зерна на решета зерноочистительной машины. Нижний датчик уровня управляет прикрытием заслонки приемно-распределительного бункера. Верхний датчик уровня установлен на расстоянии $\frac{1}{3}$ высоты слоя от нижней кромки выгрузного окна ($\frac{L}{6} \sin \alpha$). Он предотвращает перегрузку бункера при постоянной его загрузке и управляет открытием заслонки приемно-распределительного бункера. Оба датчика управляют только заслонкой приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины, чем и обеспечивается постоянная равномерная загрузка зерна на решета.

Технический результат от использования предлагаемого решения – повышение равномерности подачи сыпучего материала по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин. Это позволит повысить производительность и улучшить качество очистки зерна.

Для подтверждения предпосылок были проведены исследования. Работоспособность предлагаемой конструкции была проведена в ходе сравнительных испытаний в производственных условиях. Опыты проводили на предприятии «Техника Сервис», на зерновом ворохе озимой пшеницы «Московская 39» прошедшего предварительную очистку. Состав вороха представлен в таблице 4.1.

При исследовании применяли два вида гравитационного приемно-распределительного устройства: серийное, установленное на машине МЗС-25 и экспериментальное, разработанное на кафедре СХМ Воронежского ГАУ.

На рисунке 4.14 представлена зависимость производительности зерноочистительной машины от полноты выделения примесей.

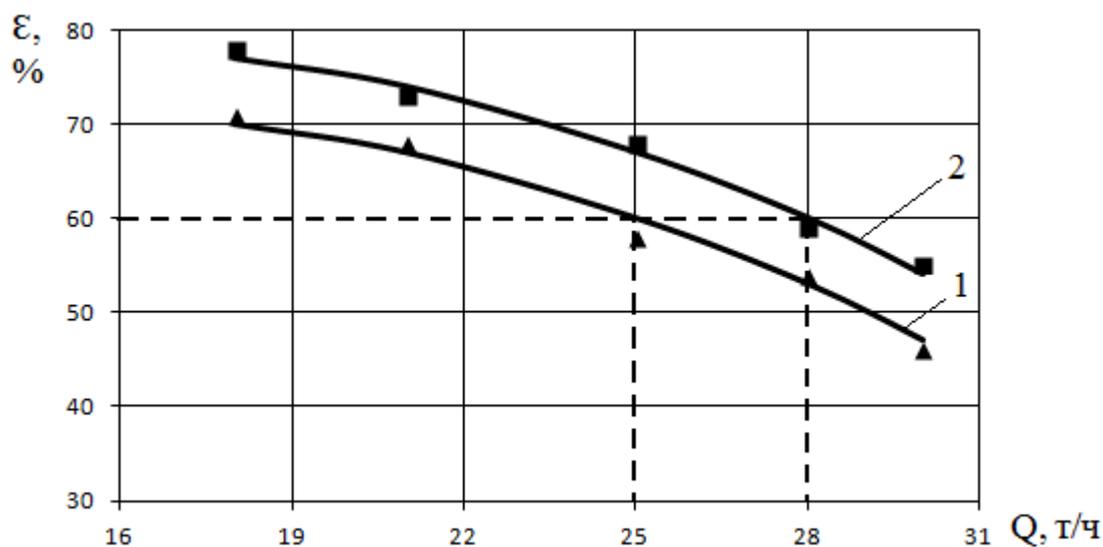


Рисунок 4.14 – Зависимость производительности зерноочистительной машины от полноты выделения примесей:

1 – базовая машина; 2 – экспериментальная машина;

Q - производительность зерноочистительной машины, т/ч; ϵ – полнота выделения примесей, %

Анализ данных, представленных на рисунке 4.14 показывают, что при полноте выделения сорных примесей 60 % серийная зерноочистительная машина имеет производительность 25 т/ч, а зерноочистительная машина МЗС-25 с усовершенствованным гравитационным приемно-распределительным устройством, при такой же полноте выделения имеет производительность 28 т/ч. Это объясняется тем, что вся ширина рабочих органов зерноочистительной машины загружена зерновым материалом равномерно, и в этом случае отсутствуют недогруженные или перегруженные зоны, которые отрицательно влияют на качество обрабатываемого материала.

Использование экспериментальной конструкции гравитационного приемно-распределительного устройства позволяет увеличить производительность зерноочистительной машины на 12 %.

4.6 Выводы

Анализируя представленные исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Исследованиями установлено, что равномерное заполнение бункера зерновым ворохом по ширине обеспечивается при вертикальной подаче по центру бункера. При подаче зерна по наклонному зернопроводу отмечается смещение вороха к одной из боковых стенок бункера.

2. Для обеспечения симметричного расположения зернового вороха при подаче его по наклонному зернопроводу необходимо изменять место подачи зерна в бункер. Так при подаче зерна по зернопроводу под углом 80° необходимое смещение места загрузки должно составлять 15 см, при подаче под углом 70° необходимое смещение составляет уже 30 см. Уменьшение угла наклона зернопровода до 60° требуемое смещение увеличивается до 45 см.

3. Полное заполнение бункера по ширине, при центральной загрузке материала под углом подачи зернопровода 90° к горизонту, происходит при высоте вороха 0,42 м, а заполнение основания бункера (питающей щели) при подаче материала под углом 70° к горизонту происходит на высоте вороха 0,62 м. Дальнейшее увеличение высоты слоя позволяет формировать толщину слоя у краев бункера, что гарантирует более равномерную загрузку решета по ширине зерноочистительной машины.

4. Исследованиями установлено, что равномерность загрузки решет зерноочистительной машины в значительной степени зависит от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства, поэтому минимальная высота слоя зерна в приемно-распределительном устройстве при вертикальной подаче в бункер должна соответствовать не менее 45...48 см. При наклонной подаче зерна по центру бункера под углом 70° высоту слоя необходимо увеличить до уровня не менее 63...70 см.

5. Предложено новое техническое решение для распределения зернового материала по ширине зерноочистительной машины (патент на полезную модель № 166618), позволяющее повысить эффективность сепарации зернового материала на решетках и производительность машины на 12 %.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

5.1 Общие положения методики расчета экономической эффективности модернизированного приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины МЗС-25

В результате выполнения настоящей работы было установлено, что применение предлагаемого технического решения, изготовленного по патенту №166618, позволит улучшить равномерность распределения зерна по ширине рабочих органов зерноочистительной машины, повысить производительность машины и качество очистки зернового материала.

Целью экономического обоснования является определение экономической целесообразности применения предложенного технического решения по совершенствованию работы приемно-распределительного устройства. Расчет экономической эффективности основан на том, что применение предлагаемого приемно-распределительного устройства позволяет повысить производительность зерноочистительной машины на 12 % и качество обработки зернового материала (таблица 5.1). За счет равномерного распределения материала по ширине зерноочистительной машины улучшается сепарация зернового вороха, что дает возможность получить зерно 3 класса. При обработке зернового материала на серийной машине получают зерно 4 класса.

Таблица 5.1 – Показатели базового варианта и предложенного технического решения

Вариант приемно-распределительного устройства	Первичная очистка зерна			
	Производительность зерноочистительной машины, т/ч	Выход зерна, %		
		товарное	фураж	отходы
Базовый вариант	25	87,8	9	3,2
Предложенный вариант	28	81,6	15	3,4
Разность	3	6,2	6	0,2

Таблица 5.2 – Исходные данные для экономической оценки проекта

Исходные показатели характеристики проекта	Базовый вариант	По проекту
1	2	3
Стоимость машины МЗС-25, руб.	320000	390000
Количество агрегатов	1	1
Срок эксплуатации проекта, лет	8	8
Продолжительность работ, дней	12	12
Годовая нормативная загрузка машины, ч	400	400
Производительность на первичной очистке, т/ч	25	28
Проектируемый объем очистки зерна, т	4080	4570
Выход продукта: продовольственное зерно, %	87,8	81,6
фуражное зерно, %	9	15
отходная фракция, %	3,2	3,4
Выход продукта: продовольственное зерно, т	3582	3729
фуражное зерно, т	367	686
отходная фракция, т	131	155
Коэффициент использования времени смены	0,85	0,85
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Тарифная ставка оператора, руб./чел. - ч	125,5	125,5
Установленная мощность электродвигателя, кВт	4	4,75
Стоимость электроэнергии, руб./кВт - ч	3,6	3,6
Годовой фонд времени одного работника, чел.-ч	360	360
Себестоимость 1 т зерна, руб.	7000	7000
Цена продукции (зерно продовольственное), руб./т	9200	9500
Цена продукции (фураж), руб./т	7100	7100
Отчисления на реновацию, %	14,3	14,3
Отчисления на текущий ремонт и техническое обслуживание, %	10	10
Учетная годовая ставка процента по кредитам банка или вклада в банк, %	14	14
Продолжительность смены, ч	8	8
Количество смен работы предприятия в сутки	2	2

Для оценки годового экономического эффекта от модернизации приемно-распределительного устройства машины МЗС-25 в таблице 5.2

представлены основные исходные данные (цены действительны на 01.05.2016 г.).

В качестве объекта для сравнения выбрали стационарную зерноочистительную машину МЗС-25, предназначенную для предварительной и первичной очистки поступающего с поля зернового вороха колосовых, крупяных, зернобобовых культур, кукурузы, сорго и подсолнечника от различных примесей на элеваторах, хлебоприемных предприятиях, зерноочистительных комплексах (ЗАВ, КЗС) во всех климатических зонах.

Установлено, что базовая зерноочистительная машина МЗС-25 в режиме первичной очистки при производительности 25 т/ч обеспечивает выход товарного зерна 87,8 %, фуража 9 % и отходов 3,2 %. В нашем случае, зерноочистительная машина с усовершенствованным приемно-распределительным устройством в режиме первичной очистки обеспечивает производительность 28 т/ч, при этом выход товарного зерна составил 81,6 %, фуража 15 % и отходов 3,4 %.

Для уборочных работ оптимальным является период 10...12 дней. В течение 12 дней при работе в две смены на обработке зернового вороха пшеницы будет очищено:

$$Q = q \cdot t_c \cdot n_c \cdot n_d \cdot \tau, \text{ т}, \quad (5.1)$$

где q – производительность машины, т/ч; t_c – продолжительность смены, ч; n_c – количество смен; n_d – количество дней работы; τ – коэффициент использования времени смены,

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

базовый вариант: $Q = 25 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 = 4080$, т

модернизированный вариант: $Q = 28 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 = 4570$, т.

Для базового варианта, с учетом того, что выход товарного зерна составил 87,8 %, а фуража 9 %, то от общего обработанного зерна количество товарного зерна составит 3582 т и 367 т фуражного зерна. При использовании предлагаемого варианта экспериментального образца (выход

товарного зерна 81,6 %, фуража 15 %) из всего обработанного зерна получится 3729 т товарного зерна и 686 т фуражного зерна.

Расчет затрат труда и фонда оплаты труда на выполнение работ по переработке сырья и смета затрат на выполнение операций представлены в таблице 5.3 [37].

Таблица 5.3 – Затраты труда и фонд оплаты труда, смета затрат и экономия эксплуатационных издержек

Показатели	Базовый вариант	По проекту
1	2	3
Количество работников, обслуживающих машины за две смены, чел.	2	2
Экономия труда		
Проектируемый объем очистки зерна, т	4080	4570
Время обработки зерна всего, ч	192,0	192,0
Затраты труда в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта), чел. - ч/т	0,047	0,042
Экономия труда, чел. - ч:		
- в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта)		0,005
- на весь объем продукта (за год)		22,9
Экономия фонда оплаты труда		
Время обработки зерна – всего, ч	192	192
Уровень оплаты труда с начислениями, руб./час.	125,50	125,50
Оплата труда за весь объем работ по обработке зерна, руб.	24096	24096
Оплата труда в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта), руб./т	5,91	5,27
Экономия фонда оплаты труда, руб.:		
- в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта)		0,64
- на весь объем продукта (за год)		2924,8
Смета затрат и экономия эксплуатационных издержек		
Затраты на сырье (зерно), руб.	28560000	31990000

Продолжение таблицы 5.3

Оплата труда с начислениями, руб.	24096	24096
Амортизация оборудования, руб.	37180	44330
Отчисления на ремонт и все виды ТО, руб.	26000	31000
Затраты на электроэнергию, руб.	2765	3283
Итого прямых затрат, руб.	28650041	32092709
Непредвиденные расходы (5% от прямых затрат), руб.	1432502	1604635,5
Всего прямых затрат, руб.	30082543	33697344,5
Накладные расходы (15% от всего прямых затрат), руб.	4512381,5	5054601,8
Всего производственных затрат, руб.	34594924,5	38751946,3
на 1 т продукции, руб.	8479,2	8479,6
Экономия производственных затрат		
на 1 т продукции, руб.		- 0,4
на всю продукцию, руб.		- 1828

За счет модернизации приемно-распределительного устройства наблюдается экономия затрат труда на 22,9 чел. – ч и фонда оплаты труда – на 2924,8 руб.

Представленные в таблице 5.3 данные показывают, что модернизация приемно-распределительного устройства приводит к увеличению производственных затрат в целом. С учетом роста объема переработки зернового материала возникают затраты на тонну продукции в размере 0,4 руб., а производственные затраты на весь объем продукции составит 1828 руб.

5.2 Расчет годового экономического эффекта от модернизации приемно-распределительного устройства зерноочистительной машины

Проведен расчет показателей экономической эффективности, который представлен в таблице 5.4 [38].

Таблица 5.4 – Оценка инвестиционного эффекта по проекту

Показатели	Базовый вариант	По проекту
1	2	3
Всего текущих затрат, тыс. руб.	34594,9	38751,9
Валовая продукция за год, т		
продовольственное зерно	3582	3729
фуражное зерно и отходы	367	686
Цена продукции, тыс. руб./т без НДС:		
продовольственное зерно	9,2	9,5
фуражное зерно	7,1	7,1
Стоимость собственной продукции, тыс. руб.	35560	40296,1
Прибыль, тыс. руб.	965,2	1544,2
Налоги, тыс. руб.	231,6	370,6
Чистая прибыль, тыс. руб.	733,5	1173,6
Уровень рентабельности, % по чистой прибыли	2,1	3,0
Расчет инвестиционного эффекта за год		
Чистая прибыль, тыс. руб.	733,5	1173,6
Дополнительная чистая прибыль, тыс. руб.		440,1
Амортизация дополнительных капитальных вложений, тыс. руб.		7,0
Инвестиционный эффект, тыс. руб.:		447,1

Представленные в таблице 5.4 данные показывают, что в варианте по проекту получена дополнительная прибыль в размере 440,1 тыс. руб.; рентабельность производства по чистой прибыли увеличивается на 0,9 %; инвестиционный эффект от внедрения машины с модернизированным приемно-распределительным устройством составит 447,1 тыс. руб.

Данные сравнительных показателей экономической эффективности от использования модернизированной машины представлены в таблице 5.5.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле

$$T_{ок} = \frac{-\ln(1 - \frac{K_o \cdot NS}{\mathcal{E}_z})}{\ln(1 + NS)}, \quad (5.2)$$

где K_o – дополнительные капитальные вложения; NS – коэффициент, отражающий учетную годовую ставку процента по кредитам банка или вкладу в банк ($NS = 0,14$). $K_o = 70000$ руб.

Таблица 5.5 – Сравнительные показатели эффективности использования модернизированной машины МЗС-25

Показатели	Базовый вариант	По проекту
1	2	3
Проектируемый объем очистки зерна, т	4080	4570
Затраты труда в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта), чел. - ч/т	0,047	0,042
Экономия труда, чел. - ч:		
- в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта)		0,005
- на весь объем продукта (за год)		22,9
Экономия фонда оплаты труда, руб.:		
- в расчете на 1 т сырья (на 1 т продукта)		0,64
- на весь объем продукта (за год)		2924,8
Дополнительная чистая прибыль, тыс. руб.		440,1
Инвестиционный эффект, тыс. руб.:		447,1
Эффект за срок эксплуатации, тыс. руб.		5499,2
Цена спроса на ресурсы для реализации проекта, тыс. руб.		2221,0
Коэффициент эффективности вложений		0,73
Срок окупаемости вложений, лет		0,4

Экономический эффект за срок службы зерноочистительной машины определим по формуле сложных процентов:

$$K_m = \mathcal{E}_r \cdot \frac{(1 + NS)^T - 1}{NS}, \quad (5.3)$$

где T - срок службы зерноочистительной машины, лет;

$K_m = 5499,2$ тыс. руб.

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

$$E_t = \left(\frac{K_m}{K_0}\right)^{1/T} - 1. \quad (5.4)$$

Расчеты эффективности проекта показали, что использование модернизированной конструкции приемно-распределительного устройства является экономически целесообразным. Внедрение предложенного технического решения обеспечит повышение производительности оборудования, улучшение качества очистки зерна, что в конечном итоге позволит получить годовой экономический эффект в размере 447,1 тыс. руб.

За срок эксплуатации модернизированной зерноочистительной машины, величина экономического эффекта составит 5499,2 тыс. руб. Ставка банковского процента существенно ниже значения годового коэффициента эффективности капитальных вложений $[(NS=0,14) < (E_t = 0,73)]$. Использование предложенной зерноочистительной машины с модернизированным приемно-распределительным устройством окупится менее чем за год ее эксплуатации.

5.3 Выводы

1. Модернизация приемно-распределительного устройства приводит к экономии затрат труда на 22,9 чел.-ч и фонда оплаты труда на 2924,8 руб., однако с учетом роста объема переработки продукции увеличиваются затраты на тонну продукции на 0,4 руб.

2. Использование предложенного технического решения позволит получить годовой экономический эффект в размере 447,1 тыс. руб и окупится менее чем за год ее эксплуатации. Внедрение предложенного технического решения является экономически целесообразным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенные исследования подтвердили, что в шнековых приемно-распределительных устройствах открытого типа зерноочистительных машин отмечается значительное дробление зерна до 3,54 % и снижение всхожести семян до 91,14 %. В настоящее время перспективными для дальнейшего совершенствования являются приемно-распределительные устройства гравитационного типа.

2. Выявленная закономерность формирования зернового вороха в бункере гравитационного приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин, позволяет определить расположение зернового вороха по ширине дозирующей щели в зависимости от угла подачи зерна. Установленная аналитическая зависимость бокового давления от высоты слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства воздушно-решетных зерноочистительных машин, позволяет определить боковое давление в горизонтальном сечении вороха.

3. Теоретически выявлено, что в бункере необходимо поддерживать высоту зернового вороха не менее 0,6 м для обеспечения равномерного распределения материала через дозирующую щель приемно-распределительного устройства по ее длине. Равномерное заполнение бункера зерновым ворохом по ширине обеспечивается при вертикальной подаче по центру бункера. При наклонной подаче отмечается смещение зернового вороха к одной из боковых стенок бункера.

4. Необходимо изменять место подачи зерна в бункер для получения симметричного вороха при наклонной подаче зерна. При центральной подаче зерна по зернопроводу под углом 80° необходимое смещение места загрузки должно составлять 15 см от центра бункера, при подаче под углом 70° необходимое смещение составляет 30 см. Уменьшение угла наклона зернопровода до 60° приводит к требуемому смещению на 45 см. Полное заполнение бункера по ширине дозирующей щели при центральной загрузке материала происходит на высоте вороха 0,42 м под углом наклона

зернопровода 90° к горизонту и на высоте вороха 0,62 м под углом наклона зернопровода 70° к горизонту.

5. Экспериментально установлено, что равномерность загрузки по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин в значительной степени зависит от высоты слоя зерна в бункере. Минимальная высота слоя зерна в бункере приемно-распределительного устройства при вертикальном вводе материала должна составлять не менее 45...48 см. При наклонной подаче зерна по центру бункера под углом 70° высоту слоя необходимо увеличить до уровня не менее 63 см.

6. Предложено техническое решение приемно-распределительного устройства воздушно-решетной зерноочистительной машины (патент на полезную модель № 166618), позволяющее поддерживать определенный слой зерна в бункере для равномерного истечения материала из дозирующей щели по ее длине и повысить производительность машины на 12 %.

7. Расчетный годовой экономический эффект от использования предложенного технического решения в воздушно-решетной зерноочистительной машине типа МЗС-25 составил 447,1 тыс. руб. при сроке окупаемости 0,4 года эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова И.С. Анализ конструкций загрузочно-дозировочных устройств в лесном и сельском хозяйствах / И.С. Абрамова, А.В. Кочегаров // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 4. – С. 76-81.
2. Абрамова И.С. Анализ конструкций устройств, работающих с сыпучими материалами / И.С. Абрамова, А.В. Кочегаров // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 4. – С. 82-89.
3. Авдеев А.В. Перспективы механизации послеуборочной обработки зерна / А.В. Авдеев // Тракторы и с.-х. машины. – 2001. – №5. – С. 18-23.
4. Агеев А.А. Совершенствование процесса загрузки зерноочистительных агрегатов: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01 /А.А. Агеев; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2003. – 145 с.
5. Агеев А.А. Обоснование режимов работы распределительного устройства вибродоткового типа для семяочистительных машин / А.А. Агеев // Аграрная наука в начале XXI века. Материалы международной практической конференции молодых ученых и специалистов. Ч. III. – Воронежский ГАУ. – 2002. – С. 187-190.
6. Агеев А.А. Совершенствование конструкции приемно-распределительных устройств семяочистительных машин / А.А. Агеев // Совершенствование процессов механизации в растениеводстве и животноводстве / Сб. тр. / Воронежский ГАУ. – 2000. – С. 35-39.
7. Анискин В.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки семян / В.И. Анискин, В.П. Елизаров, А.Н. Зюлин // Техника в сел. хоз-ве. – 1999. – № 6. – С. 43-46.
8. Анискин В.И. Новое в послеуборочной обработке зерна и подготовке семян / В.И. Анискин // Техника и оборудование для села. – 1999. – № 6. – С. 12-14.

9. Анискин В.И. Особенности механизации послеуборочной обработки и хранения зерна в условиях рыночной экономики / В.И. Анискин, А.Н. Зюлин // Технологическое и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Материалы XI международной научно-практической конференции. – М.: ВИМ, 2002. – С. 3-13.
10. Анискин В.И. Повреждение семян зерновых культур при машинной обработке / В.И. Анискин, В.М. Дринча, И.А. Пехальский // Вестн. с.-х. науки. – 1992. – № 1. – С. 99-105.
11. Анискин В.И. Развитие зерноочистительной техники / В.И. Анискин, А.Н. Зюлин // Тракторы и с.-х. машины. – 2005. – № 1. – С. 6-8.
12. Аристов С.А. Пути снижения травмирования зерна при послеуборочной обработке / С.А. Аристов // Техника в сел. хоз-ве. –1991. – № 6. – С. 55-56.
13. Ахматов А.А. Загрузка решет машины МЗС-25 от подачи зерна в питающее устройство / А.А. Ахматов, А.Н. Солдатов, В.Н. Солнцев, В.И. Оробинский // Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса / Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / Коллектив авторов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – С. 21-24.
14. Ахматов А.А. К обоснованию истечения зерновых смесей в питающем устройстве / А.А. Ахматов, В.И. Оробинский, В.П. Шацкий. В.Н. Солнцев // Вестник Воронежского ГАУ. – 2016. – Вып. 4 (51). – С. 114-120.
15. Ахматов А.А. Приемно-распределительные устройства зерноочистительных машин / А.А. Ахматов, В.И. Оробинский, В.Н. Солнцев // Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК. Материалы научной конференции профессорско – преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации сельского хозяйства и переработки

сельскохозяйственной продукции (31 марта – 7 апреля 2014 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – С. 9-11.

16. Ахматов А.А. Распределение зерна питающим устройством гравитационного типа по ширине зерноочистительной машины / А.А. Ахматов, В.И. Оробинский, В.Н. Солнцев, К.Р. Казаров // Наука вчера, сегодня, завтра: материала научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 34-39.

17. Ахматов А.А. Распределение зерна по ширине решета машины МЗС-25 / А.А. Ахматов, В.И. Оробинский, В.Н. Солнцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. – № 9. – С. 8-9.

18. Ахматов А.А. Травмирование зерна шнековым питающим устройством / А.А. Ахматов, В.И. Оробинский, В.Н. Солнцев // Вестник Воронежского ГАУ. – 2015. – Вып. 4 (47) – С. 98-101.

19. Ахматов А.А. Формирование зернового вороха в бункере питающего устройства / А.А. Ахматов, В.Н. Солнцев, В.И. Оробинский // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия, Воронеж, 10 января 2017г.). – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – С. 31-36.

20. Ашмарин И.П. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов / И.П. Ашмарин, Н.Н. Васильев, В.А. Амбросов. – Л., 1975. – 78 с.

21. Бодртдинов А.З. Послеуборочная обработка зерна и семян / А.З. Бодртдинов // Ред. С.Я. Ярмухаметова. – Казань, 2001. – 80 с.

22. Бурков А.И. Зерноочистительные машины: конструкция, исследования, расчет и испытания / А.И. Бурков, Н.П. Сычуглов // НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 2000. – 59 с.

23. Бурков А.И. Тенденции развития технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и семян в Северо-Восточном регионе / А.И. Бурков // Инженерная наука сельскохозяйственному производству: юбилейный сб. ст.: Вып. инженерного факультета / Вят. гос. с.-х. акад. – Киров, 2002. – С. 32-39.
24. Веденяпин В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / В.Г. Веденяпин. – М: Колос, 1973. – 199 с.
25. Волосевич Н.П. Машины для послеуборочной обработки зерна: Учеб. пособие для вузов / Н.П. Волосевич, А.В. Дружкин. – Саратов, 1993. – 82 с.
26. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных / В.Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 254 с.
27. Галкин А.Д. Комплексное решение механизации послеуборочной обработки зерна и семян в условиях Уральского региона / А.Д. Галкин, В.Д. Галкин // Сб. науч. тр. / ВИМ.– 2002. – Т. 141. – С. 112-114.
28. Галкин А.Д. Методы и средства повышения эффективности послеуборочной обработки зерна и семян (для хозяйств Среднеуральского региона) / А.Д. Галкин, В.Д. Галкин, А.М. Гузаиров. – Пермь, 2001. – 84 с.
29. Галкин А.Д. Повышение эффективности функционирования технологических систем и технических средств для послеуборочной обработки семенного и фуражного зерна в условиях Среднего Урала за счет оптимизации их структуры, параметров и режимов: автореф. дис. д-ра техн. наук / А.Д. Галкин. – СПб. ; Пушкин, 1999. – 57 с.
30. Галкин А.Д. Ресурсосберегающая технология послеуборочной обработки семян / А.Д. Галкин, В.Д. Галкин // Тракторы и сельхозмашины. – 2003. – № 3. – С. 15-17.
31. Галкин В.Д. Вибропневмосепаратор для подготовки семян / В.Д. Галкин, К.А. Грубов // Сельский механизатор. – 2010. – № 2. – С. 15.

32. Галкин В.Д. Повышение эффективности работы семяочистительных линий для подготовки элитных семян / В.Д. Галкин, А.Д. Галкин, А.А. Хавыев и др. // Инновационные научные решения - основа модернизации аграрной экономики. Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия, 2011. – С. 10-16.

33. Гиевский А.М. Результаты исследования гравитационного распределителя зерноочистительной машины / А.М. Гиевский, В.И. Оробинский, А.И. Королев, А.А. Сундеев // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия. Воронеж, 25 декабря 2015 г.). – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. – С. 266-271.

34. Голубкович А.В. Сушка высоковлажных семян и зерна / А.В. Голубкович, А.Г. Чижиков. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 174 с.

35. Гольтянин В.Я. Машины и оборудование для производства и послеуборочной обработки зерна: каталог / [В.Я. Гольтянин]. – Москва: Росинформаготех, 2013. – 96 с.

36. Гордеев А.В. Продовольственное обеспечение России. Вопросы теории и практики / А. В. Гордеев. – М.: Колос, – 1999. – 225 с.

37. 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.

38. 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.

39. 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., 1991. – С. 3-7.

40. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приёмки и методы отбора проб. Взамен ГОСТ 12036; введ. 1986.07.01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 11 с.

41. ГОСТ 12041-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. 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. Ч.2. – М., 1991. – С. 187 – 190.

42. 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.: Изд-во стандартов, 1998. – 21 с.

43. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. введ. 2006.01.01. – М.: Изд-стандартов, 2005. – 24 с.

44. Двухаспирационные зерноочистительные машины / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.А. Сундеев, В.В. Шередекин, А.М. Гиевский, А.А. Мухортов, А.С. Бузулукин, И. С. Масленников // Техника и оборудование для села. – 2006. – № 8. – С. 20-22.

45. Дринча В.М. Технология и комплекс машин для очистки зерна и семян / В.М. Дринча, Л.М. Суконин // Земледелие. – 1997. – № 3. – С. 34-35.

46. Ерохин, М.Н. Проектирование и расчёт подъёмно-транспортных машин сельскохозяйственного назначения / М.Н. Ерохин, А.В. Карп. – М.: Колос, 1999. – 228 с.

47. Жарких В.Ю. Обзор технических решений для равномерной загрузки зерноочистительных машин / В.Ю. Жарких, А.П. Тарасенко // Современные тенденции развития технологий и технических средств для

АПК. Материалы научной конференции профессорско – преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственной продукции (31 марта – 7 апреля 2014 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – С. 12-14.

48. Завалишин Ф.С. Методы исследований по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев, М.: Колос, 1982. – 232 с.

49. Зюлин А.Н. Актуальные проблемы и перспективы послеуборочной обработки зерна и подготовки семян / А.Н. Зюлин // Машинные технологии и техника для производства зерновых, масличных и зернобобовых культур. Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции "Земледельческая механика в растениеводстве". – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2001. – С. 54-62.

50. Зюлин А.Н. Закономерности распределения компонентов зернового материала в процессе формирования насыпи / А.Н. Зюлин, И.Г. Зубаилов // Машинные технологии и техника для производства зерновых, масличных и зернобобовых культур. Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции "Земледельческая механика в растениеводстве". – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2001. – С. 221-227.

51. Зюлин А.Н. Перспективы механизации послеуборочной обработки и хранения семян / А.Н. Зюлин, А.Г. Чижиков // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2002. – № 6. – С.10-14.

52. Зюлин А.Н. Перспективы развития зерносемяочистительной техники / А.Н. Зюлин // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения урожая сельскохозяйственных культур: Научные труды. – М.:

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2000. – С. 70-73.

53. Индустриальные технологии и перспективные рабочие органы машин для послеуборочной обработки зерна: Сборник научных трудов / ВАСХНИЛ. Сибирское отделение. – Новосибирск, 1986. – 178 с.

54. Киреев М.В. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах / М.В. Киреев, С.М. Григорьев, Ю.К. Ковальчук. – Л.: Колос, 1981. – 223 с.

55. Комаристов В.Е. Зерноочистительные машины предприятия «Петкус»/ В.Е. Комаристов// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1991. – №2. – С. 60-63.

56. Концепция развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства Северо-Восточного региона европейской части России на 2002...2010 гг. / Сысуев В.А. [и др.]. – Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2002. – 136 с.

57. Косилов Н.И. Повышение эффективности предварительной очистки за счет расслоения потока зернового вороха / Н.И. Косилов, А.С. Маликов, В.В. Романов // Повышение производительности и качества работы зерноуборочных и зерноочистительных машин : сб. науч. тр. / Челябин. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва. – Челябинск, 1986. – С. 5-13.

58. Косилов Н.И. Пути совершенствования технологий и технических средств для предварительной очистки зерна в хозяйствах / Н.И. Косилов. – Челябинск, 1985. – 52 с.

59. Косилов Н.И. Рекомендации по совершенствованию технологии и технических средств для послеуборочной обработки зерна в хозяйствах / Н.И. Косилов, Д.Н. Косилов, В.В. Волынкин. – Челябинск: Челябинский гос. агроинженерный институт, 2005. – 62 с.

60. Креймерман Г.И. Повреждаемость семян пшеницы при перемещении в самотечных трубах / Г.И. Креймерман, В.Б. Лебедев // Мукомольно-элеваторная промышленность. – 1971. – № 2. – С. 19-22.

61. Кряжков В.М. Инженерные основы современных технологий в механизации растениеводства АПК / В.М. Кряжков // Науч.-техн. прогресс в инж.-техн. сфере АПК России : материалы науч.-практ. конф., 25 – 26 окт. 1994 г. / ГОСНИТИ. – М., 1995. – С. 42-47.

62. Кунц Д.А. О влиянии самотечных устройств механизированных токов на травмирование семян / Д.А. Кунц // Науч. тр / Саратов. с.-х. ин-т. – 1972. –Т. 3. – С. 259-263.

63. Ларченко А.А. Совершенствование зерноочистительного агрегата для обработки зерна / А.А. Ларченко, В.Н. Солнцев, А.А. Ахматов, А.В. Горбанев, М.В. Борисов // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 67-й студенческой научной конференции. – Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 83-86.

64. Лебедев В.Б. Промышленная обработка и хранение семян / В.Б. Лебедев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 225 с.

65. Лебедев В.Б. Снижение механических повреждений зерна при послеуборочной обработке / В.Б. Лебедев; ЦНИИТЭИ М-ва хлебопродуктов СССР. – М., 1987. – 38 с.

66. Машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна: Каталог / В.Я. Гольтянин, Э.В. Жалкин, В.Ф. Федоренко и др.; Гл. ред. М.С. Бунин. – М.: Росинформагротех, 2003. – 203 с.

67. Машковцев М.Ф. Повышение эффективности послеуборочной обработки высоковлажного зерна путем совершенствования технологии и технических средств : дис.... канд. техн. наук / М. Ф. Машковцев. – Орочи, 1999. – 173 с.

68. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. – 2-е, изд. перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

69. Мерчалова М.Э. Изменение уровня травмирования зерна при послеуборочной обработке / М.Э. Мерчалова // Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК. Материалы научной

конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственной продукции (31 марта – 7 апреля 2014 г.). – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2014. – С. 104-106.

70. Мерчалова М.Э. Повышение качества семян зерновых культур / М.Э. Мерчалова // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2015. – № 9. – С. 22-25.

71. Мерчалова М.Э. Снижение повреждения зерна крупяных культур при уборке и послеуборочной обработке / М.Э. Мерчалова, В.В. Милованов и др. // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 4. – С. 5-6.

72. Мерчалова М.Э. Снижение травмирования зерна пшеницы за счет совершенствования технологического процесса его послеуборочной обработки/ М.Э. Мерчалова// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Воронеж, 1992. – 208 с.

73. Механизация процессов послеуборочной обработки зерна в Новосибирской области: Рекомендации / Сб. науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва; Сост.: Н.М. Иванов и др. – Новосибирск, 2002. – 125 с.

74. Могильницкий В.М. Механизация уборки и послеуборочной обработки зерна в Северо-Западном регионе / В.М. Могильницкий, А.Е. Иванов, А.Н. Перекопский // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2002. – №6. – С. 17-20.

75. Оробинский В.И. Влияние качества транспортируемого зерна на его повреждение норями при послеуборочной обработке / В.И. Оробинский, Н.М. Дерканосова и др. // Наука вчера, сегодня, завтра. Материалы научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2016. – С. 29-34.

76. Оробинский В.И. Влияние микроорганизмов и срока хранения на посевные качества семян / В.И. Оробинский // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2006. – № 11. – С. 5-6.

77. Оробинский В.И. Оценка качества очистки зерна на семяочистительной линии фирмы ЛМС / В.И. Оробинский, А.П. Тарасенко, А.В. Чернышов и др. // Вестник Воронежского ГАУ. – 2015. – Вып. 4 (47). – С. 93-97.

78. Оробинский В.И. Результаты испытаний зерноочистительных машин семейства ОЗФ / В.И. Оробинский // Вестн. Воронеж. гос. аграр. ун-та. – 2006. – № 13. – С. 119-128.

79. Оробинский В.И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации: дис. д-ра. с./х. наук / В.И. Оробинский; Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2007. – 334 с.

80. Оробинский В.И. Травмирование зерна при уборке и его влияние на посевные качества семян / В.И. Оробинский // Пути снижения травмирования семян сельскохозяйственными машинами и повышение их качества : сб. науч. тр. / Воронеж. с.-х. ин-т. – Воронеж, 1983. – С. 91-98.

81. Оробинский В.И. Улучшение качества семян / В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, А.П. Тарасенко // Совершенствование технологий и технических средств механизации сел. хоз-ва : сб. науч. тр. / Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2003. – С. 148-153.

82. Оробинский В.И. Эффективность работы зерноочистительной машины / В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, А.И. Королев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М. 2008. – № 10. – С. 10-11.

83. Особенности послеуборочной обработки зерна и хранения зерновых культур / И.П. Лаврик, А.Г. Мякинков, Т.И. Поморцева, В. И. Загоскина // Защита и карантин растений. – 2003. – № 25. – С. 45-46.

84. Панов А.А. Травмирование семян в результате трения / А.А. Панов // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 1980. – № 11. – С. 18-19.

85. Пат. № 2065780 Российская Федерация, С1 кл. 6 В 07 В 1/12, 4/02. Зерноочистительная машина / Бурков А.И., Андреев В.Л., Рошин О.П.: заявитель и патентообладатель науч.-исслед.ин-т с/х Северо-Востока им.Н.В.Рудницкого.-№94029077/03; заявл. 02.08.94; опубл. 27.08.96, Бюл. № 24. – 3 с.

86. Пат. № 2455817, МПК А 01 F 12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов / Тишанинов Н.П., Тишанинов К.Н.: заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии). № 2011113935/02; заявл. 08.04.2011; опубл. 20.07.2012, Бюл. № 20.

87. Пат. № 2525095, МПК В 07 В 11/06. Питающее устройство зерноочистительной машины / Сычугов Н.П., Сычугов Ю.В., Савиных П.А., Исупов В.И., Солодянкин А.Л.: заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие Проектно-конструкторское бюро НИИСХ Северо-Востока Российской академии сельскохозяйственных наук. № 2013101861/03; заявл. 15.01.2013; опубл. 10.08.2014, Бюл. № 22.

88. Пат. № 2242296, МПК В 07 В11/06 (2000.01). Питающее устройство зерноочистительной машины / Бурков А.И., Ефремов Д.Ф., Кутюков А.М., Клишко А.В., Бурков И.А.: заявитель и патентообладатель Государственное учреждение Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого. № 2003118114/03; заявл. 16.06.2003; опубл. 20.12.2004, Бюл. № 35.

89. Пат. № 2350406, МПК В 07 В11/06(2006.01). Питающее устройство зерноочистительной машины / Бурков А.И., Глушков А.Л., Булдаков Д.С.: заявитель и патентообладатель государственное

учреждение Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого. № 2007136771/03; заявл. 03.10.2007; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9.

90. Пат. № 130888, МПК В 07 В11/06(2006.01). Питающее устройство зерноочистительной машины / Солнцев В.Н., Миронов Е.С., Закурдаева Н.В.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ. № 2013108209/03; заявл. 25.02.2013; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22.

91. Пат. № 148656, МПК В 07 В11/06(2006.01). Приемно-распределительное устройство зерноочистительной машины / Оробинский В.И., Солнцев В.Н., Ахматов А.А.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I. № 2014128445/03; заявл. 10.07.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34.

92. Пат № 166618, МПК В 02 С 25/00(2006.01). Приемно-распределительный бункер зерноочистительной машины / Ахматов А.А., Оробинский В.И., Солнцев В.Н.: заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное Учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ). №2016113093/13; заявл. 05.04.2016; опубл. 10.12.2016, Бюл. №34.

93. Пат. № 151539, МПК В 07 В11/06(2006.01). Механизм подачи и распределения материала зерноочистительной машины / Пономарев С.М.: заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «Ромакс». № 2014133766/03; заявл. 15.08.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.

94. Пат. № 2014118019, МПК В 07 В11/06. Приемно-распределительное устройство гравитационного типа / Орлов А.А.: заявитель и патентообладатель Орлов А.А.. № 2014118019/03; заявл. 05.05.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 31.

95. Пат. № 2163846, МПК В 07 В11/06; В 07 В13/04. Загрузочно-распределительное устройство для сыпучих материалов / Авдеев Н.Е.,

Чернухин Ю.В., Некрасов А.В.: заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия. № 99121549/03; заявл. 14.10.1999; опубл. 10.03.2001, Бюл. № 7.

96. Пат. № 2193460, МПК В 07 В11/06(2000.01); В 07 В4/02 (2000/01). Питатель-дозатор сепаратора семян трав / Бурков А.И., Рошин О.П., Исупов В.И.: заявитель и патентообладатель Государственное учреждение Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им Н.В. Рудницкого. № 2000127374/03; заявл. 31.10.2000; опубл. 27.11.2002, Бюл. № 33.

97. Пат. № 2229349, МПК В 07 В11/06(2000.01). Приемно-распределительное устройство сыпучего материала / Тарасенко А.П., Агеев А.А.: заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. № 2002134888/03; заявл. 23.12.2002; опубл. 27.05.2004, Бюл. № 15.

98. Пат. № 2404864, МПК В 07 В11/06. Устройство для гравитационного распределения сыпучих материалов / Тарасенко А.П. Оробинский В.И., Гиевский А.М., Сундеев А.А.: заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «СимМаш». №2009125893/03; заявл. 06.07.2009; опубл. 27.11.2010.

99. Пат. № 2458750 Российская Федерация, МПК В 07 В11/06. Приемно-распределительное устройство зерноочистительной машины / Сундеев А.А., Гиевский А.М, Тарасенко А.П. Оробинский В.И., Степанова А.А.: заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет. № 2011108607/03; заявл. 04.03.2011; опубл. 20.08.11, Бюл. № 23. – 7 с.

100. Пат. № 2516873 Российская Федерация, МПК В 65 G 69/00; 65/32; 11/20; 53/56. Делитель потока сыпучего материала / Сундеев А.А., Востриков П.С., Воронин В.В., Корнев А.С.: заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет. № 2012151108/11; заявл. 28.11.2012; опубл. 20.05.14, Бюл. № 14. – 6 с.

101. Пивень В.В. Основные направления совершенствования технологии и техники для послеуборочной обработки зерна / В.В. Пивень, О.Л. Уманская // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 8. – С. 205-208.

102. Плаксин В.Ф. Механические повреждения семенного зерна при пневмотранспорте в зависимости от скорости и длины транспортирования / В.Ф. Плаксин // Труды. Урал. НИИ сел. хоз-ва. – Свердловск, 1970. – Т. IX. – С. 280-286.

103. Повышение эффективности работы семяочистительных линий для подготовки элитных семян / В.Д. Галкин [и др.] - В сборнике: Инновационные научные решения - основа модернизации аграрной экономики материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. 2011. – С. 10-16.

104. Савченко Д.Н. Обоснование формы выпускного отверстия бункера, обеспечивающей равномерную подачу зернового материала / Д.Н. Савченко // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. – Вып. 1 (31). – С. 79 – 83.

105. Свиридов Л.Т. Инновационный технологический комплекс машин и оборудования для обработки и извлечения лесных семян из околоплодников / Л.Т. Свиридов, А.В. Синельников // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (44). – С. 65-71.

106. Свиридов Л.Т. Лесохозяйственное производство с использованием новых технологий и технических средств для обработки семян / Л.Т. Свиридов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 77. – С. 116-126.

107. Свиридов Л.Т. Новые технологии и технический комплекс машин и оборудования для обработки и выделения лесных семян из околоплодников / Л.Т. Свиридов, А.В. Синельников, А.В. Недабежков // Воронежский научнотехнический Вестник. – 2014. – № 4(10). – С. 73-80.

108. Свиридов Л.Т. Теоретическое исследование инновационного щеточно-терочного устройства для извлечения лесных семян из околоплодников / Л.Т. Свиридов, А.В. Синельников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 108. – С. 1183-1197.

109. Свиридов Л.Т. Технологический комплекс машин и оборудования для обработки лесных семян / Л.Т. Свиридов, Н.Д. Гомзяков, Т.Л. Свиридов // Хвойные бореальной зоны. – 2012. – Т. 30. – № 3-4. – С. 324-332.

110. Солнцев В.Н. Оценка травмирования семян гречихи при прохождении через хранилище силосного типа / В.Н. Солнцев, А.А. Ларченко, А.А. Ахматов // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I (Россия. Воронеж, 25 декабря 2015 г.). – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. – С. 127-131.

111. Солнцев В.Н. Повреждения зерна при уборки и послеуборочной обработки / В.Н. Солнцев, А.А. Ларченко, А.А. Ахматов // Лесотехнический журнал. – Воронеж. 2015. – С. 131-135.

112. Тарасенко А.П. Влияние влажности зерна при уборке и послеуборочной обработке на посевные качества семян / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, М.Э. Мерчалова // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2000. – № 2. – С. 12-13.

113. Тарасенко А.П. Новое поколение зерноочистительных машин / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.А. Сундеев, В.В. Шередекин, А.М. Гиевский // Трактора и сельхозмашины. – М. 2007. – № 5. – С. 12 – 14.

114. Тарасенко А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А.П. Тарасенко. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – 331с.

115. Тарасенко А.П. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.М. Гиевский и др. // М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2014. – 60 с.
116. Тарасенко А.П. Совершенствование послеуборочной обработки зерна / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский и др. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М. 2008. – № 6. – С. 2-3.
117. Тарасенко А.П. Совершенствование послеуборочной обработки зерна / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский и др. // Главный агроном. – М. 2009. – № 5. – С. 67-70.
118. Тарасенко А.П. Совершенствование предварительной обработки семенного зерна / А.П. Тарасенко, В.В. Шередекин, Р.А. Тарасенко // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения : материалы 2-й междунар. науч.-практ. конф. «Земледельческая механика в растениеводстве» 17-18 дек. 2003 г. – М., 2003. – С. 148-154.
119. Тарасенко А.П. Совершенствование средств механизации для получения качественного зерна / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский и др. // Вестник Воронежского ГАУ. – 2012. – № 3. – С. 109-115.
120. Тарасенко А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян / А.П. Тарасенко. – М.: Колос, 2008. – 232 с.
121. Тарасенко Р.А. Снижение травмирования семян путем совершенствования процесса их послеуборочной обработки: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Р.А. Тарасенко; Воронежский гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2006. – 136 с.
122. Теплинский Н.И. Движение зерна в самотечных устройствах / Н.И. Теплинский // Инженерное обеспечение качества и надежности технологических процессов в растениеводстве: сб. науч. тр. / Воронежский с.-х. ин-т. – Воронеж, 1989. – С. 111-118.

123. Теплинский Н.И. Определение конструктивных и режимных параметров гасителя скорости зернового потока в самотечных устройствах / Н.И. Теплинский, В.И. Оробинский и др. // Научно-методические проблемы преподавания специальных дисциплин в направлении профессионального обучения. Межвузовские ученые записки. – Липецк: Липецкий ГПУ, 2000. – С. 103-107.

124. Теплинский Н.И. Снижение травмирования зерна при транспортировании в самотечных устройствах / Н.И. Теплинский // Транспортное обеспечение при крупногрупповом использовании с.-х. техники : сб. науч. тр. / Воронеж. с.-х. ин-т. – Воронеж, 1985. – С. 75-82.

125. Теплинский Н.И. Снижение травмирования семян в самотечных устройствах зерноочистительных агрегатов / Н.И. Теплинский // Пути снижения травмирования семян с.-х. машинами и повышения их качества: сб. науч. тр. / Воронеж. с.-х. ин-т. – Воронеж, 1983. – С. 135-140.

126. Теплинский Н.И. Снижение травмирования семян в самотечных устройствах зерноочистительных агрегатов / Н.И. Теплинский // Совершенствование технологии и технических средств для производства семян с.-х. культур : сб. науч. тр. / Воронеж. с.-х. ин-т. – Воронеж, 1986. – С. 60-64.

127. Тишанинов Н.П. Авторегулируемый делитель потока зерна жалюзийного типа / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Сельский механизатор. – 2016. – № 1. – С. 10-11.

128. Тишанинов Н.П. Делитель падающего потока зерна со стабилизацией отводимых частей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. XI Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию факультета механизации сельского хозяйства, в рамках XVII Международной агропромышленной выставки "Агроуниверсал-2015". – Ставрополь. – 2015. – С. 44-47.

129. Тишанинов Н.П. Классификация и анализ перспектив создания делителей потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука центральной России. – 2013. – № 5. – С. 75-83.
130. Тишанинов Н.П. Многоканальные делители потока зерна / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 40.
131. Тишанинов Н.П. Новые делители потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, К.Н. Тишанинов // Наука центральной России. – 2013. – № 1. – С. 30 – 36.
132. Федоренко В.Ф. Зерноочистка – состояние и перспективы / В.Ф. Федоренко, Е.Л. Ревякин; ФГНУ «Росинформагротех». – М.: Росинформагротех, 2006. – 204 с.
133. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины: учебник для студентов вузов по агр. специальностям / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колос, 2006. – 624 с.
134. Чернышов А.В. Совершенствование процесса фракционирования зернового вороха на решетном стане зерноочистительных машин: диссертация кандидата технических наук: 05.20.01 / А.В. Чернышов; [Место защиты: Воронеж. гос. аграр. ун-т им. императора Петра I]. – Воронеж, 2011. – 144 с.
135. Чижиков А.Г. Основные направления развития технологии и технических средств сушки зерна и семян / А.Г. Чижиков // Сб. науч. тр. / ВИМ. – М., 2000. – Т. 132. – С. 79-90.
136. Чудин И.А. Исследование повреждения зерна на отдельных участках нории (на зерноочистительных машинах) / И.А. Чудин // Тракторы и с.-х- машины. – 1982. – № 7. – С. 16-17.
137. Чуйко Г.В. Инновационное развитие подотрасли для послеуборочной обработки, хранения, первичной переработки зерновых, зернобобовых, масличных культур и подготовки семян в России // Г.В. Чуйко, В.Д. Стрыгин, Н.А. Ревенко // В сборнике: Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных

технологий и автоматизированных систем всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2012. – С. 207-219.

138. Чумаков В.Г. Повышение эффективности работы зерноочистительных агрегатов / В.Г. Чумаков // Материалы региональной науч.-практ. конф. – Курган, 2001. – С. 79-81.

139. Чумаков В.Г. Совершенствование технологии и технических средств для послеуборочной обработки зерна на основе дифференцирования потоков зернового вороха: дис. доктора технических наук / В.Г. Чумаков, Челябинск. – 2012.

140. Чупахин А.В. Математическая модель движения частицы невяяного вороха на выходе питающего устройства / А.В. Чупахин, Н.Н. Булыгин, А.И. Чечин и др. // Наука вчера, сегодня, завтра. Материалы научно-практической конференции 05-09 сентября 2016 г. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2016. – С. 176-182.

141. Чупахин А.В. Обоснование выбора рабочих элементов питающего устройства пневмоинерционного сепаратора / А.В. Чупахин, Ю.М. Помогаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 6. – С. 8-9.

142. Чупахин А.В. Определение скорости массы на выходе питающего устройства / А.В. Чупахин, Н.Н. Булыгин, А.И. Чечин // Наука и образование в современных условиях. Материалы международной научной конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Департамент научно-технологической политики и образования; ФГБОУ ВО "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I"; Под общей редакцией: В.И. Оробинского, В.Г. Козлова. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2016. – С. 313-318.

143. Чупахин А.В. Определение состава невяяного вороха и изменение его в процессе подачи / А.В. Чупахин // Совершенствование

процессов механизации в растениеводстве и животноводстве. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2000. – С. 60-62.

144. Чупахин А.В. Расчет скорости частицы вороха на входе в питающее устройство пневмоинерционного сепаратора / А.В. Чупахин // Техника в сел. хоз-ве. – 2013. – № 1. – С. 9-10.

145. Чупахин А.В. Совершенствование процесса подачи невеяного вороха в пневмоинерционный сепаратор: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Воронеж. гос. аграр. ун-т. – Воронеж, 2001. – 200 с.

146. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента / Перевод с англ. Е.Г. Коваленко под ред. Н.П. Бусленко. – М.: Мир, 1972. – 382 с.

147. Ahmatov A.A. Empfangs- und Verteilereinrichtung im Getreidereiniger/ A.A. Ahmatov, V.I. Orobinsky, V.N. Solncev // Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования / Материалы международной заочной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов на иностранных языках (Россия, Воронеж, апрель 2015 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – с. 107 – 110.

148. Babic M. Influence of basic wheat grain physical properties onto hydrodinamical regimes / M. Babic, L. Babic // AgEng. Madrid 23. – 26. September 1996, Paper 96F-067.

149. Bohnet M. Mechanische Verfahrenstechnik / M. Bohnet. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004. – 270 s.

150. Cajueiro D.O. Controlling self-organized criticality in sandpile models [Text] / D.O. Cajueiro, R.F.S. Andrade // Physical Review E: Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics. – 2010. – Vol. 81. – pp. 015102.

151. Chahal B.C. Effect of different level of grain moisture on viability of wheat seed / B.C. Chahal, M. Ramzan // Bull. Grain Technol. – 1986. - № 1. – P. 11-12.

152. Dhar D. Theoretical studies of self-organized criticality, Physica A 369 (2006) 29-70.

153. Shnirman M.G. Scale invariance and invariant scaling in a mixed hierarchical system// Phys. Rev. E. 1999. V.60. – № 5. – P.5111-5120.

154. Stuke F. Sortenmischungen im Weizenanbau / F. Stuke, H. Fehrmann // Mitt. Biol. Bundensamst. Land-und Forstwirt. – Berlin; Dahlem, 1986. – N 232. – S. 134.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 148656

**ПРИЕМНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное Учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I" (ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014128445

Приоритет полезной модели 10 июля 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 12 ноября 2014 г.

Срок действия патента истекает 10 июля 2024 г.

*Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU**⁽¹¹⁾ **148 656**⁽¹³⁾ **U1**

(51) МПК
B07B 11/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014128445/03, 10.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.07.2014

(45) Опубликовано: 10.12.2014 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, ВГАУ, зав.
сектором защиты интеллектуальной
собственности, Балбековой Л.В.

(72) Автор(ы):

Оробинский Владимир Иванович (RU),
Солицев Вячеслав Николаевич (RU),
Ахматов Александр Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное Учреждение высшего
профессионального образования
"Воронежский государственный аграрный
университет имени императора Петра I"
(ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ) (RU)

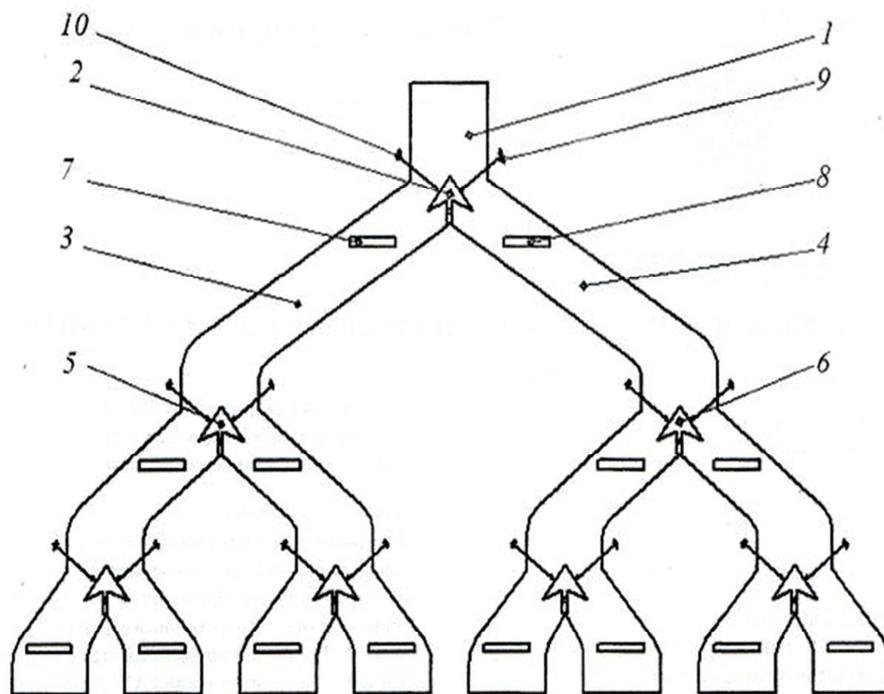
(54) ПРИЕМНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

(57) Формула полезной модели

Приемно-распределительное устройство зерноочистительной машины, включающее зернораспределитель в виде входного патрубка с делителем потока и двух симметричных расходящихся выходных патрубков, отличающееся тем, что оно снабжено дополнительными зернораспределителями, установленными на выходе выходных патрубков, при этом делители потоков снабжены толкателями, связанными с датчиками давления.

RU 148656 U1

RU 148656 U1



RU 148656 U1

RU 148656 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 166618

**ПРИЕМНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ БУНКЕР
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное Учреждение высшего образования "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1" (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

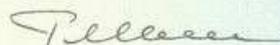
Заявка № 2016113093

Приоритет полезной модели 05 апреля 2016 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 15 ноября 2016 г.

Срок действия патента истекает 05 апреля 2026 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **166 618** ⁽¹³⁾ **U1**

(51) МПК
B02C 25/00 (2006.01)

(12) **ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2016113093/13, 05.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.04.2016

(45) Опубликовано: 10.12.2016 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1, ВГАУ, зав.
сектором защиты интеллектуальной
собственности Балбековой Л.В.

(72) Автор(ы):

Ахматов Александр Александрович (RU),
Оробинский Владимир Иванович (RU),
Солищев Вячеслав Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное Учреждение высшего
образования "Воронежский государственный
аграрный университет имени императора
Петра 1" (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ)
(RU)

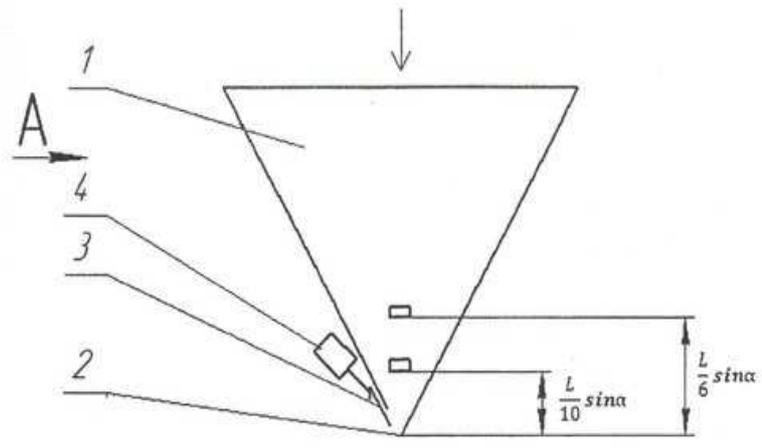
(54) **ПРИЕМНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ БУНКЕР ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

(57) Формула полезной модели

Приемно-распределительный бункер зерноочистительной машины, включающий выгрузное окно с приводной заслонкой, датчик верхнего уровня зерна и датчик нижнего уровня зерна, связанный с приводом заслонки, отличающийся тем, что бункер выполнен в форме треугольной призмы с нижним выгрузным окном в виде щели по всей длине бункера, привод заслонки дополнительно связан с датчиком верхнего уровня, который удален от нижней кромки выгрузного окна на расстояние $\frac{L}{6} \sin \alpha$, а датчик нижнего уровня удален от нижней кромки выгрузного окна на расстояние $\frac{L}{10} \sin \alpha$, где L - длина выгрузного окна; $\alpha=26...40^\circ$.

RU 166618 U1

RU 166618 U1



Фиг. 1

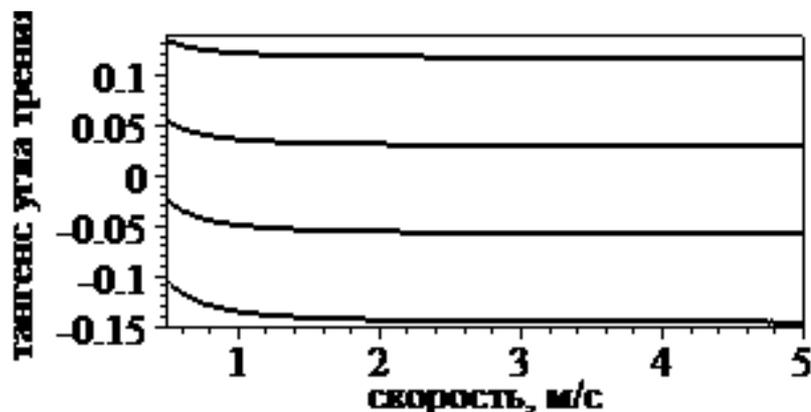
RU 166618 U1

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Программа определения тангенса угла трения при различных углах подачи материала

```

> restart:
with(plots):
f:=.3:
g:=9.81:
#V:=.5:
r:=.002:
i:=1:
for be in [65,70,75,80] do
fu[i]:=V->(f*4/3*r*g+f*V^2*sin(be*3.141/180)-
V^2*cos(be*3.141/180))/(4/3*r*g+V^2*sin(be*3.141/180)+f*V^2*cos(
be*3.141/180)):
gr[i]:=plot(fu[i](V),V=0.5..5,labels=[`скорость, м/с`, `тангенс
угла трения`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],axes
=boxed,style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black):i:=i+1
od:
display(gr[1],gr[2],gr[3],gr[4]);

```



>

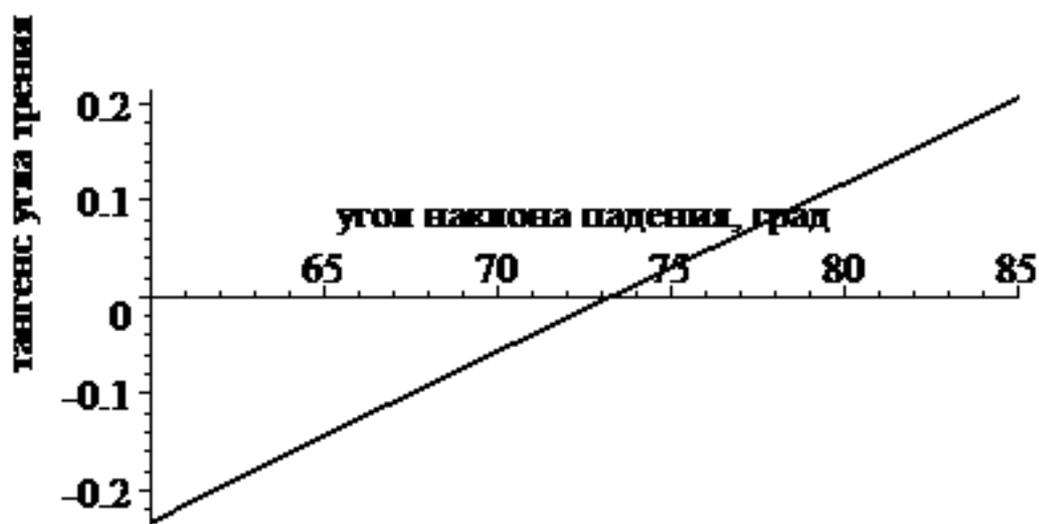
$$tga = \frac{f \frac{4}{3} rg + fV^2 \sin\beta - V^2 \cos\beta}{\frac{4}{3} rg - V^2 \sin\beta - fV^2 \cos\beta}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Программа определения тангенса угла трения

```

>restart:
f:=.3:
g:=9.81:
V:=2:
r:=.002:
fu:=be->(f*4/3*r*g+f*V^2*sin(be*3.141/180)-
V^2*cos(be*3.141/180))/(4/3*r*g-V^2*sin(be*3.141/180)-
f*V^2*cos(be*3.141/180)):
plot(fu(be),be=60..85,labels=[`угол наклона падения,
град`,`тангенс угла трения`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],axes
=boxed,style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black);

```



>

$$\operatorname{tga} = \frac{f \frac{4}{3} r g + f V^2 \sin \beta - V^2 \cos \beta}{\frac{4}{3} r g - V^2 \sin \beta - f V^2 \cos \beta}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Программа полета зерновки и формирования вороха
зерна

```

> restart:
with(plots):
z:=.08:
ug1:=.4:
al:=70:
al:=al*3.141/180:
k:=.48*sin(al):
for i from 0 to 5 do ug[i]:=0.05 od:
for i from 5 to 10 do ug[i]:=0.1 od:
for i from 11 to 15 do ug[i]:=0.15 od:
for i from 16 to 20 do ug[i]:=0.23 od:

for i from 21 to 119 do ug[i]:=0.38 od:

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 20000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=seq(i,i=-120..120):
y:=seq(h[(i-30)],i=-120..120):
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr1:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

par:=.001:
sk:=600:
H:=100:
x:='x':y:='y':
v:=x(0)=0,y(0)=H,D(x)(0)=sk*cos(al),D(y)(0)=-sk*sin(al):

>
u:=diff(x(t),t$2)+par*diff(x(t),t)*((diff(x(t),t))^2+(diff(y(t),t))^2)^.5=0,
diff(y(t),t$2)+par*diff(y(t),t)*((diff(x(t),t))^2+(diff(y(t),t))^2)^.5+981=0:
deg:={x(t),y(t)}:
P:=dsolve({u,v},deg,numeric,output=listprocedure):

```

```

> X1:=subs(P,x(t)):Y1:=subs(P,y(t)):
T:=fsolve(Y1-h[1],0.0001..1):
X1(T);
VX:=subs(P,diff(x(t),t)):VY:=subs(P,diff(y(t),t)):
VX(T);
VV:=sqrt(VX(T)^2+VY(T)^2)/100;
UGOL:=-arctan(VY(T)/VX(T))*180/3.141;
gr2:=plots[odeplot](P,[x(t),y(t)],t=0..T,linestyle=1,thickness=2
,color=black):
display(gr1,gr2);

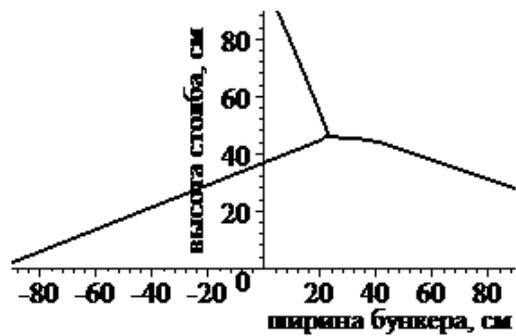
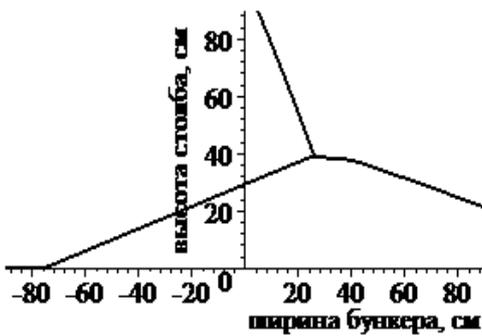
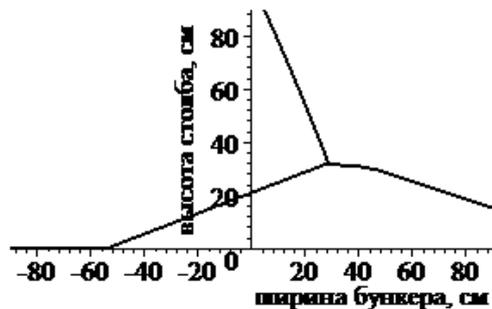
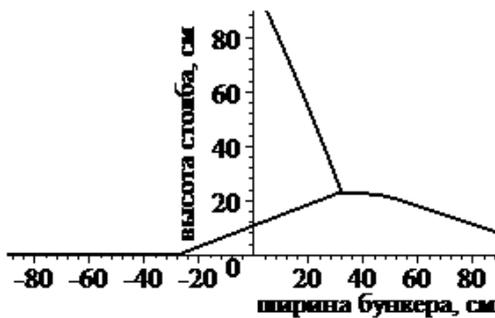
```

32.0996237478879

233.358981173769

VV := 6.66308507417557

UGOL := 69.5119359909345



ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Программа формирования зернового вороха под углом
 подачи материала 70° к горизонту из подающего зернопровода в бункер
 приемно-распределительного устройства

```

> restart:
with(plots):
z:=.08:
ug1:=.4:
al:=70:
al:=al*3.141/180:
k:=.48*sin(al):
for i from 0 to 5 do ug[i]:=0.05 od:
for i from 5 to 10 do ug[i]:=0.1 od:
for i from 11 to 15 do ug[i]:=0.15 od:
for i from 16 to 20 do ug[i]:=0.2 od:

for i from 21 to 119 do ug[i]:=0.35 od:

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 20000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=seq(i,i=-120..120):
y:=seq(h[(i-30)],i=-120..120):
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr1:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
e=line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

>

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 35000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):

```

```

for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-26)],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr2:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

```

```

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 50000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-23)],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr3:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

```

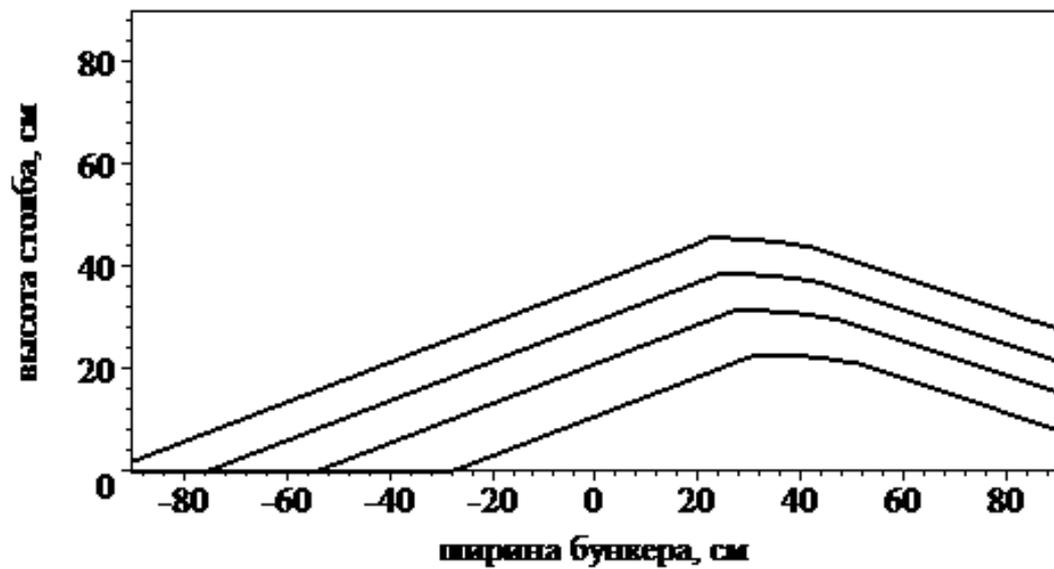
```

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 65000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-21)],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr4:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],

```

```
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],styl  
e=line,linestyle=1,thickness=2,color=black );
```

```
display(gr1,gr2,gr3,gr4);
```



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Программа формирования зернового вороха под углом
 подачи материала 80° к горизонту из подающего зернопровода в бункер
 приемно-распределительного устройства

```

> restart:
with(plots):
z:=.08:
ug1:=.4:
al:=80:
al:=al*3.141/180:
k:=.48*sin(al):
for i from 0 to 5 do ug[i]:=0.05 od:
for i from 5 to 10 do ug[i]:=0.1 od:
for i from 11 to 15 do ug[i]:=0.15 od:
for i from 16 to 20 do ug[i]:=0.2 od:

for i from 21 to 119 do ug[i]:=0.35 od:

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 20000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=seq(i,i=-120..120):
y:=seq(h[(i-17)],i=-120..120):
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr1:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
e=line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

>

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 35000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):

```

```

for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-14)],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr2:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

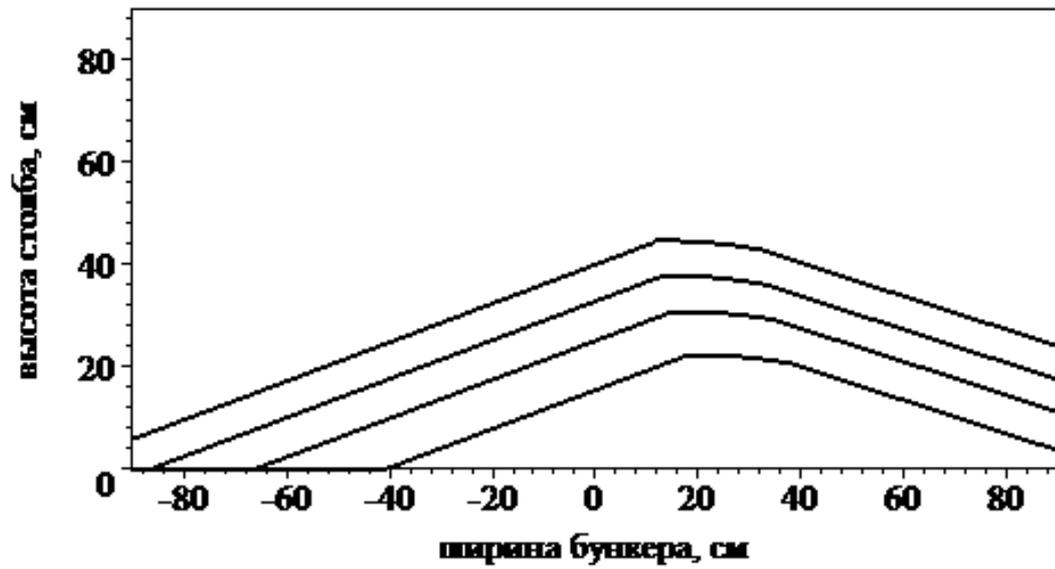
for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 50000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-12)],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr3:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 65000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-11)],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr4:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],

```

```
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
line,linestyle=1,thickness=2,color=black );
```

```
display(gr1,gr2,gr3,gr4);
```



ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Программа формирования зернового вороха под углом
 подачи материала 90° к горизонту из подающего зернопровода в бункер
 приемно-распределительного устройства

```

> restart:
with(plots):
z:=.08:
ug1:=.4:
al:=90:
al:=al*3.141/180:
k:=.48*sin(al):
for i from 0 to 5 do ug[i]:=0.05 od:
for i from 5 to 10 do ug[i]:=0.1 od:
for i from 11 to 15 do ug[i]:=0.15 od:
for i from 16 to 20 do ug[i]:=0.23 od:

for i from 21 to 119 do ug[i]:=0.38 od:

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 20000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=seq(i,i=-120..120):
y:=seq(h[(i-(-9))],i=-120..120):
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr1:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

>

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 35000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):

```

```

for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-(-9))],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr2:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

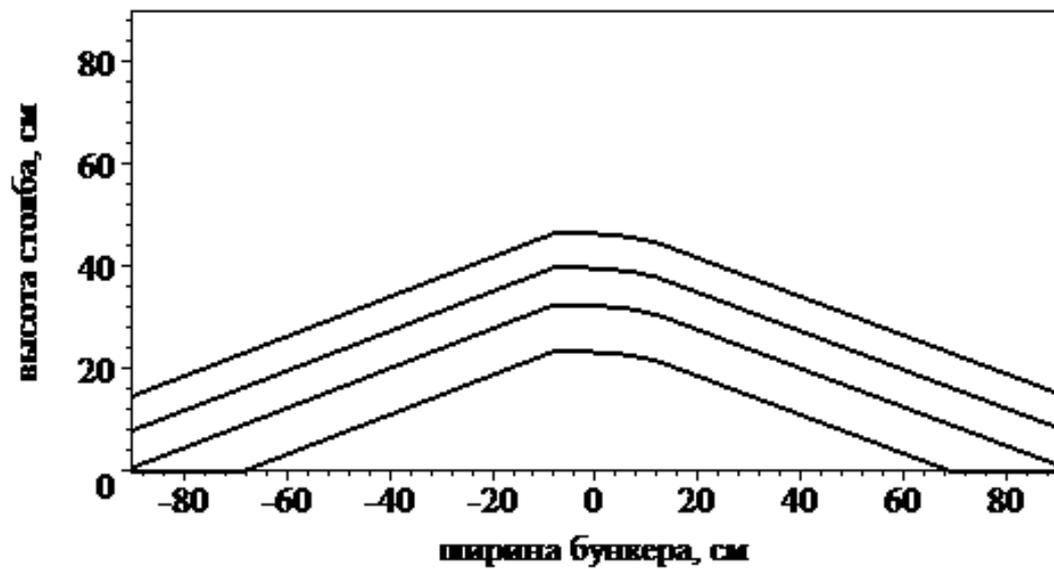
for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 50000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then
h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-(-9))],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr3:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],style=
line,linestyle=1,thickness=2,color=black ):

for i from -120 to 120 do h[i]:=0 od:
for n from 1 to 65000 do
h[1]:=h[1]+z/(k+1):
h[-1]:=h[-1]+z*k/(k+1):
for i from -1 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od:
for i from 1 to 119 do if h[i]-h[i+1]>ug[i] then
h[i+1]:=h[i+1]+z/(k+1):h[i]:=h[i]-z/(k+1) fi od:
h[0]:=0.5*(h[1]+h[-1]):
for i from 0 to -119 by -1 do if h[i]-h[i-1]>ug1 then h[i-1]:=h[i-1]+z*k/(k+1):h[i]:=h[i]-z*k/(k+1) fi od od:
#for i from 1 to 120 do print(i,h[i]) od:
#for i from -1 to -120 by -1 do print(i,h[i]) od:
x:=[seq(i,i=-120..120)]:
y:=[seq(h[(i-(-9))],i=-120..120)]:
pp:=(x,y)->[x,y]:a:=zip(pp,x,y,2):
gr4:=plot(a,-90..90,0..90, labels=[`ширина бункера, см`, `высота столба, см`],

```

```
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,12],styl  
e=line,linestyle=1,thickness=2,color=black );
```

```
display(gr1,gr2,gr3,gr4);
```



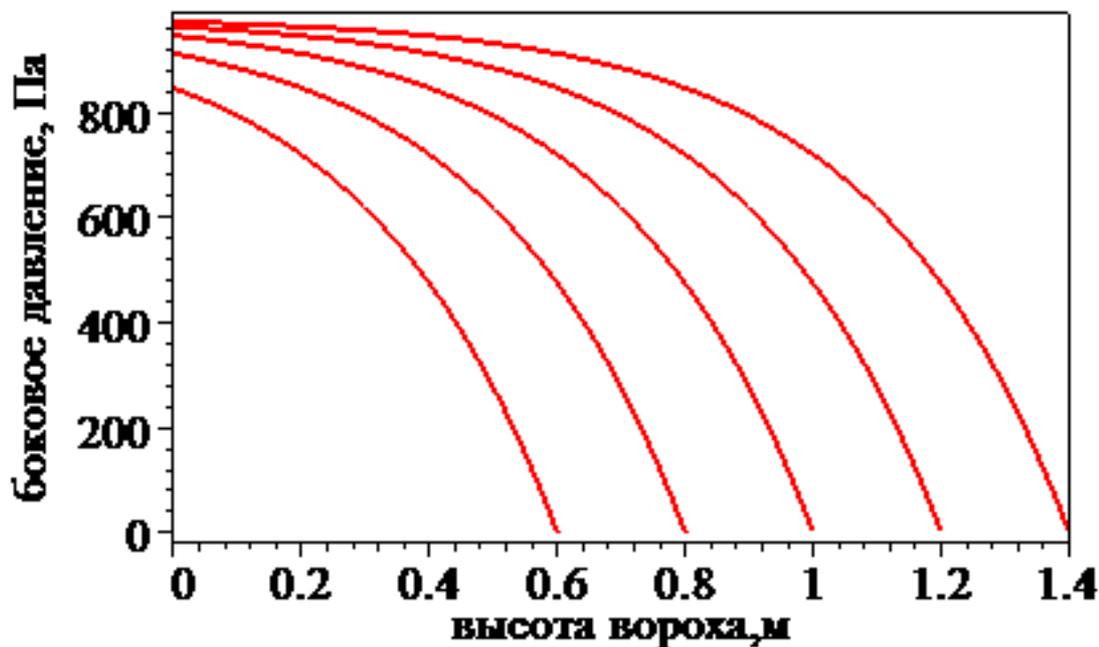
ПРИЛОЖЕНИЕ И – Программа определения давления, действующего на элемент вороха при разной высоте слоя

```

> restart:
with(plots):
ro:=1000:
k:=.5:
g:=9.81:
dze:=.33:
b:=.1:
i:=0:
P:=z->ro*g*b/2/k/dze*(1-exp(2*k*dze/b*(z-L)));
for L in [.6,.8,1,1.2,1.4] do
a[i]:=plot(dze*P(z),z=0..L, labels=[`высота вороха,м`, `боковое
давление,Па`],labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,
ROMAN,14],symbol=BOX,axes=boxed,style=[line,point],linestyle=1,s
ymbolsize=10,thickness=2); i:=i+1 od:
display(a[0],a[1],a[2],a[3],a[4]);

```

$$P := z \rightarrow \frac{1}{2} \frac{ro g b}{k dze} \left(1 - e^{\left(\frac{2 k dze (z-L)}{b} \right)} \right)$$



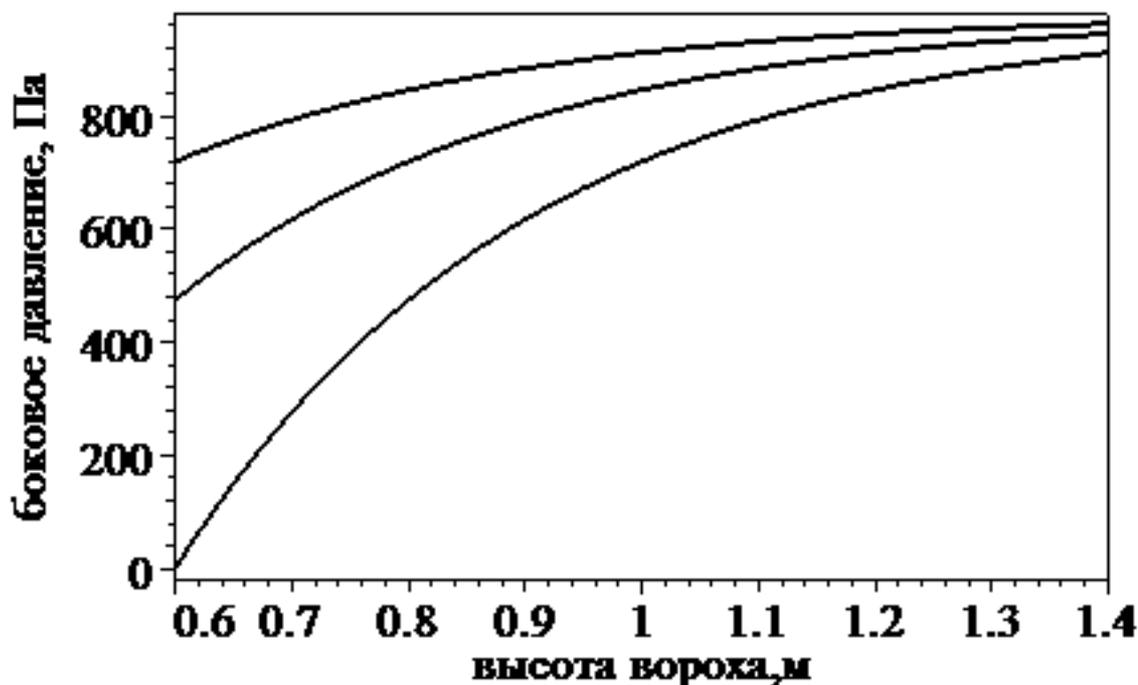
ПРИЛОЖЕНИЕ К – Программа определения давления в фиксированном слое зерна, действующего на элемент вороха при разной высоте слоя

```

> restart:
with(plots):
ro:=1000:
k:=.5:
g:=9.81:
dze:=.33:
b:=.1:
i:=0:
P:=L->ro*g*b/2/k/dze*(1-exp(2*k*dze/b*(z-L)));
for z in [.2,.4,.6] do a[i]:=plot(dze*P(L),L=0.6..1.4,
labels=[`высота вороха,м`, `боковое давление,Па`],
labeldirections=[HORIZONTAL,VERTICAL],font=[TIMES,ROMAN,14],symbol
ol=BOX,axes=boxed,style=[line,point],linestyle=1,symbolsize=10,
thickness=2,color=black); i:=i+1 od:
display(a[0],a[1],a[2]);

```

$$P := L \rightarrow \frac{1}{2} \frac{ro g b}{k dze} \left(1 - e^{\left(\frac{2 k dze (z-L)}{b} \right)} \right)$$



ПРИЛОЖЕНИЕ Л – акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы в ЗАО «Техника Сервис»

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы

Настоящий акт подтверждает, что результаты практических и теоретических исследований процесса загрузки рабочих органов зерноочистительных машин, полученные при выполнении научно-исследовательской работы Ахматова Александра Александровича, аспиранта Воронежского государственного аграрного университета им. Императора Петра I по теме: «Совершенствование процесса распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин», выполняемой под руководством д. с.-х. н. Оробинского Владимира Ивановича, представляют практический интерес и используются на предприятии по производству сельскохозяйственных машин и оборудования ЗАО «Техника-Сервис».

Предложенное техническое решение приемно-распределительный бункер зерноочистительной машины с автоматическим приводом заслонки (патент на полезную модель №166618) позволяет увеличить производительность зерноочистительной машины МЗС-25.

Считаем целесообразным рекомендовать использование предложенного технического решения при разработке воздушно-решетных зерноочистительных машин для послеуборочной обработки зерна и семян.

Генеральный директор
ЗАО «Техника-Сервис»



Кустовинов С.В.

Декан агроинженерного ф-та ВГАУ
зав. каф. «Сельскохозяйственные машины»
д. с.-х. н. профессор



Оробинский В.И.

Аспирант



Ахматов А.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ М – справка о внедрении в учебный процесс результатов
научно-исследовательской деятельности

Утверждаю

Ректор ФГБОУ ВО

Воронежского государственного

аграрного университета имени

императора Петра I

Бухтояров Н.И.

« » 2017 г.



СПРАВКА

о внедрении в учебный процесс результатов научно-исследовательской
работы аспиранта Ахматова А.А.

Результаты научных исследований А.А. Ахматова по совершенствованию процесса распределения зернового вороха по ширине рабочих органов воздушно-решетных зерноочистительных машин внедрены в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 и магистров по направлению 35.04.06. 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

Оробинский В.И.