Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

На правах рукописи



Леканов Сергей Валерьевич

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МОБИЛЬНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:
доктор технических наук, доцент
Сороченко Сергей Федорович

БАРНАУЛ 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 7
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ……. 14
1.1 Анализ мирового рынка оборудования для очистки зерна и семян…… 14
1.2 Состояние технологий и техники для послеуборочной обработки зерна 20
1.3 Состояние научных исследований по обоснованию параметров технологических систем послеуборочной обработки зерна…….. 22
1.4 Структурный анализ и классификации мобильных технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна……. 24
1.4.1 Классификация мобильных зерноочистительных агрегатов по назначению……. 40
1.4.2 Классификация способов загрузки мобильных зерноочистительных агрегатов……... 57
1.4.3 Классификация способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов……. 59
1.4.4 Классификация оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов……. 60
1.4.5 Классификация мобильных зерносушилок по принципу мобильности 64
1.4.6 Классификация мобильных зерноочистительных агрегатов……. 65
1.5 Постановка проблемы, цель и задачи исследований……. 67
Выводы по главе 1…….. 69
2. СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО И СЕМЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ…….. 71
2.1. Событийный подход к моделированию технологических процессов в мобильных зерноочистительных агрегатах…….. 71
2.2. Иерархическая структура мобильной системы послеуборочной обработки зерна…….. 73
2.3. Основные виды функционирования мобильного зерноочистительного агрегата в системе АПК……. 75
2.4. Системный подход при исследовании мобильных зерноочистительных агрегатов…… 77
2.5. Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов…….. 83
Выводы по главе 2…….. 94

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ…… 96

3.1 Системный анализ процесса функционирования центробежно-решетного сепаратора……. 96

3.2 Описание технологической схемы центробежно-решетного сепаратора 97

3.3 Моделирование блочно-модульной технологии очистки зерна на основе центробежно-решётного сепарирования……. 102

3.4 Математическое моделирование функционирования подсевного блока центробежно-решетного сепаратора……. 108

3.4.1 Моделирование движения зернового материала между пластинами барабана……... 108

3.4.2 Моделирование движения зернового материала в активном слое 115

3.4.3 Моделирование процесса сепарации на подсевном цилиндрическом решете центробежно-решетного сепаратора…… 117

3.5 Кинематические и энергетические характеристики центробежно-решетного сепаратора…… 130

3.6 Определение основных параметров и режимов работы блока цилиндрических решет центробежно-решетного сепаратора……. 136

3.7 Обоснование параметров пластинчатого барабана центробежно-решетного сепаратора с использованием радиальных пластин……. 142

3.8 Моделирование работы центробежно-решетного сепаратора в режиме овсюгоотборника…… 146

3.9 Определение параметров воздушного блока с кольцевым пневмосепарирующим каналом…… 152

3.9.1 Описание структурной схемы центробежно-воздушного сепаратора 152

3.9.2 Обоснование параметров выхода очищенного зерна кольцевого канала центробежного воздушного сепаратора…… 155

3.9.3 Обоснование параметров разгрузочных устройств центробежно-воздушного сепаратора……... 158

3.10 Определение параметров делительного решета центробежно-решетного ворохоочистителя…… 161

3.10.1 Исследование пропускной способности делительного решета центробежно-решетного ворохоочистителя……. 161

3.10.2 Исследование влиянии скорости движения зерна по питателю и в кольцевом зазоре на пропускную способность делительного решета…….. 166

3.10.3 Методика расчета делительного решета центробежно-решетного сепаратора…… 171
Выводы по главе 3……... 178
4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МОБИЛЬНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ…… 182
4.1 Принципы формирования вариантов технологических операций мобильных зерноочистительных агрегатов…….. 182
4.2 Обоснование состава мобильных зерноочистительных агрегатов с использованием созданных технических средств. Область их применения и порядок функционирования…… 184
4.2.1 Мобильный зерноочистительный модуль на базе центробежно-решетных сепараторов (схема I)…… 184
4.2.2 Мобильный семяочистительный агрегат (схема II)…… 189
4.2.3 Мобильный составной зерно-семяочистительный агрегат (схема III) 195
4.2.4 Мобильный семяочистительный агрегат «EcoSort Mobile» (схема IV) 202
4.2.5 Мобильный комплекс зерно-семяочистительных агрегатов (схема V) 205
4.2.6 Мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования (схема VI)…….. 211
4.2.7 Мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (схема VII)… 215
4.3 Оценка трансформируемости мобильных зерноочистительных агрегатов…….. 218
4.4 Энергетическая оценка проектируемых мобильных зерноочистительных агрегатов и комплексов…….. 219
4.5 Общий алгоритм функционирования мобильного зерноочистительного агрегата…… 223
4.6 Моделирование процесса функционирования сформированных мобильных зерноочистительных агрегатов……. 225
Выводы по главе 4…….. 229
5 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ…… 231
5.1 Программа экспериментальных исследований…….. 231
5.2 Экспериментальные установки…… 233
5.2.1 Экспериментальные установки центробежно-решетного сепаратора 233
5.2.2 Экспериментальные установки центробежно-воздушного сепаратора 239
5.2.3 Экспериментальная установка ворохоочистителя центробежно-решетного ВЦР-50…….. 245

5.2.4 Экспериментальная установка мобильного семяочистительного агрегата……. 248
5.2.5 Экспериментальная установка мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования… 249
5.2.6 Экспериментальная установка мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (1 вариант)……. 251
5.2.7 Экспериментальная установка мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (2 вариант)……. 253
5.3 Приборы и оборудование, применяемые при проведении экспериментальных исследований…… 254
5.4 Методики проведения экспериментальных исследований и обработки опытных данных……. 257
5.4.1 Исследование шага и угла расстановки пластин барабана…… 257
5.4.2 Методика увлажнения и определение влажности…….. 257
5.4.3 Характеристика зернового материала……. 258
5.4.4 Методика проведения опытов центробежно-решетного сепаратора… 259
5.4.4.1 Определение угла между вектором относительной скорости скольжения зерновой смеси в активном слое и горизонтом…… 267
5.4.4.2 Определение относительной просеваемости по высоте цилиндра 268
5.4.5 Методика проведения экспериментов по определению параметров центробежно-воздушного сепаратора……... 270
5.4.6 Методика производственных испытаний экспериментального образца центробежно-решетного сепаратора с подсевным решетом и пластинчатым барабаном…….. 271
5.5 Результаты экспериментальных исследований и их анализ……. 272
5.5.1 Результаты экспериментальных исследований центробежно-решетного сепаратора……. 272
5.5.1.1 Исследование влияния кинематического режима на эффективность очистки зерна……... 272
5.5.1.2 Исследование влияния угла наклона и шага расстановки пластин барабана на эффективность очистки зерна…….. 274
5.5.1.3 Исследование влияния удельной подачи зерновой смеси на полноту выделения мелких примесей…….. 276
5.5.1.4 Исследование влияния исходной засоренности зерновой смеси на показатели процесса сепарации…… 279
5.5.1.5 Исследование влияния влажности исходного материала на процесс сепарации…… 281

5.5.1.6 Исследование влияния диаметра отверстий решета на эффективность очистки и потери зерна в отходы…… 282
5.5.1.7 Исследование влияния толщины активного слоя на эффективность очистки зерна…….. 283
5.5.1.8 Результаты оптимизации процесса сепарации на подсевном цилиндрическом решете с вертикальной осью вращения…….. 284
5.5.1.9 Исследование процесса сепарации на цилиндрическом щелевом решете…….. 289
5.5.1.10 Исследование влияния конструктивных параметров центробежно-воздушного сепаратора на скорость воздушного потока…….. 293
5.5.1.11 Исследование просеваемости на цилиндрическом решете в центробежно-решетном сепараторе в режиме овсюгоотборника……. 298
5.5.2 Результаты производственных испытаний…….. 303
5.5.2.1 Результаты производственных испытаний центробежно-решетного сепаратора с подсевным блоком…… 303
5.5.2.2 Результаты производственных испытаний ворохоочистителя центробежно-решетного ВЦР-50…….. 307
5.5.2.3 Результаты производственных испытаний центробежно-воздушного сепаратора ЦВС-50…… 310
5.5.2.4 Внедрение мобильного семяочистительного агрегата…… 313
5.5.2.5 Внедрение мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования……. 316
5.5.2.6 Внедрение мобильного монтируемого семяочистительного агрегата…… 319
Выводы по главе 5…….. 322
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ…… 324
6.1 Технико-экономическая эффективность мобильных зерноочистительных агрегатов…… 325
Выводы по главе 6……... 328
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…… 329
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……... 336
ПРИЛОЖЕНИЯ…… 379

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Рост урожайности сельскохозяйственных культур и повышение общего валового сбора зерновых, зернобобовых и технических культур совпадает в настоящее время с проблемами в сфере семеноводства, нехватки высокоэффективных сортов и необходимости импортозамещения. На этом фоне послеуборочная обработка зерна и семян находится также в состоянии нестабильности. Многие зерноочистительные и семяочистительные машины, разработанные десятилетия назад морально устарели и не выполняют тот набор функций, которые накладывают на них современные сельхозтоваропроизводители. Резкий рост цен на зарубежные машины для послеуборочной обработки зерна и семян, который кратно уменьшил возможности их приобретения, не позволяет приобретать зарубежные технологии в полном объеме, то есть полноценные семенные линии с полным набором семяочистительных машин и технологического оборудования.

В связи с этим стоит важнейшая задача по разработке собственных отечественных решений с высокоэффективными машинами и разработке технологий на их основе.

Укрупнение сельскохозяйственных предприятий и образование большого количества агрохолдингов приводят к высокой нагрузке на семяочистительные линии, в которых обрабатываются как зерновые и зернобобовые, так и технические культуры, причем одна культура может быть представлена десятком сортов, что приводит к значительным временным затратам при переходе на новый сорт (культуру). С другой стороны, для малых форм хозяйствования (КФХ) сохраняется барьер высокой капиталоемкости классических стационарных линий. Стратегическим решением данной народнохозяйственной проблемы является переход к мобильным технологиям очистки зерна и семян. Однако, несмотря на их практическую востребованность, теоретические основы и методология проектирования адаптивных мобильных систем, обеспечивающих стабильность технологического процесса в условиях многофакторной неопределенности, до настоящего времени изучены недостаточно.

Работа направлена на научно-технологическое обеспечение полной потребности хозяйств Сибирского федерального округа в семенном зерне, отвечающем нормативным требованиям по чистоте и всхожести. Это напрямую соответствует целям Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы и формирует фундамент продовольственной безопасности Российской Федерации.

Связь темы исследований с государственными программами и НИР. Исследования выполнялись в соответствии с основополагающими документами:

- «Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы» (утверждена постановлением Правительства РФ 25 августа 2017 г. № 996);

- «Стратегией развития машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 годы» (утверждена постановлением Правительства РФ 30 августа 2019 года № 1931-р);

- Тематическому плану НИОКР ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» «Разработка энергосберегающих технологий и технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур и послеуборочной обработки зерна»;

- Тематическому плану НИОКР ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» «Совершенствование машин для посева, уборки и послеуборочной обработки зерновых культур».

Степень разработанности темы.

Большой вклад в исследования методов построения зерноочистительных линий внесли Азаров В.М., Бутовченко А.В., Галкин В.Д., Дринча В.М., Елизаров В.П., Ермольев Ю.И., Иванов Н.М., Леженкин А.Н., Лопан А.А., Московский М.Н., Оробинский В.И., Стрикунов Н.И, Тарасенко А.П. Чеботарев В.П. и многие другие.

Однако при всей значимости выполненных исследований некоторые аспекты данной проблемы недостаточно изучены. В частности, не рассмотрено обоснование структуры и состава технологических линий при комплексном использовании критериев эффективности, надежности и сложности системы.

Объект исследований: процесс очистки зерна в мобильном зерноочистительном агрегате, построенном на принципах структурно-параметрического синтеза.

Предмет исследований: закономерности технологических процессов, технологические схемы, параметры мобильной технологии очистки зерна, параметры центробежно-решетного сепаратора.

Новизна технических решений подтверждается патентами Российской Федерации на изобретения: 1. Центробежно-решетный сепаратор № 2300426. 2. Центробежно-решетный сепаратор № 2300426. 3. Центробежно-воздушный сепаратор № 2675607. 4. Мобильный зерноочистительный агрегат №2749395. 5. Центробежно-решетный сепаратор № 2753865. 6. Мобильный зерноочистительный агрегат № 2759788. 7. Способ послеуборочной обработки зерна № 2777102. 8. Цилиндрическое щелевое решето № 2804079. 9. Подсевной блок центробежно-решетного сепаратора № 2819285. 10. Центробежно-воздушный сепаратор № 2846686. 11. Мобильный зерно-семяочистительный агрегат № 2854683. 12. Зерно-семяочистительный мобильный агрегат № 2861525 (Приложения А.1-А.12).

Теоретическая и практическая значимость. Впервые в рамках единого методологического подхода систематизированы мобильные технологии и технические средства, что позволяет формализовать процесс выбора структурных схем агрегатов в зависимости от производственных задач. Технологические схемы мобильных зерно-семяочистительных агрегатов и их компоновочные решения, позволяющие осуществлять очистку зерна и семян в различных хозяйствах. Технические решения: воздушных сепараторов с кольцевым аспирационным каналом, центробежно-решетного блока зерноочистительного сепаратора с вертикальной осью вращения, позволяющие усовершенствовать мобильные и стационарные линии послеуборочной очистки зерна, снизить энергоемкость процесса очистки; практические рекомендации по выбору режимов работы центробежно-решетного ворохоочистителя.

Методология и методы исследований. В качестве методов исследований использовались структурный синтез, системный анализ, математическая статистика и сравнительный эксперимент. При выполнении работы использованы стандартные и частные методики с применением физического и математического моделирования, современных поверенных приборов и ЭВМ. Обработка результатов экспериментов осуществлялась методами математической статистики.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов исследований подтверждается: достаточным объемом воспроизводимых экспериментальных исследований, их сопоставимостью с результатами теоретического анализа процессов; использованием в исследованиях современных приборов и оборудования; апробацией и внедрением разработок.

Положения, выносимые на защиту:

- структура и состав мобильного зерноочистительного агрегата с использованием созданных технических средств, методика расчета основных параметров;

- математическая модель мобильной технологии послеуборочной очистки зерна и семян;

- механико-математическая модель процесса движения зерновой смеси по сепарирующей поверхности цилиндрического решета с пластинчатым барабаном центробежно-решетного сепаратора;

- вероятностная математическая модель двухступенчатого процесса сепарации на подсевном решете с пластинчатым барабаном центробежно-решетного сепаратора;

- результаты экспериментальных исследований разработанных технических средств, входящих в мобильную зерноочистительную технологию и ее технико-экономические показатели.

Реализация результатов исследований.

Результаты исследований для разработки конструкторской документации переданы в ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН (г. Барнаул), ООО ГСКБ «Зерноочистка» (г. Воронеж), ООО «Алтай-Зерноочистка» (г. Барнаул), ООО «ЦСТ-22» (г.

Барнаул), ООО «Чуклин инжиниринг» (г. Барнаул), ООО «Мобильные зерноочистительные технологии» (г. Барнаул), ООО «Алтайская СПМК СЭММ» (г. Барнаул), ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт» (г. Барнаул). Технологические и технические решения в линиях послеуборочной обработки зерна и семян, в которых частично использованы наши предложения, внедрены на предприятиях: ООО «Лео» Калманского района; ООО «Русь» Калманского района; ОАО «Кипринское» Шелаболихинского района; ЗАО «Колыванское» Павловского района; ОАО «Агрофирма «Лебяжье»; ОАО «Победа» Шелаболихинского района; ООО «Русское поле» Новичихинского района; ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района; ЗАО «Кулундинское» Кулундинского района; ИП – глава КФХ «Золотая осень» Рябцев Иван Иванович Алейского района; ООО « КХ Апасова Н.И.» Усть-Пристанского района; СПК «Дружба» Алейского района и многих других (Приложения Б.1-Б.38).

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и одобрены на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях: «Аграрная наука — сельскому хозяйству» (АГАУ, Барнаул, ежегодно 2006–2024 гг.); «Современное состояние, проблемы и перспективы развития АПК» (Сыктывкар, 2021 г.); «Научно-техническое обеспечение АПК Сибири» (СФНЦА РАН, Новосибирск, 2021 г.); юбилейная конференция к 65-летию СибИМЭ (Краснообск, 2024 г.); I и II Международные конференции «Инженерное обеспечение сельского хозяйства» (Барнаул, 2024–2025 гг.). «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы» (РИИ, Рубцовск, 2017 г.); «Наука и молодежь» (АлтГТУ, Барнаул, 2021 г.). Межрегиональный агропромышленный форум «День Сибирского поля» (Сибирский агропарк, 2018, 2019 гг.). Городские конференции молодых ученых «Молодежь — Барнаулу» (2017 г.) (Приложения Б.39-Б.49).

Участие в научно-технических конкурсах.

1. Медаль и диплом III степени крупнейшей агропромышленной выставки Сибири «Алтайская Нива 2007» в номинации «Техника, оборудование и технологии в растениеводстве» за разработку и внедрение новых технологий

послеуборочной обработки зерна и семян на основе перспективных машин ГСКБ «Зерноочистка» (Приложение Б.50).

2. Лауреат XVIII ежегодной премии Алтайского края в области науки и техники (2017 год) за работу: «Разработка, проектирование и внедрение современных зерноочистительно-сушильных комплексов и семяочистительных линий» (Приложение Б.51).

3. Диплом II степени V Всероссийского конкурса изданий учреждений (структурных подразделений вузов) ДПО, подведомственных Минсельхозу России, «Новые знания – практикам» в номинации Лучшее производственно-практическое издание по агрономии» за издание Леканов С.В., Стрикунов Н.И. «Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян». г. Барнаул. 15.07.2020 г. (Приложение Б.52).

4. Диплом и бронзовая медаль XXIII Российской агропромышленной выставки «Золотая осень 2021» на конкурсе «Создание и производство высокоэффективной сельскохозяйственной техники и внедрение прогрессивных ресурсосберегающих технологий» за разработку технологии, обеспечивающей эффективную очистку зерна и технические средства для ее реализации на основе мобильных и стационарных технологий (Приложение Б.53).

5. Диплом I степени VI Всероссийского конкурса изданий учреждений (структурных подразделений вузов) ДПО, подведомственных Минсельхозу России, «Новые знания – практикам» в номинации Лучшее издание по техническим наукам» за издание Леканов С.В., Стрикунов Н.И., Чуклин Н.М., Микитюк М.Е. «Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян». Самопередвижные зерноочистительные машины. г. Барнаул 28.06.2022 г (Приложение Б.54).

Результаты научной работы используются в учебном процессе Алтайского ГАУ, Алтайского ГТУ им. Ползунова И.И., АИПКРС АПК (Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса), Университета биотехнологий (г. Новосибирск) (Приложения Б.55-Б.58).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 95 научных работ, в том числе 58 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 12 в описаниях к патентам, 2 монографиях.

Объем и структура диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, приложений, изложена на 473 страницах машинописного текста, включая библиографию из 334 наименований, 217 рисунков, 20 таблиц и приложений.

Автор выражает искреннюю благодарность при выполнении диссертации кандидату технических наук, доценту Стрикунову Николаю Ивановичу, принимавшим участие в работе на разных этапах при решении отдельных задач, а также научному консультанту доктору технических наук, доценту Сороченко Сергею Федоровичу.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ

1.1. Анализ мирового рынка оборудования для очистки зерна и семян

Рынок оборудования для переработки зерна (зерновые мельницы, зерносушилки, зерноочистительные машины, семяочистительные машины, системы хранения зерна) в 2022 году оценивался в 3,93 млрд. долл. США. Согласно прогнозам, отрасль рынка оборудования для переработки зерна вырастет с 4,01 (млрд. долл. США) в 2023 году до 4,8 (млрд. долл. США) к 2032 году. В течение прогнозируемого периода (2024-2025 г.) ожидается, что среднегодовой темп роста (CAGR) рынка оборудования для переработки зерна составит около 2,02%. На рисунке 1.1 представлен объем рынка по основным видам оборудования для послеуборочной обработки зерна, на рисунке 1.2 доля мирового рынка оборудования для очистки семян зерновых по типу к 2032 г. (прогноз) [309].

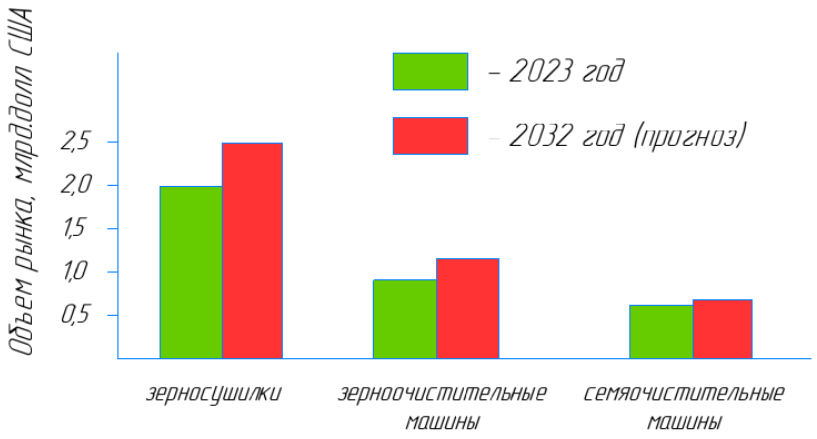


Рисунок 1.1 - Объем рынка оборудования для послеуборочной обработки зерна

На долю Китая в 2024 году приходилось 11,8% мирового рынка сортировочных машин. В Азиатско-Тихоокеанском регионе Индия является самым быстрорастущим региональным рынком и, по прогнозам, достигнет 411,0 млн долларов США к 2030 г [309].

Мобильные зерноочистительные технологии к 2031 году будут составлять 37%, а стационарные технологии 63% [309].

Для обработки зерна рынок оборудования сегментирован по производительности на мелкосерийное (до 10 тонн в час), среднесерийное (10-50 тонн в час) и крупносерийное (более 50 тонн в час). Сегмент крупносерийного оборудования будет доминировать на рынке в 2023 году с долей более 45% [69, 312].

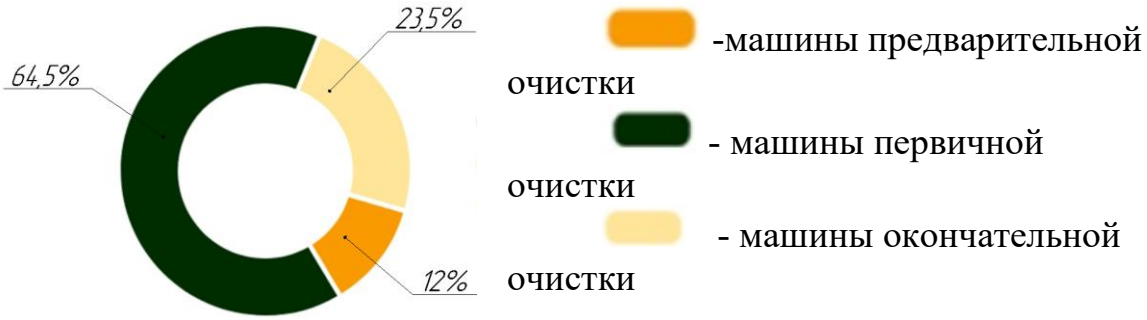


Рисунок 1.2 - Доля мирового рынка оборудования для очистки семян зерновых по типу машин к 2032 г. (прогноз)

В 2022 году объем мирового рынка зерносушилок составил около 1400 млн. долларов США. Ожидается, что к 2030 году он вырастет примерно до 1900 млн. долларов США, а среднегодовой темп прироста (CAGR) составит около 4,5% в период с 2023 по 2030 год [312].

В настоящее время наблюдается рост объема мирового рынка мобильных зерносушилок. В 2023 году он составил 0,15 млрд долларов США, а к 2032 году, по прогнозам, объем рынка достигнет 0,22 млрд. долларов США при среднегодовом темпе роста 4,2% в среднесрочный прогнозируемый период [309].

Благодаря принятым Правительством РФ мерам по субсидированию этой отрасли, происходит процесс возрождения селекционных центров по созданию и выращиванию семенного материала. Незаконно введенные странами Запада санкции дали мощный стимул отечественным заводам для производства и разработки инновационного оборудования, которое обеспечит в будущем качественную подготовку отечественного семенного материала.

Проводя анализ импорта основных стран-импортёров зерноочистительного оборудования за последние четыре года в весовом эквиваленте, можно заметить увеличение объёма поставляемого оборудования с 1156 тонн в 2015 г. до 3919 тонн в 2017 г. (или в стоимостном выражении с 11,8 до 20,5 млн. долларов США). Растет потребность в зерно -семенных комплексах по подготовке семян, которые включают в себя зерноочистительные и калибровочные машины [69].

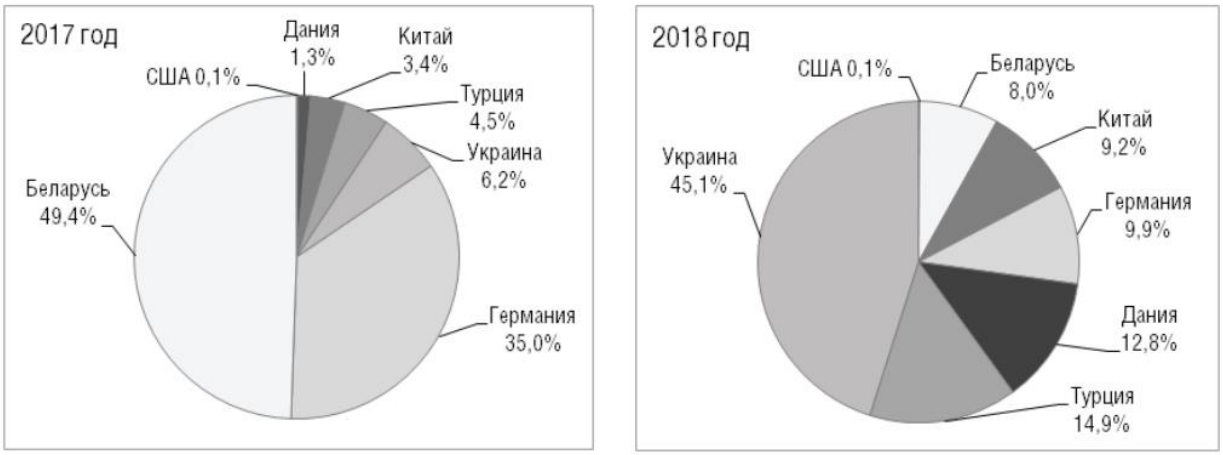


Рисунок 1.3 - Основные страны-контрагенты РФ при поставках зерноочистительного оборудования в 2017–2018 гг.

На сегодняшний день Китай является основным экспортером фотосепараторов. Доля китайского оборудования в общем импорте также выросла на 5,8%.

Приводим таблицу производства зерноочистительных машин в Российской Федерации (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Объем производства зерноочистительных машин в Российской Федерации

Вид техники	2019 г.	2020 г.	2020 г. к 2019 г., %
Зерноочистительные машины, шт.	1340	1631	+21,7

Источник: Ассоциация «Росспецмаш».

Производство сельскохозяйственных машин, в том числе и зерноочистительных, в ближайшие несколько лет будет определяться двумя распоряжениями Правительства РФ: первое - «О стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения РФ на период до 2030 г. (от 07.07.2017 г

№1455-р» и второе – «Стратегия развития экспорта в отрасли сельскохозяйственного машиностроения на период до 2025 года (утверждена распоряжением Правительства РФ 31.08.2017 г. №1876-р)».

Отечественной промышленности по производству машин и технологического оборудования, согласно документам, предстоит выпускать их с требованиями международных стандартов.

По самому оптимистическому сценарию, показатели объема экспорта машин для послеуборочной обработки зерна (таблица 1.2) должны вырасти по объему продаж этой техники почти в 10 раз в ближайшие семь лет.

Отечественные объемы производства и продажи зерноочистительной техники несравнимы с ведущими странами-производителями, на сегодняшний день мы имеем явное отставание.

Таблица 1.2 – Варианты сценариев развития экспорта машин для послеуборочной обработки зерна в России

№ п-п	Вариант сценария	Ед. изм.	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Базовый сценарий	шт.	133	257	377	477	534	592	647	687
2	Оптимистичный сценарий	шт.	137	280	469	670	852	1022	1192	1362
3	Пессимистичный сценарий	шт.	100	193	283	358	400	444	485	515

Распоряжением Правительства РФ 31.08.2017г. №1876-р утверждена стратегия развития экспорта в отрасли сельскохозяйственного машиностроения на период до 2025 года.

Согласно таблице, опубликованной на сайте источника, за 10 месяцев 2024 года было реализовано: в январе-октябре 2024 года зерноочистительные машины - 841 шт. (динамика год к году — минус 20,2 %) (источник Ассоциация «Росспецмаш»).

Объем производства машин для послеуборочной обработки зерна в России в 2016 году достиг 60 млн. долларов США, что составило 1,2% мирового рынка [69].

Продукция предприятий Российской Федерации имеет ряд конкурентных преимуществ, к которым относятся более низкая цена, разнообразие по

производительности, экономичность, точность и надежность. Существенно выросло количество экспортных рынков за последние 5 лет составило 20. Доля экспорта в производстве зерноочистительных машин в 2016 году достигла 6,8%.

Ожидается, что к 2025 году мировой рынок машин для послеуборочной обработки зерна достигнет уровня 8,0 млрд. долларов США. Российские производители данного вида сельскохозяйственной техники могут наращивать экспортные поставки за счет растущих рынков. Следовательно, машины для послеуборочной обработки зерна российского производства обладают возможностями экспортных поставок. Предприятия, имеющие компетенции по производству данных машин, позволяют совершенствовать их конструкцию в соответствии с мировыми тенденциями. Практика показывает, что существующие производственные мощности позволяют увеличить, объем выпуска на 60 млн. долларов США, то есть в два раза по сравнению с 2016 годом [69].

На рисунке 1.4 представлена оценка рынка обработки семян по регионам.

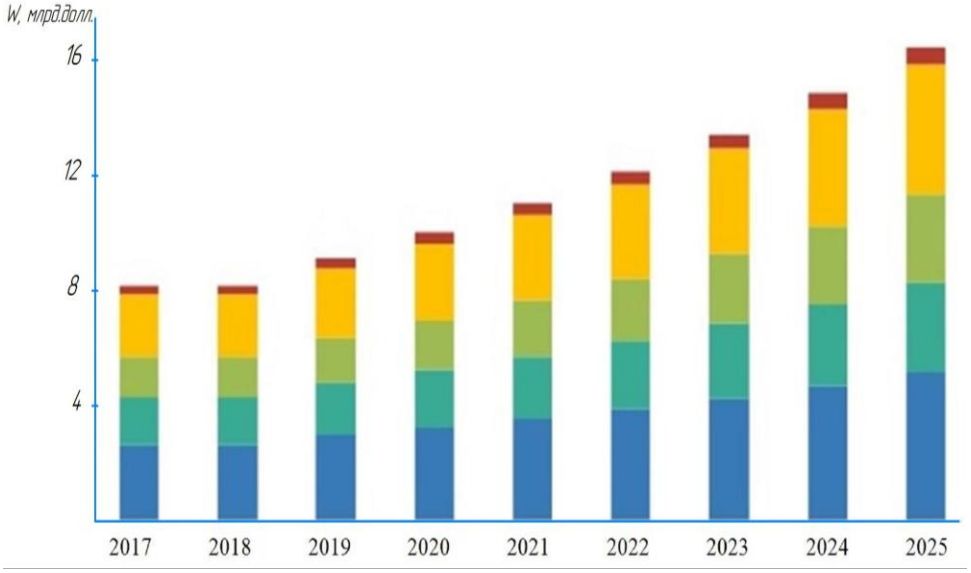


Рисунок 1.4 - Оценка рынка обработки семян по регионам, млрд. дол. США

Проанализировано более 400 зарубежных фирм, производящих зерноочистительные машины, в том числе мировые лидеры по производству зерноочистительных машин, такие как «Petkus» (Германия), «Cimbria» (Дания), «Bühler» (Швейцария), «Alvan Blanch» (Англия), «Carter Day» (США), «Damas» (Дания), «Denis» (Франция), «Hannaford» (Австралия), «Shijiazhuang Sanli Grain Sorting Machinery Co Ltd» (Китай), «Zanin» (Италия), «Akyurek Technology» (Турция), «Agrosaw» (Индия), «Семплавакс» (Болгария), «BLOMAR» (Аргентина), «Manufacturera Froes» (Мексика), «Flaman Group of Companies» (Канада), «Satake Corporation» (Япония), «Hebei Maoheng Machinery» (Китай) и др.

В Российской Федерации зерноочистительная техника производится фирмами: «Воронежсельмаш», «Воронежский завод сельхозмашин», «Romax», «Воронежская Агротехника», «ВоронежАгроТехСервис», «Осколсельмаш», «ПКБ НИИСХ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», «Техника-Сервис», «Кузембетьевский РМЗ», «Ассоциация «Элитные семена Татарстана», «Завод Волгоград-Агромаш», «Алмазсельмаш», «Кумир», «АгроТрейд», «Виктория», «ГрейнКёрнел», «Мельинвест», НПФ «Агромаш», «Сатурн-Агро», «Интех» и др.

Проведенный нами международный анализ технологий послеуборочной обработки зерна позволил определить основные фирмы (более 200), производящие мобильные зерноочистительные агрегаты (Австралия, Аргентина, Белоруссия, Бельгия, Болгария, Великобритания, Германия, Дания, Зимбабве, Индия, Ирландия, Испания, Италия, Канада, Казахстан, Китай, Мексика, Новая Зеландия, Польша, Россия, Румыния, Сирия, США, Турция, Украина, Финляндия, Франция, Чехия, ЮАР), на рисунке 1.5 представлено количество производителей мобильных зерноочистительных агрегатов основных стран-производителей. Список фирм-производителей с указанием страны-производителя представлен в приложении В1.

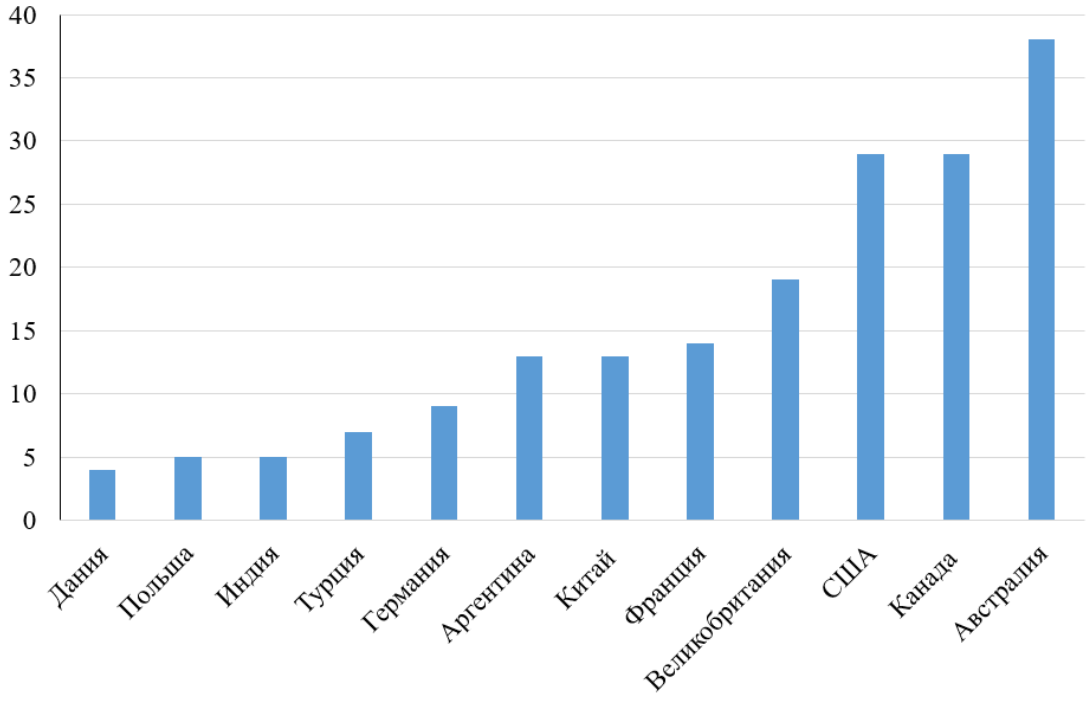


Рисунок 1.5 - Количество производителей мобильных зерноочистительных агрегатов

В настоящее время у нас в стране направление разработки и выпуска мобильных зерноочистительных агрегатов находится в стадии становления. В то же время в Республике Беларусь и на Украине появились уже серийные зерноочистительные агрегаты: мобильная зерноочистительная линия МЗЛ-25/5 «Lileya» фирмы «Амкодор-Агро» и мобильный зерно очищающий завод фирмы «Фадеев Агро» соответственно [112, 131, 297].

На сегодняшний день сельскохозяйственное производство в России становится локомотивом экономического развития. Однако, ввиду многих обстоятельств, агропромышленное хозяйство имеет риски стать убыточным, если в нужное время не сформировать технологии переработки и обеспечения сохранности выращенной продукции.

1.2 Состояние технологий и техники для послеуборочной обработки зерна

Важнейшим фактором интенсификации процесса очистки зерна является увеличение удельных показателей производительности и эффективности, при

уменьшении энергоемкости машин. Наиболее эффективными с этой точки зрения являются центробежно-решетные сепараторы с вертикальной осью вращения.

Исследованиям в области центробежной решетной очистки зерна посвящены работы авторов Н.Е. Авдеева, В.Л. Андреева, М.В. Бакума, А.В. Барилла, А.И. Бочкарева, В.В. Бредихина, М.И. Васильковского, В.Д. Галкина; Е.С. Гончарова, В.М. Дринча, А.Н. Журавлева, А.П. Завьялова, П.М. Заики, И.К. Зинь, П.Г. Зуева, Н.М. Иванова, Р.А. Кима, Б.И. Котова, В.А. Крума, Е.И. Кучера, Я.И. Лейкина, А.В. Линенко, П.Г. Лузана, Д.И. Мазоренко, С.И. Малюты, О.В. Мандрика, Б.Н. Мельникова, М.Е. Микитюка, В.Н. Минаева, А.А. Несикова, В.Н. Нилова, В.П. Ольшанського, В.И. Оробинского, И.П. Паламарчука, В.А. Патрина, М.В. Пивень, Н.И. Полуэктова; Прилуцкого А.Н., М.Я. Резниченко, В.А. Семенова, А.П. Слепова, С.Ф. Сороченко, Л.М. Спичкина, Г.Г. Странадко, Н.И. Стрикунова, А.А. Сухопарова, Б.Т. Тарасова, Л.Н. Тищенко, В.Р. Торопова, М.А. Тулькибаева, Н.Н. Ульриха, А.Н. Ульянова, Н.А. Урханова, Б.Р. Халилова, С.А. Харченко, С.О. Харченко, Хижникова А.А., А.Н. Холодилина, В.О. Швидя, В.В. Шилина, А.Г. Шулякова, Щербакова С.С., Ф.Н. Эрка, Якимова А. В., Яковлева В.Т., С.С. Ямпилова, Абдуєва Ф.М., О.І. Завгородного, Д.А. Дерев'янко, Akira AKASE, Ingmar Andren, Ole Ewald, Toshihiko Satake, Sven Jorden Rasmussen и многих других. [2, 3, 4, 8, 9, 11, 12,13, 19, 275, 26, 29, 30, 33, 52, 58, 59, 67, 68, 70, 72, 282, 115, 284, 116, 118, 285, 120, 127, 128, 136, 137, 155, 156, 157, 288, 290, 292, 159, 161, 293, 165, 166, 169, 222, 228, 233, 234, 236, 241, 242, 247, 248, 251, 260, 261, 265, 268, 269, 270, 272, 273, 274, 276, 277, 278, 280, 282, 286, 289, 291, 294, 295, 296, 298, 299, 300, 301, 332, 326, 328].

Анализ значительного количества работ отечественных и зарубежных авторов позволил систематизировать и классифицировать основные процессы и технические средства для их осуществления в центробежно-решетных сепараторах. На основе данного анализа были разработаны классификации: способов предварительной подготовки зернового материала центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения [86]; центробежных сепараторов [243]; аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с

вертикальной осью вращения [160, 172]; способов применения центробежно-воздушного сепаратора [106]; решет центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения [79]; компоновка решет центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения [47] (Приложения В7-В12).

1.3 Состояние научных исследований по обоснованию параметров технологических систем послеуборочной обработки зерна

На основе системного анализа основных этапов технологии послеуборочной очистки зерна и семян выполнен структурный анализ их элементов, по результатам которого разработан комплекс классификаций: технологий послеуборочной обработки зерна и семян; компоновочных решений семяочистительных линий [213]; решет зерноочистительных машин [185], их отверстий [84] и способов очистки решетных поверхностей [85] (Приложения В2–В6).

Разработкой методов математического моделирования для решения задач оптимальной очистки зерна в технологических линиях зерноочистительных агрегатов, зерноочистительно-сушильных комплексов и семяочистительных линиях посвящены работы Абидуева А.А., Азарова В.М., Андреева В.Л., Баскакова И.В., Бодртдинова А.З., Бойко А.А., Буркова А.И., Буркова А.И., Бутовченко А.В., Ветрова В.А., Галкина В.Д., Гиевского А.М., Гортинского В.В., Дринча В.М., Елизарова В.П., Ермольева Ю.И., Зимина Е.М., Зюлина А.Н, Иванова Н.М., Керимова М.А., Леженкина А.Н., Летошнева М.Н., Манасян М. С., Михайлова Е.В., Михайловского Е.И., Могильницкого В.М., Морозова В.В., Московского М.Н., Мударисова С.Г., Оробинского В.И., Папина Б.Д., Перекопского А.Н., Сабиева У.К., Саитова В.Е., Степаненко С.П., Стружкина Н.И., Стрикунова Н.И., Сычугова Н.П., Сычугова Ю.В., Тарасенко А.П., Торопова В.Р., Фадеева Л.В., Ханхасаева Г.Ф., Хилько В.И., Чеботарева В.П., Шафоростова В.Д., Шелкова М.В., Шепелева С.Д., Шмидт А.В., Эрдынеевой Е. Ц. Д., Ямпилова С.С., Днесь В.І., Кудринецького Р.Б., Котова Б.І., Скібчика В.І., Степаненко С.П., Швидя В.О., Goto K., Bill Gregg, Gary Billups и других [1, 7, 8, 14, 18, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 31, 34, 50, 51, 54, 55, 56, 56, 57, 62, 63, 64, 70, 71, 74, 75, 114, 117, 119, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 139, 140, 141, 142, 158, 162, 163, 164, 170, 221, 168, 53, 223, 224, 225, 227, 232, 235, 237, 238,

239, 297, 244, 245, 246, 250, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 262, 267, 270, 271, 281, 282, 283, 287, 310, 304].

Применение современных технологий очистки семян требует научного обоснования не только используемых операций, но и технологической компоновки всего без исключения оборудования и машин в этих технологиях.

На основе длительного практического опыта разработки и внедрения научно обоснованных технологических линий послеуборочной обработки зерна и семян предлагаем классификацию основных элементов и применяемые компоновочные решения семяочистительных линий (рисунок 1.6) [15, 82, 83, 99, 100, 102, 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 124, 171, 173, 174, 175, 177, 179, 186, 189, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218].

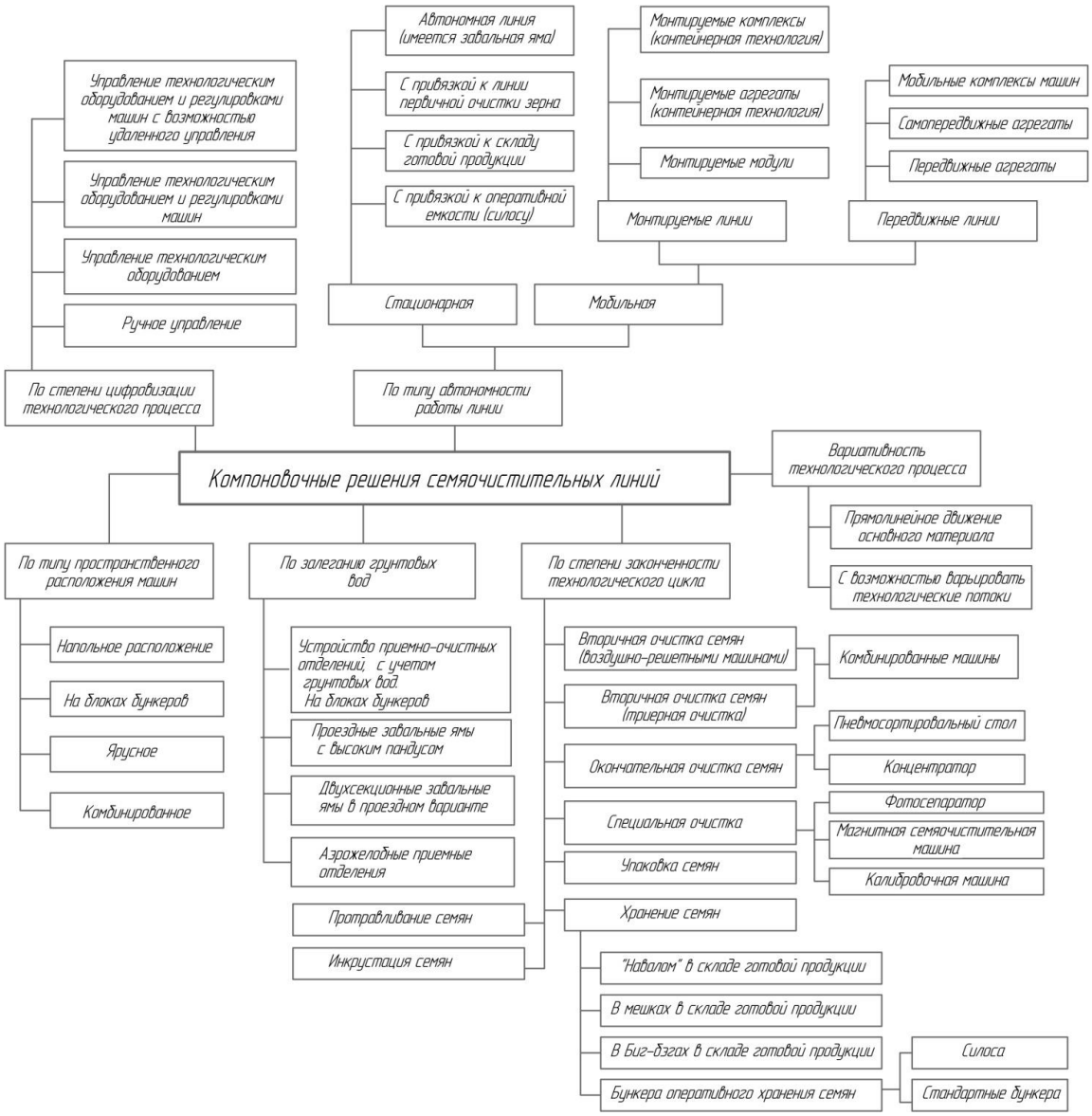


Рисунок 1.6 - Классификация компоновочных решений семяочистительных линий

Исследования в области послеуборочной обработки семян показали, что для внедрения в производство технически более оснащенных технологических линий потребуется значительно больше времени, чем традиционных технологий.

Широкому применению семяочистительных линий при очистке семян могут способствовать следующие факторы: соблюдение норм по охране окружающей среды и производственной безопасности; применение современных технологий послеуборочной обработки и хранения семян; ужесточение требований качества получаемых семян; возможность существенного снижения энерго-ресурсопотребления [6, 10, 279].

Современные технологии производства семян способны обеспечить выполнение указанных требований. Поэтому решение проблемы дальнейшего развития современных технологий послеуборочной обработки семян, без учета этих требований в пределах каждого сельскохозяйственного предприятия, не могут стать жизнеспособными.

1.4 Структурный анализ и классификации мобильных технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна

Мобильные зерноочистительные технологии нашли свое отражение в работах авторов Ульриха Н.Н., Аглиша Г.М., Мокшина П.Н., Демидова А.Р., Малис А.С., Фадеева Л.В., Alf Hannaford, Lee Hart, Neville J. Greenbank, , Joseph Harvey Gjesdal, Robert H. McLeod, Lavern Affleck, Sheldon Affleck и многих других [240, 5, 73, 132, 49, 297, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 3010, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 327, 329, 330, 331, 332, 333, 334].

В нашей стране основу мобильных технологий послеуборочной очистки зерна составляют самопередвижные зерноочистительные машины и их анализ позволил нам разработать классификацию существующих и проектируемых самопередвижных зерноочистительных машин (рисунок 1.7) [80, 88].

Из предложенной классификации видно, что в ней отсутствуют самопередвижные машины, способные разделять зерновой материал по удельному

весу. В ближайшие годы трудно ожидать самопередвижной вариант пневмосортировального стола, в силу специфики его рабочего процесса. Следует заметить, что все самопередвижные машины имеют достаточно сложное конструктивное исполнение [66, 80, 93, 259].

Наиболее простым рабочим органом для выделения крупных примесей является цилиндрическое решето с горизонтальной осью вращения. Использование плоских решет для выделения мелких примесей приводит к увеличению габаритов машины и увеличению энергоемкости. Очистка цилиндрических решет гораздо эффективнее, чем плоских (очистка шариками недостаточна эффективна, очистка щетками ведет к усложнению машины и увеличению энергоемкости). Очистка зерна от трудноотделимых примесей по длине возможна на триерных блоках кукольных и овсюжных, установленных последовательно соосно.

Комплектование самопередвижных воздушно-решетных семяочистительных машин триерными цилиндрами позволяет выделять длинные и короткие примеси. К этому классу относится комбинированная машина МС-4,5, недостатком которой является низкая производительность.

Новые конструктивные элементы имеются на следующих самопередвижных машинах:

- установка мотор-редукторов на привод шнековых питателей и пневмоцилиндров для их поднятия (СВС-40 «Воронежсельмаш» (Россия));

- установка загрузочной нории (АЗП-50 ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (Украина) и ОЗФ-25С «Осколсельмаш» (Россия));

- установка направляющих для распределения зерна по ширине (ОВМ-50 «Агрос» (Украина));

- использование просеивающих поверхностей с высоким «живым» сечением (СОМ-30М «Завод Мороза» (Украина), МЗПИ–10 «Дельта» производства «Кировоградского национального технического университета» (Украина) и ОВМ-50 «Агрос» (Украина));

- использование вибратора для привода решет (СОМ-30М «Завод Мороза» (Украина));

- установка дифференциала для улучшения маневрирования машины (XYL040 фирмы «Hengshui Xinyuanlong Grain Machinery Co., Ltd» (Китай) и ОВС-80М «Воронежсельмаш» (Россия));

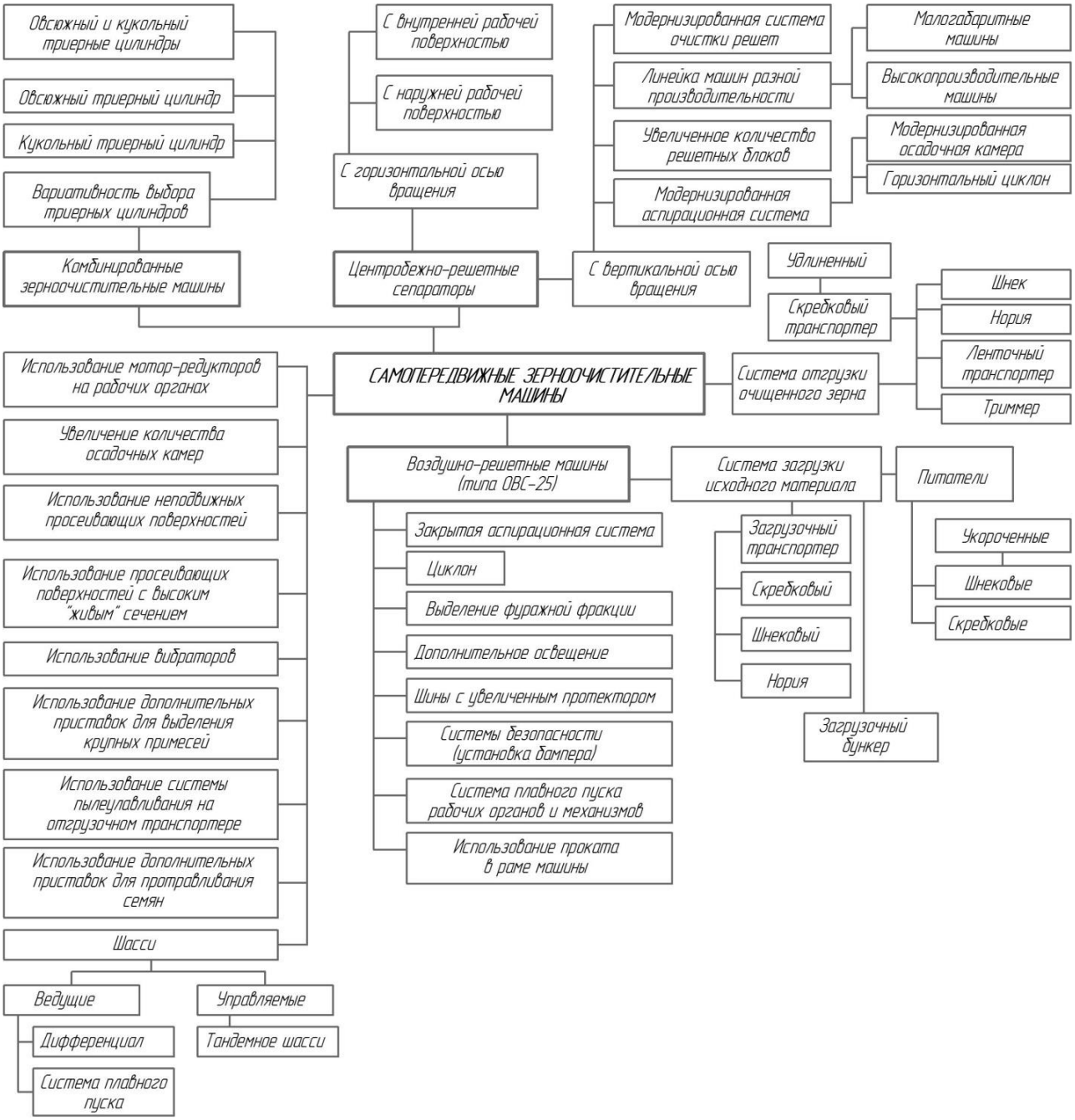


Рисунок 1.7 - Классификация самопередвижных зерноочистительных машин

- установка укороченных шнековых питателей для подачи зерна в загрузочную норию (АЗП-50 ННЦ «Институт механизации и электрификации

сельского хозяйства» (Украина) и XYL040 фирмы «Hengshui Xinyuanlong Grain Machinery Co., Ltd» ((Китай));

- использование дополнительных приставок для выделения крупных примесей (например, СОК-30 фирмы «Харьковский завод зерноочистительного оборудования» (Украина));

- использование дополнительных приставок для протравливания семян (СОК-30 фирмы «Харьковский завод зерноочистительного оборудования» (Украина).

Для безрешетных машин типа МПО, на базе которой создано большое количество машин, стоит выделить несколько модификаций:

- установка системы пылеулавливания на отгрузочный транспортер (ЗСК-70 и МЗК-70 «ВоронежАгроТехСервис» (Россия));

- увеличение количества осадочных камер (ПЗК-30У «Мамонт», ПЗК-60У «Мамонт», ПЗК-100У «Мамонт» «Воронежский завод сельхозмашин» (Россия)).

Производители самопередвижных пневмосепараторов в последнее время вынуждены разрабатывать дополнительные приставки (скальператоры) для выделения крупных примесей. По этому пути пошли «Кузембетьевский РМЗ» и «Харьковский завод зерноочистительного оборудования». Для привода сетчатых скальператоров применяют мотор-редукторы с частотными преобразователями.

Проведенный исторический анализ мобильной техники и технологий как в нашей стране, так и за рубежом показывает значительный опыт их применения [65].

Наиболее ярким опытом применения мобильных зерноочистительных технологий является разработка ВИМа совместно с заводом «Красная звезда» (г. Кировоград) мощной передвижной зерноочистительной машины «Союзнаркомзем» (рисунок 1.8), позволившая в 20 раз снизить трудозатраты по сравнению с применением веялок-сортировок [65]. Зерноочистительная машина впервые была изготовлена в 1932 году. Производительность машины составляла на очистке семенного материала на пшенице и ржи 6-8 т/ч, на овсе и ячмене 3-4 т/ч, а на очистке товарного зерна 10 т/ч и 5 т/ч соответственно. Для транспортировки очищенного зерна использовался пневматический транспортер, рассчитанный на

транспортировку массы зерна на расстояние до 30 м в горизонтальной плоскости (либо до 25 м в вертикальной плоскости). Масса машины составляла 7000 кг, а установленная мощность 5-6 л.с. (3,68-4,41 кВт) без пневматического транспортера (с пневматическим транспортером мощность составляла 12-15 л.с. (8,83-11,03 кВт)).

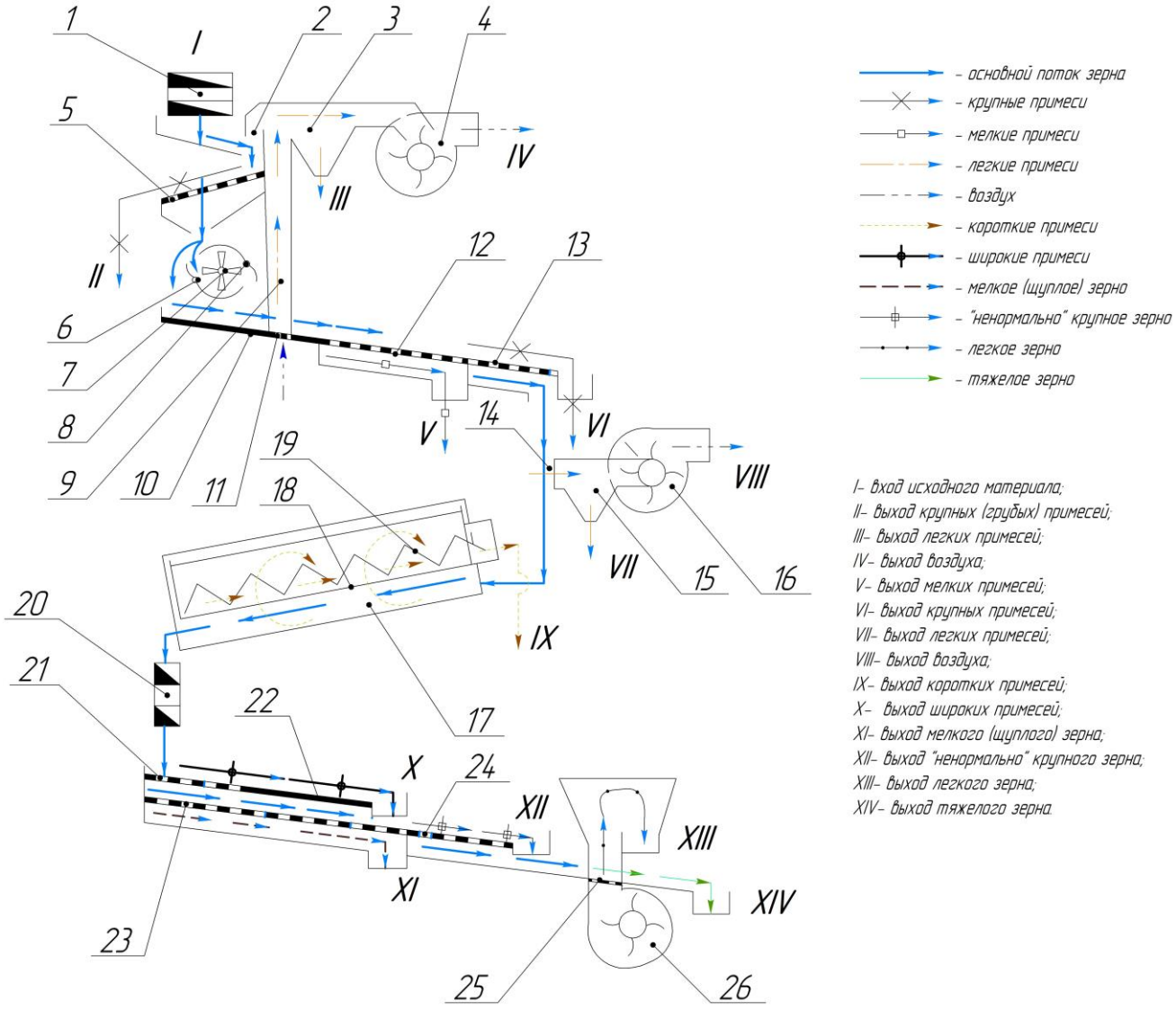


Рисунок 1.8- Технологическая схема работы передвижной зерноочистительной машины «Союзнаркомзем»

1- загрузочная нория; 2- первый аспирационный канал; 3- осадочная камера; 4- вентилятор; 5- колосовое решето; 6,8- клапан; 7- шасталка; 9-второй аспирационный канал; 10- скатная доска; 11- сетка; 12- подсевное решето; 13- зерновое решето; 14- третий аспирационный канал; 15- осадочная камера; 16- вентилятор; 17- кукольный триерный цилиндр; 18- желоб триерного цилиндра; 19- шнек триерного цилиндра; 20- нория наклонная; 21- решето с круглыми отверстиями для выделения «широких» примесей; 22- скатная доска; 23- первое

сортировальное решето; 24- второе сортировальное решето; 25- сетка; 26- четвертый аспирационный канал; 27- вентилятор; 28- осадочная камера.

Зерноочистительная машина «Союзнаркомзем» для своего времени отличалась значительной сложностью, что отражено в руководстве по эксплуатации этой машины: «…Конструкторам новой машины приходилось выслушивать упреки в том, что машина сложна, что на местах нет подготовленных кадров для правильного ее использования, что лучше было бы несколько поступиться качеством работы и сделать машину попроще и т. д. Мы не считаем такую точку зрения правильной. Бояться сложной машины нечего, если сложность эта обусловливает высокое качество выпускаемого машиной продукта и экономически себя оправдывает. Что же касается отсутствия квалифицированных кадров для управления машиной, то из этого не следует еще, что, равняясь здесь на узкое место, нужно новые машины социалистического земледелия приспособлять к дедовскому уровню техники дореволюционной деревни…. В Советском союзе машины создаются для того, чтобы освободить человека от тяжелого физического труда, и диалектика развития заключается здесь в том, что создаваемые человеком машины переделывают затем и человека. Сама машина учит, как с ней работать.» [65].

Для работы на сложных передвижных зерно-семяочистительных машинах и установках (ВИМ-10, ВИМ-СМ-1, ВИМ-СМ-1Р, ВИМ-СМ-2, ОСМ-3, ОСМ-ЗУ, ОС-4,5) необходимо было от трех до пяти человек обслуживающего персонала [65].

ВНИИЗ совместно с заводом имени М. Воробьева разработал конструкцию передвижного зерноочистительного агрегата ЗА-40. Данный агрегат состоит из двух модулей, смонтированных на самостоятельных мобильных платформах. Первая по ходу движения зерна является пневмосепарирующая установка ПЗА-40, вторя - ситовая установка СЗА-40 [49].

На технологической схеме (рисунок 1.9) зерноочистительного агрегата показаны: путь движения зерна по рабочим органам, направление движения воздуха, очищающего зерно от примесей, а также всех отходов, выделяемых на

агрегате воздухом и ситами. На рисунке 1.10 представлена функциональная схема передвижного зерноочистительного агрегата ЗА-40.

Зерно, подлежащее очистке, посредством ленточного транспортера или какого-либо другого транспортирующего устройства подается в приемный ковш 1 ПЗА-40. Пройдя через щель ковша, высота которой регулируется заслонкой 2, зерно поступает на глухое днище 3 и далее на приемное сито 4.

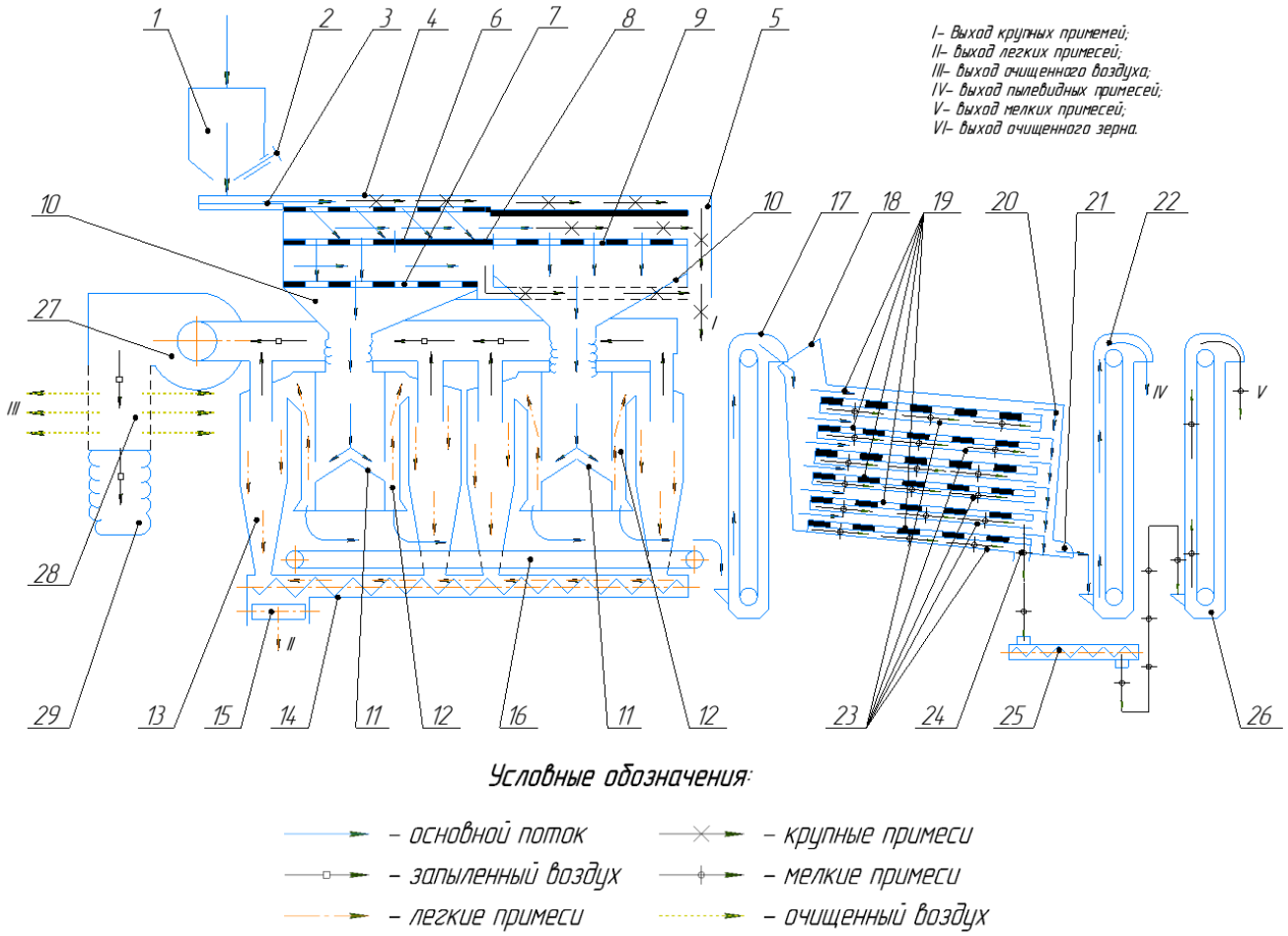


Рисунок 1.9- Технологическая схема передвижного зерноочистительного агрегата ЗА-40

1- Приемный ковш; 2- заслонка; 3- глухое днище; 4- колосовое решето; 5- выводящий лоток; 6- делитель щелевого типа; 7- зерновое решето; 8- глухое днище; 9- зерновое решето; 10- сборные днища; 11- конусообразные клапаны; 12- кольцевой аспирационный канал; 13- циклоны; 14- шнек; 15- шлюзовой затвор; 16- ленточный транспортер; 17- нория; 18- приемно-распределительная коробка; 19- подсевное решето; 20- вертикальные каналы; 21- отводящий лоток; 22- приемный ковш нории; 23- поддоны щеточных рамок; 24- вертикальные каналы; 25 -шнек; 26- нория; 27- вентилятор; 28- сетчатые отделители пыли; 29-мешок.

Сходом с приемного сита из зерна выделяются наиболее крупные примеси (солома, стебли дикорастущих растений и т. п.), которые выводятся из машины лотком 5. Зерно, прошедшее через отверстия приемного сита, поступает в делитель щелевого типа 6, который делит поток зерна на две примерно равные части. Первая часть зерна падает «дождем» непосредственно на сито 7, вторая с лотков щелевого делителя поступает на глухое днище 8, а затем на сито 9. На этих ситах, имеющих размеры отверстий несколько меньшие, чем размеры отверстий приемных сит, сходом выделяются из зерна также крупные примеси (колоски, остатки соломистых частиц, головки осота и т. п.). Выделенные крупные примеси выводятся из машины лотком 5.

Проход сит 7 и 9 (зерно с содержанием легковесных и мелких примесей) поступает на сборные днища 10, расположенные в отдельности под каждым ситом. Из сборных днищ это зерно падает во внутренние цилиндры 11 пневмосепарирующих каналов и давит своим весом на конусообразные клапаны 12, подвешенные к каналу на цилиндрических пружинах.

Под действием веса зерна клапаны опускаются, и зерно через кольцевую щель, образующуюся между клапанами и стенками внутреннего цилиндра, вытекает ровным слоем в пространство между внешним и внутренним цилиндрами, где продувается восходящим потоком воздуха. Воздушный поток захватывает примеси, отличающиеся от зерна аэродинамическими свойствами (полова, легкие остатки растений, щуплые зерна и т. п.), и уносит их в циклоны 13.

Пылевидные примеси из циклона и поступают в кожухи шнеков 14. Эти примеси выводятся шнеками через шлюзовые затворы 15 за пределы машины.

Зерно, очищенное от крупных и легковесных примесей, из у пневмосепарирующих каналов поступает на ленточный транспортер 16. При помощи ленточного транспортера и нории 17 оно подается в приемно-распределительную коробку 18 ситовой установки. В этой коробке зерно посредством делителя с секторными заслонками, отрегулированными на определенную производительность машины, или делителя щелевого типа равномерно распределяется по всем рядам подсевных сит 19.

Очищенное зерно идет сходом с подсевных сит и поступает в вертикальные каналы 20, расположенные в конце каждого блока ситовых и щеточных рамок. Далее по отводящему лотку 21 это зерно направляется в приемный ковш нории 22, транспортирующей зерно на ленточный транспортер. Проход подсевных сит (подсев), перемещаясь по поддонам *23* щеточных рамок, также поступает в предназначенные для него вертикальные каналы *24,* откуда посредством шнека *25* и нории *26* он выводится из машины.

На агрегатах СЗА-40, не оснащенных нориями и шнеком, очищенное зерно отводящим лотком подается непосредственно на ленточный транспортер, а подсев из вертикальных каналов поступает в наклонный лоток, который выводит его на одну сторону машины.

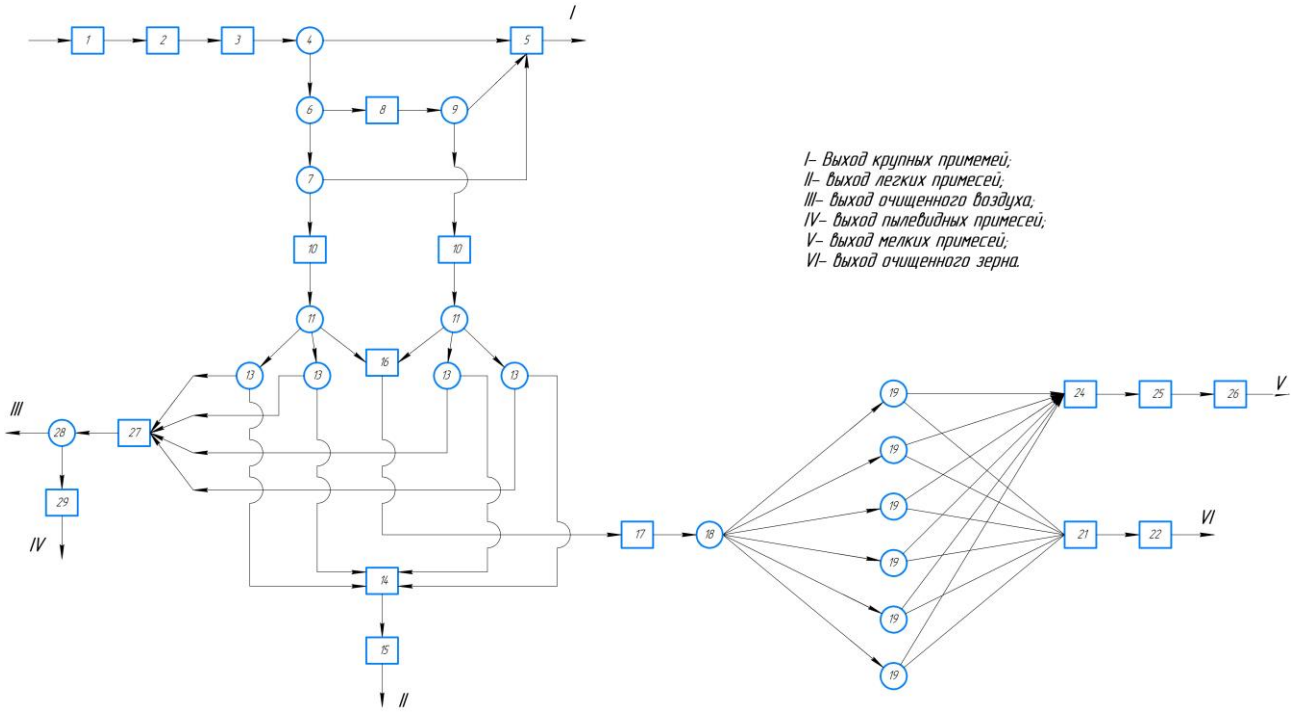


Рисунок 1.10 - Функциональная схема передвижного зерноочистительного агрегата ЗА-40

1 - Приём зерна; 2- регулирование потока зернового материала; 3- транспортирование до зернового решета; 4- выделение крупных примесей; 5- транспортирование крупных примесей; 6- разделение материала на две части; 7- сепарирование на первом зерновом решете; 8- транспортирование зернового материала; 9- сепарирование на втором зерновом решете; 10- транспортирование зернового материала; 11- транспортирование зернового материала; 12- сепарирование в кольцевом аспирационном канале; 13- сепарирование легких примесей в циклоне; 14- транспортирование легких примесей; 15-

транспортирование легких примесей; 16- транспортирование зернового материала; 17- транспортирование зернового материала; 18- распределение зернового материала на шесть частей; 19- сепарирование на подсевном решете; 20- транспортирование очищенного зерна; 21- транспортирование очищенного зерна; 22- транспортирование очищенного зерна; 23- транспортирование мелких примесей;24- транспортирование мелких примесей; 25- транспортирование мелких примесей; 26- транспортирование мелких примесей; 27- транспортирование пылевидных примесей; 28- выделение пылевидных примесей; 29- сбор пыли в мешек.

Перемещение воздуха внутри воздушно-сепарирующего устройства осуществляется двумя вентиляторами *27.* Каждый из вентиляторов обслуживает свою вентиляционную систему, а именно: пневмосепарирующий канал, четыре циклона со сборным воздуховодом (коллектором) и сетчатый отделитель. Вентилятор засасывает воздух из окружающей среды через пневмосепарирующий канал, циклоны и коллектор. Вступая снизу в пневмосепарирующий канал, воздух пересекает струю зерна и, захватывая примеси, уносит их в циклоны. Из циклонов освобожденный от примесей воздух через коллектор отсасывается вентилятором.

Из выхлопных отверстий вентиляторов воздух через сетчатые отделители пыли 28 выбрасывается в атмосферу. В сетчатых отделителях происходит дополнительная очистка воздуха от оставшихся в нем примесей (главным образом пыли), которые осаждаются в мешок 29.

Производительность агрегата составляет 40 т/ч, расход воздуха 11200 м^3/ч, масса пневмосепарирующей части 3085 кг, ситовой части агрегата 2430 кг, установленная мощность электродвигателей 18 кВт [49]. Габаритный чертеж агрегата ЗА-40 представлен на рисунке 1.11.

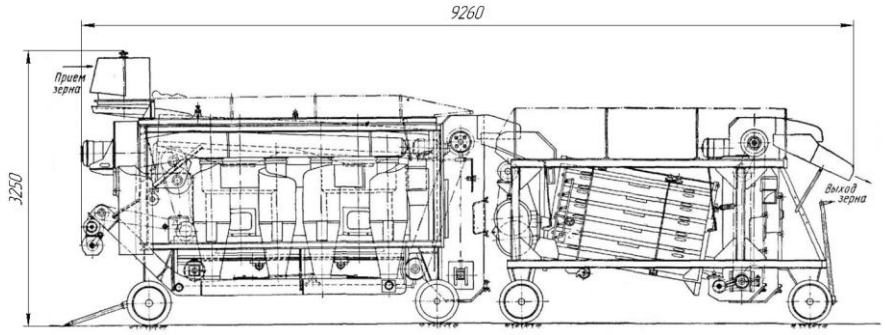


Рисунок 1.11 - Общий вид передвижного зерноочистительного агрегата ЗА-40

Опыт эксплуатации первой партии ЗА-40 в 1957 году показал, что при очистке зерна пшеницы, ржи, овса влажностью от14 до 30%, засоренностью сорной примесью от 2 до 16%, зерновой примесью от 1 до 9% при наличии крупного сора до 0,4% производительность составила: на ржи от 40 до 22 т/ч; на овсе от 21 до 10 т/ч. При этом во всех случаях из зерна было удалено не менее 50% примесей, отделимых воздухом и решетами [49].

Современное развитие мобильных комплексов машин нашло в решениях фирм «AKYUREK TECHNOLOGY» (Турция) и «Derbas group» (Сирия) (рисунки 1.12 и 1.13) [66]. Семяочистительный комплекс «AKYUREK TECHNOLOGY» представлен сложной воздушно-решетной машиной в мобильном варианте и передвижным триерным блоком. Мобильный комплекс машин фирмы «Derbas group» (Сирия) включает в себя воздушно-решетную машину и пневмосортировальный стол, причем пневмосортировальный стол оборудован собственным ДВС.



Рисунок 1.12 - Мобильный комплекс машин фирмы «AKYUREK TECHNOLOGY» (Турция)



Рисунок 1.13 - Мобильный комплекс машин фирмы «Derbas group» (Сирия)

Фирмой «Julite» (Китай) был разработан мобильный комплекс машин 5XFZ-40Z&5XFJ-20Y (рисунок 1.14), производительностью 20-30 т/ч в режиме предварительной очистки и до 8 т/ч в семенном режиме. Основной особенностью данного комплекса машин является комбинация рабочих органов, реализованных в данной технологии, а именно применение камнеотборника, пневмосортировального стола и решетного сепаратора. Технологическая схема комплекса представлена на рисунке 1.15 [97].



Рисунок 1.14 - Мобильный комплекс машин 5XFZ-40Z&5XFJ-20Y фирмы «Julite» (Китай)

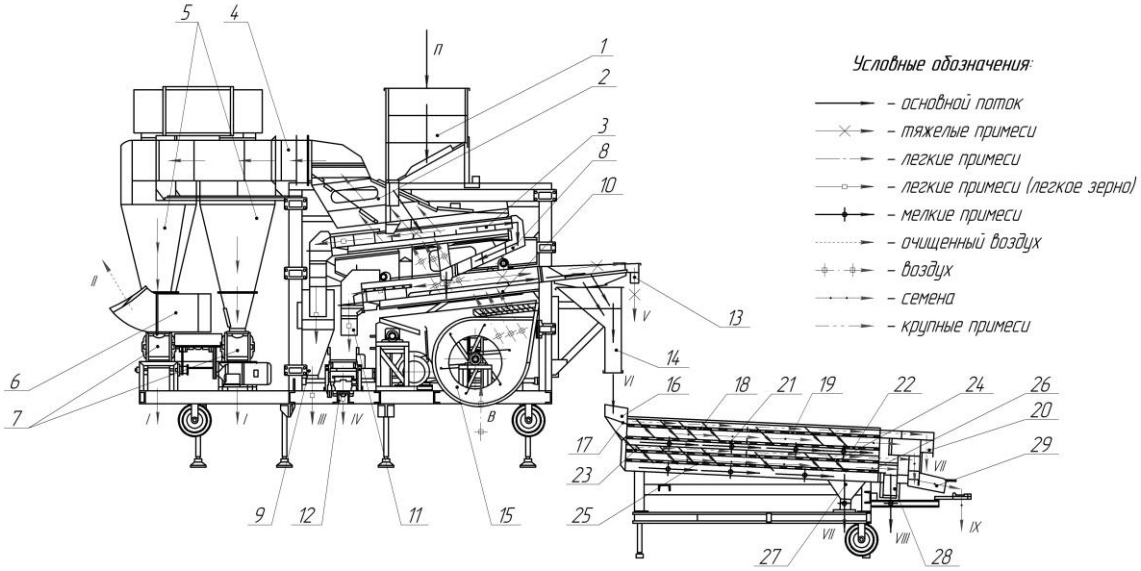


Рисунок 1.15 - Технологическая схема мобильного комплекса машин 5XFZ-40Z&5XFJ-20Y фирмы «Julite» (Китай)

1- Загрузочный бункер; 2- зонт; 3- дека камнеотборника; 4- аспирационный патрубок; 5- циклон; 6- вентилятор; 7- шлюзовой затвор; 8- лоток выхода чистого зерна из камнеотборника; 9- патрубок вывода легких примесей из камнеотборника;

10- дека пневмостола; 11- патрубок вывода легких примесей (легкого зерна); 12- лоток вывода легких примесей (легкого зерна); 13- патрубок вывода тяжелых примесей с пневмостола; 14- патрубок вывода очищенного зерна; 15- вентилятор; 16- приемный патрубок; 17- делитель; 18- первое зерновое решето; 19- второе зерновое решето; 20- патрубок вывода крупных примесей; 21- первое подсевное решето; 22- второе подсевное решето; 23- третье зерновое решето; 24- четвертое зерновое решето; 25- третье подсевное решето; 26- четвертое подсевное решето; 27- патрубок вывода мелких примесей; 28- патрубок вывода мелких примесей; 29- лоток вывода чистых семян.

I- Выход легких примесей; II- выход очищенного воздуха; III- выход тяжелых примесей; IV- выход легких примесей (легкого зерна); V- выход тяжелых примесей; VI- выход очищенного зерна; VII- выход мелких примесей; VIII- выход крупных примесей; IX- выход очищенных семян; П- подача исходного материала; В- подача воздуха.

Функциональная схема мобильного комплекса машин 5XFZ-40Z&5XFJ-20Y (рисунок 1.16) показывает возможности сепарирования зернового вороха с получением девяти фракций, а также использование одного воздушного потока для функционирования двух машин, входящих в технологию: камнеотборника и пневмосортировального стола. В данной технологии используется одна аспирационная система для двух машин, что в значительной степени позволило уменьшить габаритные размеры всего комплекса в целом.

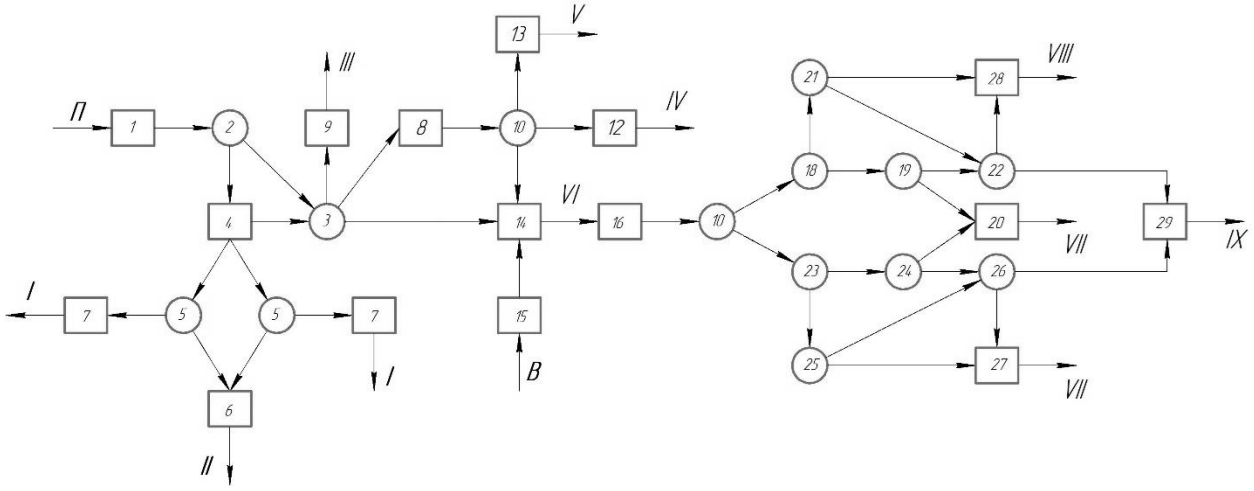


Рисунок 1.17 - Функциональная схема мобильного комплекса машин 5XFZ-40Z&5XFJ-20Y фирмы «Julite» (Китай)

1- прием зерна; 2- выделение легких примесей; 3- сепарирование на деке камнеотборника; 4- транспортирование легких примесей; 5- сепарирование легких

примесей и пыли в циклоне; 6- транспортирование очищенного воздуха; 7- транспортирование легких примесей и пыли; 8- транспортирование чистого зерна; 9- транспортирование легких примесей из камнеотборника; 10- сепарирование на пневмосортировальном столе; 11- транспортирование легких примесей (легкого зерна); 12- транспортирование легких примесей (легкого зерна); 13- транспортирование тяжелых примесей; 14- транспортирование очищенного зерна; 15- подача воздуха; 6- прием очищенного зерна; 17- разделение материала на две части; 18- сепарирование на первом зерновом решете; 19- сепарирование на втором зерновом решете; 20- транспортирование крупных примесей; 21- сепарирование на первом подсевном решете; 22- сепарирование на втором подсевном решете; 23- сепарирование на третьем зерновом решете; 24- сепарирование на четвертом зерновом решете; 25- сепарирование на третьем подсевном решете; 26- сепарирование на четвертом подсевном решете; 27- транспортирование мелких примесей; 28- транспортирование крупных примесей; 29- транспортирование чистых семян.

На рисунке 1.17 представлены машины, в которых помимо воздушной и решетной очистки имеются также пневмосортировальные столы. В машинах фирмы «Julite» (Китай) 5XFZ-150, 5XFZ-25SC, 5XFZ-40S и 5XFZ-25G установлено по одному пнемосортировальному столу, в то время как в 5XFZ-50, 5XFZ-40Z & 5XFJ-20Y, 5XFZ-25QC1S и 5XFZ-2000 по два стола. Наличие двух пневмосортировальных столов позволяет более качественно подобрать режимы их работы при последовательной установке, либо, как в машине 5XFZ-2000 фирмы «Hebei Maoheng Machinery», увеличить производительность при параллельной установке [105].

На рисунке 1.18 представлена структурная схема воздушно-решетной гравитационной машины 5XFZ-50, на рисунке 1.19 функциональная схема машины.

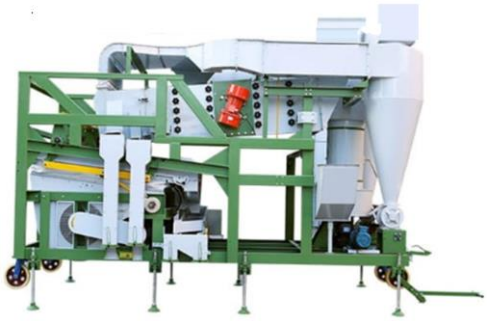
5XFZ-150



5XFZ-25SC



5XFZ-40S



5XFZ-50



5XFZ-25G



5XFZ-40Z & 5XFJ-20Y



5XFZ-25QC1S



5XFZ-2000



Рисунок 1.17 - Комбинированные воздушно-решетные гравитационные машины и составные агрегаты

Использование машин данного класса упростит компоновочные решения для мобильных зерноочистительных агрегатов.

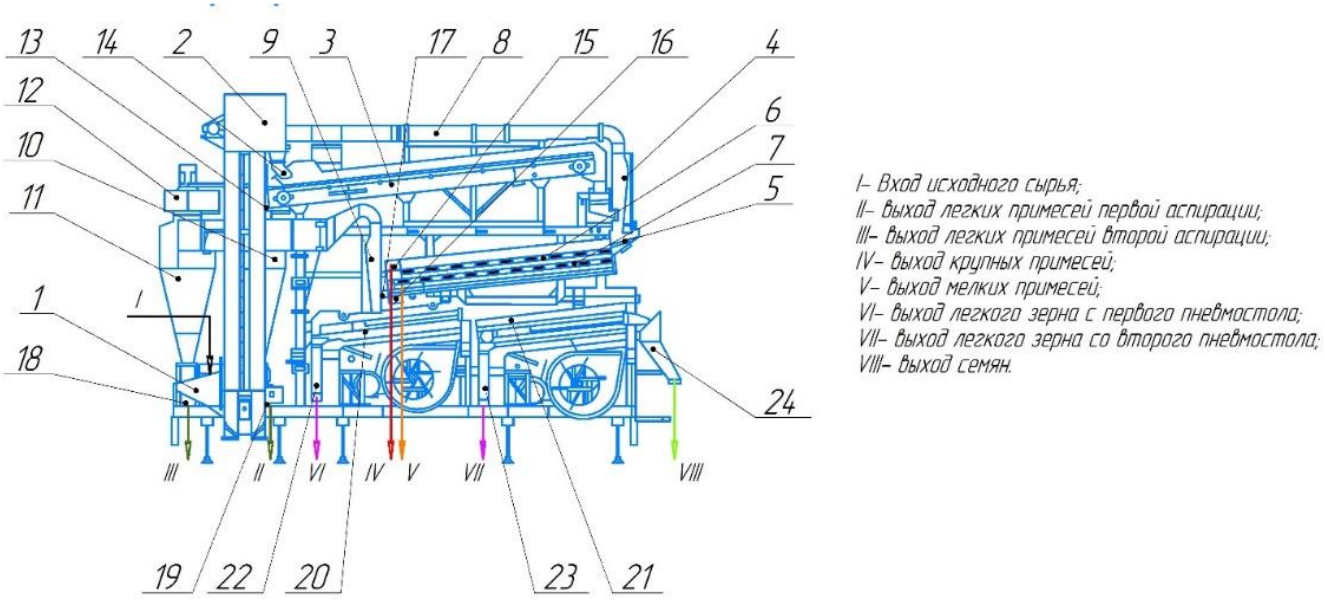


Рисунок 1.18 – Структурная схема воздушно-решетной гравитационной машины 5XFZ-50

1-Загрузочный ковш; 2- нория загрузочная; 3- ленточный транспортер; 4- первый аспирационный канал; 5- лоток распределительный; 6- зерновое решето; 7- подсевное решето; 8- аспирационный патрубок; 9- второй аспирационный канал; 10- циклон первой аспирации;11- циклон второй аспирации; 12- вентилятор; 13- вентилятор; 14- патрубок подачи зернового материала на ленточный транспортер; 15- патрубок вывода крупных примесей; 16- патрубок вывода мелких примесей; 17- патрубок вывода очищенного зерна; 18- шлюзовой затвор; 19- шлюзовой затвор; 20- дека первого пневмосортировального стола; 21- дека второго пневмосортировального стола; 22- патрубок вывода легкого зерна; 23- патрубок вывода легкого зерна; 24- патрубок вывода очищенных семян.

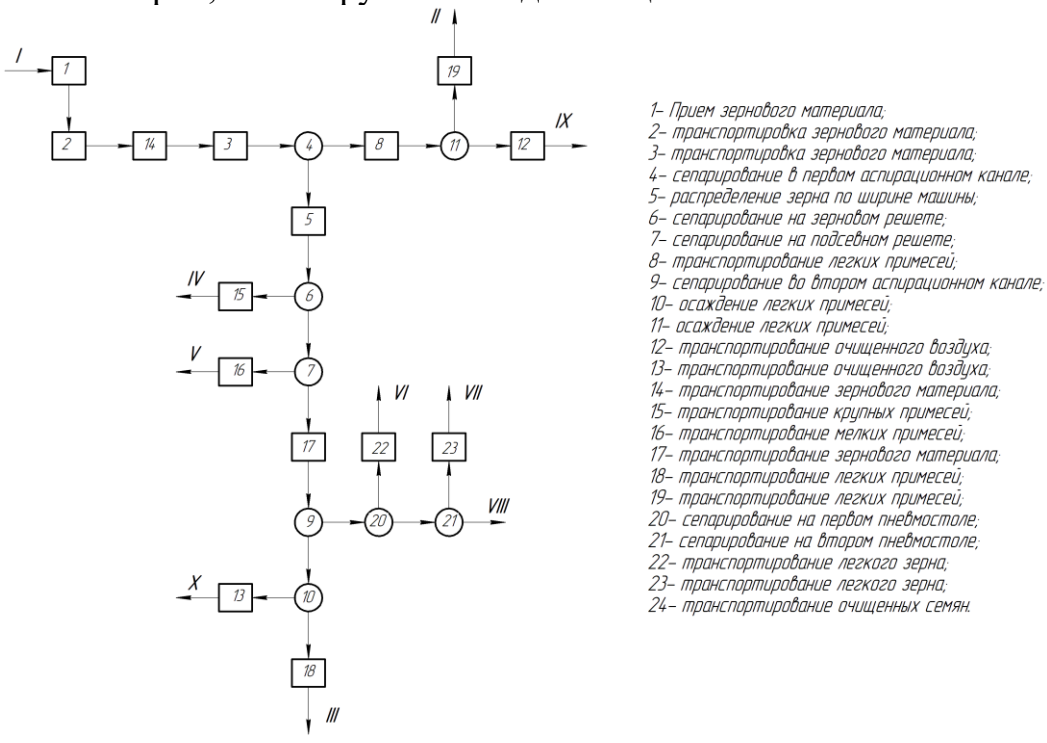


Рисунок 1.19 - Функциональная схема машины 5XFZ-50

1.4.1. Классификация мобильных зерноочистительных агрегатов по назначению

Мировая практика показывает на многообразие мобильных технологий и применяемых компоновочных решений, обеспечивающих выполнение всех требований к очистке зерна и семян [123]. В приведенной классификации представлены технологические операции для получения продовольственного и семенного зерна и виды мобильных агрегатов для выполнения этих операций (рисунок 1.20). Наиболее перспективным направлением следует считать создание зерно-семяочистительных агрегатов (виды V, VI, VII) с законченным циклом при производстве семян (это применение систем для протравливания и упаковки семян в мешкотару, возможно даже в «Биг-Бэги»).

Для послеуборочной обработки продовольственного зерна возможно применение зерноочистительных агрегатов I и II типов, представленных австралийскими фирмами «Rotary Seed Cleanere» и «Hannfford» (рисунок 1.21 а, б) [311].

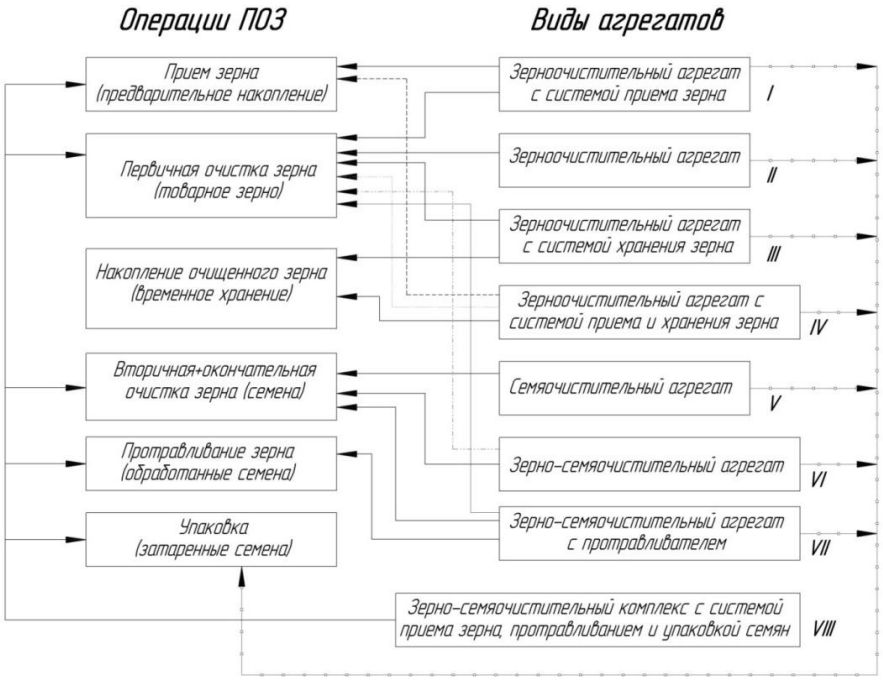


Рисунок 1.20 - Классификация мобильных зерноочистительных агрегатов по назначению

Более развитую схему мобильного зерноочистительного агрегата с системой приема и хранения зерна имеет разработка фирмы «Nufab» (Австралия) (рисунок 1.21г). Здесь имеет место стыковка накопительной приемной части и очистительной со сбором очищенного зерна, а также с одновременным протравливанием фирмы «Southland Grain Services» (Канада) (рисунок 1.21д), но этот комплекс очень дорогостоящий (1 млн. долларов) [319].

Зарубежные фирмы (США, Австралии) в настоящее время переходят на совершенно новые типы мобильных зерно-семяочистительных агрегатов - составные (рисунок 1.22), которые имеют приемно-очистительные отделения и очистительно-сортировальные отделения с одновременным протравливанием семян. При совмещении всех технологических операций при подготовке семян в одно целое позволяет существенно снизить затраты на их производство [112].



а



б



в



г

Рисунок 1.21 – Типы мобильных зерноочистительных агрегатов

а- I тип. Зерноочистительный агрегат с системой приема зерна SC4B15TA «Mega» фирмы «Rotary Seed Cleanere» (Австралия); б- II тип. Зерноочистительный агрегат фирмы «Hannaford» (Австралия); в- IV тип. Зерноочистительный агрегат с

системой приема и хранения зерна фирмы «Nufab» (Австралия); г- VII тип. Зерно-семяочистительный комплекс с системой приема зерна и протравливания семян фирмы «Southland Grain Services» (Канада).



1- модуль первичной очистки зерна;
2- модуль окончательной очистки и протравливания семян

Рисунок 1.22 - Мобильный составной зерно-семяочистительный агрегат фирмы «Brucefield Seed Cleaning» (Австралия)

Одним из направлений развития мобильных технологий является применение монтируемых агрегатов.

Монтируемый семяочистительный агрегат фирмы «Alvan Blanch» (рисунок 1.23) спроектирован для использования в Египте, Судане и других странах. Производительность составляет в пределах 4,5…5,0 т/ч. Одной из основных особенностей агрегата является размещение машин на приподнятой над землей площадке, где размещается транспортно-технологическое оборудование. Состав оборудования: загрузочный ленточный транспортер; шасталка; машина предварительной очистки зерна, включающая в себя четыре цилиндрических решета с горизонтальной осью вращения, система аспирации с циклоном; пневмосортировальный стол; протравливатель семян; нории; ленточные транспортеры для отходов.

Загрузка агрегата осуществляется ленточным транспортером (рисунок 1.24) из бункера или из мешков. Агрегат оборудован шарнирными панелями безопасности, которые открываются во время работы, позволяя осуществлять доступ к необходимым машинам, также эти панели выполняют роль козырьков, обеспечивая комфортные условия труда, защищая от солнца и атмосферных осадков.



Рисунок 1.23 - Монтируемый семяочистительный агрегат фирмы «Alvan Blanch» (Англия)



Рисунок 1.24– Загрузка агрегата фирмы «Alvan Blanch» ленточным транспортером

Выгрузка очищенных семян может осуществляться как с протравливанием, так и непосредственно после очистки на пневмосортировальном столе. Перевозка контейнера осуществляется низкорамным трейлером (рисунок 1.25). Все машины и оборудование управляются с единого пульта дистанционного управления.



Рисунок 1.25- Перевозка агрегата с помощью низкорамного трейлера

Мобильный зерноочистительный агрегат фирмы «FRAHN Grain Cleaning» (Австралия) (рисунок 1.26) является наиболее крупным и самым производительным монтируемым агрегатом на сегодняшний день [69].



а



б



в

Рисунок 1.26 - Мобильный зерноочистительный агрегат фирмы «FRAHNGrainCleaning» (Австралия): а- в закрытом помещении при очистке рапса; б- очистка зерна в порту; в - транспортировка

Такие зерноочистительные агрегаты работают в хозяйствах Австралии (рисунок 1.26а), а также в портах (рисунок 1.26б), где они востребованы из-за высокой производительности. Агрегат оборудован высококачественным современным оборудованием, которое включает в себя два ряда цилиндрических сепараторов с горизонтальной осью вращения по 4 штуки в каждом ряду, которые содержат 16 решет, 4 пневмосортировальных стола для разделения по удельному весу, что позволяет получать семена посевного стандарта за один пропуск. Зерноочистительный агрегат имеет большую энергоемкость, так как основная доля по очистке семян приходится на работу вентиляторов воздушно-сепарирующих машин и пневмосортировальных столов. Поэтому агрегат включает в себя два генератора по 80 кВт каждый.

Агрегат также оборудован системой складываемых трапов и лестниц, которые позволяют осуществлять осмотр, техническое обслуживание и управление агрегатом. Зерноочистительный агрегат оборудован системой гидравлических домкратов, которые позволяют осуществлять его загрузку на платформу полуприцепа без использования дополнительной погрузочной техники.

В состав агрегата входит также трехосный полуприцеп длинной 13,7 м для доставки зерноочистительного агрегата к месту работы, а также непосредственно тягач «Mercedes 316» (рисунок 1.26в). На полуприцепе перевозится также необходимое транспортно-технологическое оборудование (шнеки, транспортеры, сменные решета и т.д.). Здесь же на полуприцепе организован передвижной офис. Стоимость зерноочистительного агрегата с учетом полуприцепа и автомобиля достаточно высокая (в ценах ноября 2016 года она составляла около 75 млн. рублей).

Таким образом, зерноочистительный агрегат фирмы «FRAHN Grain Cleaning» является ультрасовременным высокотехнологичным готовым бизнесом, способным осуществлять свою деятельность в различных условиях [69].

Мобильный семенной завод фирмы «Petkus» (Германия) (рисунок 1.27) предназначен для обработки различных зерновых и зернобобовых культур: ячменя,

овса, пшеницы, нута, кукурузы, бобов и т. д. с полным технологическим циклом [112, 320].

В технологию включены семяочистительная машина, триерный блок и пневмосортировальный стол. Все оборудование размещается в контейнере с пультом дистанционного управления и с подключением Wi-Fi. Производительность линии 10 т/ч (при обработке пшеницы) (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Передвижная линия очистки семян «Petkus»

№ п/п	Наименование параметра	Ед. изм.	Значение	
1	Количество, вместимость базовых контейнеров	шт./фут.	2/40	2/10
2	Габаритные размеры:			
	длинна	мм	14 600	2 990
	ширина	мм	4 600	2 440
	высота	мм	8 200	7 700
3	Установленная мощность	кВт	100	13
4	Масса	кг	30 000	15 000

Контейнерная технология позволяет выполнять все технологические операции, предусмотренные при подготовке семян, а также проводить их протравливание. Такая технология обладает высокой степенью гибкости, экономией средств при транспортировке. Два транспортировочных контейнера просто устанавливаются друг на друга, и управлять ими можно по принципу «Plug & Play» (рисунок 1.28).

Обслуживают технологическую линию два машиниста и помощник. Например, в странах с теплым климатом установка может работать все 365 дней в году. Оборудование в контейнере можно выбрать согласно требованиям заказчика с доставкой на место работы. В контейнерах можно установить линию очистки семян, линию протравливания семян с затариванием в мешки или объединенные эти технологические линии в одном контейнере. Машины, включенные в технологию, позволяют получать семена посевного стандарта.



Рисунок 1.27- Транспортировка передвижной линии очистки семян «Petkus» в контейнере

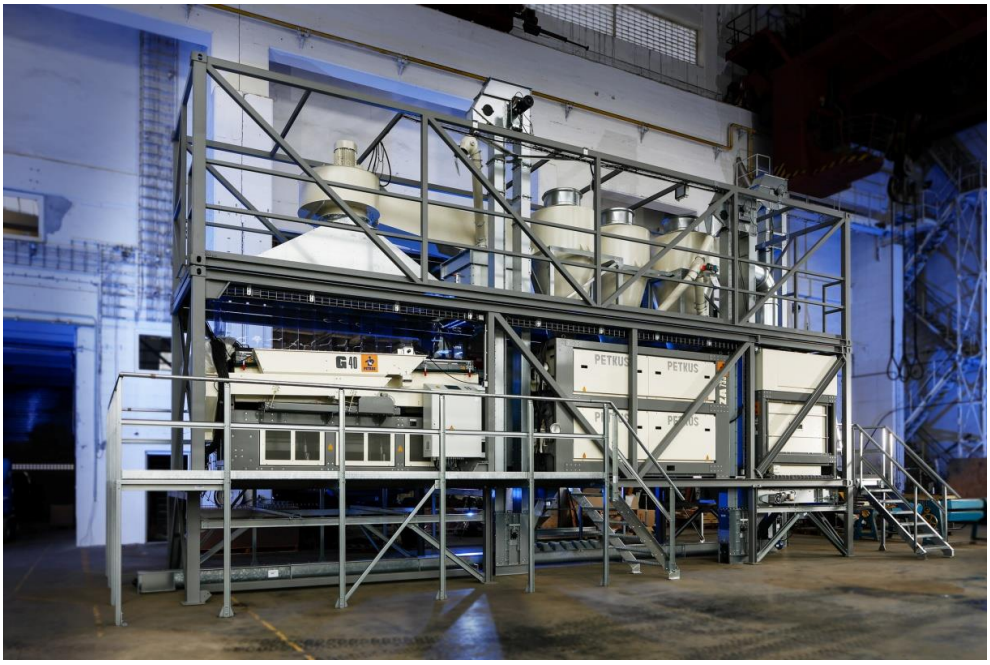


Рисунок 1.28 - Установка контейнерного блока их двух модулей

Особое значение придается специальной технологии монтажа машин с учетом размеров контейнеров и производительности, которые и определяют степень гибкости и вариантов технологических схем. К недостаткам линии стоит отнести стесненные условия эксплуатации оборудования, сложность замены одной из машин в случае необходимости. Значительная высота технологической линии подразумевает необходимость специализированного здания для ее монтажа. В

технологической схеме применяется воздушно-решетная машина, которая может работать в режиме предварительной, а также интенсивной очистки при подготовке семян. Машина имеет два решетных стана, колеблющихся в противофазе, поэтому динамические силы очень малы.

Для выделения длинных и коротких примесей из зернового материала применяются ячеистые триеры. В зависимости от обрабатываемой культуры можно устанавливать сменные цилиндры.

При монтаже оборудования учитывается доступность работы машиниста при проведении обслуживания. К достоинствам данного технологического решения можно отнести высокий коэффициент готовности к эксплуатации. Использование второго контейнера для системы аспирации позволяет, в тоже время, использовать его как площадку обслуживания приводов норий и двигателей системы аспирации.

В 2020 году фирмой «Agro Dairy Azerbaijan» (Азербайджан) в фирме «Cimbria» (Дания) было заказано два монтируемых семяочистительных агрегата, которые были реализованы командой, расположенной в Штокерау (Австрия) (рисунки 1.29 и 1.30).

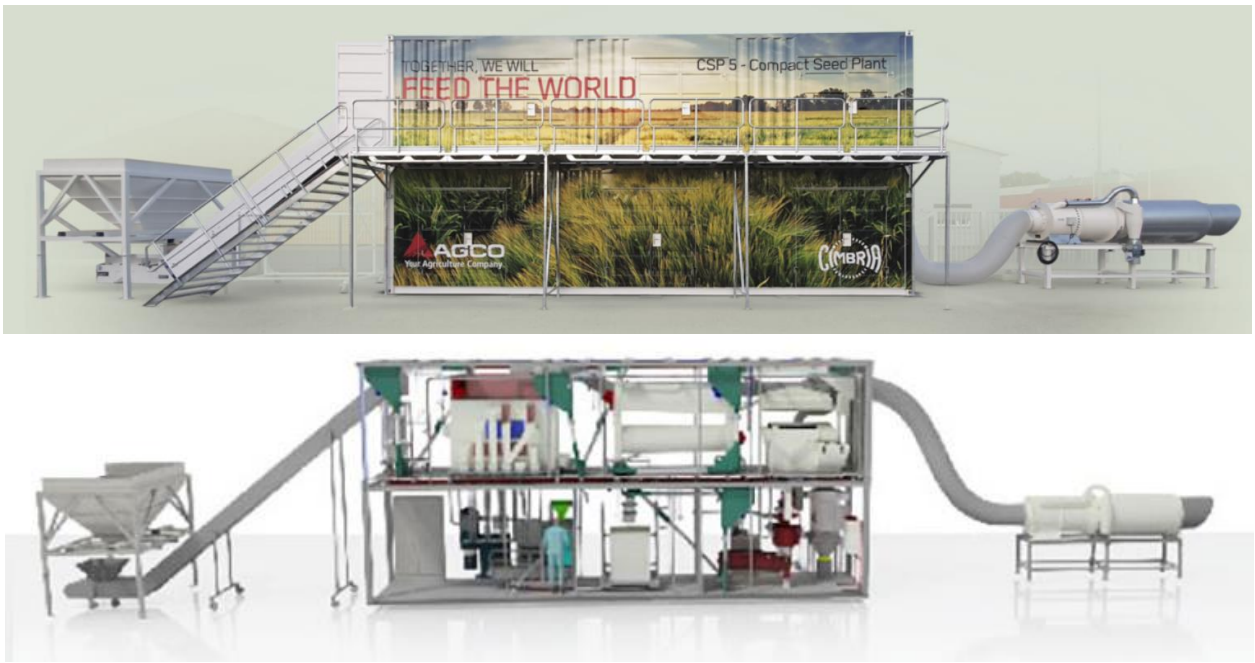


Рисунок 1.29- 3d- модель мобильного семяочистительного агрегата CSP 5 фирмы «Cimbria»

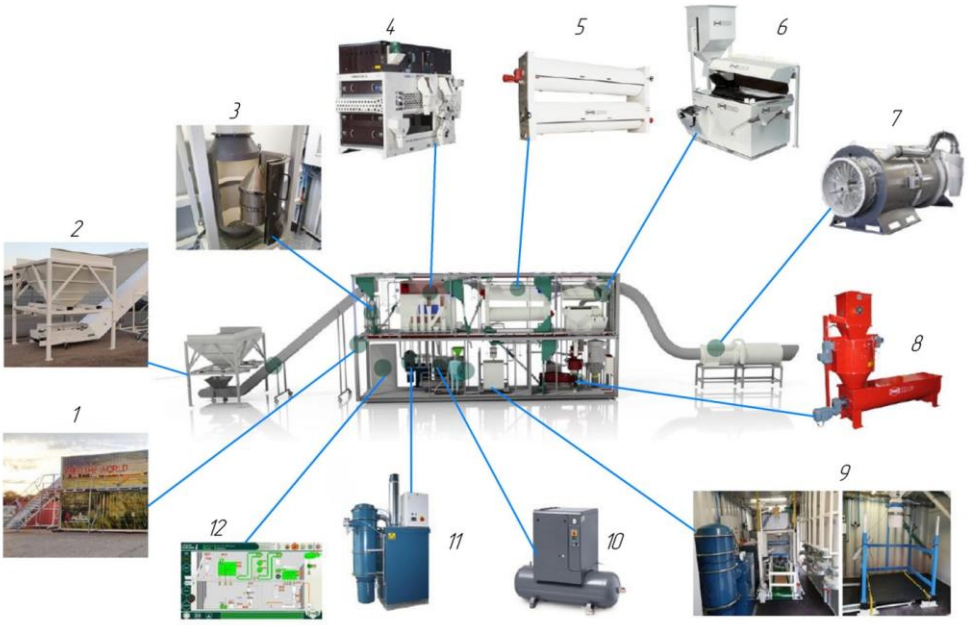


Рисунок 1.30 - Принципиальная схема мобильного семяочистительного агрегата CSP 5 фирмы «Cimbria» (Дания)

1- Размещение в двух контейнерах с лестницей и площадкой обслуживания; 2- приемный бункер с ленточным конвейером; 3- магнитный сепаратор; 4- зерноочистительная машина; 5- триерный блок; 6- пневмосортировальный стол; 7- Cycolofan; 8- протравливатель семян; 9- система упаковки очищенных семян в мешки (либо в биг-бэги); 10- компрессор; 11- центральная вакуумная система; 12- пульт управления для полностью автоматической работы

Таблица 1.4 - Технические характеристики

№ п-п	Параметры	CSP 5	CMP 2	CFP 4
1	Производительность	5 т/ч (пшеница) 4 т/ч (ячмень)	2-3 т/ч (кукуруза) 0,8 т/ч (подсолнечник)	4 т/ч (бобовые) 1 т/ч (мелкосемянные)
2	Пространство, необходимое для работы с оборудованием и погрузчиком, мм	Минимум 27000x8000x8000		Минимум 55000x8000x8000
3	Вес верхнего контейнера, кг	11000 кг	14000 кг	9000 кг
4	Вес второго контейнера, кг	8000 кг	11000 кг	11000 кг
5	Вес третьего контейнера, кг	-	-	9000 кг
6	Установленная мощность оборудования, кВт	50	65	80т

На рисунке 1.31 представлена технологическая схема мобильного семяочистительного агрегата CSP 5 фирмы «Cimbria». Отличительной особенностью линии является применение трубчатых скребковых конвейеров.

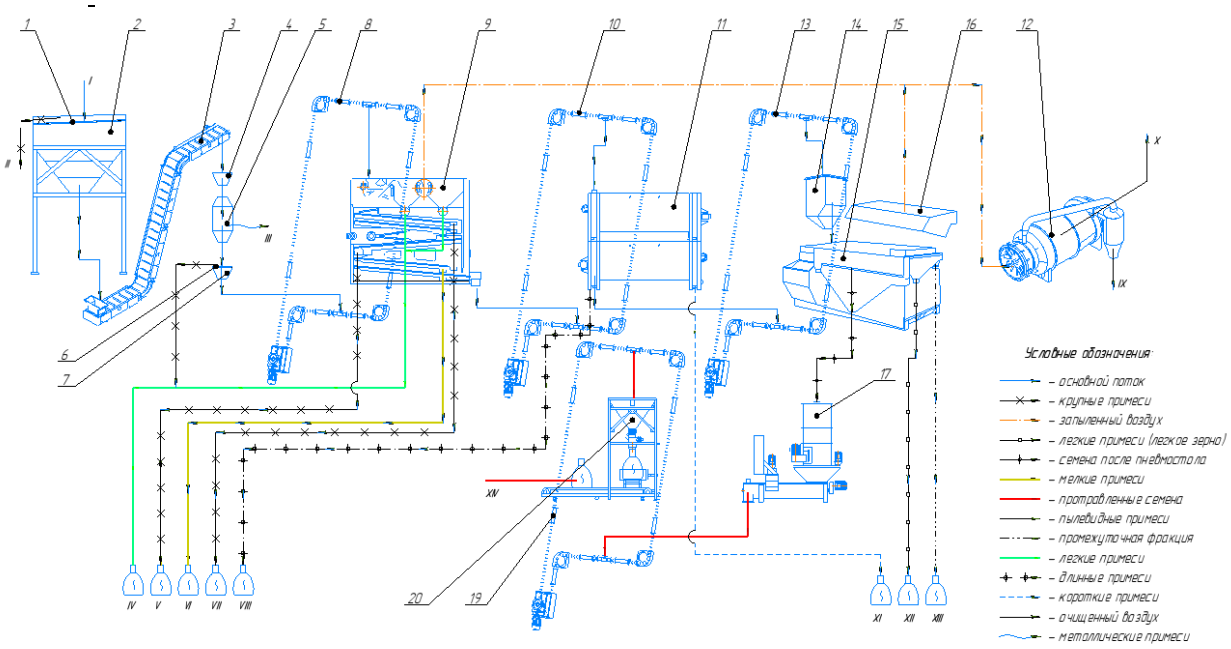


Рисунок 1.31- Технологическая схема мобильного семяочистительного агрегата CSP 5 фирмы «Cimbria»

1 - Приёмная решетка; 2- загрузочный бункер; 3- ленточный транспортер; 4- бункер; 5- магнитный сепаратор; 6- надбункерная решетка; 7- бункер; 8- трубчатый скребковый конвейер; 9- сепаратор Delta 116 "Cimbria"; 10- трубчатый скребковый конвейер; 11- триерный блок; 12- Cycolofan; 13- трубчатый скребковый конвейер; 14- бункер; 15- пневмостол; 16- зонт пневмостола; 17- протравливатель семян; 18- трубчатый скребковый конвейер; 19- весовыбойный аппарат.

На рисунке 1.32 представлена структурная схема сепаратора Delta 116 «Cimbria», на рисунке 1.33 функциональная схема мобильного семяочистительного агрегата CSP 5 фирмы «Cimbria».

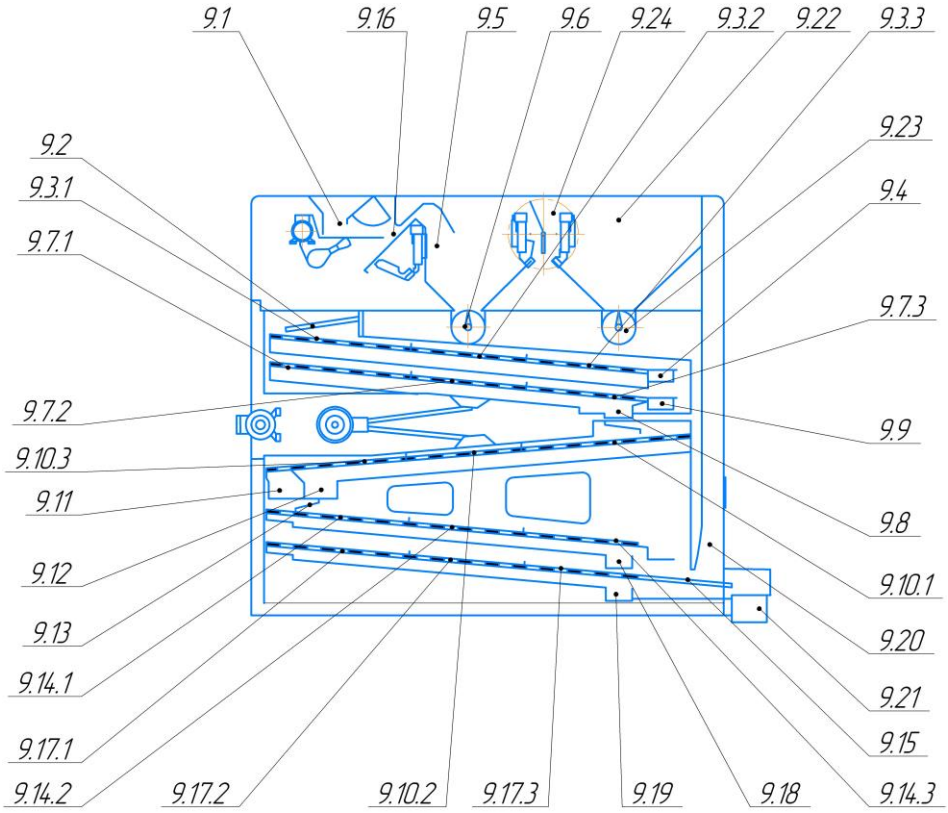


Рисунок 1.32- Структурная схема сепаратора Delta 116 «Cimbria»

9.1- приемно-распределительное устройство; 9.2- делитель; 9.3.1- первое зерновое решето первого яруса; 9.3.2- второе зерновое решето первого яруса; 9.3.1- третье зерновое решето первого яруса; 9.4- патрубок вывода крупных примесей; 9.5- первая осадочная камера; 9.6- шнек вывода легких примесей; 9.7.1- первое зерновое решето второго яруса; 9.7.2- второе зерновое решето второго яруса; 9.7.1- третье зерновое решето второго яруса; 9.8- лоток вывода очищенного зерна; 9.9- патрубок вывода крупных примесей; 9.10.1- зерновое решето; 9.10.2- зерновое решето; 9.10.3- зерновое решето; 9.11- патрубок вывода крупных примесей; 9.12- лоток вывода чистого зерна; 9.13- делитель; 9.14.1- первое подсевное решето первого яруса; 9.14.2- второе подсевное решето первого яруса; 9.14.3- третье подсевное решето первого яруса; 9.15- лоток вывода чистого зерна; 9.16- канал первой аспирации; 9.17.1- первое подсевное решето второго яруса; 9.17.2- второе подсевное решето второго яруса; 9.17.3- третье подсевное решето второго яруса; 9.18- патрубок вывода мелких примесей; 9.19- патрубок вывода мелких примесей; 9.20- второй аспирационный канал; 9.21- патрубок вывода чистого зерна; 9.22- вторая осадочная камера; 9.23- шнек вывода легких примесей; 9.24- патрубок вывода запыленного воздуха.

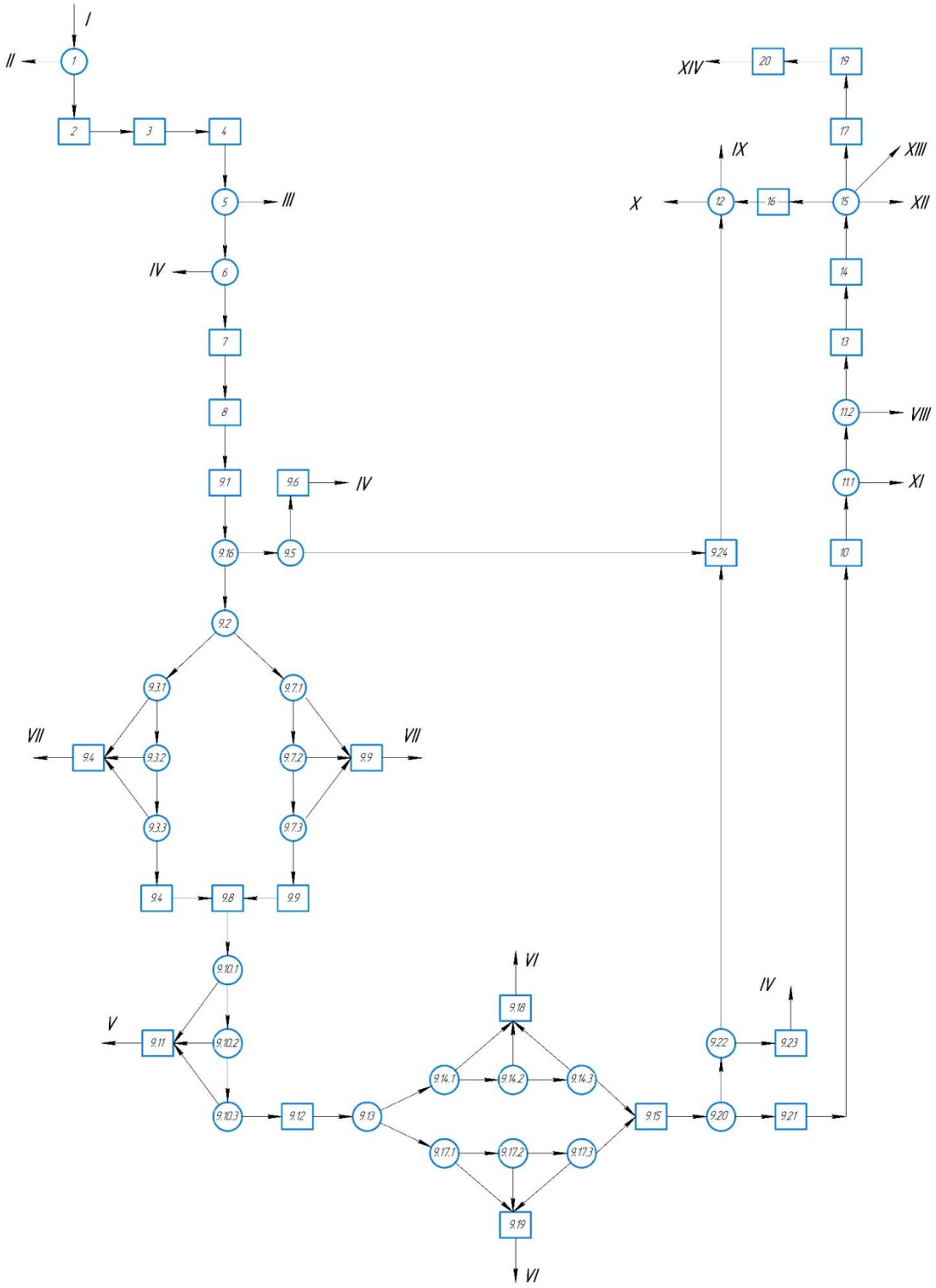


Рисунок 1.33- Функциональная схема мобильного семяочистительного агрегата CSP 5 фирмы «Cimbria»

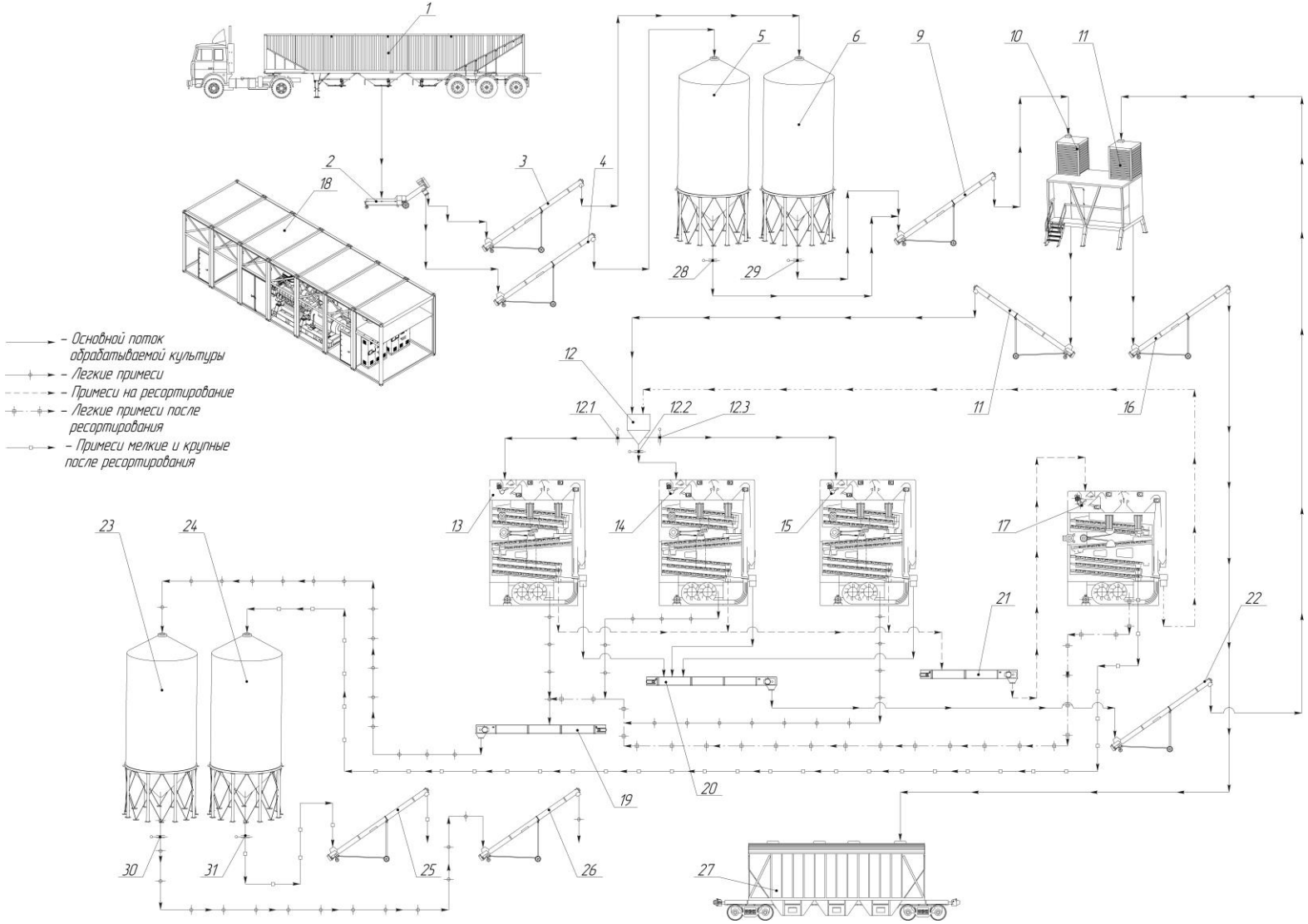
1- Выделение крупных примесей;2- прием зернового материала; 3- транспортировка зернового материала; 4- прием зернового материала; 5- выделение металлических примесей; 6- выделение крупных примесей; 7- прием зернового материала; 8- транспортировка зернового материала; 9.1- прием зернового материала и распределение по ширине машины; 9.2- разделение зернового материала на две части; 9.3.1- сепарирование на первом зерновом решете

первого яруса; 9.3.2- сепарирование на втором зерновом решете первого яруса; 9.3.1- сепарирование на третьем зерновом решете первого яруса; 9.4- транспортирование крупных примесей; 9.5- выделение легких примесей в первой осадочной камере; 9.6- транспортирование легких примесей; 9.7.1- сепарирование на первом зерновом решете второго яруса; 9.7.2- сепарирование на втором зерновом решете второго яруса; 9.7.1- сепарирование на третьем зерновом решете второго яруса; 9.8- транспортирование очищенного зерна; 9.9- транспортирование крупных примесей; 9.10.1- сепарирование на зерновом решете; 9.10.2- сепарирование на зерновом решете; 9.10.3- сепарирование на зерновом решете; 9.11- транспортирование крупных примесей; 9.12- транспортирование чистого зерна; 9.13- разделение зернового материала на две части; 9.14.1- сепарирование на первом подсевном решете первого яруса; 9.14.2- сепарирование на втором подсевном решете первого яруса; 9.14.3- сепарирование на третьем подсевном решете первого яруса; 9.15- транспортирование чистого зерна; 9.16- сепарирование в первом канале аспирации; 9.17.1- сепарирование на первом подсевном решете второго яруса; 9.17.2- сепарирование на втором подсевном решете второго яруса; 9.17.3- сепарирование на третьем подсевном решете второго яруса; 9.18- транспортирование мелких примесей; 9.19- транспортирование мелких примесей; 9.20- сепарирование во втором канале аспирации; 9.21- транспортирование чистого зерна; 9.22- выделение легких примесей во второй осадочной камере; 9.23- транспортирование легких примесей; 9.24- транспортирование запыленного воздуха; 10- транспортирование очищенного зерна; 11.1- сепарирование в кукольном триерном цилиндре; 11.2- сепарирование в овсюжном триерном цилиндре; 12- выделение пылевидных примесей; 13- транспортирование очищенного зерна; 14- прием зернового материала; 15- сепарирование на пневмостоле; 16- транспортирование запыленного воздуха; 17- протравливание семян; 18- транспортирование чистых семян; 19- затаривание протравленных семян.

Одним из самых ярких примеров мобильных монтируемых технологий является технология фирмы «Mobil Grain» (Канада), реализовавшая мобильный монтируемый зерновой терминал. В основу данного терминала положены патенты [329]. Мобильный монтируемый зерновой терминал предназначен для работы вблизи железнодорожных путей (принадлежащих компании) для приема, очистки и дальнейшей транспортировки зерна с близлежащих хозяйств в пункт назначения (портовые зерновые терминалы и другие объекты приема зерна).

Мобильный монтируемый зерновой терминал работает следующим образом (рисунок 1.34). Зерновой материал из зерновоза с нижней разгрузкой (1) выгружается в автомобилеразгрузчик подкатной (2) для дальнейшей транспортировки на ленточные транспортеры (3) либо (4), причем маршрут

дальнейшего движения по транспортеру выбирается в зависимости от партии зерна. Каждая партия поступает в свой силос (5) или (6) и подлежит учету. Далее из силоса (5) или (6) материал соответственно через задвижки (28) или (29) соответственно подается в ленточный транспортер (9), откуда материал поступает на поточные весы (10) для взвешивания исходного материала. После взвешивания материал ленточным транспортером (11) через бункер (12) и соответственно задвижки (12.1, 12.2, 12.3) распределяется на три воздушно-решетные зерноочистительные машины «Delta 108» фирмы «Cimbria» (13), (14) и (15). Легкие примеси с машин при помощи скребкового транспортера (19) направляются в силос (23), а остальные отходы собираются скребковым транспортером (21) и направляются в воздушно-решетную зерноочистительную машину «Delta 107» фирмы Cimbria» (17) для рессортировки зернового материала. После очистке на машине (17) очищенный материал при помощи транспортера (условно не показан) подается в бункер (12) для повторной очистки. Легкие примеси с машины (17) при помощи скребкового транспортера (19) направляются в силос (23), отходы с решетной очистки направляются при помощи транспортера (условно не показан) в силос (24). Очищенный материал с машин (13), (14) и (15) скребковым конвейерами (20) и (22) направляется во второй модуль поточных весов (11) для взвешивания и дальнейшей отгрузки транспортером (16) в железнодорожный вагон (27). Модуль поточных весов оборудован также небольшим офисом для работы с клиентами.



1- зерновоз с нижней разгрузкой;
2- автомобилеразгрузчик подкатной;
3,4,9,11,16,22,25,26- мобильный ленточный транспортер;
19,20,21- скребковый транспортер;
5,6- силос приемный;
10,11- весы поточные;
12- бункер-распределитель;
12.1,12.2,12.3- задвижка;
13,14,15- зерноочистительная машина Delta 108;
17- зерноочистительная машина Delta 107;
18- мобильная электростанция и операторская;
23- силос аспирационных отходов;
24- силос для примесей;
27- вагон-хоппер;
29,30,31,32- задвижка.

Рисунок 1.34 - Мобильный монтируемый зерновой терминал фирмы «Mobil Grain» (Канада)

Особую сложность в очистке представляет собой технология обработки невеяного вороха. В СССР данная технология известна под наименованием «Невейка», получившая дальнейшее развитие в работах [74, 321]. Фирмой «McLeod Harvest» (Канада) разработана и внедрена технология уборки и послеуборочной обработки невеяного вороха. На решение проблемы фирмой было потрачено 10 лет и 12 миллионов долларов США. На рисунке 1.35 первое поколение агрегата, на рисунке 1.36 второе поколение мобильного агрегата очистки невеяного вороха [330].



Рисунок 1.35 - Мобильный агрегат очистки невеяного вороха фирмы «McLeod Harvest» (Канада) (по патенту США №US5873226)



Рисунок 1.36 - Мобильный агрегат очистки невеяного вороха фирмы «McLeod Harvest» (Канада) (по патенту США №US6422937)

Особенностью агрегата второго поколения является усовершенствованный приемный бункер, опрокидывающий ворох посредством его поднятия, а также система пневмотранспортирования выделенных отходов, именуемая «Graff». Агрегат обладает максимальной автономностью, имеет собственный бензиновый электрогенератор,

включающийся, как и агрегат от пульта дистанционного управления, находящегося у водителя грузового автомобиля, доставляющего невеяный ворох с поля.

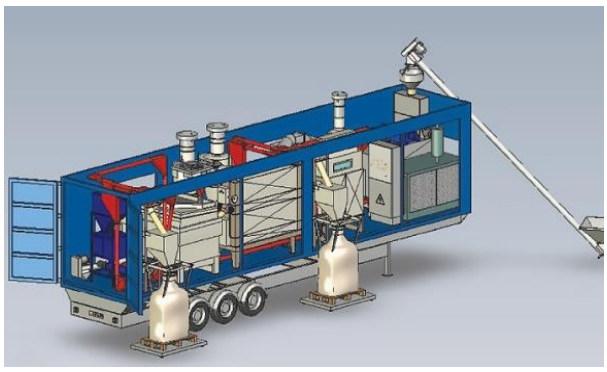
1.4.2 Классификация способов загрузки мобильных зерноочистительных агрегатов

Анализ существующих способов загрузки мобильных агрегатов, используемые в основном в технологиях зарубежных фирм-производителей показал, что выбор того или иного приёмно-загрузочного устройства зависит от технических характеристик самого мобильного агрегата (состава машин и транспортного оборудования и их мощностные показатели, производительности, объёма выполняемых работ при обработке зерна и др.).

В ведущих зернопроизводящих странах США, Австралии, Дании, Англии и других странах используются различные типы загрузочных устройств с учётом специфики фермерского хозяйства [81].

Устройства загрузки по конструктивному исполнению, представленные на рисунке 1.37 а,б- загрузка шнеком и оперативной емкости; в,г – использование пневмотранспорта; д- передвижным зернопогрузчиком с грузового автомобиля; е- шнеком со склада с временным укрытием; ж- шнеком из завальной ямы полусферической формы; з- непосредственно из отгрузочного шнека комбайна. В ряде зарубежных стран перспективным направлением является использование мобильных силосов различной вместимости с отгрузочными шнеками [303, 308, 323, 324, 325].

Учитывая многообразие способов загрузки и конструкций устройств, осуществляющих реализацию этих способов приводим разработанную нами классификацию (рисунок 1.38), где нашли отражение те способы, которые применяются в мировой практике.



а



б



в



г



д



е



ж



з

Рисунок 1.37 – Варианты загрузки мобильных зерноочистительных агрегатов

а- фирма «Damas» (Дания); б- фирма «Reso Seed» (Англия); в- фирма «Merle's Grain Cleaning» (США); г, д- фирма «Walco seed cleaning»; (Австралия) ; е- фирма «Gl. Buurholt Hovedgaard (Дания); ж- фирма «Schieber Farms» (США); з- фирма «Geber»t (Австралия)

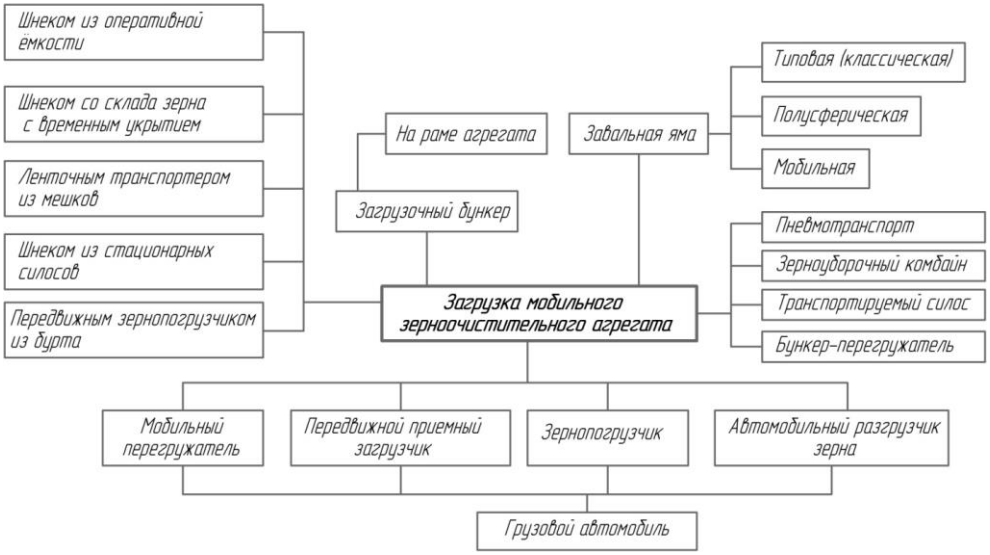


Рисунок 1.38 - Классификация способов загрузки мобильных зерноочистительных агрегатов

1.4.3. Классификация способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов

Требования к транспортным средствам, передвигающимся по дорогам общего пользования, накладывают значительные ограничения по размещению технологического оборудования в мобильном зерноочистительном агрегате, поэтому практически во всех рассмотренных агрегатах применены определенные приемы трансформации в рабочее положение при осуществлении основной технологической операции (рисунок 1.39) [32, 89].

В зависимости от уровня сложности и конечной стоимости агрегата (стоимость мобильного агрегата может доходить до 1 млн. долларов) используются различные приводы для трансформации: ручной, механический, электрический, пневматический, гидравлический.

Все вспомогательное оборудование прицепов может использоваться в двойном назначении: например, откидные борта прицепов- в качестве площадок обслуживания технологического оборудования; защиты от атмосферных осадков и солнечного излучения; обеспечения быстрого доступа к технологическому оборудованию.

Использование в агрегате машин с возвратно-поступательным движением решетных станов вынуждает разработчиков (при отсутствии фундаментов) использовать дополнительные грузы. Для этих же целей используются гидравлические домкраты, позволяющие исключить из технологического процесса упругие свойства колес прицепов.

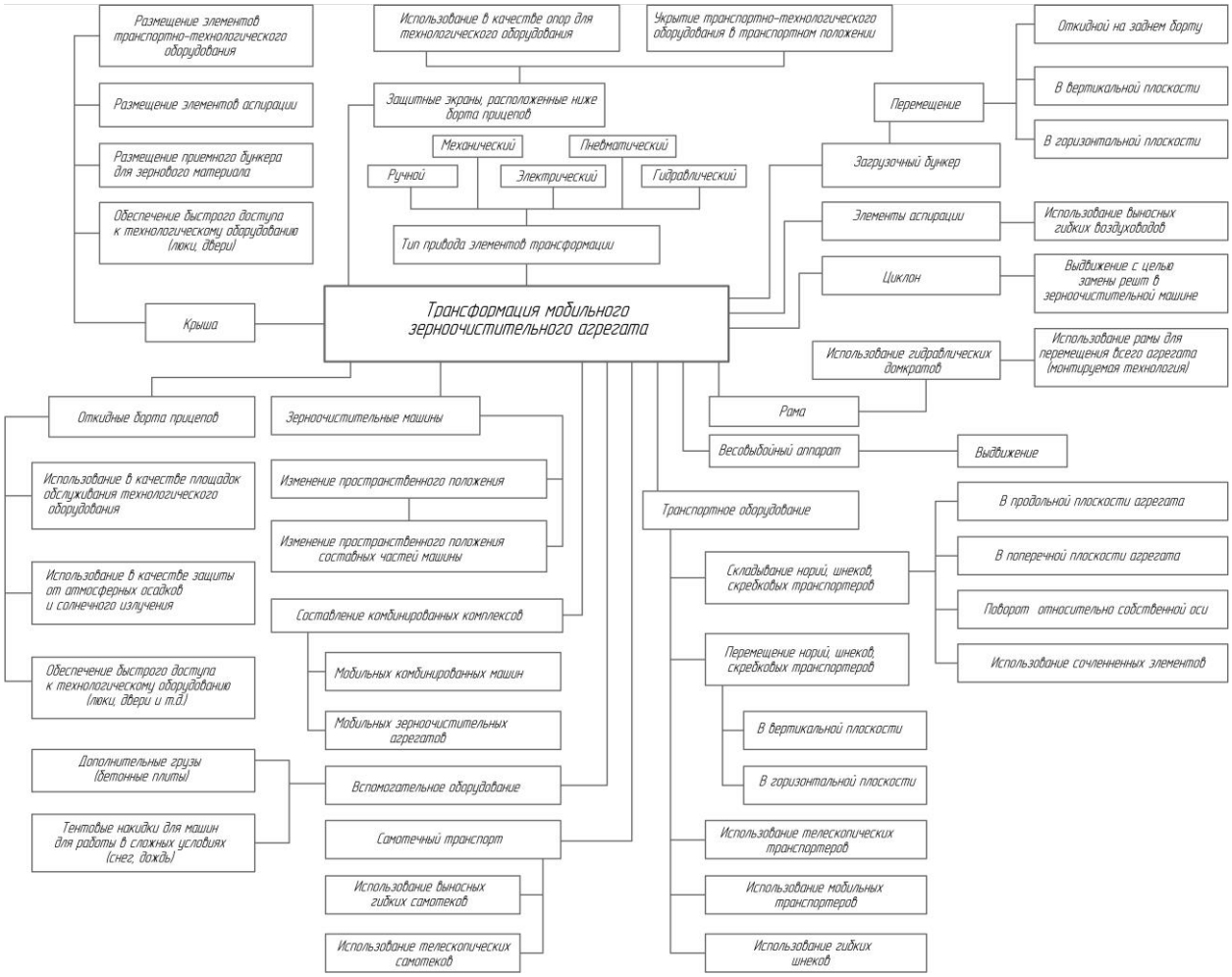


Рисунок 1.39 - Классификация способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов

1.4.4. Классификация оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов

Основные системы хранения целевых фракций в мобильных зерноочистительных агрегатах представлены на рисунке 1.40 [87]. Наиболее распространенным является применение загрузочного ковша (разных

размеров) для питания загрузочной нории (рисунок 1.40а). Применение в качестве источника исходного материала силоса с коническим или пирамидальным дном (рисунки 1.40б и 1.40в) позволяет обеспечить необходимое время между доставками зерновых культур. Уникальная конструкция, включающая в себя бункер-перегружатель исходного материала и бункер чистого зерна, смонтированных на одной раме изготовлена фирмой «Nufab» (Австралия) позволяет минимизировать зависимость агрегата от дополнительных передвижных средств для целевых фракций. Значительное увеличение объема бункера исходного материала возможно при применении «поперечного» бункера, в данном случае максимально используется вся высота агрегата (рисунок 1.40д). Одновременное использование бункеров для исходного материала и для отходов реализовано в зерноочистительных агрегатах фирмы «McDougall Weldments» (Австралия) и «Scr-Sca 40» фирмы «Kimseed International Pty Ltd» (Австралия) (рисунки 1.40е и 1.40ж). «Продольный» бункер, реализованный фирмой Maschinenbau Jacobs» (Герамания) позволяет значительно упростить технологию транспортировки материала, так как используется один транспортер, проходящий снизу по центру бункера (рисунок 1.40и). Мобильный зерноочистительный агрегат «Tyga Twin» фирмы «Inland Sales & Service» (Австралия) (рисунок 1.40к) реализовано нижнее расположение приемного бункера, в то время как зерноочистительный сепаратор находиться над бункером. В агрегате N-2 фирмы «Donofrio» (Аргентина) (рисунок 1.40л) напротив приемный бункер находится над зерноочистительным сепаратором. Передвижной зерноочистительный комплекс ПЗК-60 «Зубр» фирмы «Воронежский завод сельхозмашин» (Россия) (рисунок 1.40м) оснащен контейнером для сбора отходов зерноочистки, что при наличии сменных контейнеров позволяет обеспечить быструю выгрузку отходов.

На основе представленного анализа нами предлагается классификация оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов, представленная на рисунке 1.41.

Как видно из классификации, для всех целевых фракций в мобильных зерноочистительных агрегатах применяются и внешние емкости. Это, в первую, очередь позволяет значительно уменьшить габариты агрегата.



Рисунок 1.40 - Системы хранения целевых фракций в мобильных зерноочистительных агрегатах

а - зерноочистительный агрегат фирмы «Derbas group» (Сирия); б - зерноочистительный агрегат с системой приема зерна SC4B15TA «Mega» фирмы «Rotary Seed Cleanere» (Австралия); в - зерноочистительный агрегат фирмы «Trufab Machinery» (Австралия); г - зерноочистительный агрегат с системой приема и хранения зерна фирмы «Nufab» (Австралия); д - семяочистительный комплекс фирмы «Southland Grain Services» (Канада); е - зерноочистительный агрегат фирмы «McDougall Weldments» (Австралия); ж,з

- зерноочистительный агрегат «Scr-Sca 40» фирмы «Kimseed International Pty Ltd» (Австралия); и - зерноочистительный агрегат фирмы «Maschinenbau Jacobs» (Герамания); к - мобильный зерноочистительный агрегат «Tyga Twin» фирмы «Inland Sales & Service» (Австралия); л - зерноочистительный агрегат N-2 фирмы «Donofrio» (Аргентина); м - передвижной зерноочистительный комплекс ПЗК-60 «Зубр» фирмы «Воронежский завод сельхозмашин» (Россия); 1 - загрузка зернового вороха; 2 - бункер загрузочный на 9 тонн; 3 - ДВС; 4 - промежуточный транспортер; 5 - цилиндрические решета; 6 - скальператор; 7 - отгрузочный транспортер; 8 - временный бункер на 5-6 тонн примесей.

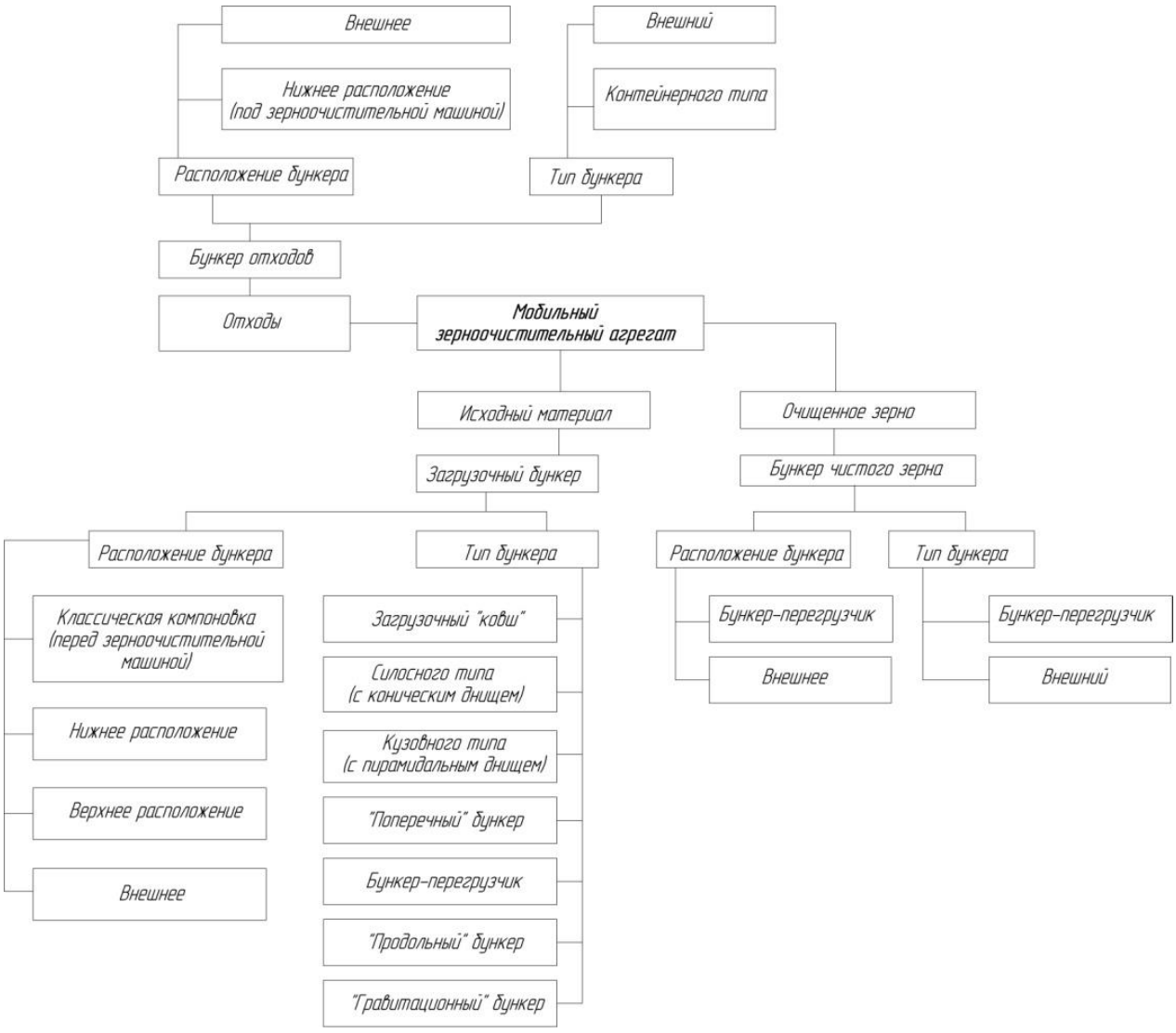


Рисунок 1.41 - Классификация оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов

1.4.5. Классификация мобильных зерносушилок по принципу мобильности

Сельскохозяйственные предприятия различных форм собственности наряду с очисткой широко стали применять сушку и активное вентилирование зерна. Парк стационарных и мобильных сушилок возрастает, так как требуется проведение значительного объема работ по сушке и активному вентилированию зерна [77].

Актуальность этой проблемы существует и для Алтайского края. В настоящее время дефицит сушилок всех типов (стационарных и мобильных) сохраняется. Поэтому операция сушки зерна должна стать главным направлением при проектировании современных технологических линий послеуборочной обработки зерна. Большое многообразие мобильных зерносушилок отечественного и зарубежного производства требует их систематизации. На основе аналитического обзора основных направлений в зерносушении предлагаем классификацию имеющихся типов зерносушилок по принципу мобильности (рисунок 1.42) [76].



Рисунок 1.44 - Классификация мобильных зерносушилок по принципу мобильности

1.4.6. Классификация мобильных зерноочистительных агрегатов

Рассмотрим общую структуру мобильной технологии послеуборочной обработки зерна (рисунок 1.43): транспортировка зерна; очистка зерна; сушка; протравливание; хранение; взвешивание [92, 94, 95, 101, 187].

Транспортировку зерна можно условно разделить на доставку с поля и перемещение зерна на пункте обработки. В хозяйствах зерно от комбайнов доставляется, как правило, с помощью автомобилей КамАЗ с прицепом. Для этого при модернизации увеличивается длина проездной ямы, поднимаются выше бункера в типовых мехтоках и т.д. Однако, тенденция к переходу на импортные грузовые автомобили, способные перевозить большие объемы зерна (свыше 45 тонн) и специальные бункеры-зерновозы (вместимостью до 110 тонн зерна), сводят на нет данные попытки продлить жизнь морально устаревшим конструкциям мехтоков [258, 264, 266].

Для разгрузки зерновозов применяется специальный комплекс транспортеров, включающий в себя разгрузочные конвейеры и передвижные транспортеры. Причем разгрузочные конвейеры управляются с помощью пультов дистанционного управления.

Самопередвижные погрузчики и зернометатели служат для перегрузочных работ на открытых площадках и в складских помещениях.

Очистку зерна (семян) можно разделить на использование: мобильных передвижных машин; мобильных самопередвижных машин; мобильные зерноупаковочные машины с функцией очистки; передвижных агрегатов; самопередвижных агрегатов; мобильных комплексов машин; мобильных комбинированных комплексов машин; составных агрегатов; мобильных зерноочистительно-сушильных комплексов; мобильных зерно-семяочистительных агрегатов для внутрихозяйственного пользования; мобильных комплексов агрегатов и мобильных агрегатов для обработки невеяного вороха «Graff». К очистке также относится монтируемая технология, включающая в себя: монтируемые машины, мобильные станции,

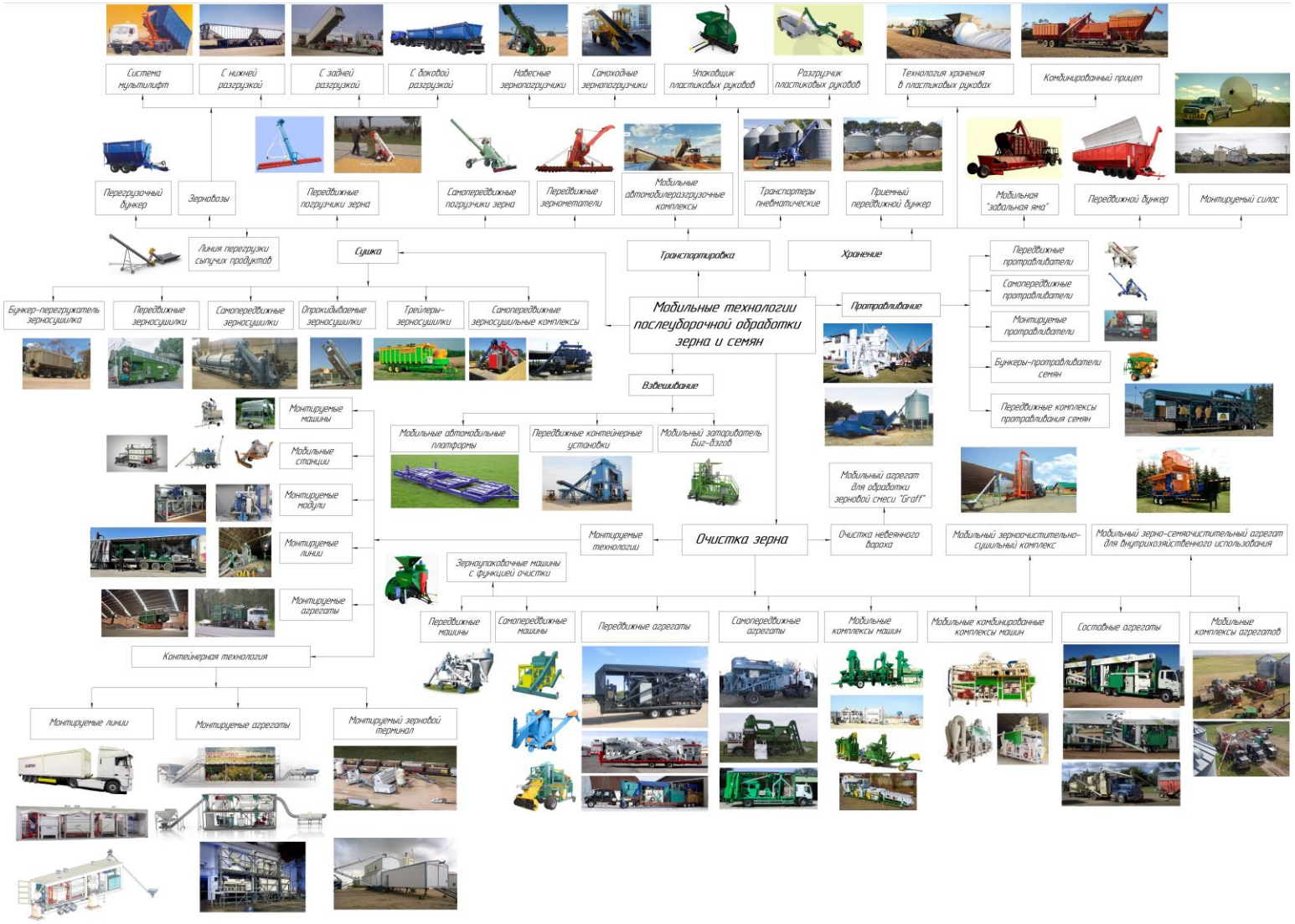


Рисунок 1.43 - Классификация мобильных технологий послеуборочной обработки зерна и семян

монтируемые модули, монтируемые линии, монтируемые агрегаты, а также контейнерная технология, включающая в себя монтируемые линии, монтируемые агрегаты, монтируемые зерновые терминалы.

Мобильные зерносушилки, как и стационарные, могут быть шахтными, бункерными, конвейерными, барабанными. По типу движения мобильные зерносушилки, как правило, передвижные, однако в Казахстане и в Украине разработаны самопередвижные зерносушилки.

Протравливание семян в мобильной технологии состоит из: передвижных, самопередвижных протравливателей, монтируемых протравливателей, бункеров-протравливателей семян, передвижных комплексов протравливания семян.

Хранение зерна в мобильной технологии. В Австралии применяются бункера для хранения зерна в бункерах непосредственно в поле. Особого внимания заслуживает применение передвижной «завальной ямы», которая значительно упрощает технологию очистки или сушки зерна в мобильной технологии. Комбинированный прицеп состоит из бункера-перегрузчика зерна, зерноочистительного агрегата и бункера очищенного зерна. Также хранение зерна осуществляется в рукавах, посредством специальных машин упаковщиков и разгрузчиков.

Взвешивание зерна происходит на мобильных платформах различного исполнения. Взвешивание семян, как правило, неразрывно связано с процессом затаривания в мешки или биг-бэги. На рисунке 1.45 представлен комплекс взвешивания и затаривания семян, расположенный в двух контейнерах.

1.5 Постановка проблемы, цель и задачи исследований

До настоящего времени практически не ставились задачи применения мобильных технологий послеуборочной обработки зерна. Существующие схемы стационарных технологических линий не в полной мере отражают потребность малых фермерских хозяйств с небольшими посевными

площадями, а также крупных хозяйств, входящих в состав агрохолдингов. Опыт показывает, что время принятия решения по внедрению новой технологии и время ее реализации снижается от года к году, что требует новых подходов к созданию технических решений максимально высокой степени готовности при наименьших затратах времени.

Структура производства зернопроизводящих хозяйств как продовольственного, так и семенного направления показывают, что, имея в распоряжении зерноочистительный или семяочистительный агрегат в единственном числе, очень сложно решить задачи очистки зернового материала в необходимые сроки. Особенно это актуально для семеноводческих хозяйств. В приложении А3 представлен анализ двух хозяйств наглядно иллюстрирующий сложность послеуборочной очистки зерна и семян. Например, в хозяйстве ООО «Агромельник» Первомайского района Алтайского края в 2020 году возделывалось 8 культур, при этом очистке подлежало: сортов зерновых культур составляло - 20 шт.; зернобобовых - 3 шт.; технических -2 шт. Для обеспечения сортовой чистоты необходима полная зачистка агрегата, что требует значительного количества времени. В хозяйстве ООО «АгроЛад» Первомайского района Алтайского края, продовольственного направления, в 2020 году возделывалось 10 культур. Данные хозяйства в своем составе имеют агрегаты, выполненные на одинаковых металлоконструкциях, отличаются набором машин.

Потребность решения современных проблем одновременно с совершенствованием технологии в области послеуборочной очистки зерна и семян позволяет сформулировать решаемую настоящими исследованиями **научную проблему** - создание научных и методических основ разработки мобильных технологических и технических решений для эффективной послеуборочной очистки зерна и семян, адаптации и оптимизации структуры к условиям их функционирования в зависимости от исходного зернового материала с реализацией рационального использования энергоресурсов и электроэнергии.

Цель исследования: повышение эффективности послеуборочной обработки зерна и семян путем разработки научных основ структурно-параметрического синтеза мобильных зерноочистительных агрегатов.

Задачи исследования:

1. Провести структурный анализ, систематизацию и классификацию мобильных технологий послеуборочной обработки зерна и технических средств.

2. Разработать структуры мобильных зерноочистительных агрегатов для очистки зерна продовольственного и семенного назначения.

3. Разработать математическую модель функционирования и методику расчета основных параметров мобильного зерноочистительного агрегата.

4. Провести структурный анализ, систематизацию и классификацию центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения. Исследовать процесс сепарации в центробежно-решетном сепараторе, входящем в мобильную технологию очистки зерна и обосновать основные конструктивно-режимные параметры.

5. Выполнить экспериментальные исследования и получить многофакторные математические зависимости показателей качества очистки зерна от конструктивно-режимных параметров центробежно-решетного сепаратора и физико-механических свойств зернового материала для определения его параметров.

6. Провести производственную проверку и дать технико-экономическую оценку основных результатов исследований, внедрить в сельскохозяйственное производство и в учебный процесс в вузах.

Выводы по главе 1

1. Результаты исследований в области технологий и техники для послеуборочной обработки зерна подтверждают необходимость применения современных технологий и машин, работа которых основана на новых принципах сепарирования. Исследования последних лет указывают на

возможность повышения эффективности очистки зерна за счет обоснованных параметров технологического процесса и использования центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения. Центробежно-решетные и центробежно-воздушные сепараторы представляют собой новый тип зерноочистительного оборудования в послеуборочной обработке зерна, однако процесс сепарации в них изучен недостаточно, отсутствуют отдельные методики расчета конструктивно-технологических и режимных параметров.

2. Структурный анализ центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения позволил разработать классификации: способов предварительной подготовки зернового материала центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения; центробежных сепараторов; аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения; способов применения центробежно-воздушного сепаратора; решет зерноочистительных машин; отверстий решет зерноочистительных машин; решет центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения; способов очистки решет зерноочистительных машин и рабочих органов для их осуществления.

3. На основе структурного анализа и систематизации мобильных технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна разработаны классификации: самопередвижных зерноочистительных машин; мобильных технологий послеуборочной очистки зерна и семян; мобильных зерноочистительных агрегатов по назначению; способов загрузки мобильного зерноочистительного агрегата; мобильных зерносушилок по принципу мобильности; оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов; способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов.

4. Технические средства мобильных технологий послеуборочной обработки зерна позволяют очищать исходный материал, однако до настоящего времени нет однозначного мнения об эффективности их работы при различных компоновочных решениях.

ГЛАВА 2. СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО И СЕМЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

2.1 Событийный подход к моделированию технологических процессов в мобильных зерноочистительных агрегатах

Методология прогнозирования развития мобильных зерноочистительных агрегатов должна предусматривать обязательное проведение ретроспективного анализа развития техники, охватывающего период до 15…20 лет. В нем должны содержаться оценка технической системы в ретроспективный период, степень реализации наиболее перспективных технологий с учетом региональной дифференциации. Здесь же должен быть оценен и уровень технической оснащенности мобильных зерноочистительных технологий с учетом анализа данных современного периода научных исследований.

Мобильный зерноочистительный агрегат рассматриваем в виде системы, состоящей из отдельных элементов и предназначенной для выполнения главной функции – очистки зерна или семян от примесей. По ГОСТ 33735-2016 под термином зерноочистительный агрегат понимают «Комплект зерноочистительных машин, транспортирующих устройств, электрического и вспомогательного оборудования в составе технологической линии (линий), на которой последовательно выполняются связанные между собой операции механизированной послеуборочной обработки зерна» [44].

Существенные отличия мобильной технологии послеуборочной обработки зерна от стационарной заключаются в возникновении новых событий не характерных для классических технологий очистки.

Рассмотрим основные события при реализации мобильной зерноочистительной технологии в хронологическом режиме.

Первое событие — это возникновение потребности в данном виде технологии у заказчика. Данное событие подразумевает как формирование данного

вида потребности методами информационной «накачки» всей отрасли растениеводства, так и возможности у заказчика прореагировать на данный вид предложения.

Второе событие - формирование технического задания с заказчиком, учитывая все необходимые ограничения, возникающие при формировании мобильных технологий и выяснения потребностей и уровня технологии.

Третье событие - определение уровня автономности мобильного зерноочистительного агрегата и вида функционирования агрегата в системе АПК. От этого события будет зависть формирование команды исполнителей и необходимости базы дислокации агрегата.

Четвертое событие - планирование маршрута эксплуатации агрегата в течении сезона и подготовка необходимых сменных рабочих органов в соответствии с полученными техническими заданиями на очистку того или иного вида сельскохозяйственной культуры и уровня необходимой технологии.

Пятое событие - транспортировка агрегата к месту проведения работ и его трансформация в рабочее состояние, а также обратная трансформация после проведения работ и переезд к следующему пункту маршрута.

Шестое событие - организация работы мобильного зерноочистительного агрегата на месте проведения работ.

Седьмое событие - возможность проведения текущего ремонта, модернизации, перенастройки при необходимости и переоборудования для работы в сложных условиях мобильного зерноочистительного агрегата на базе.

Восьмое событие - возможность продажи мобильного зерноочистительного агрегата. При данном событии у потребителя может не возникнуть части этапов формирования технологии послеуборочной очистки зерна и семян у себя в хозяйстве (подготовка технического задания, проектирование объекта, согласование, получение разрешения на строительство, строительство и т.д.).

Представленные события с третьего по восьмое не характерны для стационарной технологии, поэтому необходимо мобильную технологию рассматривать, учитывая данные события.

При этом применение мобильных технологий, ограничения по габаритам, массе и энергопотреблению приводят к существенным отличиям от известных стационарных технологий обработки зерна и семян. Заметим также, что требуемые качественные показатели зерна продовольственного назначения и зерна семенного назначения, приводят не только к различным режимам очистки, но и к существенным отличиям по структуре мобильных агрегатов. Поэтому рассмотрим варианты использования мобильного зерноочистительного агрегата на разных уровнях его функционирования, а для этого необходимо рассмотреть иерархию структуры мобильной системы послеуборочной обработки зерна.

2.2 Иерархическая структура мобильной системы послеуборочной обработки зерна

Мобильная технология послеуборочной обработки зерна и семян включает в себя (рисунок 2.1) все технологические процессы, присущие и стационарным технологиям: I- транспортировка зерна; II- взвешивание; III- очистка невеяного вороха; IV- временное хранение; V- сушка; VI- протравливание; VII- очистка зерна и семян. Основные технологии — это обработка невеяного вороха, обработка фуражного зерна, обработка продовольственного зерна и подготовка семенного зерна.

Наибольший интерес для данной работы вызывает технология очистки зерна и семян, поэтому рассмотрим основные составляющие представленной иерархии.

Мобильную технологию очистки зерна и семян условно можно разделить на две основные группы: мобильные и мобильные монтируемые технологии [101].

Мобильные технологии очистки зерна и семян реализуются: передвижными машинами, самопередвижными машинами, зерноупаковочными машинами с функцией очистки, передвижными агрегатами, самопередвижными агрегатами, мобильными комплексами машин, мобильными комбинированными комплексами машин, составными агрегатами, мобильными комплексами агрегатов [69, 101].

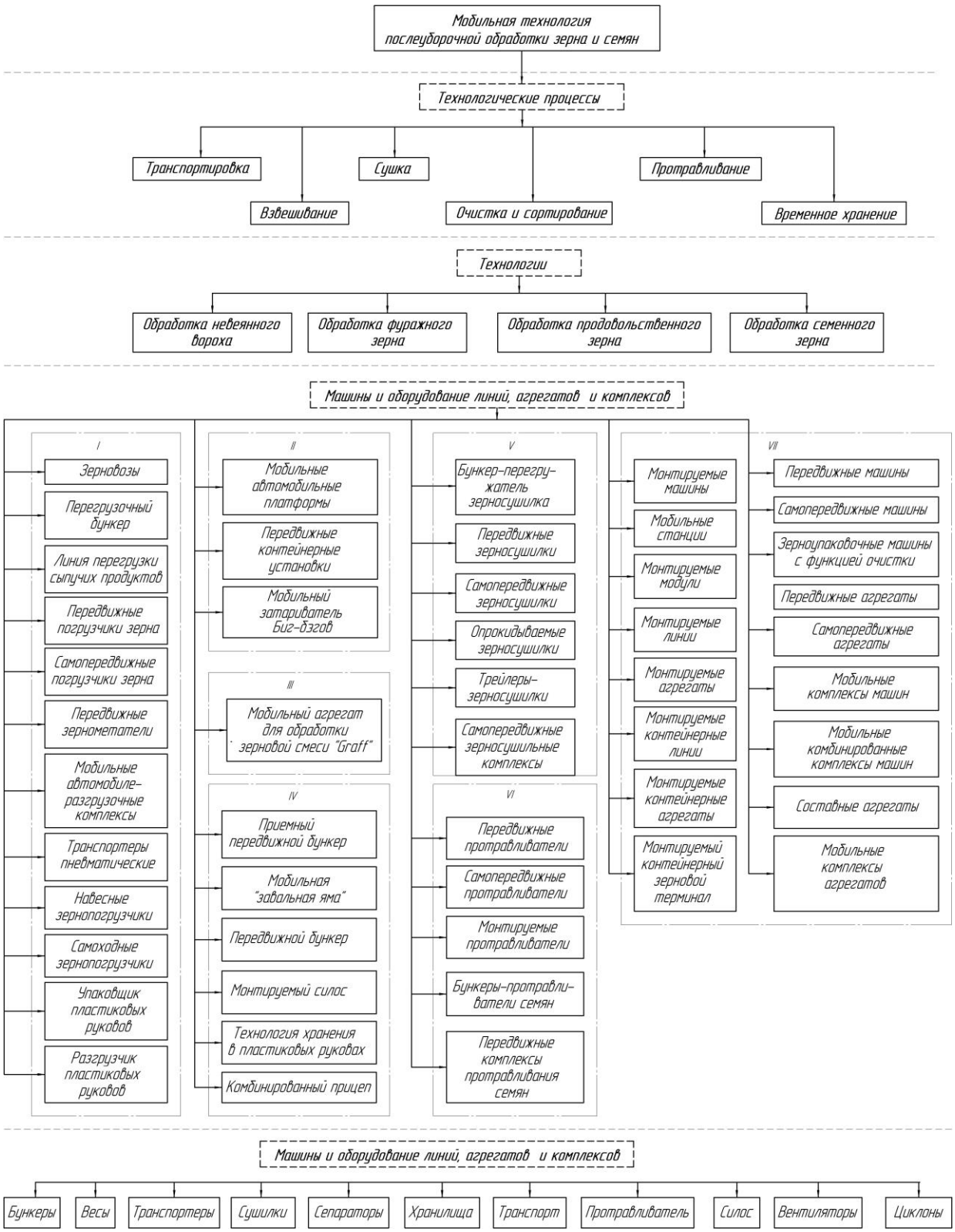


Рисунок 2.1 - Иерархическая структура мобильной системы послеуборочной обработки зерна

Мобильные монтируемые технологии реализуются: монтируемыми машинами, мобильными станциями, монтируемыми модулями, монтируемыми

линиями, монтируемыми агрегатами, монтируемыми контейнерными линиями, монтируемыми контейнерными агрегатами, монтируемыми контейнерными зерновыми терминалами [112].

Машины и оборудование линий, агрегатов и комплексов мобильных технологий могут использоваться аналогичные стационарным технологиям, но гораздо чаще они подвергаются модернизации для обеспечения необходимых габаритов, учитывая необходимость трансформации части узлов и оборудования.

На основании вышеизложенного предлагаем иерархическую структуру всей мобильной системы послеуборочной обработки зерна.

2.3 Основные виды функционирования мобильного зерноочистительного агрегата в системе АПК

Рассмотрев иерархическую структуру мобильной системы послеуборочной обработки зерна, предлагаются варианты основных и дополнительных видов функционирования мобильного зерноочистительного агрегата (рисунки 2.2 и 2.3). Нами было выделено три основных уровня функционирования.

На первом уровне – это, в первую очередь, ***внутрихозяйственное использование МЗА***. Наличие мобильного агрегата укрепит возможности хозяйства в дополнение к стационарной линии, и даст возможность производить качественную очистку зерна без дополнительных затрат времени на проектирование, согласование с государственными органами, строительства и т.д., что очень важно в системе растениеводства.

Использование МЗА в качестве бизнеса по оказанию услуги по очистке зерна также находится на первом уровне иерархий видов функционирования МЗА. МЗА, подработав семена в одном хозяйстве, переезжает в другое согласно заранее спланированному маршруту.

Смешанное использование МЗА относится ко второму уровню и позволяет получать дополнительные преимущества от разных способов функционирования.

Использование МЗА в быстром решении региональных проблем АПК на государственном уровне относится к третьему уровню функционирования.

Например, создание гос. корпораций на "новых территориях" РФ для обеспечения отрасли растениеводства, региональные ЧС.

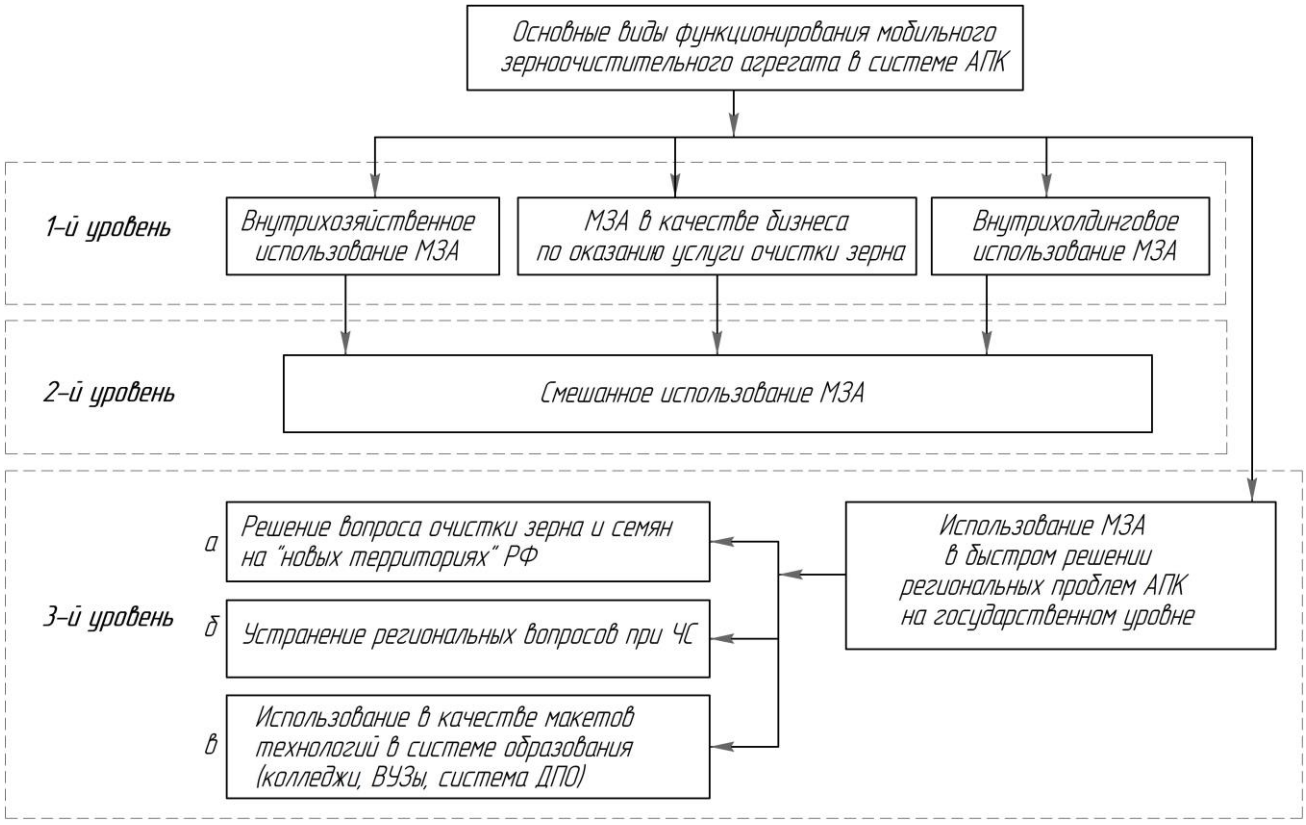


Рисунок 2.2 – Основные виды функционирования мобильного зерноочистительного агрегата в системе АПК

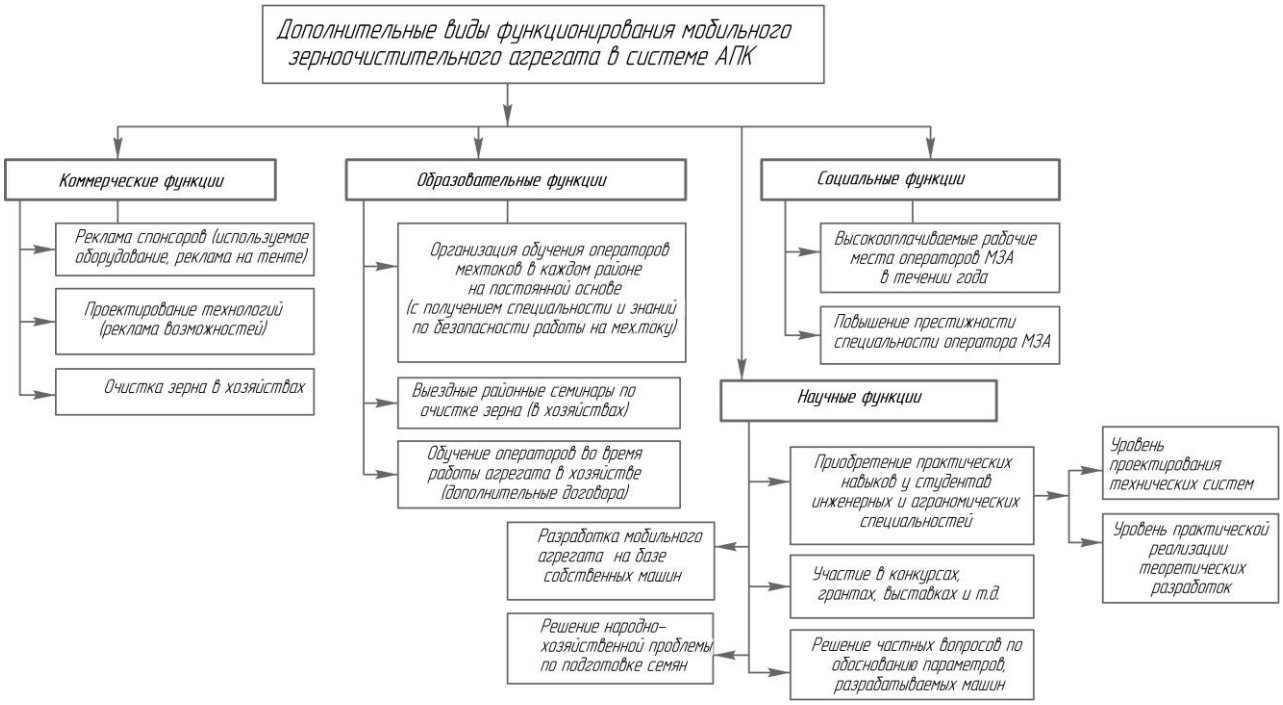


Рисунок 2.3 - Дополнительные виды функционирования мобильного зерноочистительного агрегата в системе АПК

Направление внедрения мобильных зерноочистительных агрегатов открывает большие возможности для комплектования хозяйств не только МЗА, но и дополнительными модулями к этим машинам, а принцип унификации, заложенный в данном подходе, позволяет использовать модули на разных этапах очистки зерна и семян.

Применение принципа мобильности в процессе разработки технологии и технических средств в планируемой к производству зерно-семяочистительной линии лежит в основе ресурсо-энергосберегающего и экологически безопасного зернопроизводства. Базовой основой для мобильной технологии в регионе является наличие фермерских хозяйств с малыми посевными площадями. Подобный подход к развитию мобильных технологий и технических средств особенно много значит для фермерских хозяйств, занимающихся производством не только зерновых и зернобобовых культур, но и технических (в основном масличных) культур.

Внедрение комплексов или отдельных мобильных зерно-семяочистительных машин решает важные задачи дальнейшего развития и повышения эффективности очистки зерна и семян:

- своевременную и высококачественную обработку зерна, обеспечивающую его сохранность с высокими качественными показателями, сокращение транспортных расходов, обработку продовольственного и семенного зерна с высокой степенью механизации и невысокими эксплуатационными затратами;

- сокращение транспортных и погрузочно-разгрузочных работ на перевозке зерна и завозе (складировании) готовой продукции.

2.4 Системный подход при исследовании мобильных зерноочистительных агрегатов

Рассмотрим работу мобильного зерноочистительного агрегата, как составной элемент технологии производства зерна. С этой точки зрения его функционирование подчиняется сезонности. Таким образом, принимаем, что

маршрут работы МЗА спланирован на весь «агросезон» подготовки семян, который может длится девять месяцев в году (01.08-30.04 для СФО) и составлять 184 дня.

Тогда годовой фонд времени составит:

$$\Phi_{\text{г}} = \sum_{j=1}^{n}(\Phi_{\text{г}J} + \Phi_{\text{п.о.}j}) \quad (2.1)$$

где $\Phi_{\text{г}J}$ – годовой фонд рабочего времени на j-ой производственной площадке;

$\Phi_{\text{п.о.}j}$ – годовой фонд времени на выполнение подготовительных технологических операций, приходящихся на j-ую производственную площадку;

n – количество производственных площадок, на которых работает МЗА.

Определим годовой фонд времени на выполнение подготовительных технологических операций:

$$\Phi_{\text{п.о.}} = \sum_{j=1}^{n}(\frac{L_j}{V_{\text{ТС.}}} + t_{\text{Р.А.}j} + t_{\text{Т.П.}j} + \sum_{i=1}^{n} t_{\text{Т.Н.}j}), \text{ч} \quad (2.2)$$

где L_j – расстояние до j-ой производственной площадки, км;

$V_{\text{ТС.}}$ - скорость транспортного средства, перевозящего МЗА, км/ч;

$t_{\text{Р.А.}j}$ - время трансформации, необходимое для перевода МЗА из транспортного положения в рабочее на j-ой производственной площадке, ч;

$t_{\text{Т.П.}j}$ - время трансформации, необходимое для перевода МЗА в транспортное положение на j-ой производственной площадке, ч;

$t_{\text{Т.Н.}j}$ - время технологического обслуживания, необходимое для настройки МЗА на новую культуру (замена решет, деки пневмостола, регулировка аспирационных каналов и т.д.), ч.

Годовой фонд рабочего времени на j-ой производственной площадке:

$$\Phi_{\text{г}J} = \sum_{j=1}^{k_j} T_{\text{см}j}, \text{ч} \quad (2.3)$$

где $T_{\text{см}j}$ - время смены на j-ой производственной площадке;

k_j - количество дней выполнения работы МЗА на j-ой производственной площадке.

$$T_{\text{см}} = \text{Т}_{\text{Р}} + \text{Т}_{\text{ЕТО}} + \text{Т}_{\text{ФИЗ.}} + \text{Т}_{\text{ТЕХН.}}, \text{ч} \quad (2.4)$$

где $\text{Т}_{\text{Р}}$ - рабочее время смены, ч;

$Т_{ЕТО}$ - время, необходимое для проведения ежедневного технического обслуживания МЗА, ч;

$Т_{ФИЗ.}$ - время, необходимое на физиологические потребности оператора, ч;

$Т_{ТЕХН.}$ - время простоев МЗА за смену на одной производственной площадке, ч.

Время простоев МЗА за смену зависит от коэффициента готовности, который определяется по следующей формуле:

$$К_Г = \frac{Т_Р}{Т_Р + Т_{ТЕХН}} \quad (2.5)$$

Подставив уравнение (2.5) в (2.3) с учетом (2.4), получим:

$$Ф_{гJ} = \sum_{j=1}^{k_j} \left[Т_{ЕТО} + Т_{ФИЗ.} + \frac{Т_Р}{К_Г} \right], \text{ ч} \quad (2.6)$$

Наряду с эффективностью технологической системы мобильного зерноочистительного агрегата важным показателем является его надёжность. Анализ причин отказов машин в сельском хозяйстве, проведенный В.И. Земсковым, показывает, что 40-45% случаев от общего их количества связано с ошибками при проектировании, 20% происходит от неправильного использования машин и только 10-15% – от естественного износа и старения [61].

В работах по надежности объектов сельскохозяйственного назначения чаще всего используется комплексный показатель надежности – коэффициент готовности.

Коэффициент готовности $К_Г$ – вероятность того, что технологическая схема мобильного зерноочистительного агрегата окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение системы по назначению не предусматривается. Определяется как отношение наработки на отказ к сумме этой наработки и среднего времени восстановления после отказа.

Коэффициент готовности будем использовать в качестве основного показателя надежности функционирования МЗА, который показывает долю работоспособного состояния системы в общем фонде рабочего времени при учете отказов по техническим причинам.

Технологические линии подразделяются по структуре на три типа: сблокированные (с жесткой связью), многосекционные (с гибкой связью), многопоточные. В сблокированных отказ любого элемента приводит к отказу всей системы. Технологические линии мобильных зерноочистительных агрегатов имеют в основном сблокированную структуру [70].

Рассмотрим функционирование технологической системы со сблокированной структурой.

Анализ сблокированной системы позволяет получить графическое изображение переходов в возможные состояния (граф состояний), описываемые дифференциальными уравнениями.

Рассматривая возможные состояния системы, получим систему уравнений А.Н. Колмогорова. Согласно правилу А.Н. Колмогорова (рисунок 2.4) все, что выходит из данного состояния берется со знаком минус, что приходит - со знаком плюс. Тогда система уравнений Колмогорова будет иметь вид [60]:

$$-P_0 \lambda_i + \sum P_i \mu_i = 0, \quad (2.7)$$

$$P_0 + \sum P_i = 1, \quad (2.8)$$

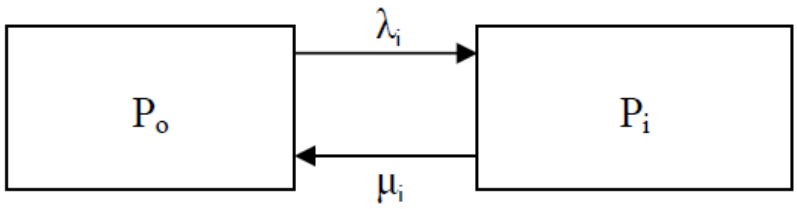


Рисунок 2.4 - Граф состояний сблокированной системы: P_0 — вероятность состояния, когда все элементы системы исправны;

P_i — вероятность отказа i-го элемента

Из уравнения (2.7) $\sum P_i = P_0(\lambda_i/\mu_i)$ подставим его в уравнение системы (2.8), получим [60]:

$$P_0 + P_0 \sum (\lambda_i/\mu_i) = 1, \quad (2.9)$$

откуда $P_0 = 1 / (1 + \lambda/\mu_i)$.

Так как

$$P_0 = К_Г \text{ и } \sum(\lambda_i/\mu_i) = \sum(1 - К_{Гi})/К_{Гi}, \quad (2.10)$$

Получим [60]:

$$К_Г = [\sum К_{Гi}^{-1} - (n - 1)]^{-1} \quad (2.11)$$

где n - количество элементов в системе;

$К_{Гi}$ - коэффициент готовности i-го элемента.

Рассмотрим факторы (рисунок 2.5), влияющие на коэффициент готовности мобильного зерноочистительного агрегата.

Производительность МЗА определим по известным формулам [232]

$$Q_ч = \frac{G_г}{Ф} \quad (2.12)$$

$$Ф = \tau \cdot T_Р \quad (2.13)$$

где $G_г$ - годовое поступление зерна на пункт очистки, т;

Ф - фонд рабочего времени работы пункта очистки, ч;

τ - количество дней работы пункта, шт.;

$T_Р$ - время работы пункта в сутки, ч.

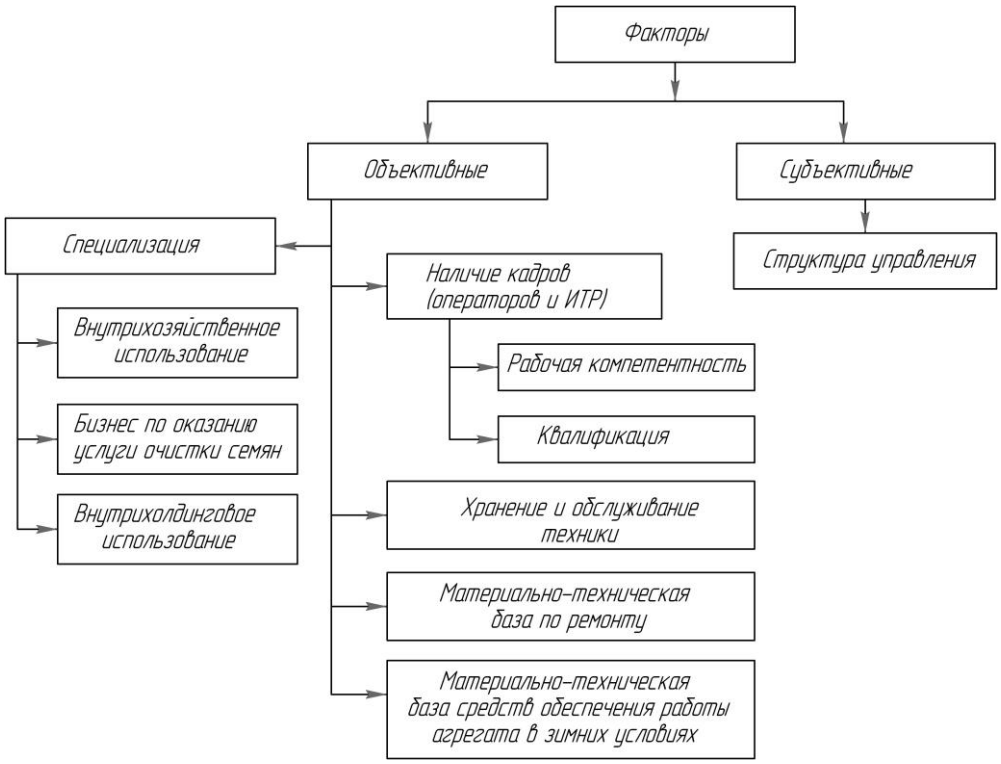


Рисунок 2.5 – Факторы, влияющие на коэффициент готовности мобильного зерноочистительного агрегата

Производительность за 1 час эксплуатационного времени найдем согласно ГОСТ 33735-2016 [44]:

$$W_{эк} = \frac{W_0}{(\frac{1}{K_{см}} + \frac{1}{К_Г} - 1)} \quad (2.14)$$

где W_0 - производительность за час сменного времени, т/ч.

$K_{см}$ - коэффициент сменности.

При этом производительность за час сменного времени МЗА с учетом вида обрабатываемой культуры, засоренности и влажности зерна определяется по формуле [29]:

$$W_0 = W_П \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2, \quad т/ч \quad (2.15)$$

где k - коэффициент, учитывающий обрабатываемую культуру;

k_1 - коэффициент, учитывающий влажность зерна;

k_2 - коэффициент, учитывающий засоренность зерна.

Производительность поточной линии определяется лимитирующей машиной в линии (при работе по полнопоточной схеме).

Сезонная производительность МЗА с учетом уравнений (2.1), (2.2), (2.6) и (2.13) определится выражением:

$$Q_{сезМЗА} = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} G_{ij}}{\sum_{j=1}^{n}\left[Т_{ЕТО} + Т_{ФИЗ.} + \frac{Т_Р}{К_Г}\right] + \left[\sum_{j=1}^{n}(\frac{L_j}{V_{ТС.}} + t_{Р.А.j} + t_{Т.П.j} + \sum_{i=1}^{m} t_{Т.Н.i})\right]}, \text{ т/сезон} \quad (2.16)$$

где m - количество культур, обрабатываемых на j-ой площадке, шт.

Выражение (2.14) с учетом (2.15) запишем:

$$W_{эк} = \frac{W_0}{(\frac{1}{K_{см}} + \frac{1}{К_Г} - 1)}, \text{ т/ч} \quad (2.14)$$

$$W_0 = W_П \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2, \quad т/ч \quad (2.15)$$

$$W_{эк} = \frac{W_П \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2}{(\frac{1}{K_{см}} + \frac{1}{К_Г} - 1)}, \text{ т/ч} \quad (2.17)$$

Таким образом, производительность МЗА на i-ой культуре определится выражением:

$$Q_k = \frac{G_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\left[Т_{ЕТО} + Т_{ФИЗ.} + \frac{Т_Р}{К_Г}\right]} \cdot \frac{k \cdot k_1 \cdot k_2}{(\frac{1}{K_{см}} + \frac{1}{К_Г} - 1)}, \text{ т/ч} \quad (2.18)$$

где G_{ij} - масса i- ой культуры зернового материала, подлежащая очистке на j-ой производственной площадке.

Средняя сезонная производительность МЗА, т/ч

$$Q_{сез}=[\Phi_г-\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{L_j}{V_{ТС.}}+t_{Р.А.j}+t_{Т.П.j}+\sum_{i=1}^{m}t_{Т.Н.i}\right)]\frac{W_П\cdot k\cdot k_1\cdot k_2}{\left(\frac{1}{K_{см}}+\frac{1}{К_Г}-1\right)},\ т/сезон. \quad (2.19)$$

Количество смен:

$$N_{см}=\frac{Фг-\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{L_j}{V_{ТС.}}+t_{Р.А.j}+t_{Т.П.j}+\sum_{i=1}^{m}t_{Т.Н.i}\right)}{(T_{ЕТО}+T_{ФИЗ.}+\frac{T_Р}{К_Г})},\quad смен/\ сезон \quad (2.20)$$

При известной технологической оснащенности мобильного зерноочистительного агрегата семяочистительными машинами, как правило, лимитирующей машиной является машина окончательной очистки (пневмосортировальный стол), выполняющая следующие технологические операции: сортирование семенного материала по продуктивности семян, выделение трудноотделимых примесей и малопродуктивных семян. Пневмосортировальный стол характеризуется отсутствием травмирующих конструктивных элементов. Поэтому технологические возможности каждой из машин МЗА при подготовке семенного материала лежат в основе технико-экономической оценки мобильной технологии, включающей эффективность технологических процессов, производительность агрегата по лимитирующему звену и энергетический критерий эффективности технологических процессов очистки семян.

2.5. Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов

С учетом разнородности отдельных машин и оборудования, входящих в мобильные зерноочистительные агрегаты, совершенствования способов их применения потребуется решение других технических задач. Практика решения таких задач показывает, что наибольшую сложность представляет определение показателей оценки эффективности технологических процессов и выявления соответствия фактических затрат нормативным требованиям [50].

Обобщенная структурно-параметрическая модель функционирования МЗА с входными, выходными параметрами, управляющими факторами, а также внутренними параметрами представлена на рисунке 2.6.

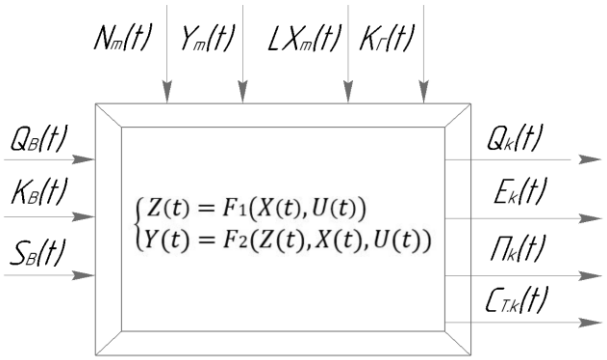


Рисунок 2.6 - Обобщенная структурно-параметрическая модель функционирования МЗА

Входными факторами являются: $Q_в(t)$ - подача зернового материала, т/ч; $К_в(t)$ - исходное качество зернового материала; $S_в(t)$ - расстояние до объекта очистки, км.

Управляющими факторами: $N_m(t)$ - комбинация машин в технологии; $Y_m(t)$ - набор и параметры рабочих органов рабочих органов для выполнения технологических операций; $LX_m(t)$ - логистический фактор (применение выбранной мобильной технологии); $К_Г(t)$ - коэффициент технической готовности.

Выходными параметрами: $Q_k(t)$ - производительность мобильного зерноочистительного агрегата, т/ч; $E_k(t)$ - эффективность очистки, %; $П_k(t)$ - потери зерна в отходы, %; $C_{Tk}(t)$ - стоимость работ, руб./т.

Внутренние параметры Z(t) и Y(t): F_1 - функции преобразования входных и управляющих параметров во внутренние; F_2 – функции формирования выходных показателей на основе внутренних параметров.

При i-ом количестве технологических операций, протекающих в мобильном зерноочистительном агрегате, получим условия эффективного функционирования МЗА:

$$\begin{cases} \mathrm{Q_{ki}(t)} = \mathrm{Q_i(t)} - \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{П_{фi}(t)} + \mathrm{П_{ноi}(t)}) \rightarrow max, \text{т/ч} \\ \mathrm{E_{ki}(t)} = \prod_{i=1}^{n} \mathrm{E}_i \rightarrow max, \ \% \\ \mathrm{Пki(t)} = \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{П_{фi}(t)} + \mathrm{П_{ноi}(t)}) \rightarrow min, \% \\ \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{П_{фi}(t)} + \mathrm{П_{ноi}(t)}) \leq (K_{\text{ф}} + \mathrm{К_{но}})Q_{\mathrm{ki}}(t), \% \\ \mathrm{C_{Tki}}(t) = f\left(\mathrm{Q_{вi}(t)}, \mathrm{К_{вi}(t)}, \mathrm{S_{вi}(t)}, N_m(t), Y_m(t), L_m(t), LX_m(t), \mathrm{К_Г(t)}\right) \rightarrow min, \text{руб./т}, \end{cases} \quad (2.19)$$

где $\mathrm{П_{фi}(t)}$, $\mathrm{П_{ноi}(t)}$ – потери семян в фуражные и неиспользуемые отходы в i-ой технологической операции;

$K_{\text{ф}}$, $\mathrm{К_{но}}$ – коэффициенты потерь семян в фуражные и неиспользуемые отходы, регламентируемые агротехническими требованиями;

$\mathrm{E_i}$- эффективность очистки i-ой технологической операции.

Рассмотрев основные виды функционирования мобильного зерноочистительного агрегата в системе АПК (рисунок 2.2) приходим к выводу, что структура агрегата должна в полной мере решать необходимый набор задач на установленном уровне. Для детальной проработки схем работы МЗА приведем параметрические модели функционирования для решения поставленных задач на каждом уровне.

Параметрические модели функционирования мобильного зерноочистительного модуля на базе центробежно-решетных сепараторов по схеме (I) и (I-I) (рисунки 2.7 и 2.8) могут найти применение в рядовых фермерских хозяйствах, когда не стоит задача подготовки семян. Выполнение двух технологических операций предварительной и первичной очистки предопределяет использование зерноочистительных машин повышенной производительности.

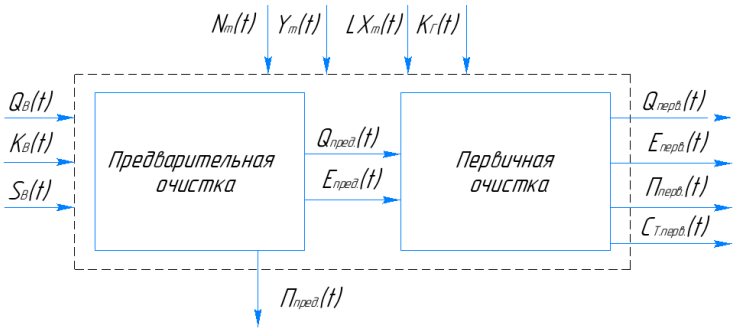


Рисунок 2.7 - Параметрическая модель функционирования мобильного зерноочистительного модуля на базе центробежно-решетных сепараторов (схема I)

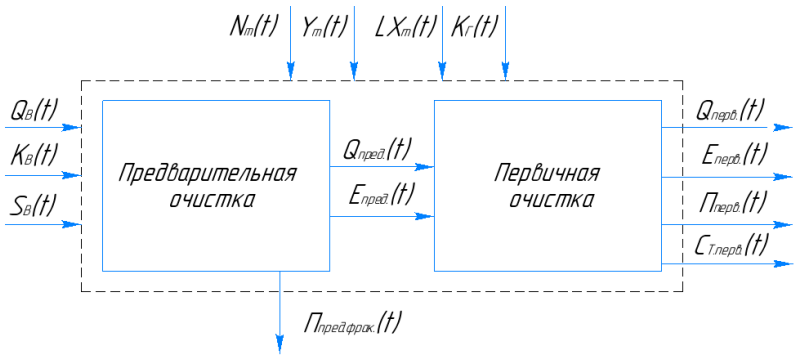


Рисунок 2.8 - Параметрическая модель функционирования мобильного зерноочистительного модуля на базе центробежно-решетных сепараторов (схема I-I)

Введение в модель (схема II) (рисунок 2.9) операции вторичной очистки предусматривает более широкий спектр технологических возможностей всей линии. Функциональные параметры этой схемы позволяют проводить очистку и сортирование семян технических культур.

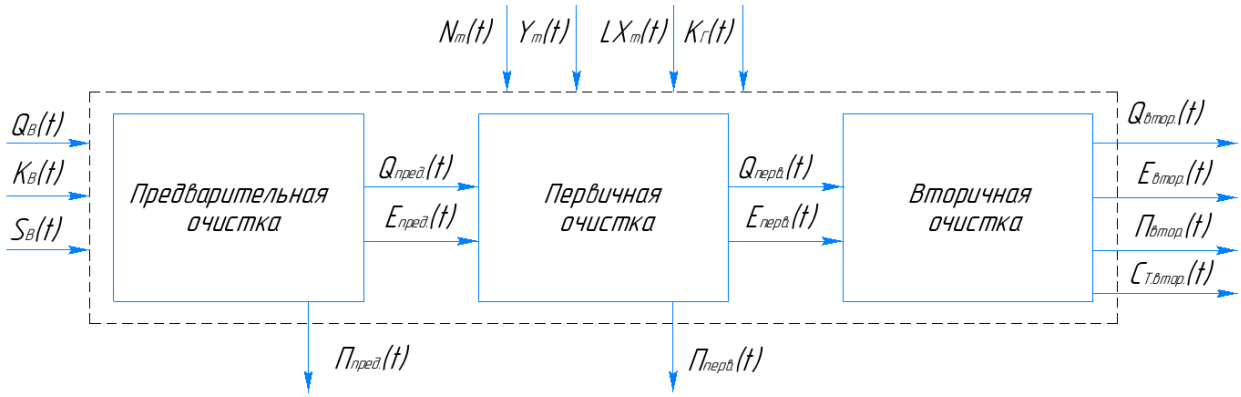


Рисунок 2.9 - Параметрическая модель функционирования мобильного семяочистительного агрегата (схема II)

Схемы III и IV (рисунки 2.10 и 2.11) существенно отличаются от предыдущих, прежде всего расширением выполняемых технологических операций. Эти схемы обладают полным циклом выполняемых технологических операций, характерных при подготовке семенного материала, технологические операции вибропневмосортирования и оптической сортировки существенно повышают посевные качества семян.

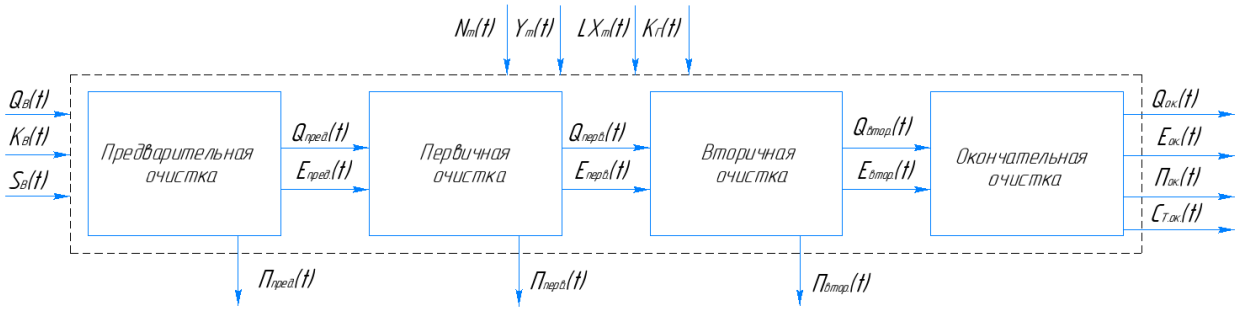


Рисунок 2.10 - Параметрическая модель функционирования мобильного составного зерно-семяочистительного агрегата (схема III)

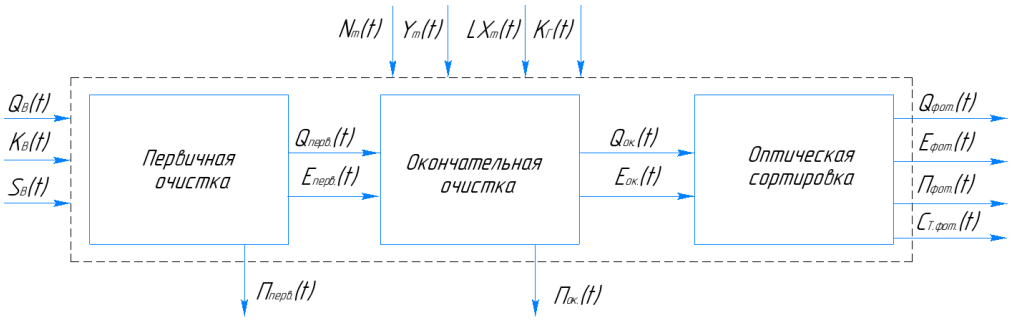


Рисунок 2.11- Параметрическая модель функционирования мобильного составного зерно-семяочистительного агрегата (схема IV)

При минимальном содержании сорных примесей в исходном зерновом материале, в том числе и трудноотделимых, можно применять модель функционирования агрегата по схеме V (рисунок 2.12), исключающую операцию предварительной очистки. Работа по данной схеме возможна также при работе «со склада», в случае, когда зерновой материал прошел предварительную очистку.

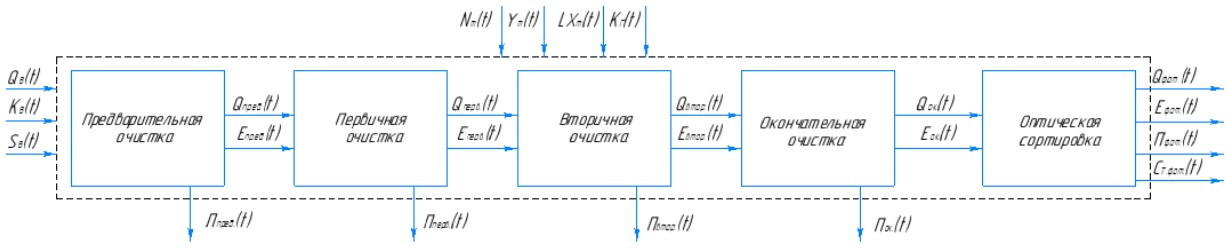


Рисунок 2.12 - Параметрическая модель функционирования мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов (схема V)

Сравнивая варианты исполнения, отметим, что схема V уступает по компактности схеме IV, однако здесь также видно технологическое превосходство схемы V за счет расширения выполняемых технологических операций при подготовке семян. Для семеноводческих хозяйств мы должны отдать предпочтение схеме V.

Мобильные агрегаты для внутрихозяйственного использования (схемаVI) (рисунок 2.13), несмотря на относительную конструктивную простоту, могут широко применяться в хозяйствах, входящих в состав агрохолдингов. Они отличаются меньшей энергоемкостью в сравнении с более развитыми технологическими схемами и могут работать совместно с приемно-очистительными отделениями стационарных зерноочистительных агрегатов, либо совместно с самопередвижными зерноочистительными машинами на открытых площадках.

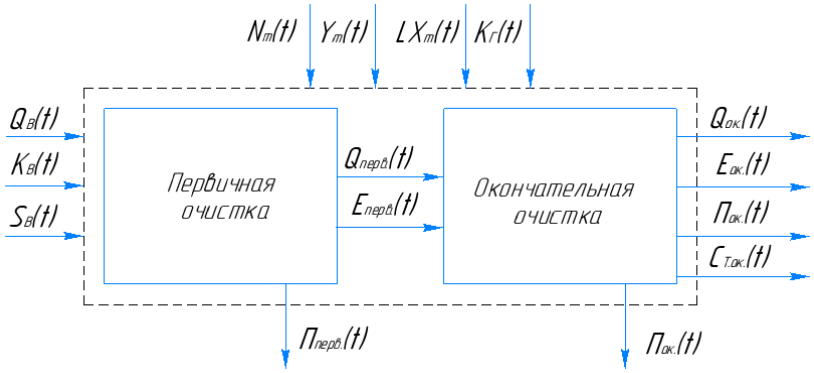


Рисунок 2.13 - Параметрическая модель функционирования мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования (схема VI)

Использование монтируемого мобильного семяочистительного агрегата (схема VII) (рисунок 2.14) позволяет снизить потребность в электроэнергии, что особенно актуально для малых фермерских хозяйств. Применение данной схемы позволяет подготовить семена, предварительно прошедшие необходимую очистку на стационарных зерноочистительных агрегатах или на мобильных зерноочистительных машинах.

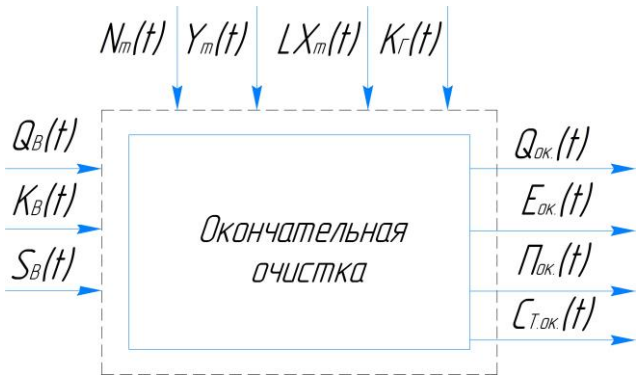


Рисунок 2.14 - Параметрическая модель функционирования мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (схема VII)

Представим параметры эффективности очистки в общем виде:

$$\mathrm{E_К(t)} = f(E_{\text{пред}}(\mathrm{t}), E_{\text{пер}}(\mathrm{t}), E_{\text{втор}}(\mathrm{t}), E_{\text{окон}}(\mathrm{t}), \mathrm{E_{опт}(t)}) \qquad (2.20)$$

где $\mathrm{E_К}$ – полнота выделения примесей агрегатом;

$E_{\text{пред}}$ - полнота выделения примесей при предварительной очистке;

$E_{\text{пер}}$ - полнота выделения примесей при первичной очистке;

$E_{\text{втор}}$ - полнота выделения примесей при вторичной очистке;

$E_{\text{окон}}$ - полнота выделения примесей при окончательной очистке.

$E_{\text{опт}}$ - полнота выделения примесей при оптической сортировке.

Исходное качество зернового материала $\mathrm{К_в(t)}$, оценивается следующими показателями, представленными на рисунке 2.15. Влажность зернового материала принимаем соответствующей кондиционной.

Конечное качество зернового вороха $\mathrm{К_К(t)}$ выражается следующей зависимостью:

$$\mathrm{К_К(t)=f((E_К(t), П_к(t))} \qquad (2.21)$$

При продовольственной очистке зерна в соответствии со схемой I определим эффективность процесса.

$$E = \frac{(C_0 - C_{ок})}{C_0} 100, \% \qquad (2.22)$$

где E – эффективность работы мобильного зерноочистительного агрегата, %.



Рисунок 2.15 - Информационно-технологическая модель МЗА с учетом качественного состава зернового материала:

$H_В(t)$, $H_к(t)$ - натура исходного и очищенного материала соответственно, г/л; $C_0(t)$, $C_{0к}(t)$ - общая засоренность, %; $C_{СВ}(t)$, $C_{СК}(t)$ - засоренность сорной примесью, %; $C_{ЗВ}(t)$, $C_{ЗК}(t)$ - засоренность зерновой примесью, %; $C_{ЛВ}(t)$, $C_{ЛК}(t)$ - засоренность легкой примесью, %; $C_{МВ}(t)$, $C_{МК}(t)$ - засоренность мелкой примесью, %; $C_{КВ}(t)$, $C_{КК}(t)$ - засоренность крупной примесью, %; $C_{ФВ}(t)$, $C_{ФК}(t)$ - засоренность трудноотделимыми примесями, отличающимися по цвету, %; $C_{ККВ}(t)$, $C_{ККК}(t)$ - засоренность короткой примесью, шт./кг; $C_{ДВ}(t)$, $C_{ДК}(t)$ - засоренность длинной примесью (овсюгом), шт./кг; $C_{ЗПВ}(t)$, $C_{ЗПК}(t)$ - засоренность зерновой примесью проходовой фракции, %; $C_{ЗСВ}(t)$, $C_{ЗСК}(t)$ - засоренность зерновой примесью сходовой фракции, %; $C_{ЩВ}(t)$, $C_{ЩК}(t)$ - содержание щуплого зерна (проход сортировального решета), %; $C_{ЩПВ}(t)$, $C_{ЩПК}(t)$ - содержание щуплого зерна и примесей, отличающихся натурой (примеси, извлекаемые пневмостолом), %.

Работа мобильного зерноочистительного модуля в режиме первичной очистки (I схема)

$$C_{окI} = C_0 - C_Л(\eta_{Л.пред.} + \eta_{Л.перв.} - \eta_{Л.пред.}\,\eta_{Л.перв.}) - C_М(\eta_{М.пред.} + \eta_{М.перв.} - \eta_{М.пред.}\,\eta_{М.\,перв.}) - C_К(\eta_{К.пред.} + \eta_{К.перв.} - \eta_{К.пред.}\,\eta_{К.перв.}) \quad (2.23)$$

где $\eta_{Л.пред.}$, $\eta_{Л.перв.}$ - полнота выделения легких примесей при предварительной и первичной очистке соответственно;

$\eta_{М.пред.}$, $\eta_{М.перв.}$ - полнота выделения мелких примесей при предварительной и первичной очистке соответственно;

$\eta_{К.пред.}$, $\eta_{К.перв.}$ - полнота выделения крупных примесей при предварительной и первичной очистке соответственно.

Работа машины первичной очистки зерна в режиме триера (фракционная технология) (схема I-I)

$$C_{окI\text{-}I} = C_0 - C_К\eta_{К.пред.} - C_Л(\eta_{Л.пред.} + \eta_{Л.перв.} - \eta_{Л.пред.}\,\eta_{Л.перв.}) - C_М(\eta_{М.пред.} + \eta_{М.перв.} - \eta_{М.пред.}\,\eta_{М.\,перв.}) - C_{ККК}\eta_{ККК.перв.} - C_Д\eta_{Д.\,перв.} \quad (2.24)$$

где $\eta_{ККК.перв.}$, $\eta_{Д.\,перв.}$ - полнота выделения коротких и длинных примесей при первичной очистке соответственно.

Работа мобильного семяочистительного агрегата (схема II)

$$C_{окII} = C_0 - C_Л(1-\eta_{Л.пред.})(1-\eta_{Л.перв.})x(1-\eta_{Л.втор1.})x(1-\eta_{Л.втор2.}) - C_К(1-\eta_{К.пред.})(1-\eta_{К.перв.})(1-\eta_{К.втор1.})(1-\eta_{К.втор2.})x(1-\eta_{К.втор3.}) - C_М(1-\eta_{М.пред.})(1-\eta_{М.перв.})(1-\eta_{М.\,втор1.})x(1-\eta_{М.втор2.})x(1-\eta_{М.втор3.}) - C_Щ\frac{1}{2}[(1-\eta_{Щ1\text{-}1.})(1-\eta_{Щ1\text{-}2.})(1-\eta_{Щ1\text{-}3.})+(1-\eta_{Щ2\text{-}1.})x(1-\eta_{Щ2\text{-}2.})(1-\eta_{Щ2\text{-}3.})] \quad (2.25)$$

Работа мобильного зерно-семяочистительного агрегата (схема III)

$$C_{окIII} = C_0 - C_Л(1-\eta_{Л.пред.})(1-\eta_{Л.перв.})x(1-\eta_{Л.втор1.})x$$
$$x(1-\eta_{Л.втор2.})-C_К(1-\eta_{К.пред.})(1-\eta_{К.перв.})(1-\eta_{К.втор1.})(1-\eta_{К.втор2.})x$$
$$x(1-\eta_{К.втор3.}) - C_М(1-\eta_{М.пред.})(1-\eta_{М.перв.})(1-\eta_{М.\ втор1.})x$$
$$(1-\eta_{М.втор2.})x \qquad (2.26)$$
$$x(1-\eta_{М.втор3.}) - C_Щ\frac{1}{2}[(1-\eta_{Щ1\text{-}1.})(1-\eta_{Щ1\text{-}2.})(1-\eta_{Щ1\text{-}3.})+(1-\eta_{Щ2\text{-}1.})x$$
$$x(1-\eta_{Щ2\text{-}2.})(1-\eta_{Щ2\text{-}3.})]- C_{ЩП}\eta_{ЩП}$$

Работа мобильного зерно-семяочистительного агрегата с отделением оптической сортировки (схема IV)

$$C_{окV} = C_0 - C_Л\eta_{Л.перв.}-C_М\eta_{М.перв.}- C_К\eta_{К.перв.}-C_{ЩП}\eta_{ЩП} - C_Ф\eta_Ф \qquad (2.27)$$

Работа мобильного зерно-семяочистительного агрегата с отделением оптической сортировки (схема IV)

$$C_{окIV} = C_0 - C_Л(1-\eta_{Л.пред.})(1-\eta_{Л.перв.})x(1-\eta_{Л.втор1.})x$$
$$x(1-\eta_{Л.втор2.})-C_К(1-\eta_{К.пред.})(1-\eta_{К.перв.})(1-\eta_{К.втор1.})(1-\eta_{К.втор2.})x$$
$$x(1-\eta_{К.втор3.}) - C_М(1-\eta_{М.пред.})(1-\eta_{М.перв.})(1-\eta_{М.\ втор1.})x(1- \qquad (2.28)$$
$$\eta_{М.втор2.})x$$
$$x(1-\eta_{М.втор3.}) - C_Щ\frac{1}{2}[(1-\eta_{Щ1\text{-}1.})(1-\eta_{Щ1\text{-}2.})(1-\eta_{Щ1\text{-}3.})+(1-\eta_{Щ2\text{-}1.})x$$
$$x(1-\eta_{Щ2\text{-}2.})(1-\eta_{Щ2\text{-}3.})]- C_{ЩП}\eta_{ЩП} - C_Ф\eta_Ф$$

Работа мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования (схема VI)

$$C_{окV} = C_0 - C_Л\eta_{Л.перв.}- C_К\eta_{К.перв.}-C_{ЩП}\eta_{ЩП} \qquad (2.29)$$

Работа мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (схема VII)

$$C_{окVI} = C_0 - C_{ЩП}\eta_{ЩП} \qquad (2.30)$$

Варианты организации технологического процесса очистки зерна и семян МЗА представлены на рисунке 2.16.

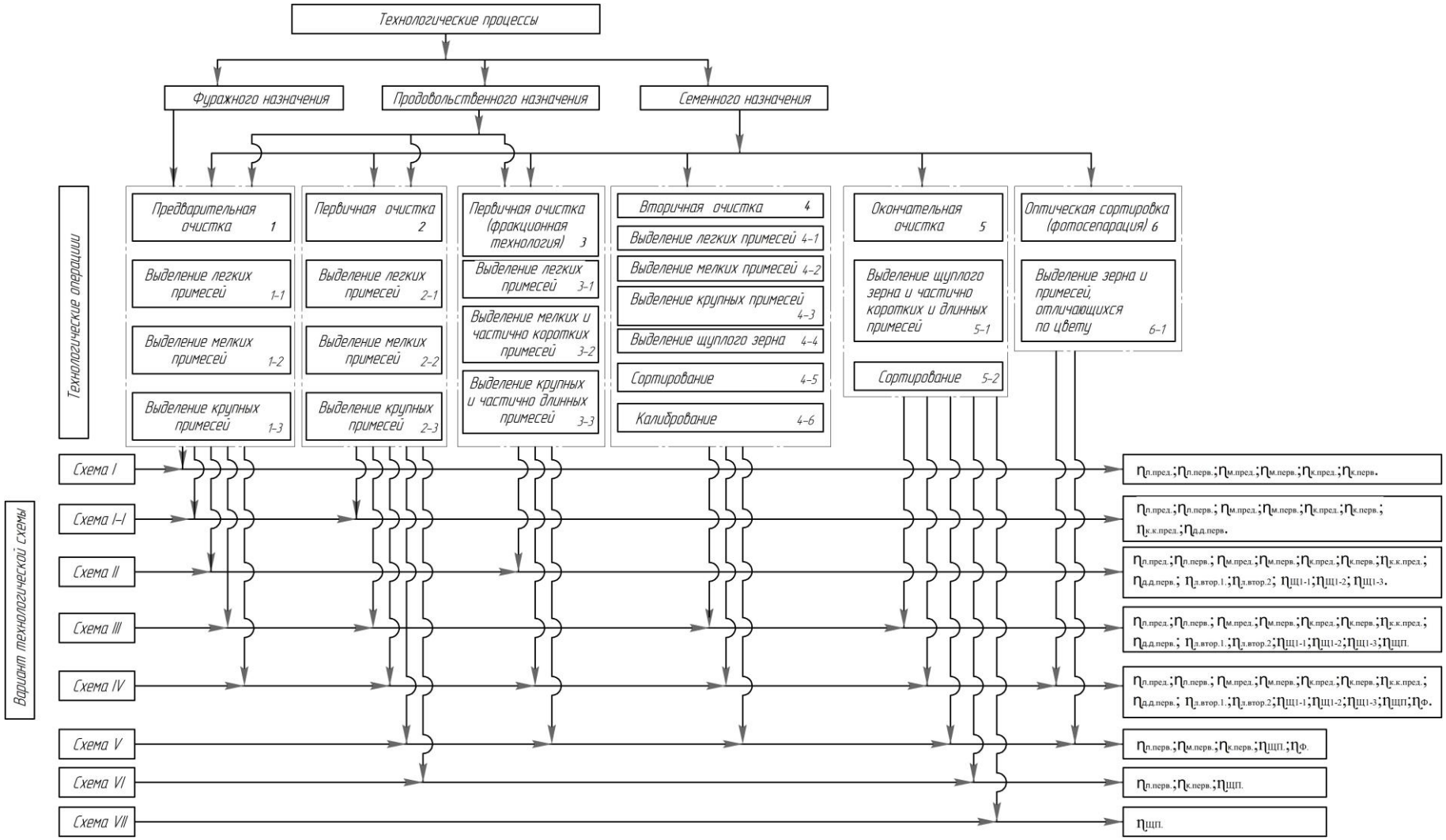


Рисунок 2.16 - Варианты организации технологического процесса очистки зерна и семян МЗА

Выводы по главе

1. Важнейшей теоретической предпосылкой при обосновании и разработке перспективных мобильных систем для очистки и сортирования зерновых материалов является моделирование их технологических процессов.

Всесторонний анализ достоинств и недостатков известных к настоящему времени мобильных зерноочистительных агрегатов и практический опыт работы по интенсификации их технологических процессов на различных операциях позволили разработать иерархическую структуру мобильной системы послеуборочной обработки зерна, определить основные и дополнительные виды функционирования мобильного зерноочистительного агрегата в системе АПК.

2. Разработана и научно обоснована обобщенная структурно-параметрическая модель функционирования мобильного зерноочистительного агрегата (МЗА) как многофакторной динамической системы, адаптирующейся к стохастическому характеру поступления исходного сырья. В рамках модели формализована и математически описана система взаимосвязей между четырьмя базовыми группами переменных:

- входными факторами (внешняя среда и объект обработки): часовой подачей зернового вороха Qв(t) (т/ч), его исходными физико-механическими и технологическими характеристиками качества Kв(t), а также пространственно-логистическим плечом — расстоянием до объекта очистки Sв(t) (км);

- управляющими факторами (адаптивный потенциал технологии): комбинацией машин в линии Nm(t), набором и геометрическими параметрами сменных рабочих органов Ym(t), логистическим фактором реализации выбранной мобильной технологии (LXm(t) и коэффициентом технической готовности комплекса $K_Г$(t);

внутренними параметрами состояния Z(t): реализуемыми посредством операторов преобразования F_1 (трансформация входных и управляющих воздействий во внутреннюю структуру процессов) и F_2 (формирование выходных критериев на основе параметров состояния);

выходными (целевыми) параметрами эффективности: фактической производительностью МЗА $Q_k(t)$ (т/ч), качественным показателем эффективности очистки $E_k(t)$ (%), уровнем потерь полноценного зерна в отходы $П_k(t)$ (%) и удельной стоимостью выполнения технологических работ $СТ_k(t)$ (руб./т).

3. На основе предложенного обобщенного теоретического аппарата синтезирован комплекс из 7 частных параметрических моделей функционирования мобильного зерноочистительного агрегата. Данные модели позволяют дифференцированно учитывать специфику различных эксплуатационно-технологических режимов, вероятностных сценариев работы МЗА и вариативности свойств поступающего вороха, обеспечивая инструментарий для прецизионного прогнозирования и оптимизации параметров мобильных технологий в реальных условиях АПК.

4. Разработана математическая модель функционирования мобильного зерноочистительного агрегата и предложена методика расчета его основных параметров. Теоретически установлена и формализована зависимость сезонной производительности агрегата от пространственной дислокации объектов обработки и их количества. Модель учитывает динамику технологического процесса через параметры времени трансформации МЗА, качественные характеристики исходного зернового вороха, пропускную способность машин, а также коэффициенты сменности и технической готовности, что позволяет оптимизировать использование мобильной техники в масштабах хозяйства или региона.

ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ И ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

3.1 Системный анализ процесса функционирования центробежно-решетного сепаратора

Результаты исследований Гончарова Е.С., Тарасова Б.Т., Стрикунова Н.И. и других учёных показывают, что наиболее эффективным методом интенсификации процесса сепарирования на решетах является применение центробежных сил и предварительная подготовка зернового материала [33, 180, 197, 228, 249].

Структурная схема разработанного воздушного центробежно-решётного сепаратора с вертикальной осью вращения представлена на рисунке 3.1. Предложенное конструктивно-технологическое решение предусматривает трёхэтапную предварительную подготовку исходного зернового вороха до его подачи на решётную очистку, что обеспечивает интенсификацию последующих процессов сепарации.

В зоне предварительной подготовки зернового материала №1.1 интегрировано гравитационное сепарирующие устройство, позволяющее выделять грубые и соломистые примеси [125] (рисунок 3.1).

В зоне предварительной подготовки зернового материала №1.2 установлен центробежно-воздушный сепаратор с кольцевым пневмосепарирующим каналом, позволяющим выделять легкие примеси [16, 48, 98, 145, 147, 152, 178, 192, 193, 194, 195, 198, 199].

Зона предварительной сепарации зернового материала №1.3 позволяет разделить материал на две фракции, причем проходовая фракция непосредственно поступает на подсевное решето, а сходовая частично поступает на подсевное решето с относительным перемещением слоев, а часть крупных примесей поступает на зерновое решето [126, 143, 144, 147, 190, 197, 202].

Подсевное решето (зона №2) центробежно-решётного сепаратора с вертикальной осью вращения обеспечивает выделение мелких и частично коротких примесей [79, 143, 144, 147, 151].

Зерновое решето (зона №3) предназначено для выделения из зернового материала крупных и частично длинных примесей [143, 144, 147, 181, 191].

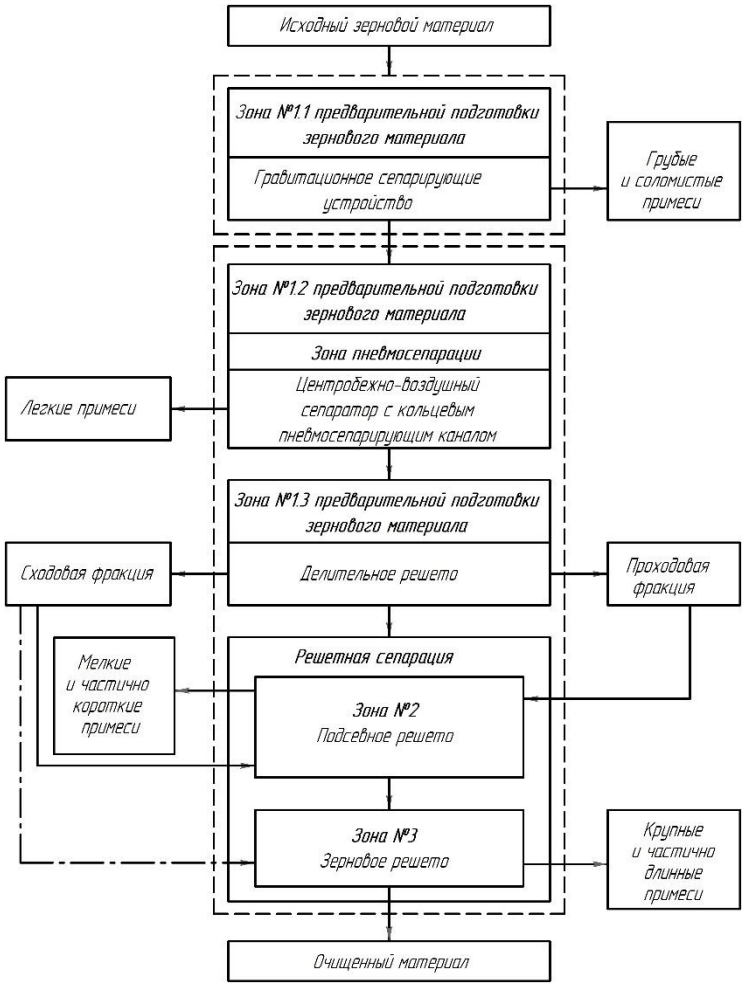


Рисунок 3.1 - Структурная схема воздушного центробежно-решётного сепаратора вертикальной осью вращения

3.2 Описание технологической схемы центробежно-решетного сепаратора

Проведенные ранее исследования [79, 197] показывают на возможность выделения мелких примесей на подсевном решете центробежно-решетного сепаратора с пластинчатым барабаном. Это дает возможность разработки

сепаратора, включающего в себя подсевной и зерновой блоки, а также систему воздушной очистки зерна (рисунок 3.2) [143, 144, 151].

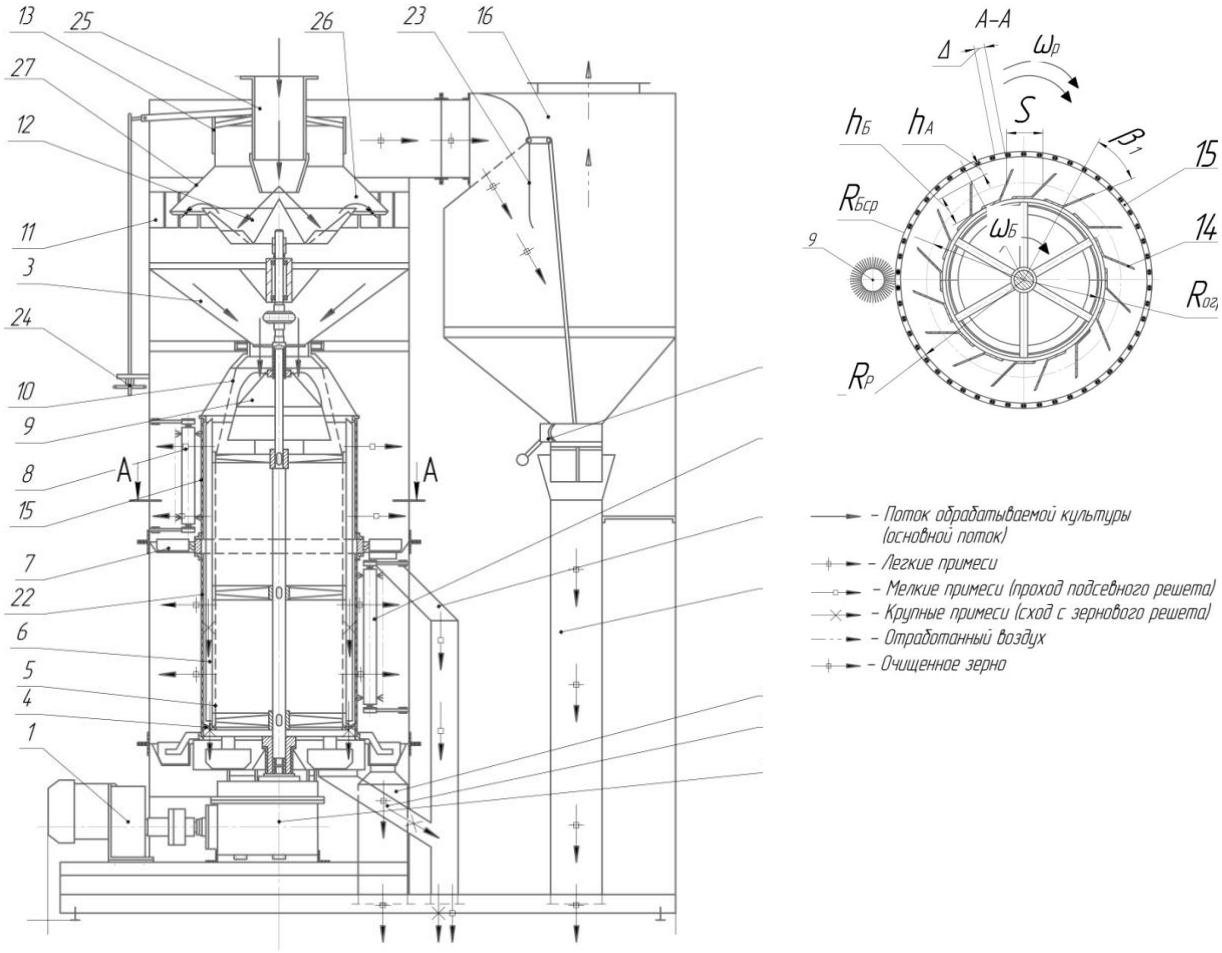


Рисунок 3.2 – Технологическая схема работы центробежно-решетного ворохоочистителя

1- Мотор-редуктор; 2- редуктор; 3- конус-сборник; 4- кольцевая щетка; 5- колосовое решето; 6- пластины пластинчатого барабана зернового решета; 7- скребки; 8- цилиндрическая щетка; 9- питатель; 10- коническое решето; 11- воздухозаборные окна; 12- разбрасывающая тарелка; 13- стакан; 14- пластины пластинчатого барабана подсевного решета; 15- подсевное щелевое решето; 16- осадочная камера; 17- цилиндрическая щетка; 18- патрубок вывода легких примесей; 19- патрубок вывода мелких примесей; 20- патрубок вывода чистого зерна; 21- патрубок вывода крупных примесей; 22- зерновое решето; 23- заслонка; 24- механизм регулировки скорости воздушного потока; 25- загрузочная горловина; 26- кольцевой аспирационный канал; 27- конический отражатель.

Технологический процесс сепарации зерновой смеси в центробежно-решетном ворохоочистителе протекает следующим образом. Исходный зерновой

материал из завальной ямы норией подается в загрузочную горловину (25), обеспечивающую сужение потока зерна, поступающего в ворохоочиститель на очистку. Тарельчатый разбрасыватель равномерным слоем подает зерно в воздушный кольцевой аспирационный канал (26). Для увеличения зоны сепарирования над тарельчатым разбрасывателем установлен конический отражатель (27). Воздушный поток, создаваемый вентилятором (условно не показан), проходит через воздухозаборные окна (11) и воздействует на зерно, сходящее с тарельчатого разбрасывателя (12). Легкие примеси уносятся в осадочную камеру (16), а зерно основной культуры собирается в конический сборник (3) и направляется в загрузочную горловину решетной части ворохоочистителя. Для регулировки скорости воздушного потока в кольцевом пневмоканале используется цилиндрический стакан (13) с механизмом регулировки (24), а также заслонка в осадочной камере (23).

Далее зерновая смесь подается на питатель (9), который раскручивает ее и набрасывает на делительное решето (10). Здесь происходит процесс предварительной подготовки зернового материала перед поступлением его на цилиндрическое подсевное щелевое решето (15).

Делительное решето, пропуская через свои отверстия поступающий зерновой материал, задерживает большую часть длинных и крупных примесей, а также посторонние предметы, которые идут сходом и продолжают перемещаться к выходу вдоль пластин барабана (14). Возможна установка колосового решета (5) с круглыми отверстиями.

Фракция, проходящая через делительное решето (проходовая), имеет в своем составе зерно основной культуры, мелкие и короткие примеси. Последние при движении по сепарирующей поверхности подсевного решета (15) выделяются. Зерно основной культуры идет сходом и поступает на рабочую поверхность зернового решета (22).

Мелкие и короткие примеси, прошедшие через отверстия подсевного решета, скребками через патрубок выводятся из машины.

Делительное решето (10), подсевное (15), зерновое (22) и пластинчатый барабан (6,14) вращаются в одну сторону, но с разными скоростями. Решета имеют в два раза большую скорость, чем пластинчатый барабан. Зерновое решето имеет на своей рабочей поверхности навитую спираль, обеспечивающую транспортировку длинных и крупных примесей. Благодаря относительному скольжению в активном слое, зерна ориентируются и укладываются “плашмя” на поверхность зернового решета (22). Скольжение зерновой смеси относительно поверхности решета дает возможность зернам основной культуры проходить через отверстия. Этому способствуют центробежные силы. Длинные и крупные примеси остаются на поверхности решета и непрерывно выводятся спиралью в осевом направлении и далее в зазор между решетом и кольцевой щеткой (4), поступают в цилиндрическую обечайку и скребками выводятся из машины. Очищенное зерно также скребками по патрубку выводятся из машины.

Для очистки отверстий решет от застрявших зерен применяются наружные цилиндрические щетки (8) и (17). Привод ворохоочистителя осуществляется через мотор-редуктор (1) и двухступенчатый редуктор (2), имеющий на выходе два соосных вала: вал привода барабана и вал-втулка для привода решета.

В зависимости от вида обрабатываемой культуры производится замена решет при эксплуатации машины. Функциональная схема сепаратора отражает работу всех его элементов (рисунок 3.3).

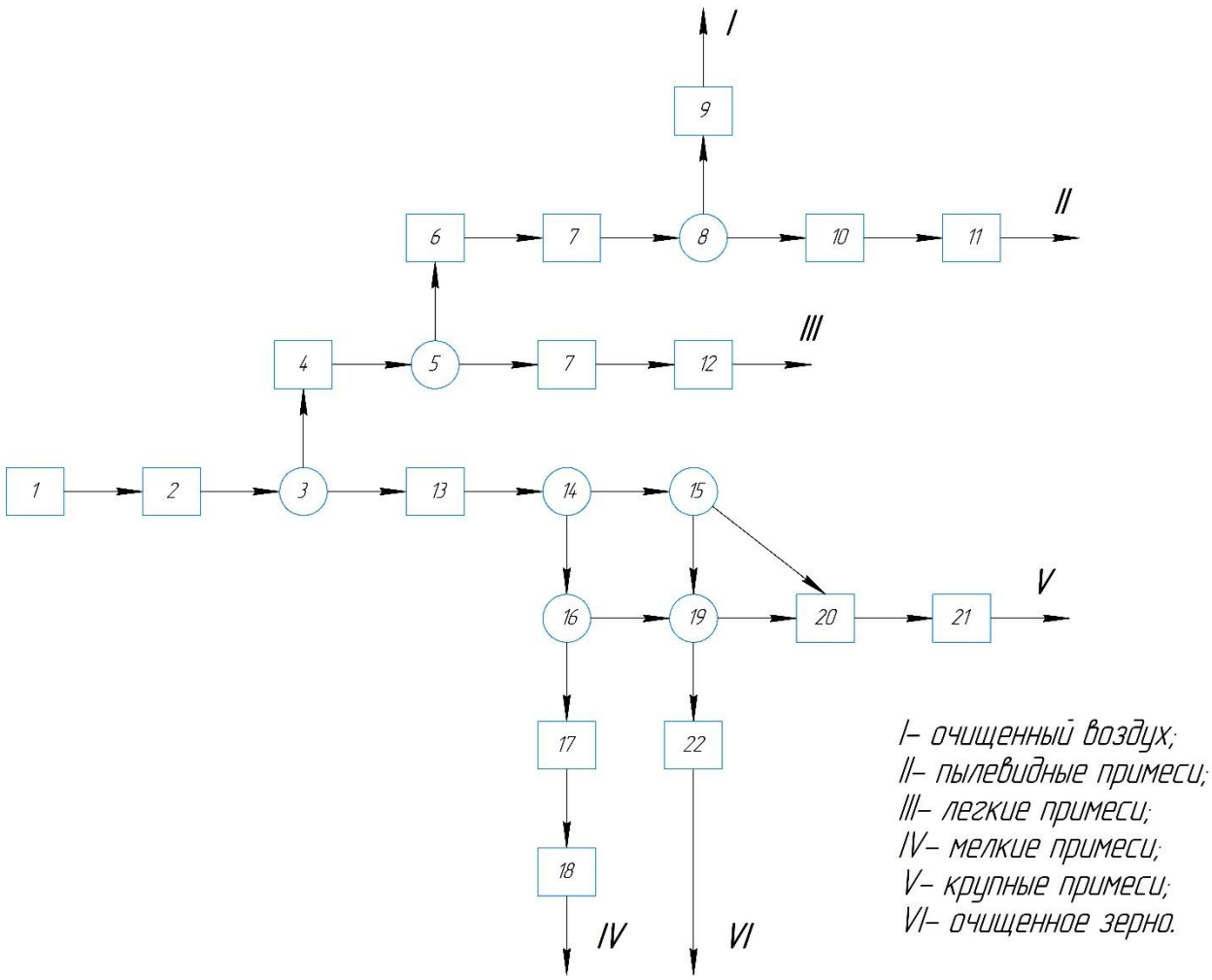


Рисунок 3.3 - Функциональная схема воздушного центробежно-решётного сепаратора

1- Транспортирование зерновой смеси в аспирационную систему; 2- транспортирование зерновой смеси в кольцевой аспирационный канал; 3- пневмосепарирование в кольцевом канале; 4- транспортирование легких примесей в осадочную камеру; 5- выделение легких примесей в осадочной камере; 6- транспортирование запыленного воздуха в воздухопровод; 7- транспортирование запыленного воздуха в циклон; 8- выделение пылевидных примесей; 9- транспортирование очищенного воздуха; 10- транспортирование пылевидных примесей; 11- транспортирование пылевидных примесей; 12- транспортирование легких примесей; 13- транспортирование зерновой смеси в делительное решето; 14- разделение зернового материала на делительном решете; 15- выделение крупных примесей; 16- выделение мелких примесей; 17- транспортировка мелких примесей; 18- транспортировка мелких примесей; 19- выделение крупных примесей; 20- транспортирование крупных примесей; 21- транспортирование крупных примесей; 22- транспортирование очищенного зерна; 23- транспортирование очищенного зерна.

3.3 Моделирование блочно-модульной технологии очистки зерна на основе центробежно-решётного сепарирования

Разработанный нами вариант модульной системы включает в себя существующее транспортно-технологическое оборудование и очистительные машины нового поколения [149, 176, 215]. В состав оборудования линии по обработке продовольственного зерна входят: ворохоочиститель ВЦР-50; два блока центробежно-решетного сепаратора ЦРС-25 производительностью 25 т/ч каждый; два воздушных сепаратора для окончательной очистки зерна, производительностью 20 т/ч каждый; нории, транспортеры и бункера. Оборудование монтируется в напольном варианте в три этажа: 1-й этаж транспортеры и башмаки норий; 2-й зерноочистительные машины (кроме воздушных сепараторов, они размещаются на бункерах чистого зерна); 3-й этаж верхняя галерея для обслуживания приводных головок норий [188].

Работает линия по полнопоточной схеме следующим образом (рисунок 3.4). Грузовой автомобиль (1) разгружает зерновой материал в завальную яму (2). Яма имеет проездной вариант с возможностью боковой разгрузки автомобилей КАМАЗ и задней выгрузки автомобилей ЗИЛ. Из завальной ямы обрабатываемый зерновой материал через шиберную заслонку поступает в башмак загрузочной нории НПЗ-50 (3), которая производит загрузку зерном ворохоочиститель ВЦР-50 (4). В ворохоочистителе (4) производится очистка зерна от легких примесей, которые из осадочной камеры направляются по самотечным трубам по средствам нории НПК-20 (11) в первую секцию бункера отходов (12), а также от мелких, длинных и крупных примесей, которые также по самотечным трубам направляются в бункер отходов. Пыль и легкие частицы осаждаются в циклонах (14), установленных на бункере отходов, разделенного на две секции: фуражную (12) и "мертвых" отходов (13).

Далее обрабатываемый материал промежуточной норией НПЗ-50 (5) направляется в блок центробежно-решетных сепараторов ЦРС-25 (6), работающих в режиме куколеотборника и овсюгоотборника, где происходит очистка от

длинных и частично от коротких примесей. Отходы из сепараторов поступают на продольный шнек отходов (10) и далее норией НПК-20 (11) подаются в бункер отходов. После очистки в блоках, второй промежуточной норией НПЗ-50 (7) зерно подается в пневмосепараторы (8), которые выделяют щуплое, битое и колотое зерно. Отходы также поступают на продольный шнек отходов и подаются в бункер фуражного зерна. Очищенное зерно поступает по самотечным трубам в бункер очищенного зерна (9). Вывоз зерна с бункеров может осуществляться в склады или в хранилища.

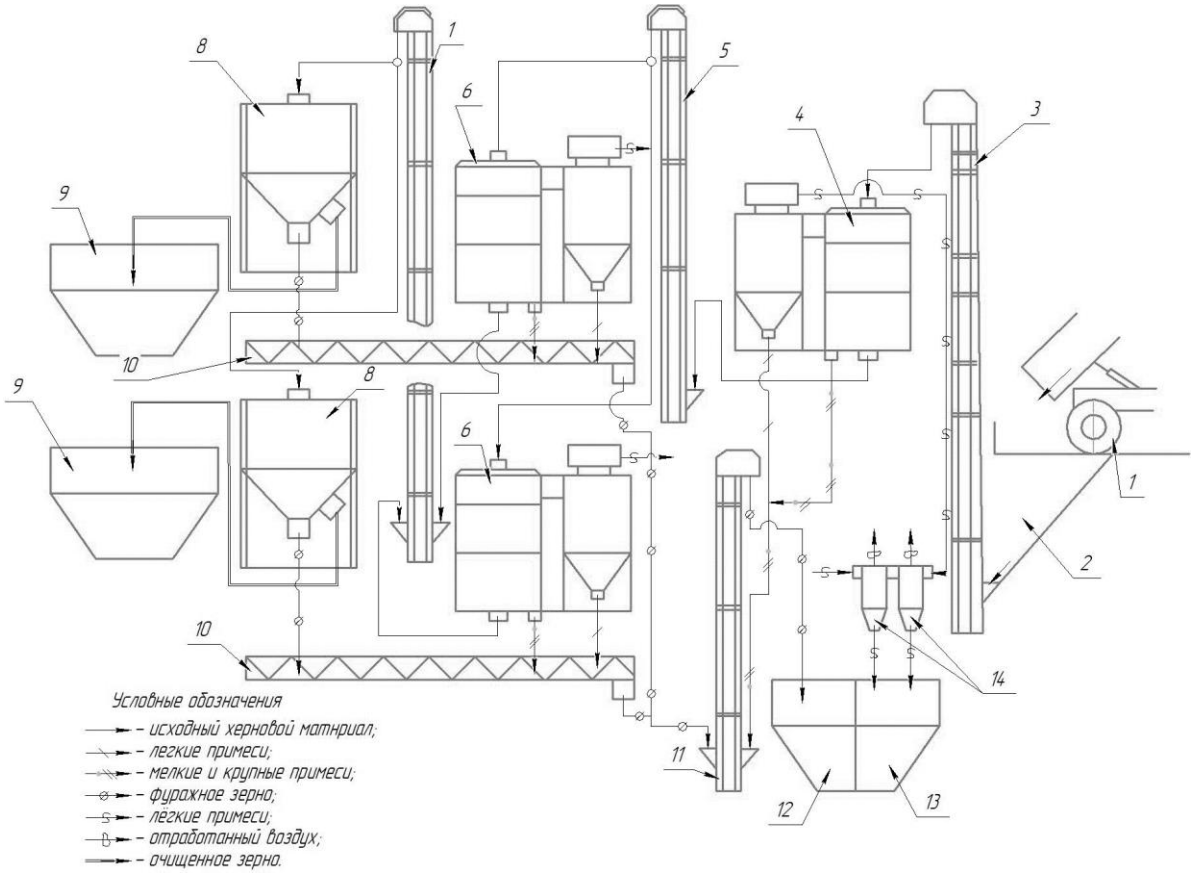


Рисунок 3.4- Технологическая схема поточной линии

1 – Грузовой автомобиль; 2- яма завальная; 3- нория загрузочная НПЗ-50; 4- ворохоочиститель ВЦР-50; 5- нория промежуточная ворохоочиститель ВЦР-50; 6- центробежно-решетный сепаратор ЦРС-25; 7- нория промежуточная вторая НПЗ-50; 8- пневмосепаратор; 9- бункер очищенного зерна; 10- шнек отходов; 11- нория НПК-20; 12- секция фуражного зерна; 13- секция «мертвых» отходов; 14- циклон

При очистке семян необходимо ввести в технологическую схему дополнительное сортирование. На данный момент вопрос сортирования центробежно-решетными сепараторами нельзя реализовать с большой

эффективностью, в связи с неимением решет с отверстиями, расположенными под углом к направлению движения сепарируемого материала по поверхности решета, работающего в режиме куколеотборника. Воздушный сепаратор можно использовать для работы в режиме сортирования

Объектом исследования является технологический процесс очистки зерна на блочно-модульной поточной линии.

В современной практике послеуборочной очистки семенного зерна технологические процессы включают следующие основные операции: одно-, двух и трехкратное воздушное сепарирование, решетное сепарирование, триерование с отбором длинных и коротких примесей, вибропневмосортирование, оптическую сортировку.

Компоновка поточной линии тесно связана с полнотой завершения технологического процесса. Чем выше полнота завершения, тем больше требуется машин, а значит и сложнее схема [69, 238].

Использование традиционных рабочих органов для очистки зерна (плоско-решетные сепараторы с вертикальными пневмоканалами, триерами и др.) не решает этой проблемы. Поэтому надо изыскивать и применять новые принципы сепарирования, позволяющие за один пропуск через машину выделять большее количество примесей, а сами машины имели бы высокую производительность. Этим условиям удовлетворяют центробежно-решетные сепараторы в сочетании с воздушным кольцевым каналом. Машины отличаются малыми габаритами и сравнительно большой удельной производительностью. Отечественный и зарубежный опыт подтверждает перспективность использования центробежных сепараторов (БЦС-50, «Vertiklean» (Дания), ВЦР -50) [69].

Рассмотрим методику расчета эффективности очистки в зависимости от кратности сепарирования.

Эффективность (E_0) определяется по формуле [91]:

$$E_0 = \left(\frac{(A-B)}{A}\right) 100\%, \qquad (3.1)$$

где A – исходная засоренность зерна, %;

B – остаточная засоренность зерна, %.

Остаточная засоренность определяется по формуле:

$$B = A - \sum_{i=1}^{n} a\eta_i, \quad (3.2)$$

где а – засоренность отдельными примесями, %;

η_i – эффективность соответствующей операции сепарирования, %;

i – номер операции.

Функциональная схема технологического процесса поточной линии с указанием эффективности машин на отдельных операциях приведена на рисунке 3.5. Предложенная схема носит дифференцированный подход к технологическому процессу, даёт представление об основных и вспомогательных операциях, позволяет определить наиболее рациональные схемы компоновки оборудования и определить технологическую эффективность линии в зависимости от исходной засоренности зерна.

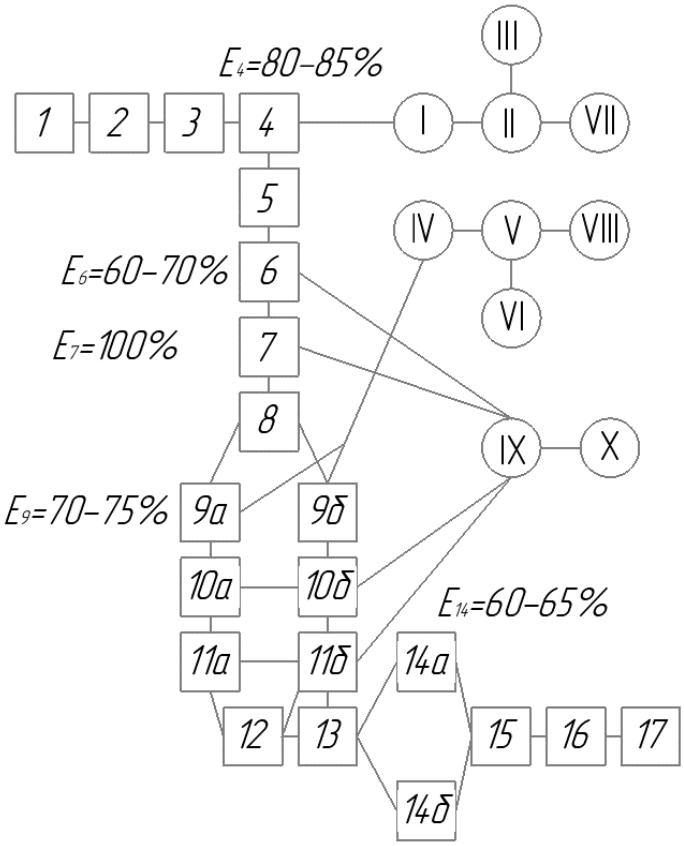


Рисунок 3.5 - Функциональная схема технологического процесса поточной линии

1 - прием зерна (завальная яма), 2 - транспортирование зерна в ворохоочиститель (нория НПЗ - 50), 3 - подача зерна в пневмоканал ворохоочистителя (ВЦР-50) разбрасывающей тарелкой, 4 - воздушное

сепарирование в ворохоочистителе, 5 - предварительная подготовка зерна на делительном решете в ворохоочистителе, 6 - сепарирование на подсевном решете (ВЦР-50), 7 - сепарирование на зерновом решете (ВЦР-50), 8 - подача зерна на центробежно-воздушно - решетный сепаратор ЦРС - 25 (нория НПЗ-50), 9а, 9б - воздушное сепарирование в сепараторе ЦВС-25, 10а, 10б - сепарирование в режиме куклеотборника, 11а, 11б - сепарирование в режиме овсюгоотборника, 12 - сбор зерна после воздушно - решетного сепаратора, 13 - подача зерна в пневмосепаратор (2 шт. работают параллельно), 14а, 14б - воздушное сепарирование в пневмосепараторе, 15 - сбор зерна после пневмосепаратора, 16 - подача зерна в бункер очищенного зерна, 17 - кратковременное хранение и выгрузка очищенного зерна, I - отсос воздуха из пневмосепарирующего устройства, II - осаждение легких примесей в осадочной камере, II - вывод очищенного воздуха в атмосферу, IV - отсос воздуха из пневмосепарирующего устройства, V - осаждение легких примесей в осадочной камере, VI - вывод очищенного воздуха в атмосферу, VII - выделение легких примесей в первую секцию бункера отходов (мертвый сор), VIII – выделение легких примесей во вторую секцию бункера отходов, IX – объединение отходов с ворохоочистителя, центробежно-воздушно-решетного сепаратора и пневмосепаратора и подача их во вторую секцию бункера отходов, X – подача отходов во вторую секцию бункера отходов.

Расчет будем вести для максимального и минимального значений эффективности очистки, которые берем из рисунка 3.5 и из литературных источников.

Остаточная засоренность определяется по формулам:

для однократной очистки:

$$B_1 = A - a_г\eta_7 - a_л\eta_4 - a_к\eta_7 - a_м\eta_6, \quad (3.3)$$

для двукратной:

$$B_2 = A - a_г(\eta_7 + \eta_{11} - \eta_7\eta_{11}) - a_л(\eta_4 + \eta_9 - \eta_4\eta_9) - a_к(\eta_7 + \eta_{11} - \eta_7\eta_{11}) - a_м(\eta_6 + \eta_{10} - \eta_6\eta_{10}) - a_0\eta, \quad (3.4)$$

для трехкратной:

$$B_3 = A - a_г(\eta_7 + \eta_{11} - \eta_7\eta_{11}) - a_л(\eta_4 + \eta_9 + \eta_{14} - \eta_4\eta_9 - \eta_4\eta_{11} - \eta_9\eta_{11} + \eta_4 + \eta_9 + \eta_{11}) - a_к(\eta_7 + \eta_{11} - \eta_7\eta_{11}) - a_м(\eta_6 + \eta_{10} - \eta_6\eta_{10}) - a_0(\eta_{11} + \eta_{14} - \eta_{11}\eta_{14}), \quad (3.5)$$

где A – общая засоренность зерна, A=10%;

$a_г$ – грубые примеси, $a_г = 1\%$;

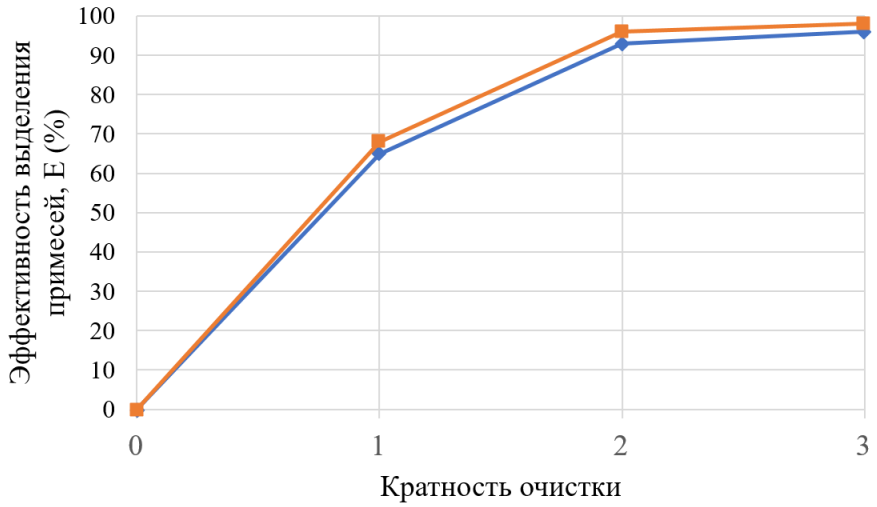
$a_л$ – аэродинамические легкие, $a_л = 5\%$;

$a_к$ – крупные примеси, $a_к = 0{,}8\%$;

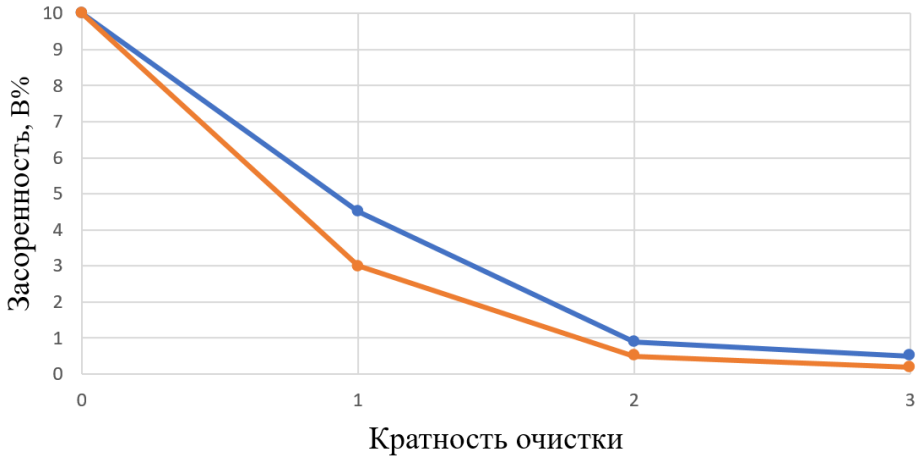
$a_м$ – мелкие примеси, (подсев), $a_м = 1{,}2\%$;

a_0 – овсюг, $a_0 = 2\%$.

На рисунке 3.6 подставлены графики зависимостей: а – эффективность выделения примесей от кратности очистки и б – засоренность от кратности очистки. При расчете эффективности очистки для разработанной функциональной схемы общая засоренность зерновой смеси была принята 10%, а также усредненные количественные характеристики основных засорителей.



а



б

Рисунок 3.6 - Графики зависимостей:

а – эффективность выделения примесей от кратности очистки; б – засорённость от кратности очистки.

Из приведенных графиков видно, что эффективность очистки растет и достигает максимальных значений 96-98% после третьего этапа очистки, а засоренность зерна снижается и принимает значение в пределах 0,2%.

3.4 Математическое моделирование функционирования подсевного блока центробежно-решетного сепаратора

3.4.1 Моделирование движения зернового материала между пластинами барабана

Для построения механико-математической модели процесса движения зерновой смеси по подсевному решету и в пространстве между пластинами барабана приняты следующие допущения [79, 196, 229]:

- рассматриваем установившийся процесс движения зернового материала в окружном направлении;

- движение сыпучего тела рассматриваем под действием внешних сил и сил инерции;

- коэффициенты трения приняты постоянными, независящими от скорости движения;

- ускорение частиц кольцевого активного слоя и ускорение частиц, находящихся между пластинами барабана, приняты постоянными и равными ускорению сыпучего тела соответствующего слоя;

Структурно-параметрическая модель движения зерновой смеси по подсевному решету представлена на рисунке 3.7 [79]. В качестве входных воздействий приняты: Q - подача зерновой смеси; f – коэффициент трения зерна о зерно; f_1 – коэффициент трения зерновой смеси о пластины барабана; f_P – коэффициент трения зерновой смеси о решето. Управляющими воздействиями являются: S – шаг расстановки пластин; ω_P, $\omega_Б$ – угловая скорость решета и барабана соответственно; β_1 – угол наклона пластин барабана, h_A – толщина активного слоя.

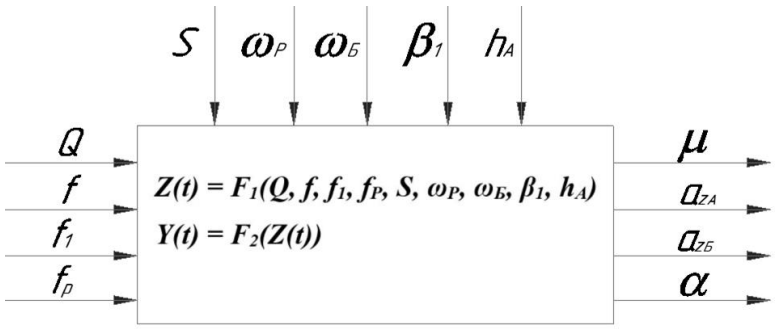


Рисунок 3.7 - Структурно-параметрическая модель движения зерновой смеси по подсевному решету

Выходными параметрами являются: μ – коэффициент трансформации силового давления, a_{ZA}, $a_{ZБ}$ – ускорение движения зерновой смеси в осевом направлении в активном слое и между пластин барабана соответственно; α – угол между направлением вектора относительной скорости зерновой смеси в активном слое и горизонтом.

Внутренние параметры Z(t): F_1- функции преобразования входных и управляющих параметров во внутренние; F_2 – функции формирования выходных показателей на основе внутренних параметров.

Рассмотрим силы, действующие на зерновой материал, заключенный между соседними пластинами барабана, причем внутренние силы взаимодействия частиц компенсируют друг друга, а учитываем внешние силы, приложенные к данному сыпучему телу.

При принятых допущениях на сыпучие тело будут действовать следующие силы (рисунок 3.8):

$F_Б^ц$- центробежная сила инерции;

$F_Б^{ин} = m_Б a_{ZБ}$- сила инерции, действующая на сыпучие тело между пластин барабана в осевом направлении ($m_Á$ - масса зернового слоя, $a_{ZБ}$ - осевое ускорение);

N , N_1- нормальные реакции пластин;

$T = f_1 N$, $T_1 = f_1 N_1$- силы трения зерновой массы о пластины ($f_1 = tg\varphi_1$- коэффициент трения зерна о пластину);

N_0- нормальная реакция зерновой массы активного слоя;

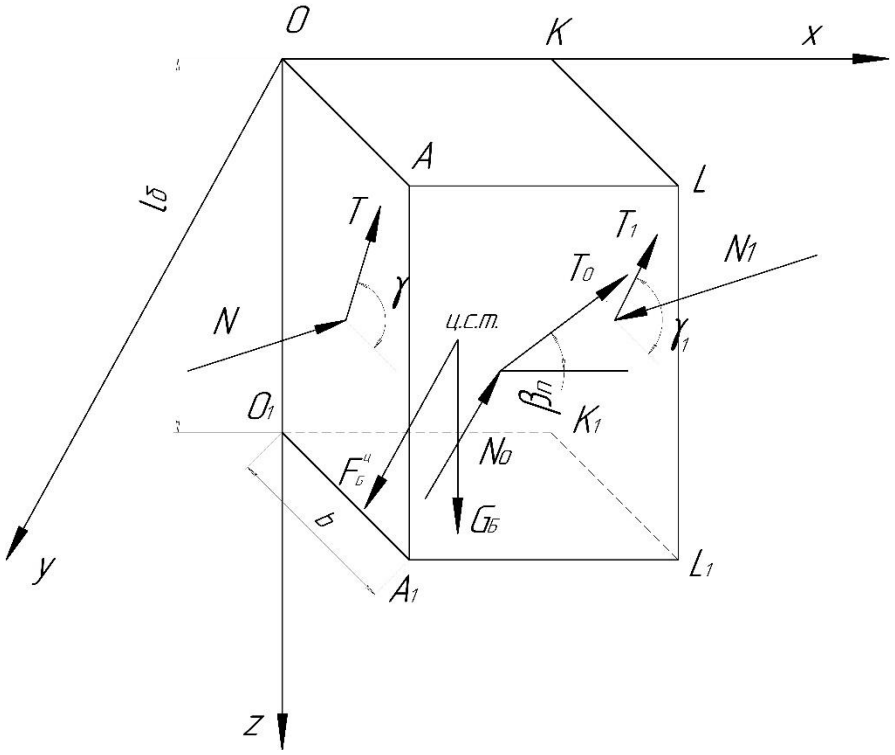


Рисунок 3.8 - Схема сил, действующих на зерновой материал, заключенный между пластин барабана

где $T_0 = fN_0$- сила трения элемента зерновой смеси, заключенного между пластин барабана, о зерновую массу активного слоя ($f = tg\varphi$ - коэффициент трения зерна о зерно);

$G_Б = m_Б g$ - сила веса зернового слоя, заключенного между пластин барабана (g- ускорение свободного падения).

Величина центробежной силы равна [79]:

$$F_Б^ц = m_Б \omega_Б^2 R_{Б_{ср}} \quad (3.6)$$

где $m_Б = S_Б^3 l_Б \gamma_{см}$- масса зерновой смеси между пластин барабана;

$S_Б^3$- площадь поперечного сечения элемента между пластин барабана;

$l_Б$- выделенная высота элемента;

$\omega_Б$- угловая скорость пластинчатого барабана;

$R_{Бср}$- средний радиус пластинчатого барабана;

$\gamma_{см}$- объемная масса зерновой смеси.

Определим нормальную реакцию пластины OAA_1O_1 (рисунок 3.10) определим по формуле [228]:

$$N = \frac{1}{2}\gamma_{см} h_Б b l_Б (sin^2\beta_1 + m_i\, cos^2\beta_1)\omega_Б^2 R_{Бср} \quad (3.7)$$

где $h_Б$- толщина зернового слоя между пластинами барабана;

b- ширина пластины барабана;

$m_i = tg^2(45^0 - \frac{\varphi}{2})$ - коэффициент подвижности.

Для определения реакций составим уравнения равновесия сил [79]:

$$\sum X = N\, cos\,\beta_1 - T\, cos\,\gamma\, sin\,\beta_1 - N_1\, cos\,\beta_1 - T_1\, cos\,\gamma_1\, sin\,\beta_1 + T_0\, cos\,\beta_П = 0 \quad (3.8)$$

$$\sum Y = F_Б^{ц} - N_0 - N\, sin\,\beta_1 - T\, cos\,\gamma\, cos\,\beta_1 + N_1\, sin\,\beta_1 - T_1 f_1\, cos\,\gamma_1\, cos\,\beta_1 = 0 \quad (3.9)$$

$$\sum Z = G_Б - T\, sin\,\gamma - T_1\, sin\,\gamma_1 - T_0\, sin\,\beta_n - F_Б^{ин} = 0 \quad (3.10)$$

С учетом значений сил трения, силы веса и сил инерции уравнения (3.8-3.10) перепишем:

$$\sum X = N\, cos\,\beta_1 - N f_1\, cos\,\gamma\, sin\,\beta_1 - N_1\, cos\,\beta_1 - N_1 f_1\, cos\,\gamma_1\, sin\,\beta_1 + N_0 f\, cos\,\beta_П = 0 \quad (3.11)$$

$$\sum Y = F_Б^{ц} - N_0 - N\, sin\,\beta_1 - N f_1\, cos\,\gamma\, cos\,\beta_1 + N_1\, sin\,\beta_1 - N_1 f_1\, cos\,\gamma_1\, cos\,\beta_1 = 0 \quad (3.12)$$

$$\sum Z = G_Б - N f_1\, sin\,\gamma - N_1 f_1\, sin\,\gamma_1 - N_0 f\, sin\,\beta_п - m_Б a_Z = 0 \quad (3.13)$$

При известных значениях углов[1] γ_1 и γ уравнения (3.11-3.13) запишутся в следующем виде:

$$N\, cos\,\beta_1 - N_1\, cos\,\beta_1 - N_1 f_1\, sin\,\beta_1 + N_0 f\, cos\,\beta_П = 0 \quad (3.14)$$

$$F_Б^{ц} - N_0 - N\, sin\,\beta_1 + N_1\, sin\,\beta_1 - N_1 f_1\, cos\,\beta_1 = 0 \quad (3.15)$$

$$G_Б - N f_1 - N_0 f\, sin\,\beta_П - m_Б a_Z = 0 \quad (3.16)$$

Из уравнения (3.15) выразим:

$$N_1 = \frac{F_Б^{ц} - N_0 - N\, sin\,\beta_1}{f_1\, cos\,\beta_1 - sin\,\beta_1} \quad (3.17)$$

Из уравнения (3.14) с учетом (3.17) получим:

$$N_0 f\, cos\,\beta_П = \left(\frac{F_Б^{ц} - N_0 - N\, sin\,\beta_1}{f_1\, cos\,\beta_1 - sin\,\beta_1}\right)(cos\,\beta_1 + f_1\, sin\,\beta_1) - N\, cos\,\beta_1 \quad (3.18)$$

Введем новое обозначение:

$$B = \frac{cos\,\beta_1 + f_1\, sin\,\beta_1}{f_1\, cos\,\beta_1 - sin\,\beta_1} \quad (3.19)$$

---

[1] Углы γ и γ_1 определены экспериментально и для сокращения записи введены их численные значения: $\gamma = 90^0$; $\gamma_1 = 0^0$.

Рассмотрим совместно (3.16) и (3.18) с учетом (3.19):

$$N_0 f\cos\beta_П = B(F_Б^ц - N_0 - N\sin\beta_1) - N\cos\beta_1 \quad (3.20)$$

$$N_0 f\sin\beta_П = G_Б - Nf_1 - m_Б a_Z \quad (3.21)$$

Преобразуем (3.20):

$$N_0 f\cos\beta_П = B(F_Б^ц - N_0 - N\sin\beta_1) - N\cos\beta_1$$

$$N_0 f\cos\beta_П = B(F_Б^ц - N_0) - N(B\sin\beta_1 + \cos\beta_1) \quad (3.22)$$

Возведем в квадрат обе части уравнений (3.21) и (3.22) и сложим их:

$$N_0^2 f^2 = B^2(F_Б^ц - N_0)^2 - 2B(F_Б^ц - N_0)N(B\sin\beta_1 + \cos\beta_1) +$$

$$+N^2(B\sin\beta_1 + \cos\beta_1)^2 + (G_Б - m_Б a_Z)^2 - 2(G_Б - m_Б a_Z)Nf_1 + N^2 f_1^2 \quad (3.23)$$

Поделим выражение (3.23) на $F_Б^{ц2}$ для перехода к безразмерным величинам:

$$\mu^2 f^2 = B^2(1-\mu)^2 - 2B(1-\mu)\psi(B\sin\beta_1 + \cos\beta_1) +$$

$$+\psi^2(B\sin\beta_1 + \cos\beta_1)^2 + +(\frac{1}{K_Б}(1-\frac{a_Z}{g}))^2 - 2\frac{1}{K_Б}(1-\frac{a_Z}{g})\psi f_1 + \psi^2 f_1^2 \quad (3.24)$$

где $\mu = \frac{N_0}{F_Б^ц}$- коэффициент трансформации силового давления;

$K_Б = \frac{\omega_Б^2 R_{Бср}}{g}$- показатель кинематического режима работы пластинчатого барабана;

$$\psi = \frac{N}{F_Б^ц} \quad (3.25)$$

$$\psi = \frac{h_Б}{2cos\beta_1(S-\frac{t}{cos\beta_1})}\left[sin^2\beta_1 + tg^2(45-\frac{\varphi}{2})cos^2\beta_1\right] \quad (3.26)$$

где S - средний шаг расстановки пластин барабана;

t - толщина пластины барабана.

Преобразуем квадратное уравнение (3.24) относительно μ:

$$\mu^2(B^2 - f^2) + \mu(2B\psi C - 2B^2) + D = 0 \quad (3.27)$$

где введены обозначения:

$D = B^2 - 2BC\psi + \psi^2 C^2 + (\frac{1}{K_Б}(1-\frac{a_Z}{g}))^2 - 2\psi f_1\frac{1}{K_Б}(1-\frac{a_Z}{g}) + \psi^2 f_1^2$;

$C = B\sin\beta_1 + \cos\beta_1$

Решаем уравнение (3.27) относительно μ:

$$\mu = \frac{B^2 - BC\psi \pm \sqrt{(BC\psi - B^2)^2 - (B^2 - f^2)D}}{B^2 - f^2} \quad (3.28)$$

Рассмотрим, какие значения может принимать μ, для этого приравняем подкоренное выражение (3.28) к нулю и найдем ускорение при прочих известных параметрах.

Наименьшее ускорение: $a_Z \geq 0{,}2664g$

Для определения ускорения рассмотрим слой зерна, заключенный между пластинами барабана (рисунок 3.9а).

Рассмотрим равновесие слоя зерна АВЕС (рисунок 3.9б) с допущением, что сила трения от пластины ВК равна нулю:

$$\sum X = N\cos\beta_1 - N_2\cos(90-\varphi) = 0 \quad (3.29)$$

$$\sum Y = F_2^{ч} - N\sin\beta_1 - N_2\sin(90-\varphi) = 0 \quad (3.30)$$

$$\sum Z = G_2 - Nf_1 - N_2 f - m_2 a_{Z2} = 0 \quad (3.31)$$

Из выражения (3.30) найдем:

$$N_2 = \frac{F_2^{ч} - N\sin\beta_1}{\cos\varphi} \quad (3.32)$$

Решим совместно (3.29) и (3.31) и определим ускорение слоя зерна в осевом направлении:

$$a_{Z2} = \frac{G_2 - Nf_1 - (\frac{F_2^{ч} - N\sin\beta_1}{\cos\varphi})f}{m_2} \quad (3.33)$$

Поделим выражение (3.33) на $F_Б^{ч}$:

$$a_{Z2} = \frac{g}{\xi_2}\left[\xi_2 - \psi f_1 - f\frac{(\psi_2 - \psi\sin\beta_1)}{\cos\phi\varphi}\right] \quad (3.34)$$

где $\psi_2 = \frac{F_2^{ч}}{F_Б^{ч}}$; $\xi_2 = \frac{G_2}{F_Б^{ч}}$;

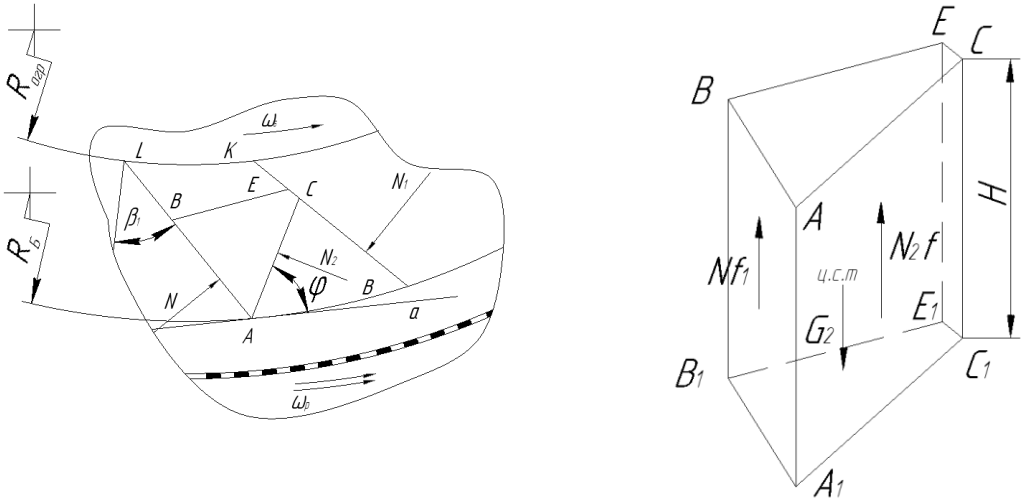
$G_2 = m_2 g$ - сила веса выделенного элемента (m_2- масса выделенного элемента)

После подстановки известных значений получим $a_{Z2} = 0{,}3106g$

После нахождения μ из выражения (3.28) при известном ускорении определим угол $\beta_П$ из выражения (3.21), поделив его на $F_Б^{ч}$

$$\sin\beta_П = \frac{\frac{1}{K_Б}(1-\frac{a_{ZБ}}{g}) - \psi f_1}{\mu f} \quad (3.35)$$

Проследим изменение коэффициента трансформации силового давления μ в зависимости от угла наклона пластин барабана к радиусу и углом наклона сил трения зерновой смеси активного слоя о зерно между пластинами барабана относительно горизонта $\beta_П$ (рисунок 3.10), при этом коэффициенты трения и кинематический режим работы пластинчатого барабана остаются неизменными.



а б

Рисунок 3.9 - К определению ускорения слоя зерновой смеси, заключенного между пластинами: а- слой зерна, заключенный между пластинами барабана; б- слой зерна АВЕС

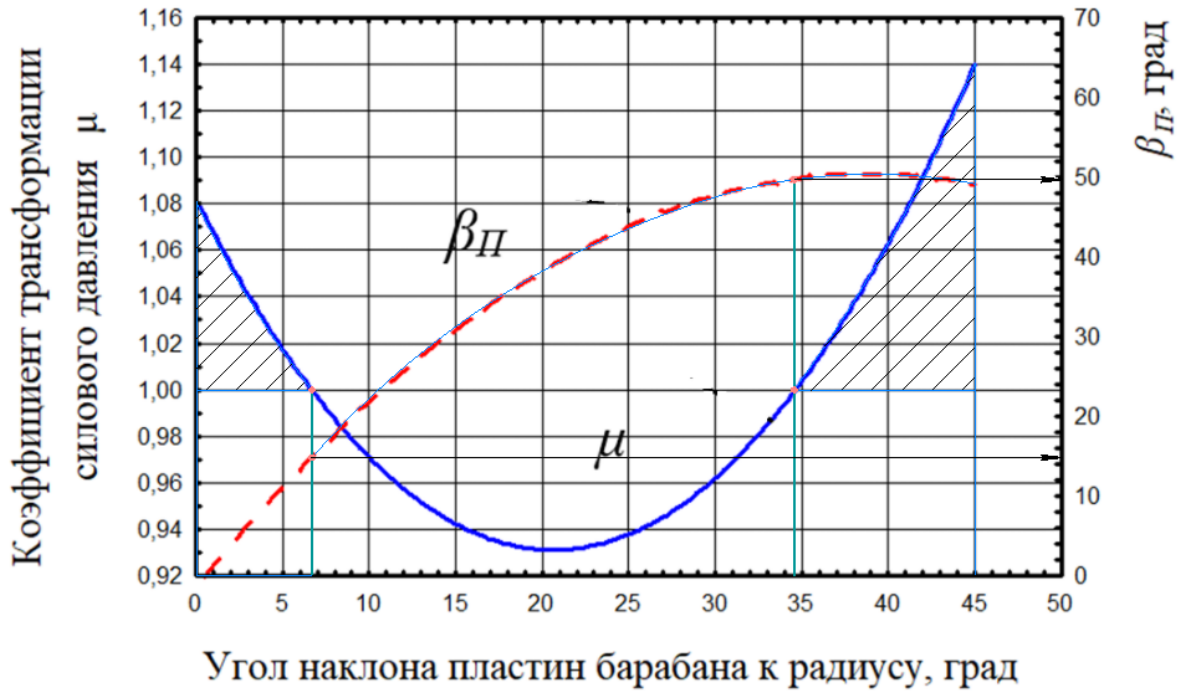


Рисунок 3.10 - Изменение коэффициента трансформации силового давления μ и угла $\beta_П$ в зависимости от угла наклона пластин барабана к радиусу

3.4.2 Моделирование движения зернового материала в активном слое

Для рассмотрения сил, действующих на активный слой, выделим элемент (рисунок 3.11), соответствующий шагу расстановки пластин барабана, и определим силы, действующие на этот элемент, при допущении, что окружное ускорение активного слоя равно нулю [79]:

N_P - нормальная реакция решета;

$G_A = m_A g$ - сила веса выделенного элемента;

$T_P = N_P f_P$- сила трения зерновой смеси о решето ($f_P = tg\varphi_P$- коэффициент трения зерна о решето);

$T_0 = f N_0$- сила трения зерновой смеси, заключенной между пластин барабана о зерновую массу активного слоя;

$P_A = m_A \omega_A^2 R_{A_{cp}}$- центробежная сила инерции от выделенного элемента;

$F_A^{ин} = m_A a_{ZA}$- сила инерции, действующая на сыпучие тело выделенного элемента в осевом направлении (m_A- масса зернового слоя, a_{ZA}- осевое ускорение активного слоя).

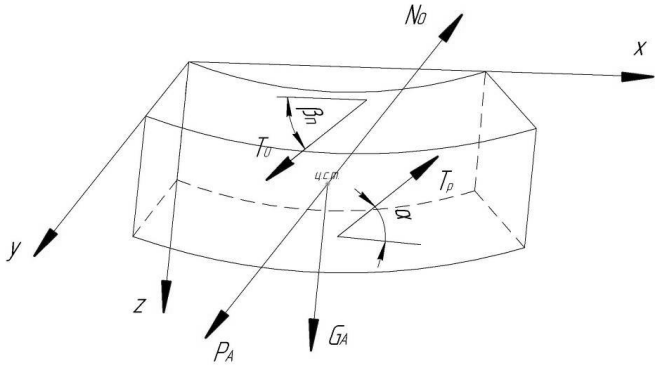


Рисунок 3.11 - Схема сил, действующих на зерновой материал, находящейся в активном слое

Рассмотрим равновесие сыпучего тела в активном слое [79]:

$$\sum X = T_P \cos\alpha - T_0 \cos\beta_П = 0 \quad (3.36)$$

$$\sum Y = N_P - P_A - N_0 = 0 \quad (3.37)$$

$$\sum Z = G_A - T_P \sin\alpha + T_0 \sin\beta_П - F_A^{ин} = 0 \quad (3.38)$$

Перепишем уравнения (3.36-3.38) с учетом сил трения, сил инерции и силы веса:

$$\sum X = N_P f_P \cos\alpha - N_0 f \cos\beta_П = 0 \quad (3.39)$$

$$\sum Y = N_P - P_A - N_0 = 0 \quad (3.40)$$

$$\sum Z = G_A - N_P f_P \sin\alpha + N_0 f \sin\beta_П - m_A a_{ZA} = 0 \quad (3.41)$$

Из уравнения (3.40) выразим:

$$N_P = P_A + N_0 \quad (3.42)$$

Поделим выражение (2.30) на $F_Б^ц$ с учетом (2.33) и выразим $\cos\alpha$:

$$\cos\alpha = \frac{\mu f \cos\beta_П}{(\mu+\delta) f_P} \quad (3.43)$$

где $\delta = \frac{P_A}{F_Б^ц}$

Найдем осевое ускорение сыпучего тела в активном слое в выражении (3.41):

$$a_{ZA} = \frac{G_A - N_P f_P \sin\alpha + N_0 f \cos\beta_П}{m_A} \quad (3.44)$$

$$a_{ZA} = g - (\omega_{ср}^2 R_{ср} + \mu \frac{S_Б}{S_A} \omega_Б^2 R_{Бср}) f_P \sin\alpha + \mu \frac{S_Б}{S_A} \omega_Б^2 R_{Бср} f \cos\beta_П \quad (3.45)$$

Рассмотрим влияние угла наклона пластин барабана на траекторию движения зерновой смеси в активном слое, выраженную углом α (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 - Изменение угла α в зависимости от угла наклона пластин барабана

Данная зависимость показывает, что при угле наклона пластин барабана к радиусу β_1 от 29^0 до 34^0 угол α будет максимальным, что будет способствовать

увеличению пребывания зерновой смеси в активном слое, то есть увеличению пути проходимой зерновой смесью относительно решета.

3.4.3 Моделирование процесса сепарации на подсевном цилиндрическом решете центробежно-решетного сепаратора

Процесс сепарации зернового материала на решетах протекает во взаимодействии двух основных стадий: сегрегации – проникновение частиц проходовой фракции через “толщу” зернового слоя и второй - собственно просеивание проходовых частиц через отверстия решета и является по своей сути вероятностным процессом [79].

Поэтому интенсивность процесса сепарации на решете будет зависеть от интенсивности первой стадии. А сегрегация будет протекать интенсивнее с увеличением относительного скольжения элементарных слоев в сыпучем теле, если эти скорости не превышают критических значений. Соответственно вторая фаза будет протекать тем интенсивнее, чем выше скорость скольжения контактирующего с решетом элементарного слоя относительно решета, при условии, что эта скорость не превышает критическую скорость, при превышении которой просеивание частиц через отверстие прекращается.

Перед построением математической модели примем следующие допущения: концентрация зерен проходовой фракции постоянна по толщине общего кольцевого зернового слоя; осевая скорость перемещения зернового материала и толщина кольцевого слоя постоянна по высоте цилиндрического решета; скорости скольжения зерна по решету не превышают критическую скорость скольжения $V_{кр}$.

Исходя из изложенного, математическая модель процесса сепарации должна строиться исходя из наличия двух стадий.

Двухступенчатый процесс сепарации представлен на рисунке 3.13.

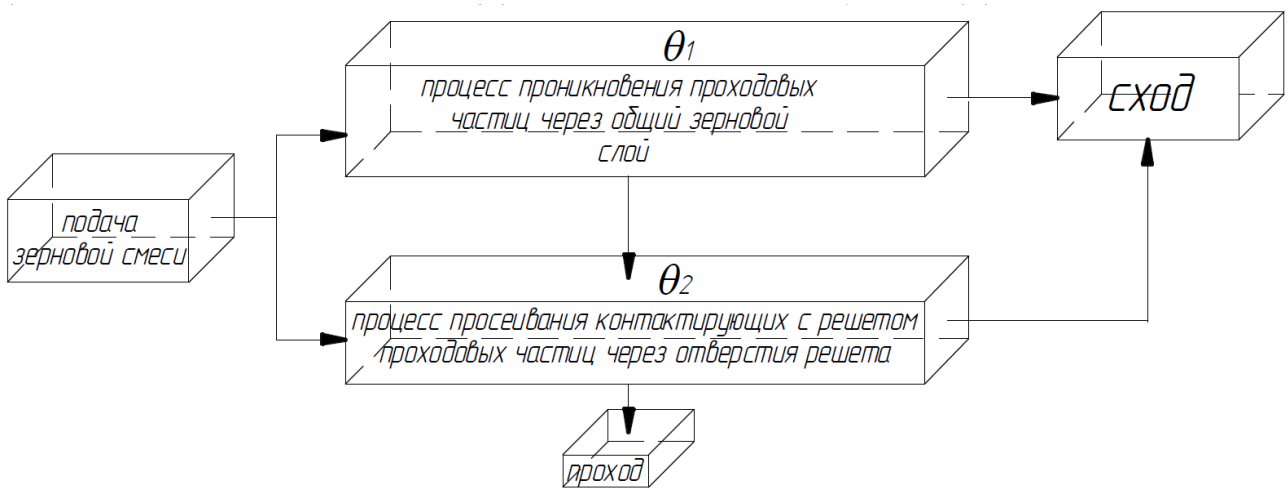


Рисунок 3.13 - Схема двухступенчатой математической модели процесса сепарации:

где θ_1 – среднее время продвижения проходовой частицы по толщине общего кольцевого зернового слоя, т.е. среднее время пребывания проходовой частицы в общем зерновом слое от момента вступления этого общего слоя на начало решета до момента подхода проходовой частицы к сепарирующей поверхности;

θ_2 – среднее время пребывания проходовой частицы на решете от момента ее поступления на поверхность решета до момента просеивания

Двухступенчатый процесс сепарации аналогичен процессу химической технологии в каскаде реакторов. Поэтому математический аппарат при построении математической модели процесса сепарации будет аналогичен употребляемому в химической технологии для каскада реакторов [28].

Поступление проходовых частиц вместе с зерновым слоем на решето (начало решета) можно рассматривать как импульсное введение проходовых частиц в зерновой слой с идеальным перемешиванием по толщине, обеспечивающее постоянную концентрацию.

Среднее время пребывания проходовой частицы в общем зерновом слое θ_1 сопоставим со средним временем пребывания частицы в химическом реакторе первой ступени каскада, а среднее время θ_2 во второй ступени каскада.

Время пребывания t_1 проходовой частицы в толще зернового слоя есть случайная величина, которая может принимать любые положительные значения: $0 \le t_{П} < \infty$.

Вероятность $P_k(t \le t_{П} < t + dt)$ того, что введенная в подсевной блок (общий зерновой слой и контактирующий с решетом зерновой слой) проходовая частица пробудет в нем отрезок времени, заключенный между t и $t+dt$.

Выделим кольцевой слой зернового материала высотой dh в начале решета. Содержание проходовых частиц в этом объеме обозначим N_0^P. Проследим за временем прохода через толщу слоя и временем просеивания через решето этих частиц.

Рассмотрим время пребывания проходовой частицы в выделенном элементе всего зернового слоя, которое будет включать время прохождения через толщу слоя и время просеивания.

Вероятность того, что время пребывания проходовой частицы в этом выделенном элементе будет заключено между t и $t+\Delta t$, может трактоваться как отношение числа частиц $N_k(t, \Delta t)$, покидающих k-ю ступень в этом интервале времени, к общему числу введенных в систему проходовых частиц:

$$P_k(t \le t_{П} < t + \Delta t) = \frac{N_k(t,\Delta t)}{N_0^P} \qquad (3.46)$$

По физической сущности эта вероятность есть не что иное, как полнота выделения ε проходовых частиц.

Плотность распределения вероятностей $\Phi_k(t)$ есть предел отношения вероятности $P_k(t \le t_{П} < t + \Delta t)$ к интервалу времени Δt при $\Delta t \to 0$:

$$\Phi_k(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P_K(t \le t_{П} < t+\Delta t)}{\Delta t} \qquad (3.47)$$

Если учесть, что

$$\lim_{\Delta t \to 0} \left[N_k(t, \Delta t) / \Delta t \right] = H_k(t) \qquad (3.48)$$

где $H_k(t)$ - скорость вывода частиц из k-ой ступени

Из (3.46) и (3.48) получаем:

$$\Phi_k(t) = \frac{H_k(t)}{N_0^P} \qquad (3.49)$$

Таким образом, плотность распределения вероятностей $\Phi_k(t)$ может быть вычислена как отношение скорости вывода проходовых частиц из k-ой ступени к исходному числу таких частиц.

Вероятность $P_k(t \le t_П < t + dt)$ пребывания проходовой частицы может быть записана так:

$$P_k(t \le t_П < t + dt) \approx dP_k(t) = \Phi_k(t)dt \qquad (3.50)$$

где $\Phi_k(t)$ - плотность распределения вероятности пребывания в k-ступенях.

Поскольку процесс сепарации протекает стационарно, то скорости ввода частиц в ступень и вывода их из ступени во времени постоянны и одинаковы.

Составим уравнение материального баланса для i-го количества ступеней. Число частиц, поступивших в i-ю ступень за время dt, равно $H_{i-1}(t)dt$; число частиц, покидающих i-ю ступень, равно $H_i(t)dt$. Концентрация частиц на выходе из i-й ступени равна отношению скорости вывода частиц $H_i(t)$ к объемной скорости потока ω проходовых частиц. Тогда число проходовых частиц в ступени, равное произведению концентрации на объем слоя V_i, составляет $H_i(t)V_i/\omega$, и уравнение материального баланса для i-й ступени имеет вид:

$$\frac{V_i}{\omega} dH_i(t) = H_{i-1}(t)dt - H_i(t)dt \qquad (3.51)$$

Вводя обозначение:

$$\frac{V_i}{\omega} = \theta_i \qquad (3.52)$$

получим:

$$\theta_i \frac{dH_i}{dt} = H_{i-1}(t) - H_i(t) \qquad (i=1, 2,\ldots, n) \qquad (3.53)$$

где n- ступеней.

Поскольку концентрация проходовых частиц по толщине слоя мы приняли постоянной и заданной величиной, то скорость ввода H_0 проходовых частиц будет постоянной и заданной величиной.

Решение полученной системы (3.53) линейных дифференциальных уравнений первого порядка удобнее всего получить, используя операционное исчисление.

Примем, что в нулевой момент времени в зерновых слоях не содержится проходовых частиц (они заполнены сходовой фракцией), т.е. при $t = 0$ $H_1(t) = H_2(t) = \ldots H_n(t) = 0$. Скорость ввода частиц в первый слой $H_0(t)$ будем считать произвольной, но известной функцией времени.

Воспользуемся операционным исчислением. Переходя от функции $H_i(t)$ к их изображениям по Лапласу, получим [28]:

$$\theta_i p\bar{H}_i(p) = \bar{H}_{i-1}(p) - \bar{H}_i(p) \qquad (i=1, 2,\ldots, n) \qquad (3.54)$$

где $\bar{H}_i(p)$ - изображения по Лапласу функций $H_i(t)$

Систему (3.54) можно переписать так:

$$\bar{H}_i(p)(1 + \theta_i p) = \bar{H}_{i-1}(p) \qquad (i=1, 2,\ldots, n) \qquad (3.55)$$

Перемножив k уравнений системы, получим:

$$\frac{\bar{H}_k(p)}{\bar{H}_0} = \frac{1}{\prod_{i=1}^{k}(1+\theta_i p)} \qquad (3.56)$$

Как отмечалось выше, поступление проходовых частиц в выделенном объеме высотой Δh равносильно импульсной загрузке, поэтому объемную скорость $H_0(t)$ можно выразить так: $H_0(t) = N_0^P \delta(t)$, где $\delta(t)$ - известная дельта-функция, изображение по Лапласу которой равно 1.

Поэтому $\bar{H}_0(p) = N_0^P$, откуда из (3.56) с учетом (3.49) получаем:

$$\bar{\Phi}_k(p) = \frac{1}{\prod_{i=1}^{k}(1+\theta_i p)} \qquad (3.57)$$

Для ступеней различного объема, когда среди значений θ_i нет одинаковых, применение обратного преобразования Лапласа к уравнению (3.57) дает [28]:

$$\Phi_k(t) = \sum_{i=1}^{k} \frac{\theta_i^{k-2} e^{-\frac{t}{\theta_i}}}{\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{k}(\theta_i - \theta_j)} \qquad (i=1, 2,\ldots, n) \qquad (3.58)$$

Чтобы сделать структуру уравнения (3.58) более ясной, выпишем в развернутом виде выражение плотности распределения вероятностей времени

пребывания проходовой частицы в двухступенчатой модели процесса сепарации (при $k=2$):

$$\Phi_2(t)=\frac{e^{-\frac{t}{\theta_1}}}{\theta_1-\theta_2}+\frac{e^{-\frac{t}{\theta_2}}}{\theta_2-\theta_1}=\frac{e^{-\frac{t}{\theta_1}}-e^{-\frac{t}{\theta_2}}}{\theta_1-\theta_2} \quad (3.59)$$

Влияние параметров θ_1 и θ_2 на изменение плотности распределения вероятностей Φ_2 представлено на рисунках 3.14 и 3.15.

Функция распределения вероятностей, как известно, равна интегралу от плотности распределения:

$$F_k(t)=\int_{-\infty}^{t}\Phi_k(t)dt \quad (3.60)$$

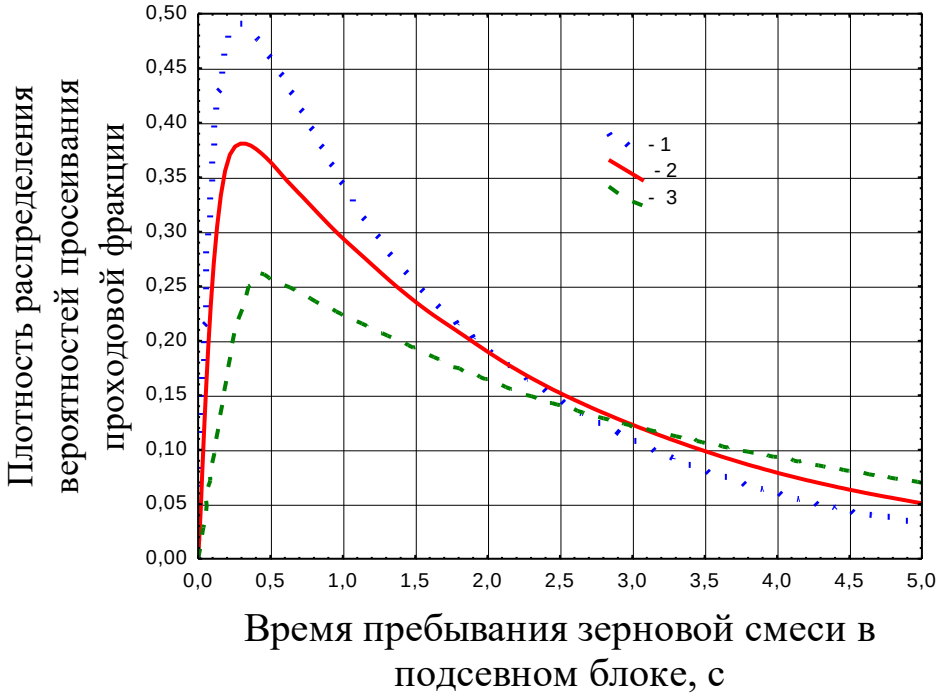


Рисунок 3.14 - Плотность распределения вероятностей просеивания проходовой фракции в зависимости от среднего времени θ_1

1- θ_1=1,717 и θ_2=0,094;

2- θ_1=2,289 и θ_2=0,094;

3- θ_1=3,435 и θ_2=0,094.

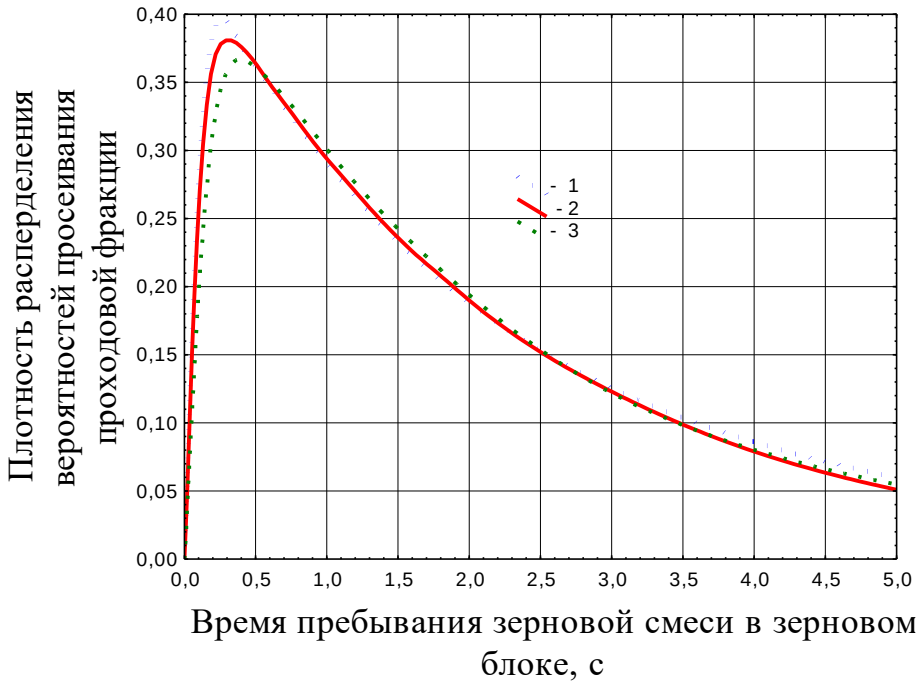


Рисунок 3.15 - Плотность распределения вероятностей просеивания проходовой фракции в зависимости от времени пребывания θ_2

1- θ_1=2,289 и θ_2=0,071;

2- θ_1=2,289 и θ_2=0,094;

3- θ_1=2,289 и θ_2=0,141.

Отметим, что θ_1 оказывает более существенное влияние, чем θ_2.

Так как, временя пребывания $t_П > 0$, то нижний предел интегрирования можно принять равным нулю. Таким образом, интересующая нас вероятность равна:

$$F_k(t) = P(0 < t_П < t) = \int_0^t \Phi_k\,(t)dt \qquad (3.61)$$

Интегрируя (3.61) с учетом выражения (3.60) получим:

$$F_2(t) = 1 - \frac{\theta_1 e^{-\frac{t}{\theta_1}} - \theta_2 e^{-\frac{t}{\theta_2}}}{\theta_1 - \theta_2} \qquad (3.62)$$

Функция $F_2(t)$ в выражении (3.62) по физическому смыслу, как уже отмечалось выше, соответствует полноте выделения ε проходовой фракции через решето.

Таким образом, полноту выделения через решето можем выразить формулой:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\theta_1 e^{-\frac{t}{\theta_1}} - \theta_2 e^{-\frac{t}{\theta_2}}}{\theta_1 - \theta_2} \qquad (3.63)$$

Поскольку θ_1 и θ_2 должны определяться экспериментально, а уравнение (3.63) не удается разрешить при известных, но различных значениях ε (т.е. решить систему относительно двух неизвестных), то величину θ_2 определим теоретически.

Среднее время пребывания проходовой частицы на решете θ_2 свяжем со средним путем l_0 скольжения проходовой частицы относительно решета от момента ее вступления на решето до момента просеивания.

Для определения среднего пути скольжения зерна (проходовой мелкой фракции) по решету от момента вступления его в контакт с решетом до момента просеивания воспользуемся методикой, предложенной Тарасовым Б.Т. [228].

Просеивание отдельной проходовой частицы через отверстие решета является случайным событием, так как может наступить в случайный момент времени. Пренебрегая забиваемостью отверстий, можно принять живое сечение решета $\mu_0 = const$ и считать процесс появления события (просеивание частицы через отверстие) пуассоновским процессом [21]. При этих условиях вероятность просеивания зерна P_n через отверстие решета не будет зависеть от положения выделенного элементарного участка и будет пропорциональна пути скольжения:

$$P_n = p_0 dl = \frac{1}{l_0} dl \qquad (3.64)$$

где $p_0 = \frac{1}{l_0}$- коэффициент пропорциональности.

Найдем величину среднего пути скольжения зерна (проходовой мелкой фракции) по решету при условии, что зерна проходовой фракции имеют форму шара диаметром d_0. Для этого выделим на рабочей поверхности элементарный участок длиной dl (в направлении скольжения частицы) и шириной B (на рисунке выделенный участок цилиндрического решета развернут на плоскость и повернут в плоскости чертежа на угол 90^0-α) (рисунок 3.16).

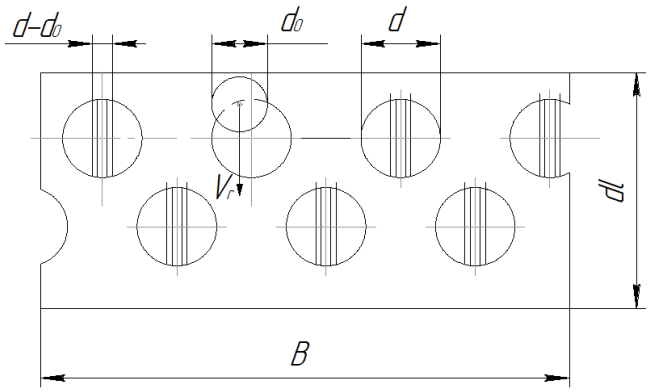


Рисунок 3.16 - К определению вероятности просеивания проходовой частицы на элементарном пути dl скольжения

На выделенном участке решета будет в среднем расположено число отверстий:

$$n_{отв} = \frac{\mu_0}{\frac{\pi d^2}{4}} Bdl \qquad (3.65)$$

где μ_0- относительная живая площадь решета;

d- диаметр отверстий решета.

Благоприятное (для просеивания) расположение траектории движения проходовой частицы будет таким, когда его центр тяжести пройдет около центра отверстия внутри полоски шириной d-d_0 . Общая ширина всех таких полосок на элементарной площади Bdl решета с учетом (3.65) будет равна:

$$B_{бл} = n_{отв}(d - d_0) = \frac{4\mu_0}{\pi d^2}(d - d_0)Bdl \qquad (3.66)$$

Так как любое расположение траектории движения зерна равновероятно по ширине B выделенного участка, то вероятность прохождения зерна через отверстие решета на пути скольжения dl, согласно определению понятия вероятности [273] и с учетом зависимости (3.66), будет равна:

$$P_n = \frac{B_{бл}}{B} = \frac{4\mu_0}{\pi d^2}(d - d_0)dl \qquad (3.67)$$

Решим совместно выражения (3.64) и (3.67) и найдем величину среднего пути скольжения проходовой фракции по решету:

$$l_0 = \frac{\pi d^2}{4\mu_0(d - d_0)} \qquad (3.68)$$

Живое сечение плоскопробивного решета с диаметром отверстий d=*3,6* мм равно μ_0 =*0,43* [176].

Определим высоту цилиндра $H_{2ср}$, соответствующую пути скольжения l_0. Так как частица движется по винтовой линии под углом α к горизонту, то получим:

$$H_{2ср} = l_0 \sin\alpha \quad (3.69)$$

Найдем θ_2среднее время пребывания материала в сепараторе, для этого воспользуемся “общим законом загрузки рабочей массой’’ полученным академиком Горячкиным В.П. в работе “Теории массы и скоростей сельскохозяйственных машин и орудий”: “…загрузка рабочего органа рабочей массой равна производительности в единицу времени, помноженной на время обработки или пребывания рабочей массы внутри рабочего органа” [35, 36]:

$$m = Qt \quad (3.70)$$

где m - масса зерновой смеси, находящейся внутри цилиндрического решета;

Q- производительность центробежно-решетного сепаратора.

$$m = V \cdot \rho \quad (3.71)$$

где ρ- плотность сыпучего тела;

V- объем кольцевого слоя зернового материала находящегося на сепарирующей поверхности.

Рассмотрим объем зернового материла, находящегося на подсевном цилиндрическом решете при установившемся режиме работы с учетом доли заполнения пространства между пластинами барабана при действии на слой центробежной силы.

Площадь поперечного разреза сепаратора, занятого зерном:

$$S=S_A+S_Б \quad (3.72)$$

где S_A - площадь активного слоя;

$S_Б$ - площадь, занятая зерном между пластинами барабана.

$$S_Б = [\pi R_Б^2 - \pi R_{огр}^2 - n\frac{(R_Б - R_{огр})}{cos\,\beta_1} t_{пл}]K_{зап} \quad (3.73)$$

где $K_{зап}$- коэффициент заполнения площади сечения кольцевого слоя, зависящий от параметров, режимов работы сепаратора и физико-механических свойств зерновой смеси, определяемый экспериментально;

R- радиус решета;

$R_{огр}$- радиус ограничивающего цилиндра;

$R_Б$- радиус пластинчатого барабана;

n- количество пластин пластинчатого барабана;

$t_{пл}$- толщина пластин пластинчатого барабана;

β_1- угол наклона пластин пластинчатого барабана к радиусу.

Коэффициент заполнения определяется по выражению:

$$K_{зап} = \frac{S_Б^З}{S_Б^{об}} \tag{3.74}$$

Соответственно найдем объем:

$$V = S \cdot H \tag{3.75}$$

где H- высота цилиндрического решета.

Согласно исследованиям Платонова П.Н. наличие даже незначительных по величине необратимых смещений в сыпучем теле приводит к образованию в плоскостях сдвига минимальной для данных условий плотности укладки частиц, называемой «критической» плотностью [230]. Для пшеницы «критическая» плотность ρ=*685* кг/м^3.

Массу зерна в кольцевом слое определим выражением:

$$m = V \cdot \rho \tag{3.76}$$

Время пребывания зернового материала на рабочей поверхности цилиндра с учетом (3.70) и (3.76) определится по формуле:

$$t = \frac{V\rho}{Q} \tag{3.77}$$

Определим среднюю осевую скорость движения зерновой смеси в центробежно-решетном сепараторе:

$$V_{Z\,ср} = \frac{H}{t} \tag{3.78}$$

Учитывая, что ускорение зернового материала a_{ZA} в активном слое близко к нулю можно положить, что контактирующий с решетом элементарный слой движется в осевом направлении со скоростью $V_Z = V_{Zср}$.

Зная среднюю осевую скорость движения зерновой смеси и угол наклона α относительной скорости V_r к горизонту выразим относительную скорость скольжения контактирующего с решетом слоя по формуле:

$$V_r = \frac{V_Z}{sin\,\alpha} \tag{3.79}$$

Среднее время пребывания частиц проходовой фракции на решете θ_2 определится выражением:

$$\theta_2 = \frac{l_0}{V_r} = \frac{l_0\,sin\,\alpha}{V_Z} \tag{3.80}$$

Таким образом, получим:

$$\theta_2 = \frac{H_{2cp}}{V_{Zcp}} \tag{3.81}$$

где H_{2cp}- средняя высота от момента попадания частицы на решето до момента просеивания.

Для исследуемых решет и их характерного засорителя (сурепка) $d_0 = 2{,}5$ мм, диаметр отверстий решета $d = 3{,}2$ мм; $d = 3{,}6$ мм; $d = 4{,}0$ и соответствующие им живым сечениям μ_0 по ГОСТ 214-70, получим искомые величины l_0 и θ_2.

Определив θ_2 теоретически, вычислим среднее время θ_1, решая уравнение (3.63).

Для упрощения записи введем обозначения:

$H_{2cp} = \lambda_2$; $H_{1cp} = \lambda_1$ тогда уравнение (3.63) примет вид:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\lambda_1 \cdot e^{-\frac{H}{\lambda_1}} - \lambda_2 \cdot e^{-\frac{H}{\lambda_2}}}{\lambda_1 - \lambda_2} \tag{3.82}$$

Плотность распределения вероятностей просеивания проходовой фракции в зависимости от высоты цилиндрического решета представлена на рисунке 3.17.

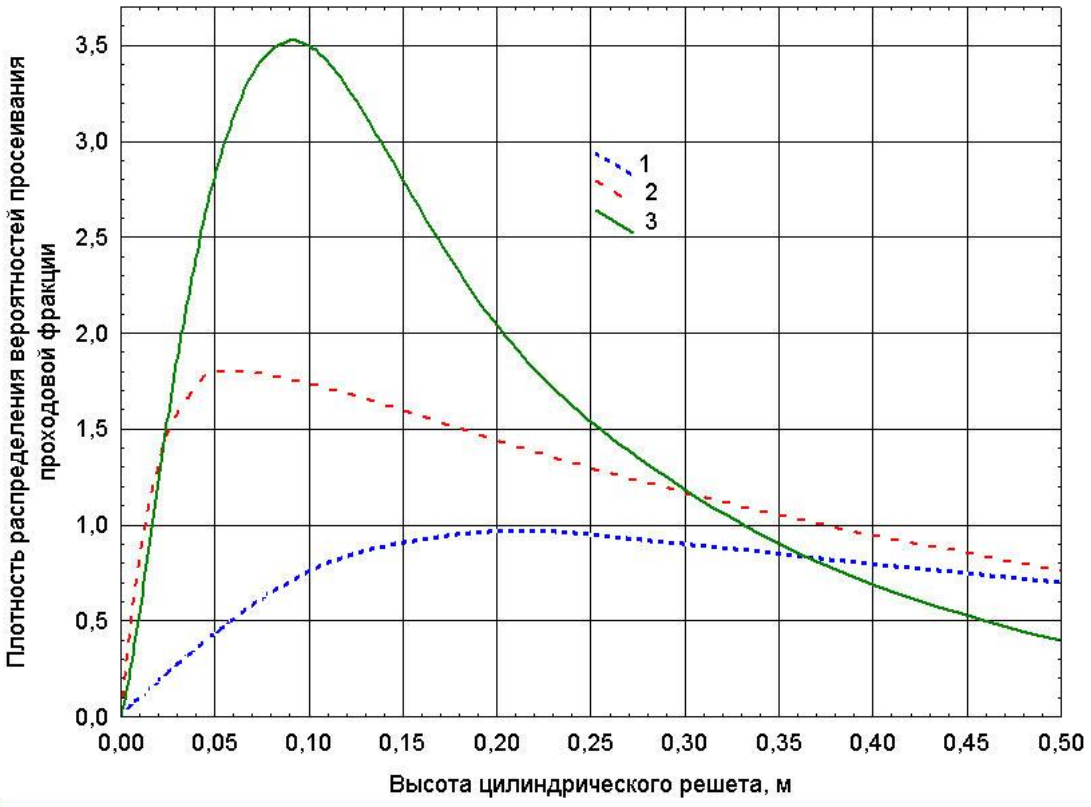


Рисунок 3.17- Плотность распределения вероятностей просеивания проходовой фракции в зависимости от высоты цилиндрического решета

1- диаметр отверстий решета 3,2 мм (λ_1=0,810 и λ_2=0,031);
2- диаметр отверстий решета 3,6 мм (λ_1=0,475 и λ_2=0,020);
3- диаметр отверстий решета 4,0 мм (λ_1=0,183 и λ_2=0,019)

Уравнение (3.63) решаем графическим способом, для чего введем две функции Y_1 и Y_2, имеющие значения соответственно:

$$Y_1 = (1-\varepsilon)(\theta_1 - \theta_2) \quad (3.83)$$

$$Y_2 = \theta_1 e^{-\frac{t}{\theta_1}} - \theta_2 e^{-\frac{t}{\theta_2}} \quad (3.84)$$

Точка пересечения графиков функций Y_1 и Y_2 даст искомое решение θ_2.

Зная значения θ_1 и θ_2 используя выражение (3.63), проследим за изменением полноты выделения проходовых частиц в зависимости от среднего времени пребывания зерновой смеси в подсевном блоке для различных диаметров отверстий решет (рисунок 3.18).

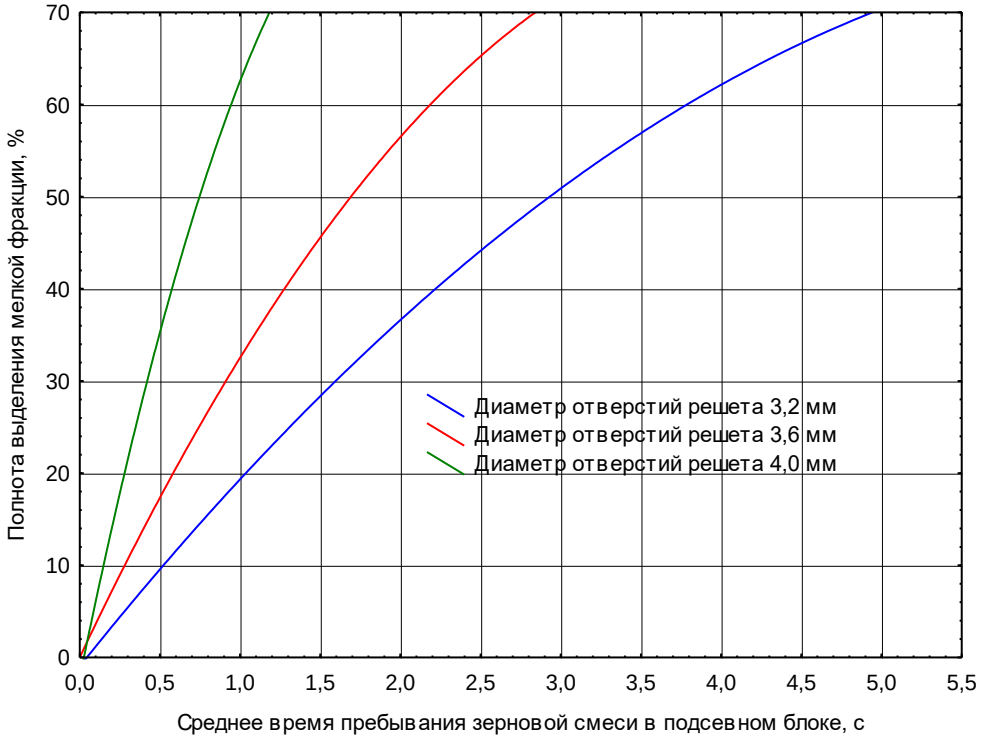


Рисунок -3.18 - Изменение полноты выделения проходовых частиц в зависимости от среднего времени пребывания зерновой смеси в подсевном блоке

3.5 Кинематические и энергетические характеристики центробежно-решетного сепаратора

В центробежно-решетном сепараторе вибрация отсутствует. Привод решета (или блока – подсевное и зерновое решета) осуществляется посредством цилиндрической обечайки, которая жестко связана с приводом от редуктора, имеющим два соосных выхода: один выход на пластинчатый барабан, а другой на цилиндрическое решето (рисунок 3.19) [184].

Из рисунка 3.19 следует, что по внешнему контуру крутящий момент передается через решето. Поэтому конструктивно-кинематические параметры цилиндрического решета и пластинчатого барабана должны иметь значения, ранее обоснованные [191].

Для этого принимаем диаметр цилиндрического решета D=600 мм, наружный диаметр барабана $D_Б$=580 мм, линейную скорость решета $V_Р=\omega_р R$=3,0…3,5 м/с, что соответствует частоте вращения решета $\omega_р$=10,0…11,6

рад/с, а отношение угловых скоростей барабана и решета принимаем равным $\frac{\omega_Б}{\omega_р}$=0,5.

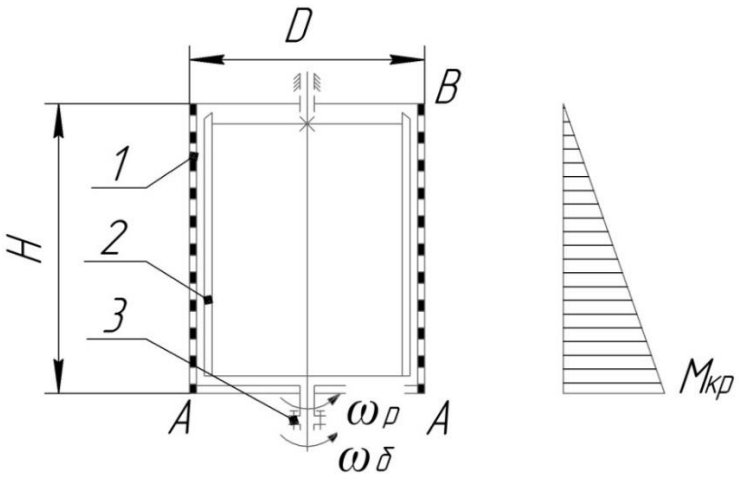


Рисунок 3.19 – Схема к определению прочностных параметров решета

1- цилиндрическое решето; 2- пластинчатый барабан;
3- привод сепаратора

Из рисунка 3.19 видно, что момент передается решетом по всей его площади, следовательно, оно нагружено крутящим моментом. Крутящий момент, передаваемый решетом, распределяется неравномерно по высоте цилиндра Н, как показано на рисунке 3.19. Из эпюры видно, что максимальный момент приложен в зоне А, где решето крепится к цилиндрической обечайке. Поэтому опасным сечением следует считать сечение А-А, по которому и будем проводить проверочный расчет решета.

Условие прочности при кручении [184]:

$$\tau_к = \frac{М_{кр}}{W_0} \leq [\tau_к] \qquad (3.85)$$

Для определения W_0 необходимо рассмотреть расположение отверстий на решете и определить какую часть длины окружности занимают отверстия, а также перемычки. Отверстия на поверхности цилиндрического решета расположены таким образом, что две стороны шестиугольника перпендикулярны направлению линейной скорости решета. Этому положению можно дать объяснение. Когда две стороны шестиугольника перпендикулярны скорости движения смеси по решету,

производительность решета на 10% больше, чем в том случае, когда шестиугольник, образованный отверстиями, повернут на 90^0.

В рассматриваемом случае угол между осевой скоростью и $\Delta V_{\text{сл}}^{p}$ (рисунок 3.21) будет меньше 90^0 ($\alpha^I = 90^0 - 12^0 = 78^0$), но эта разность окажется меньше, чем если бы шестиугольник был повернут на 90^0.

На рисунке 3.20 показано расположение отверстий на решете.

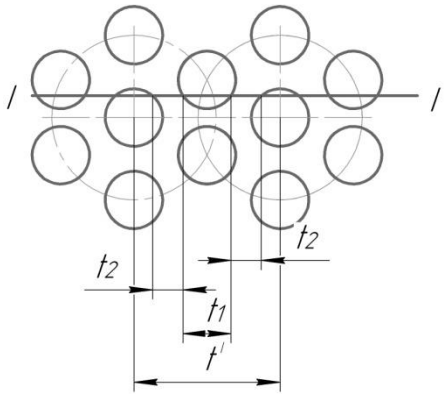


Рисунок 3.20 – Фрагмент размещения отверстий на решете

По длине окружности цилиндра будет укладываться несколько участков t^I, сумма которых примерно равна 2πR. Это не совсем точно, так как в действительности их может уложиться не целое число раз. Это допущение $\sum t^I$ =2πR не приведет к большой ошибке, а расчеты упростит.

Согласно рисунка 3.20 опасным сечением следует читать сечение I-I, где доля сплошных участков меньше, чем в других сечениях.

Определим, какую часть длины окружности L занимают сплошные участки по всей длине окружности в долях единицы.

$$L = 2\pi\text{R} = \text{n}t^I, \tag{3.86}$$

где n- число участков, укладывающихся на длине окружности решета.

Общую длину сплошных участков можно определить

$$L_{\text{спл}} = n \cdot 2t_2, \tag{3.87}$$

В действительности t_2 будет несколько больше, но это допущение упрощает расчеты.

$$\delta = \frac{L_{\text{спл}}}{L} = \frac{n \cdot 2t_2}{\text{n}t^I} = \frac{2t_2}{t^I}, \tag{3.88}$$

где $t^I = 2t_2 sin60^0 = 12{,}8$ мм.

t_2=t-d_p=2,15 мм.

d_p – диаметр отверстий зернового решета d_p=5,25 мм.

Получим $\delta = 0{,}33$.

$$W_0 = 0{,}2d_p^3(1 - e^4)\delta \quad (3.89)$$

Расчеты показывают, что действующие напряжения небольшие, значит, решето обеспечит надежную работу при передаче крутящего момента.

Мощность N, необходимая для работы сепаратора в установившемся режиме представляет сумму мощностей:

$$N = N_{тр} + N_{кин} + N_{сопр}, \quad (3.90)$$

где $N_{тр}$ – мощность, расходуемая на трение зерна о зерно в активном слое, о рабочую поверхность решета;

$N_{кин}$ – мощность, расходуемая на сообщение кинетической энергии обрабатываемому материалу;

$N_{сопр}$ – мощность, расходуемая на преодоление вредных сопротивлений: трение решета о наружную цилиндрическую щетку, трение в подшипнике скольжения, сопротивление воздуха.

Определим все составляющие энергетических затрат на работу сепаратора.

При вращении цилиндрического решета происходит проскальзывание слоев зерновой смеси, находящихся между решетом и пластинами барабана в результате разности их угловых скоростей. Рассмотрим кинематическую характеристику движения зерновой смеси (рисунок 3.21).

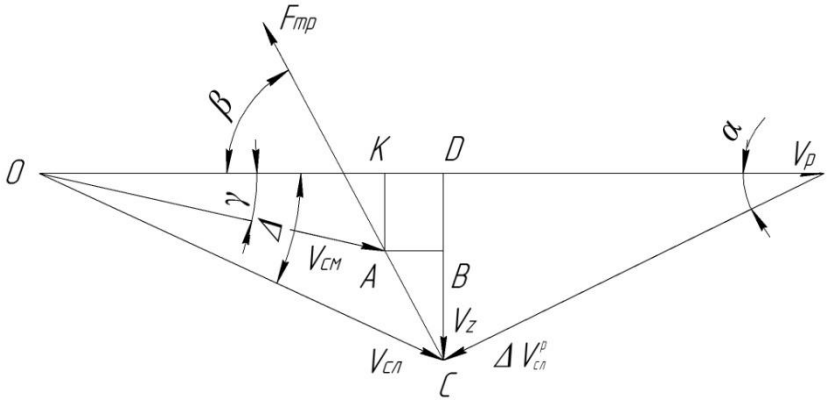


Рисунок 3.21 – Параметры скольжения зерновой смеси

$V_р$ – линейная скорость решета;

$V_{см}$ – скорость слоев смеси;

V_z – осевая составляющая скорости движения слоя;

$\Delta V_{сл}^{р}$ – относительная скорость слоя;

α – угол наклона спирали;

β – угол между направлением силы трения зерна о первый элементарный слой и горизонтальной плоскостью.

Слой смеси помимо радиального скольжения одновременно движется вниз, относительно контактирующего слоя, а, следовательно, сила трения ($F_{тр}$) будет направлена в противоположную сторону относительного скольжения под углом β к горизонту. Для определения $F_{тр}$ необходимо найти полную площадь решета S.

$$S = 2\pi RH, \quad (3.91)$$

где H – высота цилиндра.

Разложим силу трения на две составляющие $F_{тр}^{гор} = F_{тр} \cdot cos\beta$ и $F_{тр}^{верт} = F_{тр} \cdot sin\beta$.

Расчеты показывают, что значение угла β невелико и составляет примерно $\beta = 18^0$.

При определении горизонтальной составляющей силы трения $F_{тр}^{гор}$ примем $\beta = 0$. Это несколько увеличит значение $F_{тр}^{гор}$, но это увеличение пойдет на повышение запаса мощности привода. Найдем силу трения:

$$F_{тр}^{гор} = fzqK_рS, \quad (3.92)$$

где f- коэффициент трения;

z – безразмерный показатель, равный отношению радиальной силы давления зерновой смеси на частицу к центробежной силе инерции частицы (при вращении ее с угловой скоростью решета), z=4;

$K_р$ – показатель кинематического режима решета;

S=1,24 м^2- полная площадь решета.

Момент трения:

$$M_{тр}=F_{тр}R, \quad (3.93)$$

где R- радиус цилиндрического решета.

При соотношении угловых скоростей решета и пластинчатого барабана $\frac{\omega_Б}{\omega_р}$=0,5, разница частот вращения составит $n=n_р-n_Б$.

Тогда

$$N_{тр}\frac{n\cdot M_{тр}}{975} \quad (3.94)$$

Мощность, расходуемую на сообщение кинетической энергии обрабатываемому зерну, определим по формуле:

$$N_{кин}=\frac{QV_р^2}{3{,}6\cdot q\cdot 2\cdot 102}\ , \quad (3.95)$$

где Q – производительность сепаратора, т/ч;

$V_р$ – линейная скорость решета, м/ч.

Мощность, затрачиваемую на преодоление вредных сопротивлений можно учесть увеличением полной мощности на 20…30%. Расчеты показывают, что наибольшая доля энергии затрачивается на транспортирование зерна по рабочей поверхности решета и преодоление сил трения зерна о зерно в активном слое. Проведенными экспериментальными исследованиями ставилась задача определить фактические затраты мощности на работу центробежно-решетного сепаратора. Приводим графические зависимости изменения мощности в зависимости от линейной скорости решета $V_р$ (рисунок 3.22).

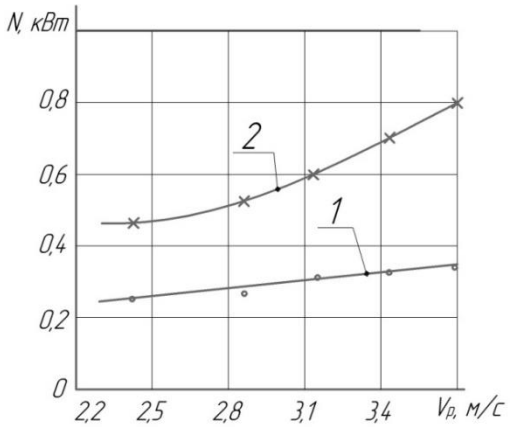


Рисунок 3.22 - Изменение энергетических затрат в зависимости от скорости решета

1- мощность холостого хода при изменении V_p; 2- энергозатраты на работу сепаратора при диаметре отверстий решета d_p=5,25 мм.

С увеличением V_p мощность холостого хода N_{xx} повышается по линейной зависимости. В исследуемом диапазоне по скорости решета (V_p=2,450…3,708 м/с) это изменение невелико. При работе сепаратора в режиме овсюгоотборника (d_p=5,25 мм) с увеличением V_p мощность возрастает.

При работе сепаратора в режиме ворохоочистителя, имеющего подсевной и зерновой блоки цилиндрических решет, затраты мощности возрастут за счет применения скребковой транспортирующей системы вывода отходов и очищенного зерна. Это увеличение можно считать небольшим. Основной прирост энергетических затрат даст первая составляющая формулы (3.90). Следует отметить, что энергозатраты на обработку одной тонны зерна при известных параметрах сепаратора могут быть несколько снижены, если его изготавливать в промышленных условиях.

3.6 Определение основных параметров и режимов работы блока цилиндрических решет центробежно-решетного сепаратора

Используя поле центробежных сил, а также возможность самоориентации зерен в активном слое, открываются большие перспективы в вопросе интенсификации процесса сепарации зерна по длине цилиндрическими решетами [210].

Проведем расчет основных параметров блока цилиндрических решет – подсевного и зернового.

Подсевное решето.

Исходные данные:

- рабочая высота решета – 0,5 м;
- диаметр решета – 0,6 м;
- общая толщина зернового слоя – 0,04 м;

- диаметр пластинчатого барабана – 0,52 м;

- толщина активного слоя с учетом того, что скорость скольжения зерна по решету была бы меньше критической, h_a=12 мм;

- направление пластин барабана – радиальное;

- количество пластин n=45 шт.

Вследствие относительного скольжения частиц в зерновом слое между пластинами барабана и в активном слое пористость сыпучего тела будет максимальной [230]. Для эффективного выделения мелких примесей из зернового материала высоту подсевного решета достаточно иметь 0,5 м, а диаметр отверстий решета $d_р$=3,6 мм, с прямоугольными отверстиями – 2,0 мм.

Зерновое решето:

- рабочая высота решета – 0,65 м;

- диаметр решета – 0,6 м;

- диаметр отверстий решета $d_р$=5,25 мм (первичная очистка), $d_р$=6,5 мм (предварительная очистка);

- угол подъема винтовой спирали $\alpha=10^0$, имеющая по высоте цилиндра два захода, а в нижней части – четыре захода;

- направление пластин барабана $\beta=45^0$.

Для решетного блока принимаем окружную скорость цилиндрических решет $V_р$=3,25 м/с, что соответствует и показателю кинематического режима $K_р$=3,59, а соотношение угловых скоростей вращения барабана и решета, соответственно $\frac{\omega_Б}{\omega_P} = 0{,}5$.

В предлагаемой методике использованы формулы для расчета параметров, полученные Б.Т. Тарасовым [228].

Определяем скорость V_r скольжения зерна по рабочей поверхности цилиндрического решета и осевую составляющую этой скорости по формуле:

$$V_r = (\omega_P - \omega_Б) R \frac{k_c \Phi}{\cos\alpha}, \quad (3.96)$$

где R– радиус цилиндра;

k_c – коэффициент, зависящий от толщины активного слоя, физико-механических свойств зерновой смеси и других факторов;

Ф– коэффициент скорости, определяемый аналитически.

При $k_c = 0{,}25, \Phi = 0{,}715$ и α=10^0 получим $V_r = 0{,}296$ м/с и $V_Z = 0{,}0515$ м/с.

Определяем величину критической скорости $(V_r)_{кр}$ скольжения зерна по рабочей поверхности цилиндрического зернового решета по формуле:

$$(V_r)_{кр}=\left(d_p - \frac{\Delta}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{\Delta}}\frac{\sqrt{k_r}}{1+\left(d_p-\frac{\Delta}{2}\right)\sqrt{\frac{1}{R\Delta}cos\alpha}}, \quad (3.97)$$

где Δ – ширина зерновки;

При $d_p = 5{,}25 \cdot 10^{-3}$м, $\Delta = 0{,}0036$ м получим $(V_r)_{кр}$=0,311 м/с.

Таким образом, $V_r < (V_r)_{кр}$. Необходимые условия для просеивания зерна пшеницы выполняются.

Определяем значение осевой скорости скольжения зерна по колосовому решету в конце цилиндра:

$$V_z^I = \sqrt{V_{oz}^2 + 2gH_К(1 - fK_K)}, \quad (3.98)$$

где $H_К$ – высота цилиндра колосового решета;

K_K – кинематический показатель режима работы колосового решета.

При $H_К = 0{,}61$, коэффициенте трения f=0,325 и начальной скорости V_{OZ}=0,1…0,3 м/с получим $V_z^I = 2{,}933 \ldots 2{,}984$ м/с, что значительно превышает критическую скорость скольжения зерна по решету с круглыми отверстиями диаметром 10 мм. Поэтому гасители скорости должны быть установлены не только в начале колосового решета, но и в промежуточных точках по его высоте.

Определяем производительность сепаратора (по проходу) по формуле:

$$Q=3{,}6k_{сп}\pi D\Delta V_z\gamma\frac{1-C_0(1-\xi)}{C_0(1-\xi)}\left[1 - e^{-\frac{C_0(1-\xi)H}{l_0 sin\alpha}}\right], \text{ т/ч} \quad (3.99)$$

где $k_{сп}$=0,957 – коэффициент, учитывающий перекрытие рабочей площади решета винтовой спиралью;

D– диаметр цилиндрического решета;

Vz – осевая скорость движения слоя зерна;

C_0 – содержание длинных примесей в исходном материале;

Δ – вес элементарного слоя, Δ=2 кг/м^2;

γ – объемная масса проходной фракции;

ξ– коэффициент, учитывающий расслоение зерновой смеси, $\xi = 0{,}75$;

Н – высота цилиндрического решета.

l_0– средний путь скольжения зерна по решету от момента вступления его в контакт с решетом, до момента просеивания;

α – угол подъема винтовой спирали.

Определим величину l_0 по формуле:

$$l_0 = \frac{\pi d^2}{4\mu_0(d-d_0)} \qquad (3.100)$$

где d_0 – эффективный диаметр зерна, $d_0 = 4{,}4$ мм;

μ_0– относительная живая площадь, $\mu_0 = 0{,}458$ м^2;

d– диаметр отверстий, мм.

При высоте рабочей части цилиндра Н=0,65 м, $V_z = 0{,}0515$ м/с, ξ=0,75, α=10^0, l_0=0,07 м получим Q=34,4 т/ч.

Используя полученную формулу, при различных значениях ξ, можно построить теоретические зависимости от исходной засоренности зернового материала (рисунок 3.23).

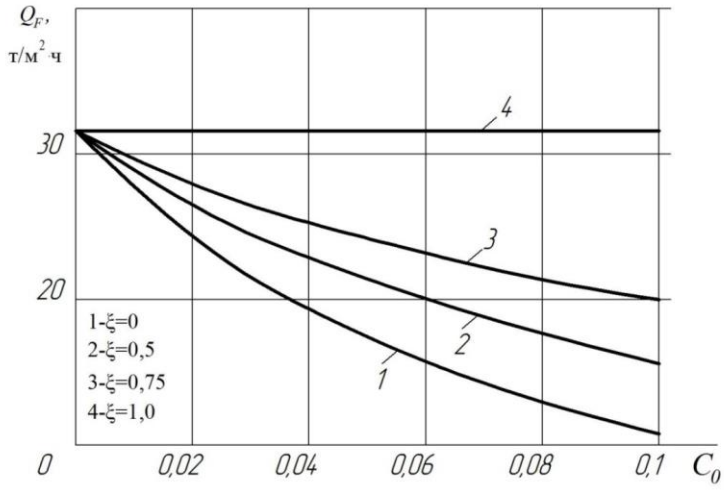


Рисунок 3.23 - Изменение производительности сепаратора в зависимости от относительного объемного содержания сходовой фракции в исходном материале и коэффициента расслоения смеси

Энергетические параметры работы сепаратора.

Кинематическая схема привода блока цилиндрических решет представлена на рисунке 3.24.

Мощность, необходимая для привода сепаратора при установившемся режиме:

$$N=N_{тр}+N_{кин}+N_{в.у.} \quad (3.101)$$

где $N_{тр}$ – мощность, расходуемая на трение зерна о зерно в активном слое, о рабочую поверхность и в подшипниках, а также трение очистительных щеток о поверхность решета;

$N_{кин}$ – мощность, расходуемая на сообщение кинетической энергии;

$N_{в.у.}$– мощность, расходуемая на выгрузное устройство.

Найдем каждую составляющую энергетических затрат.

Определяем мощность, расходуемую на трение зерна в активном слое и в подшипниках, по формуле:

$$N_{тр} = f m_1 F_p \frac{\left(\omega_p^2 R\right)^2}{R}\left(1-\eta_к \frac{\omega_б}{\omega_p}\right)\frac{cos\beta}{\eta_{д-р}} \quad (3.102)$$

где f– коэффициент трения зерна о зерно;

m_1 – масса элементарного слоя, отнесенная к единице площади;

z– безразмерный параметр, равный отношению радиальной силы P давления зерновой смеси на частицу к центробежной силе инерции частицы (при вращении ее с угловой скоростью решета);

β– угол между направлением силы трения зерна о первый элементарный слой и горизонтальной плоскостью;

$\eta_{д-р}$– КПД передачи от двигателя решету;

$\eta_к$– КПД замкнутого контура, по которому циркулирует мощность.

При f=0,7, m_1 =2 кг/м^2, F_p =1,2 м^2; $\eta_к = \eta_{д-р} = 0{,}8$; z=0,3; $\omega_р$R=3,25 м/с, $\frac{\omega_б}{\omega_р}$ =0,5 и cosβ=0,97 и получим $N_{тр} = 0{,}419$ кВт.

Полагаем, что при выходе из сепаратора зерновой материал имеет скорость, равную окружной скорости решета $V_р$ получим:

$$N_{кин} = m^I \frac{V_p^2}{2} \quad (3.103)$$

где m^I – секундная масса зернового материала, поступившего в сепаратор.

Мощность, затрачиваемая на выгрузку зерна и отходов:

$$N_{в.у.} = \sum M_{тр}\, \omega_p\,, \quad (3.104)$$

Суммарная мощность составит менее 1,0 кВт.

Проведенные расчеты основных конструктивно-кинематических параметров позволили обосновать новый способ сепарирования с использованием блока центробежных решет. Для интенсификации работы подсевного и зернового цилиндрических решет необходимо идти по пути усовершенствования конструкции этих решет и применения центробежно-воздушного сепарирования.

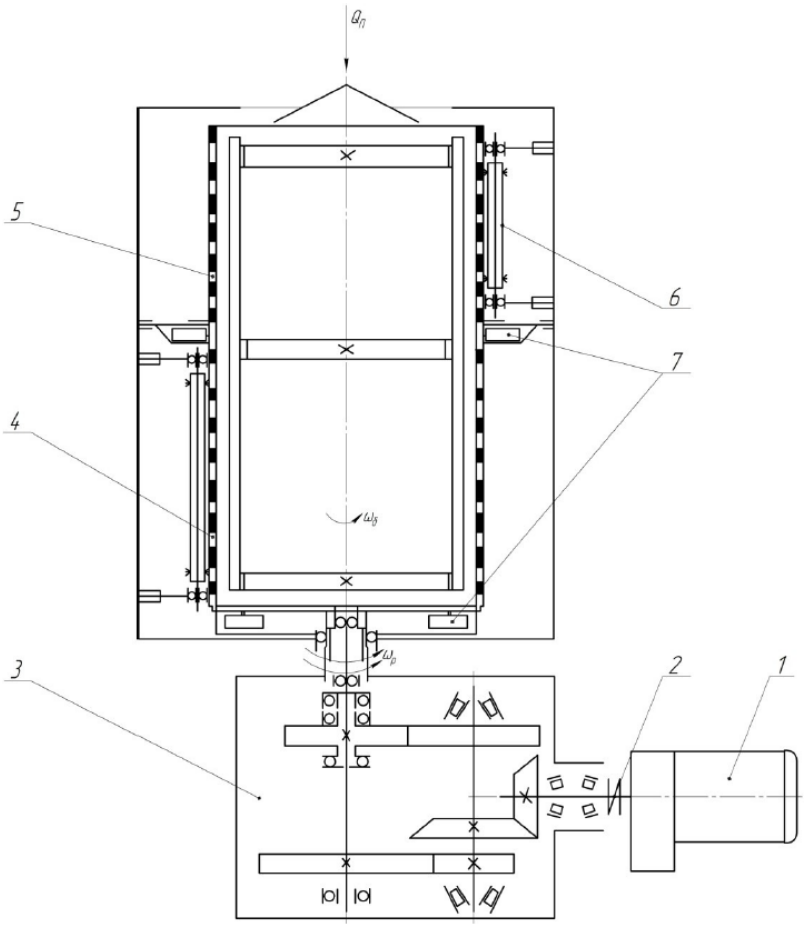


Рисунок 3.24 - Кинематическая схема привода блока цилиндрических решет:

1 – мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – зерновой блок;

5 – подсевной блок; 6 – цилиндрическая щетка; 7 – скребки

3.7 Обоснование основных параметров пластинчатого барабана центробежно-решетного сепаратора

Для обоснования параметров пластин барабана рассмотрим слой зерна, находящийся между пластинами (рисунок 3.25) [191].

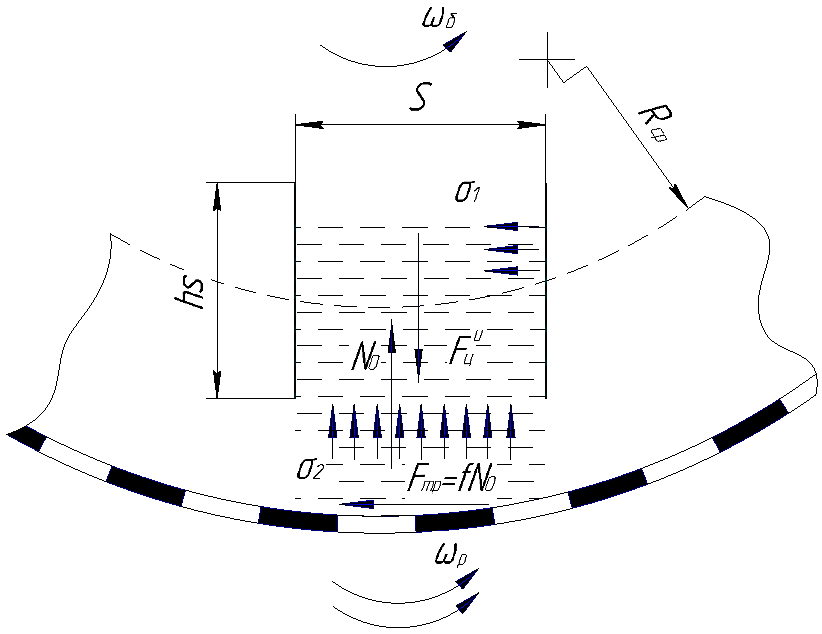


Рисунок 3.25 – Схема к определению параметров пластин барабана

Масса этого слоя будет равна:

$$\mathrm{M} = S \cdot L \cdot h_б \cdot \gamma, \qquad (3.105)$$

где S – расстояние между пластинами (шаг расстановки), м;

L - длина пластин, м;

$h_б$ – толщина слоя, м;

γ – объемная масса зерновой смеси, кг/м^3.

Определим радиальное давление на слой зерна.

$$\sigma_2 = \mathrm{M} \cdot \omega_б^2 \cdot R_{ср} \cdot \mu \frac{1}{S \cdot L} = \frac{S \cdot L \cdot h_б \cdot \gamma}{S \cdot L} \omega_б^2 \cdot R_{ср} \cdot \mu = \omega_б^2 \cdot R_{ср} \cdot \mu \cdot h_б \cdot \gamma, \qquad (3.106)$$

где $\omega_б$ – угловая скорость вращения барабана, с$^{-1}$;

$R_{ср}$ – средний радиус вращения слоя зерна, м;

μ – безразмерный коэффициент, учитывающий «зависание» зерновой смеси между пластинами барабана

$$\mu = \frac{N_0}{F_{\text{ц}}^{\text{и}}}, \tag{3.107}$$

где N_0 – нормальная реакция;

$F_{\text{ц}}^{\text{и}}$ – центробежная сила инерции.

Боковое давление можно определить из выражения:

$$\sigma_1 = \frac{F_{\text{тр}}}{h_{\text{б}} \cdot L} = \frac{f \cdot N_0}{h_{\text{б}} \cdot L} = \frac{F_{\text{ц}}^{\text{и}} \cdot \mu \cdot f}{h_{\text{б}} \cdot L}, \tag{3.108}$$

где $F_{тр}$ – сила трения зернового слоя о близ лежащие слои и решето.

С другой стороны $\sigma_2 = \frac{F_{\text{ц}}^{\text{и}} \cdot \mu}{S \cdot L}$, а $\sigma_1 = \frac{F_{\text{ц}}^{\text{и}} \cdot \mu \cdot f}{h_{\text{б}} \cdot L} = \gamma \cdot S \cdot h_{\text{б}} \cdot L \cdot \omega_{\text{б}}^2 \cdot R_{\text{ср}} \frac{\mu \cdot f}{h_{\text{б}} \cdot L}$/

В механике дисперсных систем установлено, что если вследствие каких-либо посторонних воздействий на боковые грани сыпучего тела оказывается больше определенного значения σ_1, то происходит нарушение предельного равновесия и начинается смещение частиц сыпучего тела, сопровождающиеся выпиранием их вверх по плоскостям [230].

$$\sigma_1 \leq \sigma_2 tg^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right), \tag{3.109}$$

где φ – угол внутреннего трения данного сыпучего тела (в нашем случае зерна).

Подставив значения σ_1 и σ_2 в формулу (5), получим:

$$\frac{F_{\text{ц}}^{\text{и}} \cdot \mu \cdot f}{h_{\text{б}} \cdot L} \leq \frac{F_{\text{ц}}^{\text{и}} \cdot \mu}{S \cdot L}\ tg^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \tag{3.110}$$

Отсюда

$$\frac{S}{h_{\text{б}}} \leq \frac{tg^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}{f}$$

где $f = tg\varphi$

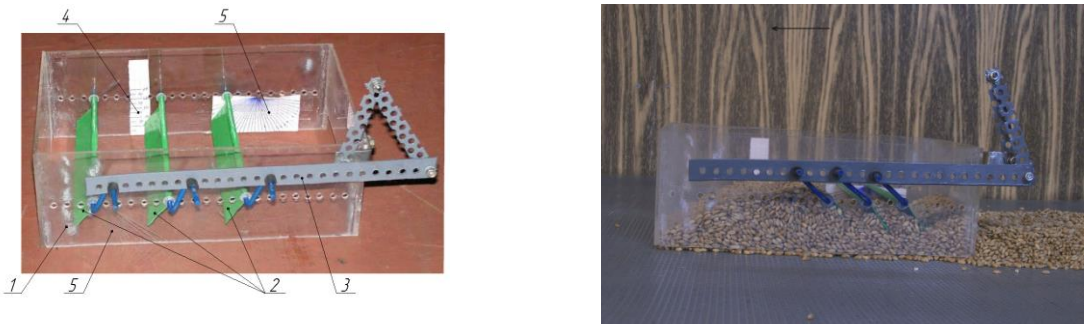
Следовательно, функция $S=f(h_{\text{б}})$ носит линейный характер.

Для подтверждения теоретических предпосылок были проведены опыты на специально разработанной экспериментальной установке (рисунок 3.26).

Опыты проводились на зерне различной влажности и засоренности.

При проведении опытов визуально наблюдали, при какой высоте слоя происходило активное закручивание зерна, и фиксировались эти параметры.

Оценивалось также отсутствие закручивания зерна при изменении угла наклона пластин.



а б

Рисунок 3.26 - Принципиальная схема экспериментальной установки

а- устройство установки; б- рабочий процесс движения зерна по решету

1- корпус с отверстиями для установки заданного шага расстановки пластин; 2- пластины; 3- рейка для установки заданного угла наклона пластин; 4- шкала определения высоты слоя; 5- шкала для установки угла наклона пластин

На основании проведенных опытов построены зависимости, представленные на рисунках 3.27 и 3.28.

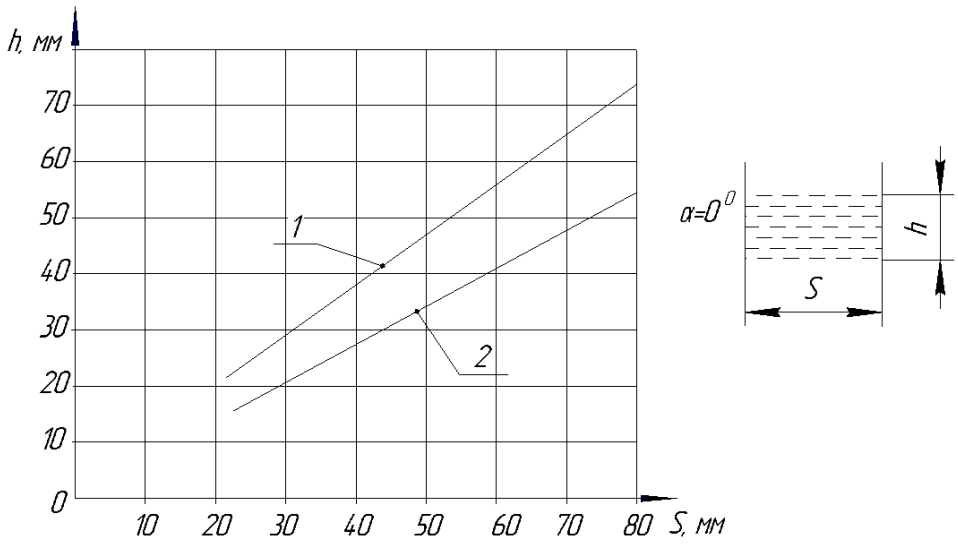


Рисунок 3.27 – Изменение высоты слоя h в зависимости от шага S расстановки пластин (при влажности 1- W=13%; 2 – W=24%)

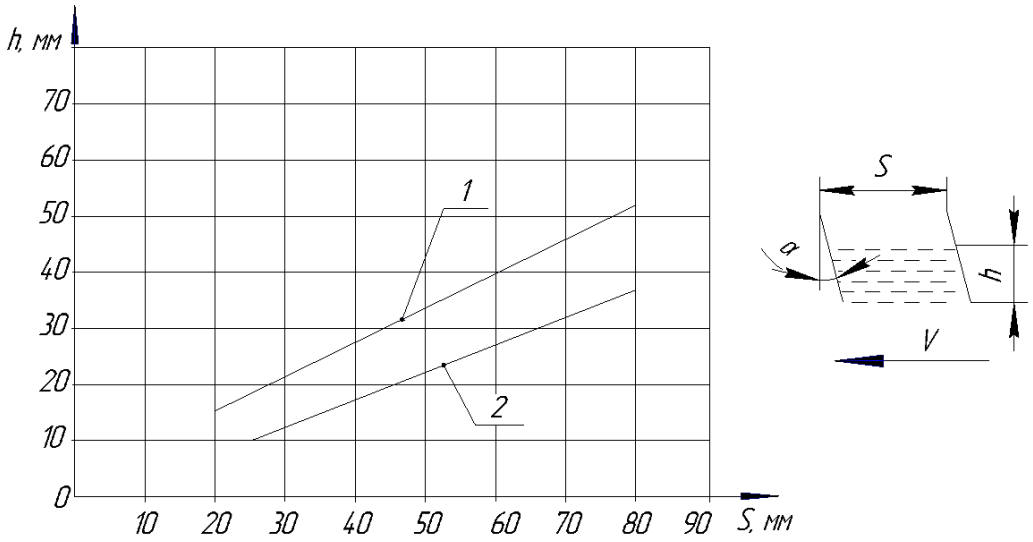


Рисунок 3.28 – Изменение высоты слоя h в зависимости от шага S расстановки пластин (при угле наклона пластин 1- α=20%; 2 – α =40%).

Как видно из приведенных графиков (рисунки 3.27 и 3.28), при повышении влажности (увеличивается угол внутреннего трения) и угла наклона пластин закручивание зерна происходит при меньшем значении отношения $\frac{h}{S}$. Следовательно, радиальное положение пластин предпочтительно для работы подсевных решет, где необходимо интенсивное перераспределение зерновых частиц. Это будет способствовать более интенсивному выделению мелких примесей.

Для снижения закручивания зернового слоя пластины барабана нужно ставить под наклоном. Отсутствие закручивания слоя зерна в межпластинчатом пространстве будет способствовать устойчивой ориентации длинных частиц относительно сепарирующей поверхности цилиндрического решета с круглыми отверстиями. Поэтому этот режим предпочтителен для зернового решета центробежно-решетного ворохоочистителя.

Подсчеты показывают, что для зерна влажностью W=13% отношение $\frac{h}{S}$ составляет 0,89, а при влажности зерна W=24% - 0,7. Следовательно, с увеличением влажности зерна отношение $\frac{h}{S}$ уменьшается, то есть зерновой слой, находящейся

между пластинами барабана будет приходить в активное вращение при большем расстоянии между пластинами.

Проведенными исследованиями установлено, что при отношении угловых скоростей $\frac{\omega_б}{\omega_р} = 0{,}5$, толщине активного слоя $h_а$=10 мм, общую толщину кольцевого слоя $h_{сл}=h_а+h_б$ можно принять равной 35…40 мм.

В соответствии с проведенными опытами шаг расстановки пластин должен быть S=40 мм.

Интенсификация процесса сепарирования в решетном блоке при выделении мелких и частично коротких примесей на подсевном решете и при выделении длинных и крупных соломистых примесей на зерновом решете возможна за счет использования центробежных сил.

Совместная работа цилиндрического решета и пластинчатого барабана обеспечивает устойчивое протекание технологического процесса при соотношении их угловых скоростей равное 0,5.

Целесообразно на пластинчатом барабане подсевного блока пластины устанавливать радиально, а на зерновом блоке под углом наклона в сторону, обратную направлению вращения решета и барабана.

3.8 Моделирование работы центробежно-решетного сепаратора в режиме овсюгоотборника

Центробежно-решетный сепаратор, работающий в режиме овсюгоотборника может использоваться в поточных линиях для обработки продовольственного зерна вместо триерных блоков с ячеистыми рабочими поверхностями.

В послеуборочной обработке зерна в основном применяются рабочие органы, разделяющие зерновую смесь по линейным размерам и аэродинамическим свойствам. Наибольший интерес представляет процесс разделения зерновых частиц по длине.

В настоящее время разделение по длине осуществляется в основном на ячеистых триерах [181, 182]. Многочисленные исследования триеров с ячеистой

поверхностью и триеров других типов показали, что существенно повысить их удельную производительность не представляется возможным и резервы повышения этого параметра практически исчерпаны [228]. Отсюда следует, что требуется научный поиск новых способов разделения зерновой смеси по длине, поэтому можно сделать следующие выводы и обозначить требования к устройству для разделения зерна по длине [183, 207, 220, 228]:

- принцип разделения зерновой смеси по длине ячеистыми поверхностями исчерпал себя;

- применение круглых отверстий при обеспечении нормальной ориентации (когда частицы уложены «плашмя» на решето, то есть длинной осью параллельно плоскости решета) длинных частиц более перспективный рабочий орган [228];

- для интенсификации процесса сепарации необходимо обеспечить применение центробежных сил в более широких интервалах, но без вибрации;

- для повышения производительности цилиндрического решета с круглыми отверстиями необходимо обеспечить полную загрузку решета по всей поверхности;

- обеспечить скольжение частиц относительно сепарирующей поверхности решета;

- обеспечить быстрый подвод зерновых частиц на место, прошедших в отверстия решета;

- обеспечить быстрый отвод сходовой фракции (длинных частиц).

Особую сложность представляет последнее требование.

Проведенные многочисленные исследования в области центробежно-решетной сепарации позволили разработать сепаратор для разделения зерновой смеси по длине частиц. Сепаратор включает в себя цилиндрическое решето 1 и внутренний пластинчатый барабан 2, которые вращаются вокруг вертикальной оси в одном направлении с различными скоростями. К внутренней поверхности цилиндрического решета жестко крепится по винтовой линии спираль 3, выполненная из проволоки диаметром 4 мм, а в нижней части пластинчатого барабана крепится кольцевая щётка 4. (рисунок 3.29)

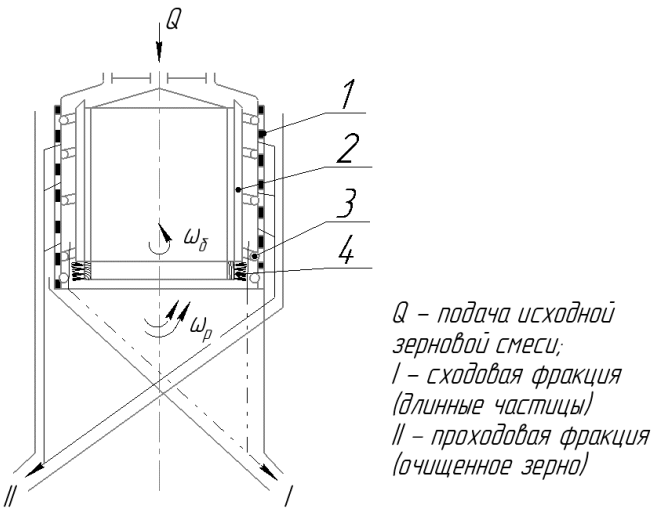


Рисунок 3.29 - Схема технологического процесса работы сепаратора

Рабочий процесс протекает следующим образом. Зерновая смесь поступает в кольцевой слой между пластинами барабана и решетом и, вследствие различных их скоростей вращения, скользит по решету. Между концами пластин барабана и решетом образуется активный слой, в котором под действием сил трения данные частицы располагаются по линии наименьшего сопротивления, укладываясь «плашмя» на решето.

При скольжении зерновой смеси по решету проходовая фракция (пшеница) просеивается через отверстия. В контактирующем с решетом элементарном слое (толщиной в одно зерно) непрерывно накапливается сходовая фракция (овсюг), которая спиралью «подрезается» и выводится из-под общего зернового слоя, проталкивается в зазор между решетом и кольцевой щёткой и выбрасывается в приемник. При движении зернового материала в этом зазоре происходит окончательное выделение проходовой фракции.

Как указывалось, выше, непрерывно накапливающийся слой сходовой фракции (овсюг), подрезается спиралью и выводится из-под общего зернового слоя. Производительность цилиндрического решета зависит от интенсивности его очистки от сходовой фракции.

Тарасовым Б. Т. пыла получена формула удельной производительности решета [228]:

$$Q = 2\pi R q_{см} V_z \frac{z}{X_p \cdot sin\alpha}, \quad (3.111)$$

где R-радиус цилиндрического решета, м;

$q_{см}$ – вес элементарного слоя зёрен на единице площади решета, $\frac{кг}{м^2}$;

V_z – вертикальная составляющая скорости скольжения зерна относительно решета, $\frac{м}{с}$;

z – длина спирали, м;

$X_{ср}$ – средний путь скольжения зерна по решету от момента соприкосновения с поверхностью решета до просеивания, м;

Из формулы 3.111 видно, что производительность решета прямо пропорциональна V_z, а эта величина зависит от угла наклона спирали α.

При известных значениях угловой скорости решета и радиуса цилиндра определим показатель кинематического режима решета:

$$К_р = \frac{\omega_р^2 \cdot R}{g} \quad (3.112)$$

где ω_p – угловая скорость решета, $с^{-1}$

g – ускорение свободного падения, $\frac{м}{с^2}$

R- радиус цилиндрического решета, м (R=0,3 м).

Принимаем значение $К_р = 3{,}5$, которое обеспечит работоспособность цилиндрического решета.

При выборе оптимального угла наклона спирали использовали зависимость $\frac{1}{\omega_p R} \cdot V_z = f(\alpha)$ [182].

Эта зависимость получила экспериментальное подтверждение на макетном образце сепаратора. Установлено, что угол α должен иметь значение $6 < \alpha < 15°$. Максимальная удельная производительность в экспериментах была получена при $\alpha = 11°20'$ [182].

Определена зависимость этого параметра от линейной скорости решета при постоянном отношении $\frac{\omega_б}{\omega_р} = 0{,}5$.

В опытах были приняты следующие скорости:

$V_p = 2{,}450;\ 2{,}889;\ 3{,}267\ ; 3{,}516;\ 3{,}708$ м/с.

При исходной засоренности $C_o = 0$ зависимость $Q_F = f(V_p)$ имеет линейный характер. Значит при заданном отношении $\frac{\omega_б}{\omega_р}$ величина Q_F тем больше, чем больше скорость решета (рисунок 3.30).

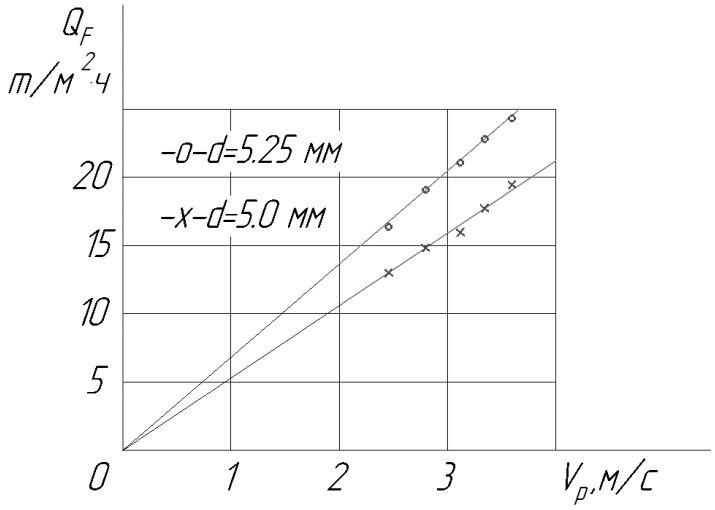


Рисунок 3.30 - Изменение удельной производительности в зависимости от скорости цилиндрического решета при $C_o = 0$

Приведенная выше формула удельной производительности не учитывает перекрытие части рабочих отверстий решета винтовой спиралью. Так как перекрытые отверстия выключаются из работы, то производительность решета будет ниже. С уменьшением угла подъёма спирали будет уменьшаться и фактическая рабочая площадь решета. Допустим, что на развертке решета уложена спираль, которая состоит из n заходов уложена под углом α к горизонту. Толщина спиральной проволоки b_n примерно равна среднему диаметру зерна.

Тогда ширина перекрываемой спиралью полоски равна:

$$b_1 = \frac{b_n}{sin\alpha}, \tag{3.113}$$

Учитывая это, можно подсчитать фактическую рабочую ширину решета:

$$s_р = (\pi D - b_1 n_{зах}) = \pi D \left(1 - \frac{b_n n_{зах}}{sin\alpha}\right), \tag{3.114}$$

где $n_{зах}$- число заходов винтовой спирали.

Обозначив выражение в скобках через $К_{сп}$ и, подставим численные значения величин $\alpha = 11°$, $n_{зах} = 2$ и $b_n = 0{,}004$ м, получим $К_{сп} = 0{,}95$ (коэффициент, учитывающий перекрытие рабочей площади решета винтовой спиралью).

Немаловажное значение имеет обработка спирали, её укладка и крепление к цилиндру решета.

Экскременты также показали, что угол α надо брать меньше на участке входа спирали под щетку и он должен быть меньше 9°. При $\alpha_1 > 9°$ (α_1 – угол наклона спирали на участке действия кольцевой щетки) сумма сил трения о решето и спираль становится больше сил трения ворса щетки о зерно и процесс транспортирования прекращается.

В дальнейших расчетах угол α_1 в месте захода под щетку надо принимать $\alpha_1 = 6°$.

Следовательно, необходимо определить параметры кольцевой щетки. Кольцевая щетка предназначена для вывода сходовой фракции с решета и обеспечение полного выделения зерна, попавшего в сходовую фракцию при его прохождении в зазоре Δ между решетом и щеткой. Определяющим параметром в этом процессе является высота кольцевой щетки.

Поэтому определение высоты щетки будем вести из условия полноты выделения проходовой фракции

$$\varepsilon = 1 - e^{-\frac{h}{X_{ср} \cdot sin\alpha_1}}, \qquad (3.115)$$

где ε – полнота выделения зерна при прохождении его под щеткой;

h - высота щетки;

α_1 – угол наклона спирали под щеткой.

Задаваясь полнотой выделения ε найдем из выражения 5 высоту щетки.

$$h = X_{ср} \cdot sin\alpha_1 2{,}3 lg \frac{1}{1-\varepsilon}, \qquad (3.116)$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что выполнение качественной работы происходит при высоте щётки h = 45…50 мм, а для лучшего захвата семян овсюга спиралью в начальной зоне действия щетки необходимо иметь фаску ворса щетки, как показано на рисунке 3.31.

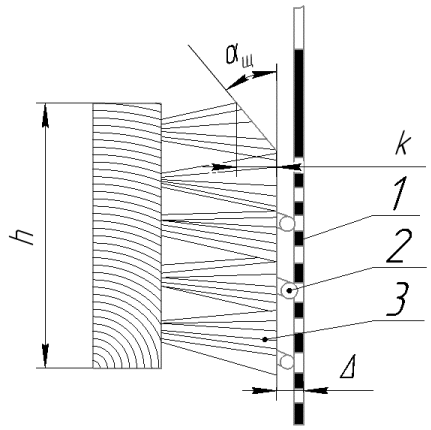


Рисунок 3.31 - Схема к определению параметров кольцевой щётки

1 – цилиндрическое зерновое решето;

2 – транспортирующая спираль;

3 – кольцевая щётка.

Катет К выполненной на ворсе щетки фаски должен быть несколько больше ширины захватываемого зерна спиралью. Принимаем угол $\alpha_{щ} = 30 \ldots 45°$ (не больше угла трения зерна о щетку).

Проведенные исследования подтвердили высокую удельную производительность центробежных решет с круглыми отверстиями (в 5…20 раз большую, чем у ячеистых триеров). Необходимо проводить исследования в этом направлении, связанные с повышением полноты выделения длинных примесей, сопоставимой с полнотой выделения на ячеистых триерах.

3.9 Определение параметров воздушного блока с кольцевым пневмосепарирующим каналом

3.9.1 Описание структурной схемы центробежно-воздушного сепаратора

Сепаратор состоит из приемного патрубка 1 (рисунок 3.32), цилиндрического корпуса с воздухозаборными окнами 4, конуса-сборника 7, осадочной камеры 13 с заслонкой 12 с механизмом грубой регулировки скорости воздушного потока 11,

выпускного клапана 14, патрубка вывода легких примесей 22, патрубка выгрузки очищенного зерна 9 и привода (условно не показан) [145].

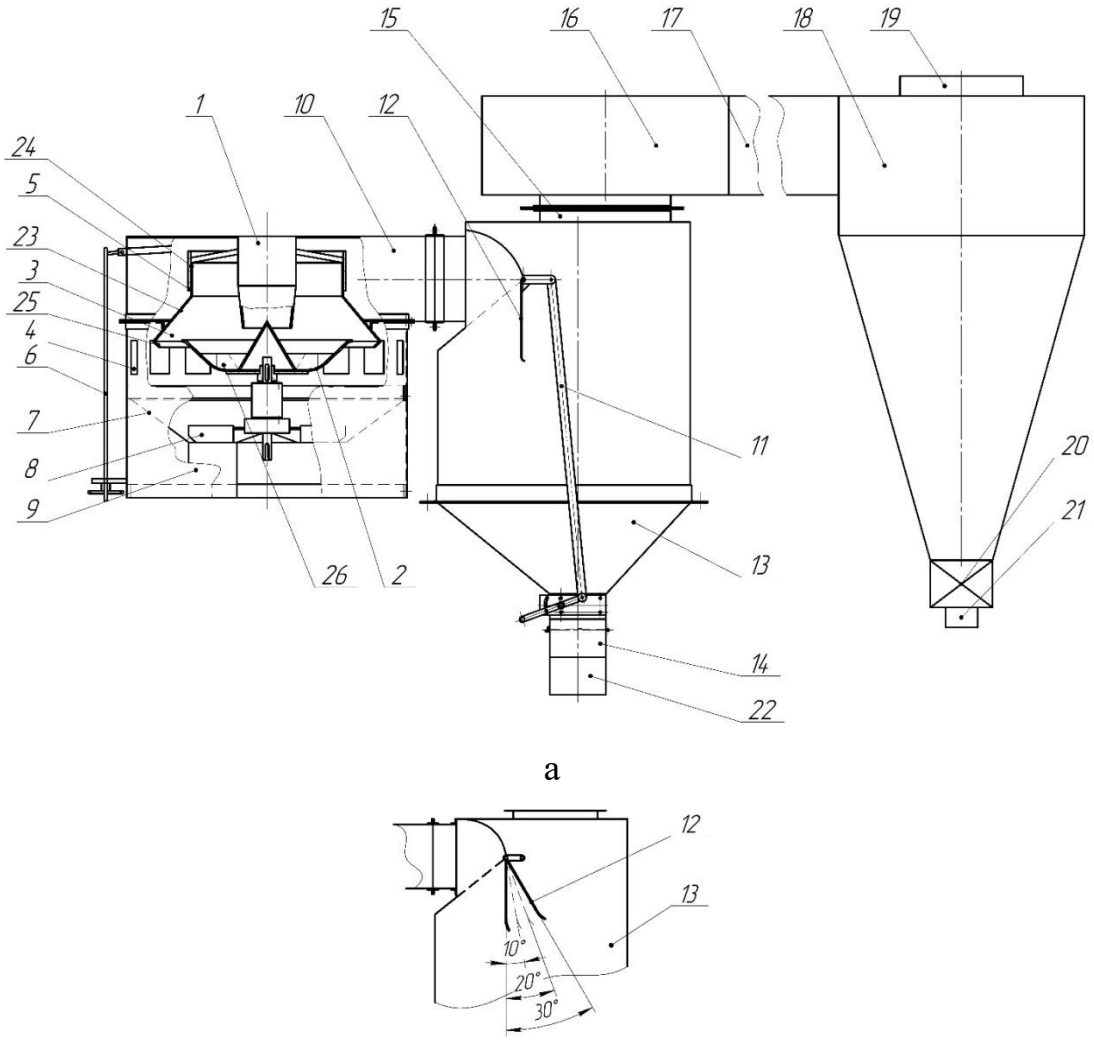


Рисунок 3.32 – Структурная схема центробежно-воздушного сепаратора: а – структурная схема; б – изменение положения заслонки в осадочной камере (расшифровка позиций в тексте)

Канал для протекания технологического процесса очистки зернового вороха от легких примесей 3 состоит из отражателя конического 23, тарелки 2 и конуса 25. Внутри цилиндрического корпуса расположен кольцевой пневмосепарирующий канал 3, образованный коническим отражателем 23 с конусом 25, а в верхней части цилиндр 24 с регулировочным стаканом 5 с механизмом регулировки стакана 6, и разбрасывающей тарелкой 2, соединённый через аспирационный канал 10 с осадочной камерой 13. Разбрасывающая тарелка 2 состоит из разбрасывающего

конуса, коротких и длинных лопаток 26, равномерно поочередно установленных по периметру основания, имеющего форму диска и несущего диска со ступицей, с помощью которой разбрасыватель жестко закреплен на валу привода. Осадочная камера 13 соединяется с вентилятором 16 с помощью патрубка 15, который соединен с циклоном 18 посредством аспирационного патрубка 17. Циклон 18 оснащен патрубком вывода очищенного воздуха 19, шлюзовым затвором 20 и 21-патрубком вывода пылевидных отходов 22. Для привода разбрасывающей тарелки 2 и скребков механизма выгрузки очищенного зерна 8 установлен мотор-редуктор.

Описание выделения легких примесей в предложенном сепараторе. Зерновой материал, требующий очистки, направляется через патрубок 1 на разбрасывающую тарелку 2, имеющую горизонтальную и коническую части, а также лопатки 26, для придания зерновой смеси заданной угловой скорости, где зерновой ворох поступает на поверхность разбрасывающего конуса и на диск с закрепленными на нем лопатками 26.

В канале 3 очистки зерна удаляются легкие примеси, которые по воздушному каналу 10 поступают в осадочную камеру 13.

Канал 3 для протекания технологического процесса очистки зернового вороха от легких примесей позволяет эффективно осуществить процесс сепарации за счет конструктивного исполнения, входящих в него элементов, которые позволяют осуществить двойной «продув» сходящего равномерного зернового слоя с конической части тарелки 2.

Зерно, прошедшее воздушную очистку направляется в конус-сборник, откуда скребками 8 посредством патрубка 9 направляется за пределы сепаратора.

Запыленный воздух из осадочной камеры 13 через аспирационный патрубок 15 поступает в вентилятор 16, а затем через аспирационный патрубок 17 в циклон 18. В циклоне 18 происходит осаждение пыли, которая через шлюзовой затвор 20 выводится в патрубок вывода пылевидных отходов 21. Очищенный воздух посредством патрубка вывода очищенного воздуха 19 удаляется из циклона.

3.9.2 Обоснование параметров выхода очищенного зерна кольцевого канала центробежного воздушного сепаратора

Разработано устройство выпуска, очищенного кольцевым пневмоканалом зерна с применением транспортирующей скребковой системы. Проведено описание работы системы выпуска очищенного зерна. Дано обоснование основных конструктивно-кинематических и энергетических параметров устройства. Показано, что при работе центробежного воздушного сепаратора, как самостоятельной зерноочистительной машины, он имеет широкий диапазон по производительности. Повышения эффективности работы кольцевого пневмоканала можно достигнуть за счет правильного выбора скорости воздушного потока в рабочей зоне и применяемой системы выпуска очищенного зерна.

Предлагаемый сепаратор является отдельной машиной и может работать в составе технологических линий очистки зерна (рисунок 3.33) [48].

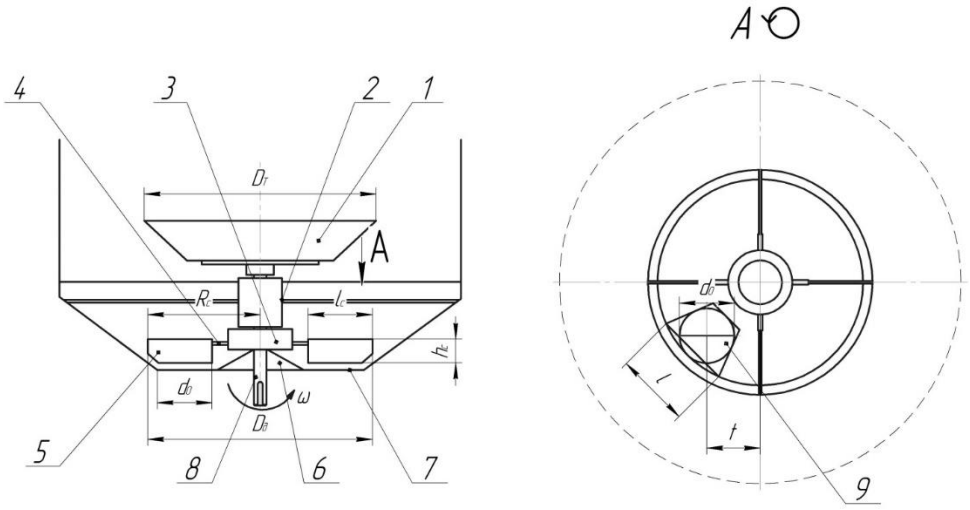


Рисунок 3.33 – Расчетная схема к определению параметров кольцевого канала выхода очищенного зерна

1 – разбрасыватель; 2- корпус подшипников; 3- ступица; 4- крестовина; 5- скребок; 6 – конус; 7- кольцевой канал; 8- вал привода; 9- выпускное отверстие

При работе кольцевого пневмосепарирующего канала совместно с решетным блоком центробежно-решетного сепаратора привод тарелки осуществляется также от вращающихся с оптимальной скоростью решет, а очищенное воздушным потоком зерно выпускается через конический сборник.

Для центробежного воздушного сепаратора, работающего как самостоятельная зерноочистительная машина, привод разбрасывающей тарелки и системы выхода очищенного зерна осуществляется одним приводом.

После пневмосепарации очищенный от легких примесей зерновой материал поступает на вспомогательный конус, а транспортировка очищенного зерна осуществляется скребками, которые крепятся на валу соосно с разбрасывающей тарелкой и вращаются в кольцевом канале выхода очищенного зерна. Захватывая определенную порцию очищенного зерна, скребки будут транспортировать его к отверстию в днище кольцевого канала и далее самотеком по выпускному патрубку выводится из машины.

Номинальная производительность воздушного центробежно-решетного сепаратора в режиме предварительной очистки составляет Q=50 т/ч. Планируемая установка центробежного воздушного сепаратора на мобильный зерноочистительный агрегат, который имеет семяочистительные машины, максимально возможная производительность составит Q=10 т/ч.

Поэтому целесообразно провести проверочный расчет скребков на максимальную и минимальную производительность сепаратора.

Производительность скребков определим по формуле [194]:

$$Q = 3600 \cdot h_c \cdot l_c \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi \cdot z, \quad (3.117)$$

где h_c – высота скребка, м;

l_c – длина рабочей части скребка, м;

V- окружная скорость движения скребка, м/с;

γ – объемная масса зерна, т/м^3 ($\gamma = 0{,}76$ т/м^3);

ψ - коэффициент заполнения (принимаем в расчетах ψ=0,4…0,8);

z – количество скребков, шт.

Частота вращения приводного вала n=120 об/мин. При R_c=0,25 м окружная скорость составит V=3,12 м/с. Принимая количество скребков z=4 шт., высоту скребка h_c=0.08 м, длину рабочей части скребка l_c=0,12 м, получим производительность более 100 т/ч.

Следовательно, принятые размеры и количество скребков обеспечат нормальную транспортировку очищенного зерна при меньшей производительности сепаратора.

Размер (по длине) выпускного отверстия должен быть таким, чтобы зерно при заданной окружной скорости успевало проходить в это отверстие и далее выводиться из машины. Критической длиной выпускного отверстия следует считать такой размер, при котором зерно под действием скребков будет перебрасываться через это отверстие. Это возможно при максимальной окружной скорости и малой длине выпускного отверстия.

Определим длину выпускного отверстия:

$$l = V\sqrt{\frac{2h_c}{g}}, \text{ м} \qquad (3.118)$$

При известных параметрах окружной скорости и высоты скребков, получим l =0,38 м.

Если длину рабочей части скребков l_c, исходя из конструктивных соображений увеличить, что соответствует увеличению ширины отверстия, то площадь трапецеидального выпускного отверстия будет соответствовать площади выпускного отверстия диаметром d_0=200 мм. Выпускная труба круглого сечения предпочтительнее при монтаже сепаратора.

По известной производительности скребков для вывода очищенного зерна, можно определить потребную мощность для его транспортировки:

$$N = \frac{Q}{367}L, \text{ кВт} \qquad (3.119)$$

где Q- производительность, т/ч;

L- длина транспортирующего участка, м.

При производительности сепаратора Q=50 т/ч мощность на транспортировку составит N=0,22 кВт.

Мощность на преодоление сопротивления воздуха будет незначительная, так как окружная скорость скребков небольшая (V=3,12 м/с).

Мощность, затрачиваемая на сообщение кинетической энергии поступающего зерна на разбрасывающую тарелку можно определить по формуле:

$$N_{\text{кин}} = \frac{mV^2}{2 \cdot 102}, \text{ кВт} \quad (3.120)$$

где $m = \frac{Q}{3{,}6g}$.

Тогда

$$N_{\text{кин}} = \frac{QV^2}{3{,}6 \cdot g \cdot 2 \cdot 102}, \text{ кВт} \quad (3.121)$$

Подсчеты показывают, что мощность на привод тарелки составит $N_{\text{кин}}$ =0,05 кВт. Суммарные затраты мощности с учетом мощности на преодоление сил трения в механизмах привода (20…30% общей мощности) составят не более 0,5 кВт. Установленная мощность центробежного воздушного сепаратора с учетом привода вентилятора (N=3,0 кВт) составит $N_ц$=3,5 кВт.

Полученные значения параметров кольцевого канала выхода очищенного зерна центробежного воздушного сепаратора показывают, что применяемая система выпуска зерна может работать в широком диапазоне по производительности при n=120 об/мин и z=4 шт. При установке кольцевого пневмосепарирующего канала на центробежно-решетный сепаратор, привод разбрасывателя следует осуществлять от решетного блока с оптимальной для решет скоростью, а для выпуска очищенного воздушным потоком зерна использовать конус-сборник с диаметром отверстий в нижней его части соответствующим диаметру загрузочной горловины сепаратора.

3.9.3 Обоснование параметров разгрузочных устройств центробежно-воздушного сепаратора

Для обеспечения эффективной работы центробежно-воздушного сепаратора с кольцевым пневмосепарирующим каналом необходимо обосновать параметры осадочной камеры и циклона и подобрать вентилятор [199].

Определим основные параметры этих устройств. Зная площадь кольцевого канала сепаратора F = 0,31 м^2 и среднюю скорость воздушного потока в рабочей зоне сепарации $v_{ср}$=9,0 м/с определим расход воздуха в канале:

$$Q_{\text{в}} = v_{\text{ср}} \cdot F \cdot 3600, \text{м}^3/\text{ч} \quad (3.122)$$

Подставив значения $v_{ср}$ и F в формулу (3.133), получим 10044 м^3/ч.

Определим скорость воздушного потока в осадочной камере с учетом цилиндрического расширения после зоны сепарирования:

$$v_{ок} = v_{ср} \cdot \frac{F}{F_{ок}};\ {}^{м}/_{с} \quad (3.123)$$

где $F_{ок} = B \cdot L$

$B = 950$ мм - ширина осадочной камеры;

L = 1200 мм - длина осадочной камеры;

Тогда $F_{ок}$ = 1,14 м^2

$$v_{ок} = 7{,}0 \cdot \frac{0{,}31}{1{,}14} = 1{,}94\ {}^{м}/_{с}$$

При таких конструктивных значениях осадочной камеры скорость воздушного потока снизилась до приемлемых значений 1,0…2,0 м/с. Полученная скорость воздушного потока позволяет частицам оседать в нижнюю часть камеры и через выпускной клапан они выводятся из машины

По расходу воздуха $Q_в$ = 10044 м^3/г к полному давлению $H_п$= 960 Н/м^2 подбираем вентилятор №5, имеющий число оборотов n = 1400 об/мин.

Мощность, потребная на привод вентилятора:

$$N_в = \frac{Q_в \cdot H_п}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_в}, \text{кВт} \quad (3.124)$$

где $\eta_в$ - к.п.д. вентилятора, $\eta_в$ = 0,64.

Учитывая потери мощности на трение в подшипниках качения и коэффициент запаса мощности, потребная мощность на привод вентилятора составит $N_в = 5{,}0$ кВт

Определим параметры циклона согласно представленной схеме (рисунок 3.34).

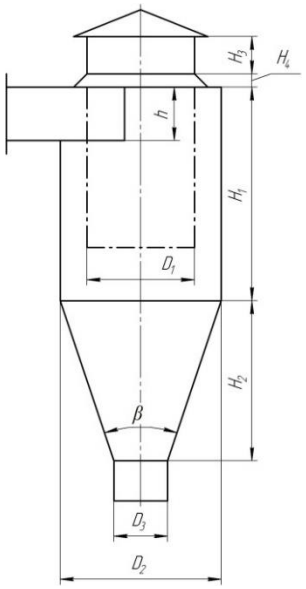


Рисунок 3.34 – Схема к определению конструктивных параметров циклона

Потери давления в циклоне находим по формуле:

$$\Delta \mathrm{H}_{\mathrm{ц}} = \xi_{\mathrm{ц}} \cdot \gamma \cdot \frac{v_{\mathrm{вх}}^2}{2g}; \tag{3.125}$$

где $\xi_{\mathrm{ц}}$ – коэффициент потерь давления в циклоне ($\xi_{\mathrm{ц}} = 3$)

$\gamma = 1{,}2$ кг/м^3 – удельный вес воздуха при стандартных условиях;

$v_{\mathrm{вх}}$ - скорость входа воздуха в циклон, м/с.

Подставим значения всех параметров, входящих в формулу (4), получим $\Delta \mathrm{H}_{\mathrm{ц}} = 89{,}9$ Н/м^2.

Определим внутренний диаметр D_1 циклона исходя из равенства:

$$D_1 = (0{,}05 \ldots 0{,}065) \cdot \sqrt{60 \cdot Q_{\mathrm{в}}}, \text{ м} \tag{3.126}$$

где $Q_{\mathrm{в}}$ - расход воздуха в м^3/с.

Принимаем D_1 = 0,63 м

Наружный диаметр циклона

$$D_2 = (1{,}6 \ldots 2{,}0) \cdot D_1, \text{ м} \tag{3.127}$$

$D_2 = 1{,}0 \ldots 1{,}2$ м.

Размеры сечения диффузора в месте присоединения циклона к вентилятору определим по формуле:

$$b = \frac{D_2 - D_1}{2} \text{ и } h = 1{,}75 \cdot b \tag{3.128}$$

$b = 0{,}20 \ldots 0{,}23$ м; $h = 0{,}35 \ldots 0{,}37$ м.

По сравнению со скоростью входа воздуха в циклон в самом циклоне она падает вследствие расширения воздушной струи.

$$v_{ц} = (0{,}6 \dots 0{,}7) \cdot v_{вх} = 4{,}2 \dots 4{,}9 \text{ м/с}.$$

Рекомендуемые размеры циклона (рисунок 3.34)

$$\left.\begin{array}{l} H_1 = 1{,}25D_1;\ H_4 = 0{,}1D_1; \\ H_3 = 0{,}25D_1;\ D_3 = 0{,}4D_1 \end{array}\right\} \quad (3.129)$$

Подставив значение D_1 в формулу (3.140) получим:

H_1 = 0,79 м; H_3 = 0,16 м; H_4 = 0,063 м; D_3 = 0,25 м.

Определим высоту конической части циклона

$$H_2 = \frac{D_2 - D_3}{2\,tg\frac{\beta}{2}}, \text{ м}$$

где D_3 - диаметр отверстия для выхода легких примесей;

β - угол раскрытия конуса, принимаем β = 70°

H_2 = 0,92 м.

Проведенные расчеты основных параметров разгрузочных устройств центробежно-воздушного сепаратора позволили реально использовать их при практическом изготовлении в производственных условиях.

3.10 Определение параметров делительного решета центробежно-решетного ворохоочистителя

3.10.1 Исследование пропускной способности делительного решета центробежно-решетного ворохоочистителя

Практический опыт показывает, что питатель в виде горизонтального диска с лопастями не обеспечивает требуемой производительности, так как он создает затор потоку зернового материала при больших подачах [202]. Поэтому питатель должен быть выполнен в виде конуса с углом $\beta_П$ при вершине меньше 90^0. Однако при слишком малом угле раскрытия конуса зерно будет двигаться с большой скоростью по поверхности питателя вниз и не успеет раскрутиться и, следовательно, не прижмется к внутренней поверхности делительного решета. В этом случае возможно увеличение осыпи зернового материала. Таким образом,

питатель должен быть коническим, а угол $\beta_П$ при вершине конуса должен быть таким, при котором обеспечивается раскрутка зернового материала и последующие отбрасывание его на поверхность делительного решета.

Для обеспечения раскрутки необходимо, чтобы зерновой материал при встрече с поверхностью питателя не отскакивал, а продолжал скользить. В действительности, отскакивание зерна от поверхности питателя возможно только при движении единичных зерен, а при движении потока материала отскакивание зерна после удара будет невозможно [33].

По исследованиям П.А. Патрина [155], граничный угол удара зерновки о плоскость, при котором удар заканчивается скольжением определяется неравенством:

$$\gamma_{\text{гр}} = arctg[2f(1+K)], \tag{3.130}$$

где f – коэффициент трения;

К – коэффициент восстановления;

γ- угол между начальной скоростью движения частицы и нормалью поверхности конуса.

Применительно к конусу питателя:

$$\beta_{\text{п}} = 90^0 - \gamma, \tag{3.131}$$

Известно, что коэффициент восстановления *К* для пшеницы уменьшается по линейному закону с увеличением влажности. Учитывая изменение коэффициентов трения при изменении влажности и коэффициента *К*, а также взаимосвязь между углами $\beta_П$ и γ, получим приемлемые значения угла раскрытия конуса $\beta_П = 35...47^0$, при которых будет обеспечиваться скольжение частицы после удара ее о поверхность конуса.

После схода с питателя зерно продолжает двигаться в кольцевом зазоре δ между питателем и делительным решетом (рисунок 3.35). Величина кольцевого зазора оказывает существенное влияние на пропускную способность последнего.

Секундная пропускная способность:

$$q_c = V_{oc} \cdot F_\delta \cdot \rho \cdot \xi_F, \text{ кг/с} \tag{3.132}$$

где $V_{oc} = \dot{x} \cdot cos\beta_{\text{п}}$;

ξ_F – коэффициент заполнения сечения;

F_δ – площадь кольцевого зазора.

Величину требуемого кольцевого зазора определим, исходя из заданной производительности q_c. находим величину потребной площади кольцевого зазора F_δ, приняв осевую скорость $V_{ос}$=*0,7* м/с, ξ_F =0,9, ρ=700 кг/м^3.

$$F_\delta = \frac{q_c}{V_{ос} \cdot \rho \cdot \xi_F}, \quad (3.133)$$

где $q_c = \frac{Q}{3{,}6}$;

Q – производительность центробежно-решетного ворохоочистителя, т/ч.

Требуемая величина кольцевого зазора равна:

$$\delta = \frac{F_\delta}{2\pi \bar{r}_{\text{ср}}}, \quad (3.134)$$

где $\bar{r}_{\text{ср}}$ – средний радиус кольцевого пространства.

Расчеты показывают, что для производительности Q=50 т/ч кольцевой зазор δ=30 мм.

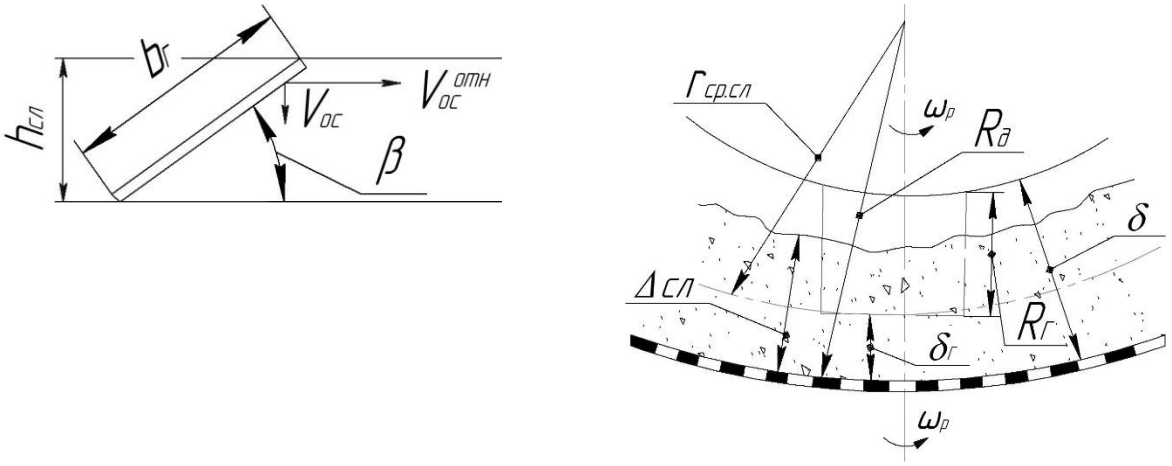


Рисунок 3.35 – Схема к обоснованию параметров кольцевого зазора между питателем и делительным решетом

Однако, экспериментальные исследования сепаратора в режиме ворохоочистителя показали, что величина кольцевого зазора должна быть больше и в значительной степени зависит от состава зернового материала и его физико-механических свойств, а также нагрузки и кинематического режима.

Для повышения пропускной способности кольцевого зазора в нижней части питателя можно установить гребки. принимаем условие, что зерновой слой вращается со скоростью $\omega_{сл} < \omega_{р}$.

Количество зерна, перемещаемого гребками за один оборот:

$$q_{сл} = V_{сл} \cdot \rho, \quad (3.135)$$

Один гребок за 1 оборот в относительном движении продвинет кольцевой слой объемом, равным:

$$V_{сл} = h_{сл} \cdot \Delta_{сл} \cdot 2\pi r_{ср.сл}, \quad (3.136)$$

где $h_{сл} = b_{г} \cdot sin\beta$;

$\Delta_{сл}$ – толщина слоя при заторе.

$r_{ср.сл} = R_{д} - \frac{\Delta_{сл}}{2}$.

Если в нижней части питателя число гребков z, то они продвинут количество зерна q_z.

$$q_z = z \cdot q_{сл} \quad (3.137)$$

Секундная подача всех гребков составит:

$$q_{с} = q_z \cdot n_c$$

где $n_c = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\omega_{р} - \omega_{сл}}{2\pi}$.

Сделав преобразования с учетом формул (6, 7, 8), получим:

$$q_{с} = (\omega_{р} - \omega_{сл}) \cdot z \cdot h_{сл} \cdot \Delta_{сл} \cdot r_{ср.сл} \cdot \rho, \quad (3.138)$$

Подсчеты показывают, что поставленные гребки z=6 дают возможность существенно повысить пропускную способность кольцевого зазора. Это обеспечит полную загрузку сепаратора при его работе в режиме ворохоочистителя.

При определенной величине кольцевого зазора делительное решето при сравнительно небольшой площади в принципе способно пропустить через отверстия основную массу поступающего в сепаратор зерна.

Просеваемость *P* делительного решета оцениваем показателем:

$$P = \frac{P_1}{P_1 + P_2} = \frac{P_1}{Q_0}, \% \quad (3.139)$$

где P_1, P_2 – количество соответственно проходового и сходового материала.

Опыты показали, что просеваемость существенно изменяется с изменением подачи (начальной загрузки) и скорости вращения делительного решета.

При обработке зернового материала различных культур необходимо предусматривать изменение величины кольцевого зазора (рисунок 3.36).

Из представленных зависимостей видно, что максимальное значение просеваемости делительного решета достигнуто при окружной скорости вращения V_p=*3,25…3,5* м/с.

В конструкции ворохоочистителя делительное и цилиндрические решета вращаются с одинаковой скоростью, а величина кольцевого зазора может устанавливаться в зависимости от вида обрабатываемой культуры путем перемещения питателя по направляющей втулке в осевом направлении.

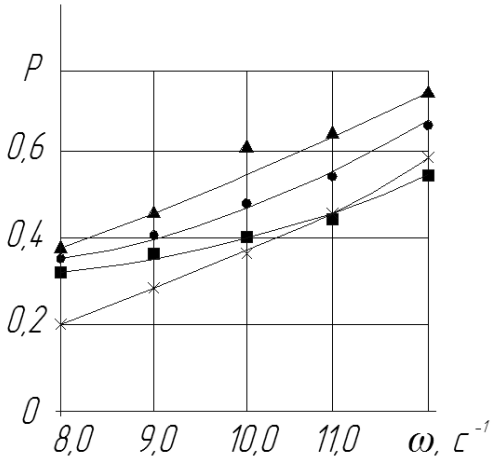


Рисунок 3.36 – Изменение просеваемости в зависимости от угловой скорости делительного решета на различных культурах при Q_0=25 т/ч.

▲- пшеница; ● - рожь; ■- ячмень; × - овес.

Обоснованы параметры устройства для предварительной подготовки зернового материала. Установлена величина кольцевого зазора δ=30 мм, число гребков на питателе z=6 шт., что соответствует пропускной способности решета Q=50 т/ч. 2. Предварительная подготовка зернового материала при работе сепаратора в режиме ворохоочистителя обеспечивает повышение эффективности процесса сепарации.

3.10.2 Исследование влиянии скорости движения зерна по питателю и в кольцевом зазоре на пропускную способность делительного решета

Практика показывает, что повысить эффективность очистки зерна на этих режимах можно путем обеспечения предварительной подготовки зернового материала. Поэтому к устройству для предварительной подготовки зерна должны предъявляться следующие технологические требования: устройство должно быть работоспособным при изменении подач зерна на очистку в широком диапазоне, при обработке зерна различных культур и на влажном зерновом материале [190].

Производительность сепаратора должна составлять Q= 25…50 т/ч (в зависимости от назначения сепаратора). По данной производительности необходимо определить параметры питателя и величину кольцевого зазора. Представим схему устройства (рисунок 3.37).

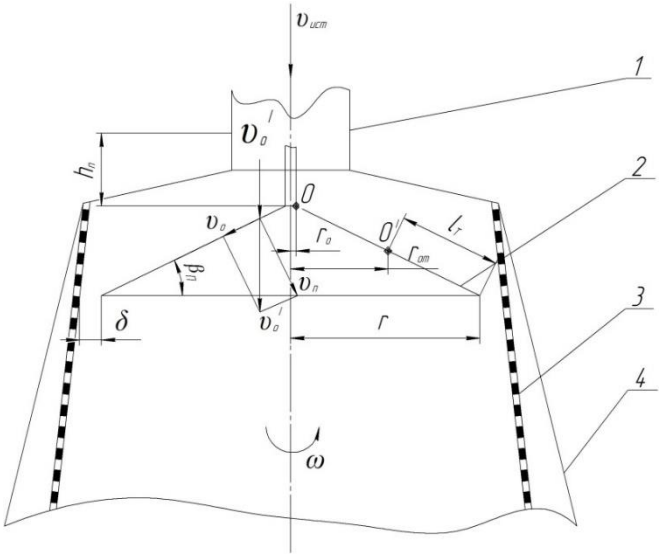


Рисунок 3.37 – Схема к определению параметров загрузочно-питающего устройства

1 - загрузочная горловина; 2 – питатель; 3 – делительное решето; 4 – коническая обечайка.

Зерновой материал встречается с поверхностью питателя после прохождения загрузочной горловины. Требуется определить, с какой скоростью он поступает на питатель.

При известной скорости истечения $V_{ист}$ по самотечной трубе, можно определить скорость $V_0^{'}$ движения зерновки по загрузочной горловине до момента касания поверхности питателя.

$$V_0^{'} = V_{ист} + \sqrt{2gh_п}, \quad (3.140)$$

где $h_п$ – высота падения зерна после гашения скорости, равная в нашем случае 0,1 м.

Зерна изменяют своё направление движения, достигнув поверхности питателя, а скорость $V_0^{'}$ разложится на составляющие V_0 и $V_п$. Следовательно, $V_0 = V_0^{'} \sin \beta п$.

Определим угол между лопастями питателя из выражения:

$$\varphi_л = \frac{2\pi}{Z}, \quad (3.141)$$

где Z – количество лопастей на питателе.

Питатель повернется на угол $\varphi_п$ за время движения Δt частицы вдоль образующей l конуса питателя:

$$\varphi_п = \omega * \Delta t. \quad (3.142)$$

Угол $\varphi_п$ должен быть больше угла между лопастями питателя $\varphi_л$, исходя из этого, что при работе питателя зерновой материал должен быть раскручен:

$\varphi_п > \varphi_л$,

$$\text{или иначе } \omega * \Delta t > \frac{2\pi}{Z}. \quad (3.143)$$

При длине образующей l и при заданном угле ($\beta п = 45°$), а также известной скорости $V_0 = 1{,}5$ м/с можно определить Δt. Длину образующей l можно подсчитать по формуле:

$$l = \frac{r - r_0}{\sin \beta_п}. \quad (3.144)$$

Неравенство (3.143) примет следующий вид:

$$\frac{\omega\, l}{V_0} > \frac{2\pi}{Z}, \text{ а } Z > \frac{2\pi V_0}{\omega l}. \quad (3.145)$$

Подставив значения параметров $\omega = 10{,}8$ рад/с, l = 0,19 м, получим Z = 4,6 штук.

Очевидно, что когда частица поступала на поверхность питателя в т. О, достаточно иметь на питателе 5 лопастей. Рассмотрим другой случай, когда загрузочная горловина полностью заполнена зерном. В данном случае при движении частиц у стенок загрузочной горловины с большой долей вероятности они могут оказаться в точке O^I поверхности питателя (рисунок 3.37. Обозначив радиус точки O^I как $r_{от}$, а длину образующей до конца конуса $l_Т$, то можно записать по аналогии с первым случаем (5):

$$l_Т = \frac{r - r_{от}}{\sin \beta_п}.$$

Учитывая конструкцию питателя и приняв $r_{от}$ = 0,075 м, получим $l_Т$= 0,148 м. При этих условиях должно выполняться неравенство:

$$Z > \frac{2\pi V_0}{\omega l_Т}. \quad (3.146)$$

При подстановке известных значений $\omega = 10{,}8$ с$^{-1}$, $l_Т$ = 0,148 м и $V_0 = 1{,}5$ м/с, получим Z = 5,9 штук. Принимаем Z = 6 штук.

Благоприятные условия для раскрутки следует ожидать при Z = 6 лопастей.

На пропускную способность делительного решета оказывает влияние величина кольцевого зазора δ между питателем решетом. Определим секундную пропускную способность:

$$q_c = V_{0c} \cdot F\delta\rho\xi_F, \text{ кг/с} \quad (3.147)$$

где $V_{0c} = V \cdot \cos \beta_п$;

F_δ – площадь кольцевого зазора;

ξ_F – коэффициент заполнения сечения.

Определим величину кольцевого зазора, исходя из заданной производительности q_c . Находим величину потребной площади кольцевого зазора $F\delta$, приняв $V_{0c} = 0{,}7$ м/с, $\xi_F, = 0{,}9$, ρ = 700 кг/м^3:

$$F\delta = \frac{q_c}{V_{0c} * \rho * \xi_F}, \quad (3.148)$$

где $q_c = \frac{Q}{3{,}6}$;

Q – производительность сепаратора, т/ч.

Требуемая величина кольцевого зазора равна:

$$\delta = \frac{F\delta}{2\pi \cdot \overline{r_{\text{ср}}}}, \qquad (3.149)$$

где $\overline{r_{\text{ср}}}$ = 0,13 м – средний радиус кольцевого пространства.

Получаем, что для производительности q_c = 13,9 кг/с величина кольцевого зазора δ = 28 мм. Предварительные лабораторные опыты показали, что величина кольцевого зазора должна быть больше и в значительной степени зависит от состава зернового материала и его физико-механических свойств, а также нагрузки и кинематического режима делительного решета. В этой связи наиболее приемлемой величиной кольцевого зазора при работе сепаратора принята $\delta = 30$ мм.

Численные значения параметров движения частиц после их взаимодействия с исследуемой поверхностью должны получить экспериментальное подтверждение.

Экспериментальные данные показали, что на скорость движения зерна по питателю оказывает влияние угол раскрытия конуса питателя βп и частота вращения ω.

В исследованном диапазоне с увеличением ω скорость движения зерна по поверхности питателя вдоль лопасти возрастает по линейной зависимости (рисунок 3.38).

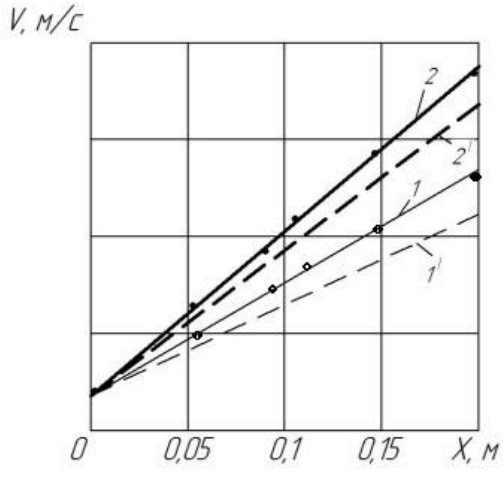


Рисунок 3.38 – Изменение скорости движения зерна по питателю в зависимости от частоты вращения

1, 2 – экспериментальные (1 – ω = 7,33 $с^{-1}$; 2 – ω = 10,47 рад/с);

1′, 2′ - теоретические (1′- ω = 7,5 $с^{-1}$, 2′ - ω = 10,5 рад/с).

Скорость схода частицы с поверхности питателя будет являться начальной скоростью для делительного решета. Опыты показали (рисунок 3.39), что с увеличением начальной скорости движения частицы скорость схода возрастает. При изменении ω с 6,28 рад/с до 10,47 рад/с и при $\beta п = 45°$ скорость схода изменялась с 1,65 м/с до 2,22 м/с.

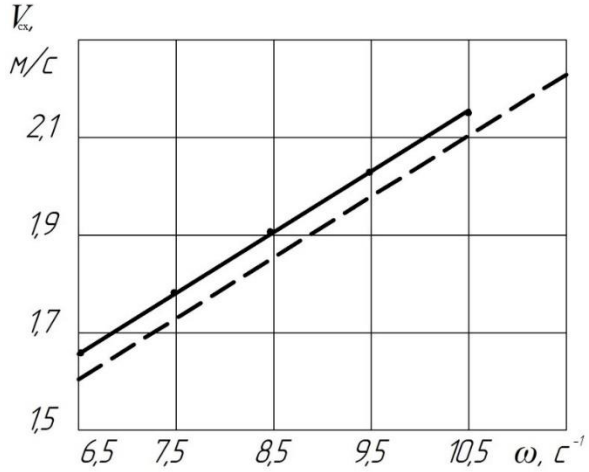


Рисунок 3.39 – Зависимость скорости схода частицы $V_{сх}$ от частоты вращения питателя ω.

Увеличение угла раскрытия конуса питателя не приводило к существенному увеличению скорости схода частицы. При $\beta п = 55°$ и при ω = 10,47 $с^{-1}$ скорость схода ее составляла 2,34 м/с. Длина образующей конуса во всех опытах оставалась неизменной и составляла 0,19 м.

Изучалось заклинивание зернового материала при обосновании величины кольцевого зазора. Образование вращающегося кольцевого слоя, приводящего к заклиниванию, как показали опыты, зависит от скорости вращения делительного решета ω (питатель имеет такую же скорость), величины кольцевого зазора δ, влажности W. При минимально устанавливаемой величине кольцевого зазора δ = 27 мм отмечалось заклинивание зернового материала в кольцевом пространстве.

По результатам проведенных исследований была получена зависимость $P = f(\delta)$ (рисунок 3.40), дающая возможность определить величину кольцевого зазора δ, исходя из назначения и условий работы цилиндрического решета.

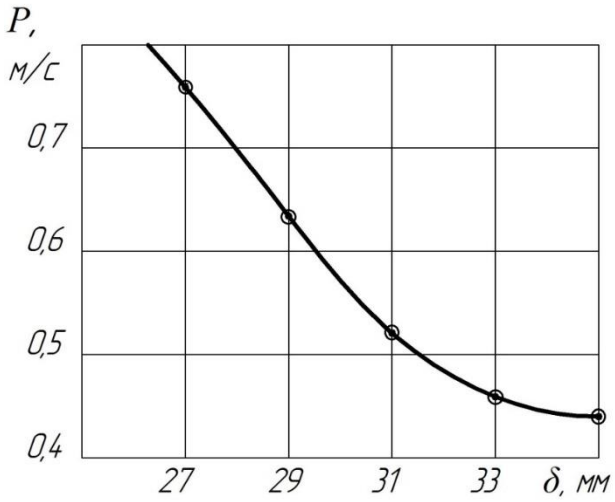


Рисунок 3.40 – Изменение просеваемости P в зависимости от величины кольцевого зазора δ при ω = 10,78 $с^{-1}$ Q = 21,6 т/ч и d = 6,5 мм.

График показывает, что просеваемость не менее 50% обеспечивается при кольцевом зазоре δ = 30 мм. Ставилась задача использовать коническое решето с диаметром отверстий $d = 6{,}5$ мм как делительное и, как разгрузочное, обеспечивающее качественное расслоение зерновой смеси. Делительное решето в центробежно-решетном сепараторе удовлетворяет этим требованиям.

Установлено, что устройство для предварительной подготовки зернового материала работоспособно при изменении подач в широком диапазоне, а его параметры увязаны с конструктивно-кинематическими параметрами центробежно-решетного сепаратора. Такой сепаратор может использоваться в поточных линиях для обработки продовольственного зерна вместо триерных блоков.

3.10.3 Методика расчета делительного решета центробежно-решетного сепаратора

В системе центробежно-решетного сепаратора предусматривается одновременное выделение как мелких, так и длинных примесей. Блочная компоновка такого сепаратора позволяет производить очистку от этих примесей, имея производительность 25 т/ч, а при работе в режиме ворохоочистителя в сочетании с воздушным потоком – 50 т/ч. Многочисленные исследования в области

сепарирования зерна показывают, что предварительная подготовка зернового материала существенно повышает эффективность очистки. Для такого способа сепарирования при различных компоновочных решениях можно выделить минимум четыре зоны предварительной подготовки зернового материала: зона загрузки зернового материала в сепаратор (верхняя часть сепаратора); зона пневмосепарации; зона предварительной подготовки зернового материала, расположенная между зоной пневмосепарации и первым решетом решетного блока; зона загрузки цилиндрического решета подсевного блока. Приведенная методика расчета устройства для предварительной подготовки зернового материала соответствует третьему варианту из предложенных зон. Это позволит при совместной работе подсевного и зернового цилиндрических решет создать условия для эффективного выделения мелких и длинных (крупных) примесей.

Существенно интенсифицировать процесс сепарации можно за счет предварительной подготовки (расслоения) зернового материала до подхода его к сепарирующей поверхности цилиндрического решета [219].

Предложен вариант подготовительной зоны, находящейся между зоной пневмосепарации и первым (подсевным) решетом центробежно-решетного сепаратора. В этом варианте используются: вращающаяся загрузочная горловина 1, конический питатель с лопастями 2, коническое делительное решето 3 и коническая обечайка (конус-расслоитель) 4 (рисунок 3.41).

При разработке методики расчета сепаратора нами взяты за основу некоторые теоретические положения исследований решетного овсюгоотборника Б.Т. Тарасова [228].

Исходные данные для проектирования:

- производительность сепаратора при очистке зерна от длинных примесей – 25 т/ч;

- содержание овсюга в исходной зерновой смеси – 4% по весу (С=0,04);

- влажность зерна – 14-16%.

При расчете устройства для предварительной подготовки зернового материала нужно учесть, что его параметры должны быть увязаны с

конструктивно-кинематическими параметрами цилиндрического решета и пластинчатого барабана. В качестве исходных данных используем следующие параметры: диаметр цилиндрического решета D=600 мм, диаметр пластинчатого барабана (по кольцу) $D_б$=520 мм.

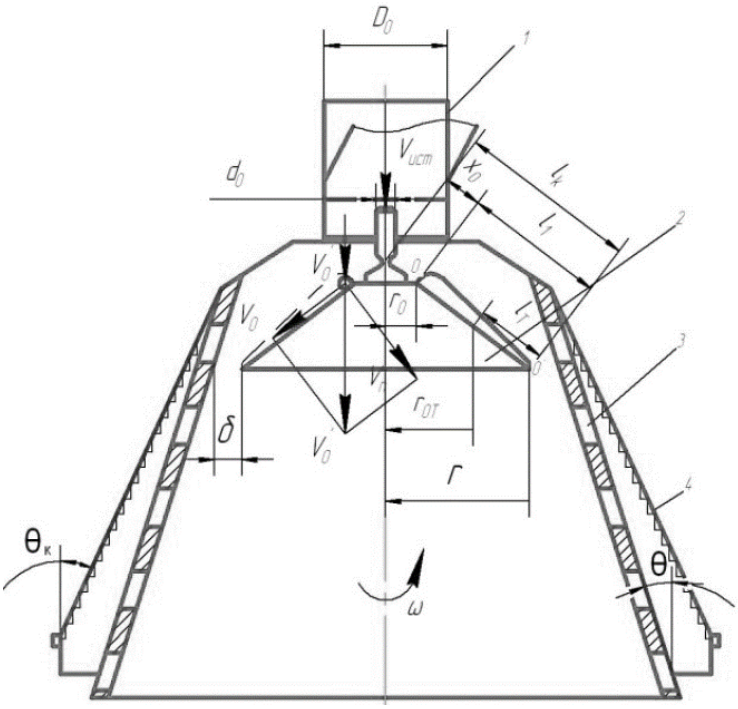


Рисунок 3.41 - Схема к определению параметров устройства для предварительной подготовки зернового материала

1. Принимаем окружную скорость цилиндрического решета $V_р$=3,25 м/с, что соответствует угловой скорости ω=10,8 $с^{-1}$ и показателю кинематического режима К=3,59, а соотношение скоростей вращения барабана и решета $\frac{\omega_б}{\omega_р}$=0,5.

Делительное решето устройства для предварительной подготовки зернового материала имеет окружную скорость цилиндрического решета.

2. Определяем диаметр загрузочной горловины. Задаемся диаметром трубы

D_0=200 мм и проверяем пропускную способность. Исходя из того, что сепаратор может работать и в режиме ворохоочистителя производительностью 50 т/ч, то целесообразно при обосновании диаметра горловины вести расчет по максимальному значению производительности.

Для производительности Q=50 т/ч будем иметь F=0,02588 м^2. Так как загрузочная горловина имеет встроенные лучи $n_л$ (штук), то фактическая площадь ее будет меньше на величину $\alpha_п$.

$$F = \frac{\pi D_0^2}{4}\alpha_п, \quad (3.150)$$

где D_0 – диаметр горловины;

$\alpha_п$ – коэффициент перекрытия горловины лучами, $\alpha_п<1$.

$$\alpha_n = 1 - \frac{d_0^2}{D_0^2} - \frac{2n_л}{D_0}\left(1 - \frac{d_0}{D_0}\right), \quad (3.151)$$

где d_0 – диаметр втулки;

$n_л$ – количество лучей.

Для диаметра D_0=200 мм α_n=0,92.

Учитывая, что диаметр самотечных труб в современных поточных линиях для послеуборочной обработки зерна 200 мм, то диаметр загрузочной горловины назначаем D_0=200 мм.

Определяем угол $\beta_п$ раскрытия конуса питателя из условия:

$$\gamma_{гр} \geq arctg[2f(1+k)] \quad (3.152)$$

где f – коэффициент трения;

k– коэффициент восстановления;

γ – угол между начальной скоростью движения частицы и нормалью к поверхности конуса;

Применительно к конусу питателя:

$$\beta_п = 90^0 - \gamma, \quad (3.153)$$

Получаем приемлемое значение угла раскрытия конуса при котором будет обеспечиваться скольжение частицы после удара ее о поверхность конуса.

Определяем скорость движения V_0^I зерна по загрузочной горловине и начальную скорость V_0 движения по питателю.

Найдем скорость истечения зерна по самотечной трубе по формуле [5]:

$$V_{ист} = 1{,}91^{0{,}25} \quad (3.154)$$

$V_{ист}$=1,17 м/с.

В конце самотечной трубы предусматриваем гасители скорости зернового материала и определяем начальную скорость зерна в момент вступления на питатель. С учетом вышесказанного принимаем высоту свободного падения материала по загрузочной горловине $h_п$=0,1 м и по формуле определяем скорость движения зерновки по загрузочной горловине до момента касания поверхности питателя:

$$V_0^I = V_{ист} + \sqrt{2gh_п}, \quad (3.155)$$

где $h_п$ – высота падения зерна после гашения скорости.

Из расчетов имеем $V_0^I = 2{,}16$ м/с и при $\beta_п = 45^0$ получим V_0=1,5 м/с.

Определяем скорость схода частицы зернового материала с поверхности питателя по формуле:

$$V_{исх} = \dot{X} = \left(V_0 \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} - X_0 \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} - a\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right) e^{\lambda_1 t} + \left(X_0 \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} - V_0 \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} - a\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}\right) e^{\lambda_1 t}, \quad (3.156)$$

где $a = \frac{g}{tg(\beta_п + \varphi)\omega^2 sin\beta_п}$.

При $\beta_п = 45^0$, f=0,3, X_0=0,05 м, V_0=1,5 м/с получим Vсх=2,1 м/с.

Определяем количество лопастей z на питателе, исходя из условий раскрутки зернового материала по формуле:

$$z > \frac{2\pi V_0}{\omega l_т}, \quad (3.157)$$

где $l_т$– длина образующей от точки соприкосновения частицы до конца конуса питателя.

При $l_т$=0,18 м и V_0=1,5 м/с получим z >5,9 (шт.). Принимаем z=6 шт.

Определяем величину потребной площади кольцевого зазора δ между питателем и делительным решетом, исходя из условия обеспечения потребной максимальной пропускной способности.

$$F_\delta = \frac{q_c}{V_{oc}\rho\xi_F}, \quad (3.158)$$

где $q_c = \frac{Q}{3{,}6}$;

Q – производительность сепаратора, т/ч;

ξ_F– коэффициент заполнения сечения;

ρ – объемная масса, кг/м^3.

Требуемая величина кольцевого зазора равна:

$$\delta = \frac{F_\delta}{2\pi \bar{r}_{\text{ср}}}, \quad (3.159)$$

где $\bar{r}_{\text{ср}}$=0,18 м средний радиус кольцевого пространства.

Из формулы (3.158) при $V_{\text{ос}}$=0,7 м/с, ξ_F=0,9 получим F_δ=0,032 м^2, что соответствует величине кольцевого зазора 28 мм. Учитывая возможные изменения влажности, засоренности зерна и значительное снижение скорости V_0, влияющих на пропускную способность, назначаем $\delta = 30$ мм.

Для безотрывного движения частицы угол раскрытия конуса делительного решета θ должен удовлетворять условию:

$$\theta > \theta_K > \theta^I_{\text{кр}}, \quad (3.160)$$

где $\text{tg}\,\theta = \frac{fK-1}{K+1}$

K=$\frac{R\omega_p^2}{g}$- показатель кинематического режима делительного решета в данном сечении.

Учитывая конструктивные параметры цилиндрического решета и пластинчатого барабана, приходим к выводу, что рациональный угол раскрытия конуса делительного решета должен быть 10-11^0. Такому углу раскрытия соответствует высота конуса 300-350 мм.

Выбираем угол раскрытия конуса обечайки.

Исходя из конструктивных соображений, принимаем $\theta_K = 18^0$, что не противоречит условию:

$$\theta_K < arctgk_p, \quad (3.161)$$

При совместной работе подсевного и зернового цилиндрических решет необходимо также создать условия для эффективного выделения мелких примесей, поэтому коническая обечайка имеет на своей внутренней части ступенчатую поверхность.

При движении по конусу зерновой материал разрыхляется, и между частицами образуются поры. Зная средний размер частиц $\bar{\delta}$, можно определить средней размер пор $\bar{\varepsilon}$, если учесть, что в среднем число пор равно числу частиц [230].

$$\bar{\varepsilon}=\bar{\delta}\left(\frac{\gamma_0}{\gamma}-1\right)=\bar{\delta}\left(\frac{\gamma-\gamma_0}{\gamma_0}\right)=\bar{\delta}\left(\frac{1-k}{k}\right)=0{,}82\bar{\delta}, \qquad (3.162)$$

где γ_0 – объемный вес дисперсной среды;

γ – удельный вес частиц;

$k=\frac{\gamma_0}{\gamma}$ – коэффициент плотности укладки частиц.

Для пшеницы этот коэффициент колеблется в пределах и k_{min}=0,55 и k_{max}=0,655 [230].

При k_{max}=0,655 средний размер пор принимает значение $\bar{\varepsilon}=0{,}503\bar{\delta}$.

Если принять для пшеницы $\bar{\varepsilon}$=3 мм, то:

$\bar{\varepsilon}_{k\ min}=0{,}82\bar{\delta}=2{,}46$ мм;

$\bar{\varepsilon}_{k\ max}=0{,}503\bar{\delta}=1{,}509$ мм.

Исходя из полученных значений, высота ступенек на конической обечайке должна быть 4-5 мм.

Определим пропускную способность делительного решета по формуле:

$$Q_1=\frac{Q_{нп}}{C}\left(1-e^{-\frac{CS}{S_0}}\right), \qquad (3.163)$$

где $Q_{нп}=\pi D_{ср} m_{сл} V_{lcp}(1-C)$;

S_0 – средний путь скольжения зерновки по решету от момента вступления ее в контакт с решетом до момента просеивания;

С – относительное содержание сходовой фракции (по объему) в исходном материале в долях единицы.

При диаметре отверстий решета d=6,5 мм, S_0=0,07 м (для зерна пшеницы), V_{lcp}=1,0 м/с получим Q_1=15,6 кг/с или Q_1=56 т/ч.

При сравнительно небольшой площади сепарирующей поверхности делительного решета (0,46 м^2) по отношению к цилиндрическому оно обеспечивает требуемую пропускную способность.

Основой для определения параметров устройства для предварительной подготовки зернового материала центробежно-решетного сепаратора могут служить приведенные в данной методике уравнения. Все основные расчетные параметры устройства были использованы при изготовлении нескольких образцов машин данного типа.

Выводы по главе 3

1. На основе анализа математической модели движения зерновой смеси установлено, что ключевыми факторами, управляющими процессом сепарации, являются геометрические параметры пластинчатого барабана (угол наклона и шаг расстановки пластин), а также физико-механические и фрикционные свойства сепарируемого вороха (коэффициент внутреннего трения зернового материала и коэффициенты его внешнего трения о решето и пластины).

Доказано определяющее влияние коэффициента трансформации силового давления μ зернового материала, находящегося между пластинами барабана, на динамику активного слоя. Наибольшее воздействие на коэффициент μ оказывает угол наклона пластин к радиусу β_1: его увеличение приводит к резкому росту давления на активный слой, торможению осевого движения зерновой массы и, как следствие, снижению пропускной способности сепаратора.

Установлено, что для предотвращения критического переуплотнения слоя коэффициент трансформированного давления μ должен находиться в интервале 1,0…1,15, что обеспечивается при угле наклона пластин барабана к радиусу в диапазонах $\beta_1 = 0^0$ и $\beta_1 = 45^0$. При этом средняя осевая скорость движения материала по решету составляет $V_Z = 0{,}207$ м/с, а скорость скольжения не превышает критическую величину и равна$V_r = 0{,}229$ м/с. Для подсевного решета с диаметром отверстий d=3,6 мм определено среднее время пребывания проходовой частицы в общем зерновом слое до момента ее контакта с сепарирующей поверхностью θ_1=2,289 с и среднее время ее непосредственного просеивания с момента выхода на поверхность решета θ_2=0,094 с.

2. На основе математического моделирования функционирования разработанной поточной технологической линии на базе центробежно-решетного сепарирования теоретически обоснована высокая эффективность предлагаемой технологии послеуборочной обработки зерна. Установлено, что расчетная реализация трехэтапного (трехкратного) цикла очистки обеспечивает последовательное снижение засоренности зернового вороха до 0,216% (что удовлетворяет нормативному порогу в 0,20%), при этом теоретический коэффициент эффективности выделения сорной и зерновой примесей достигает максимальных значений 96…98%. Полученные результаты моделирования доказывают потенциальную возможность гарантированного обеспечения кондиций семенного материала высших категорий качества.

3. Установлено, что с увеличением тангенциальной скорости вращения решета $V_р$ мощность холостого хода $N_{хх}$ центробежно-решетного сепаратора возрастает по линейному закону. В исследованном диапазоне скоростей ($V_р$=2,450…3,708 м/с) данный прирост мощности является стабильным и не превышает 0,35 кВт. В режиме триерования (овсюгоотборника) при диаметре отверстий ($d_р$=5,25 мм) интенсификация кинематического режима также приводит к увеличению потребляемой мощности. При переходе сепаратора в режим ворохоочистителя (с одновременным задействованием подсевного и зернового блоков цилиндрических решет) зафиксировано дополнительное возрастание энергозатрат в 2,3 раза ($V_р$=3,7 м/с) за счет механических потерь в интегрированной скребковой транспортирующей системе вывода фракций, что не нарушает общую энергетическую сбалансированность и автономность мобильного агрегата.

4. На основе комплексных конструктивно-кинематических расчетов теоретически обоснован и разработан инновационный способ послеуборочной обработки зерна (защищенный патентом РФ № 2777102), реализуемый на базе патентно-защищенных конструкций центробежно-решетных и центробежно-воздушных сепараторов (патенты РФ № 2300426, № 2385775, № 2675607, № 2753865). Сущность предложенных решений заключается в переходе от классических многоярусных плоскостных схем к интенсивному двухэтапному

разделению вороха на последовательно установленных решетах с соосным и коаксиальным расположением рабочих органов, обеспечивающим многофракционное разделение зерновой массы в едином малогабаритном пространстве мобильных агрегатов.

5. На основе аналитического обоснования параметров пластинчатого барабана ЦРС теоретически выявлены закономерности взаимодействия рабочих органов с сепарируемым слоем различной влажности:

Для подсевных решет (интенсивное выделение мелких сорных примесей) математически обосновано радиальное положение пластин барабана. Моделированием установлено, что повышение влажности вороха с 13% до 24% приводит к увеличению угла внутреннего трения и снижению критического отношения высоты пластины к шагу их расстановки h/S с 0,89 до 0,7, вызывая активное закручивание и интенсивное перераспределение частиц.

Для зерновых решет теоретически доказана целесообразность установки пластины под наклоном β_1. Данный кинематический режим минимизирует закручивание слоя в межпластинчатом пространстве, обеспечивая устойчивую продольную ориентацию длинных частиц относительно округлых отверстий цилиндрического решета.

Расчетным путем установлено, что при соотношении угловых скоростей барабана и решета $\frac{\omega_б}{\omega_р} = 0{,}5$ и расчетной толщине активного слоя $h_А = 10$ мм, общая толщина кольцевого слоя составляет $h_{сл}$ = 35…40 мм. На основе полученных аналитических зависимостей определен рациональный геометрический шаг расстановки пластин, составляющий S = 40 мм.

6. Выявлено, что при работе центробежно-решетного сепаратора в режиме триерирования (выделение коротких и длинных примесей на решетах с круглыми отверстиями) его удельная производительность превышает аналогичный показатель традиционных ячеистых триеров в 12…15 раз. Достигнутый эффект интенсификации процесса сепарации обусловлен действием поля центробежных сил, существенно ускоряющих прохождение зернового слоя сквозь отверстия цилиндрических решет, что критически важно для обеспечения высокой

пропускной способности мобильных агрегатов в условиях жестких пространственных ограничений.

7. На основе конструктивно-кинематического расчета элементов пневмосепарирующего устройства обоснованы параметры узла рационального ввода зернового вороха в кольцевой аспирационный канал:

- угол между образующей конической поверхности разбрасывателя и его осью должен быть близок к углу внешнего трения частиц, при этом высота конуса составляет ($h_к$ = 0,05…0,07 м, а его радиус — ($r_к$ = 0,25…0,30 м;
- при угловой скорости вращения разбрасывателя ω = 10,9...11,5 рад/с скорость схода частиц составляет 3,3…3,5 м/с, что полностью исключает их механическое травмирование при входе в воздушный поток;
- доказана целесообразность реализации привода разбрасывателя непосредственно от решетного блока (конической обечайки) с оптимальной для решет скоростью, а не от вала пластинчатого барабана, что упрощает кинематическую схему и обеспечивает синхронизацию работы модулей.

8. Установлено, что удельные технологические нагрузки на кольцевой пневмосепарирующий канал в 2…3 раза превышают показатели классических гравитационных воздушных каналов. Конструктивные параметры системы выпуска зерна (при частоте вращения разгрузочного устройства n = 120 об/мин и количестве лопастей z = 4 шт. обеспечивают стабильный отвод очищенного материала в широком диапазоне производительности, а применение конуса-сборника с выходным диаметром, равным диаметру загрузочной горловины сепаратора, гарантирует надежную стыковку модулей ЦРС.

9. Обоснованы конструктивно-технологические параметры устройства предварительной подготовки и равномерного распределения зернового материала. Экспериментально установлено, что фиксация величины кольцевого зазора на уровне δ = 30 мм и задействование «шестигребкового» распределительного питателя z = 6 шт. обеспечивают стабильную высокоинтенсивную подачу вороха, что гарантирует достижение максимальной пропускной способности решетного блока на уровне Q = 50 т/ч.

ГЛАВА 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ФОРМИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МОБИЛЬНЫХ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.1 Принципы формирования вариантов технологических операций мобильных зерноочистительных агрегатов

Проведенный системный анализ позволил изучить проблему создания мобильных зерноочистительных агрегатов, их структуру и внутренние технологические взаимосвязи. Системный анализ использует принцип поэтапного решения научной проблемы, начиная с постановки цели, формулировки научной гипотезы, определения задач и всестороннего изучения особенностей структурного построения вариантов технологических операций мобильных зерноочистительных агрегатов. Основным критерием оптимальности при этом является эффективность применения созданной технологии.

Сформулируем основные принципы и требования, предъявляемые к технологическому уровню и конструкциям мобильных зерноочистительных агрегатов с учетом тенденций развития технических средств для очистки зерна и семян.

1. Технологические схемы и конструкции мобильных зерноочистительных агрегатов должны базироваться на принципах энергоэффективности и интеграции наукоемкого высокотехнологичного оборудования.

2. Конструкции мобильных зерноочистительных агрегатов должны обеспечивать технологическую адаптивность к обработке различных видов зернового материала (зерновых, зернобобовых, технических, мелкосемянных культур) за счет оперативной смены основных сепарирующих рабочих органов.

3. В основу проектирования должен быть заложен блочно-модульный принцип построения, обеспечивающий выполнение полного спектра технологических операций (предварительной, первичной, вторичной и финишной очистки, включая вибропневмосепарирование и оптическую сортировку) и возможность изменения комплектации агрегата под заданные технологические требования.

4. Мобильные зерноочистительные агрегаты должны обладать эксплуатационной надежностью для эффективного использования в течение расширенного агросезона (не менее 8 месяцев в году).

5. Конструктивное исполнение входящих в агрегат зерноочистительных машин должно быть адаптировано к массогабаритным ограничениям транспортного средства с обеспечением их постоянной технологической готовности.

6. Компоновка агрегата при необходимости должна предусматривать возможность функционирования в автономном режиме от собственного источника питания без подключения к внешним электрическим сетям.

7. Параметры агрегата в транспортном положении должны строго соответствовать нормативным габаритам для дорог общего пользования. Временные затраты на перевод из транспортного положения в рабочее должны быть минимизированы за счет применения встроенных приспособлений и оснастки для быстрой трансформации.

8. Конструктивно-технологические параметры агрегатов должны полностью удовлетворять действующим экологическим стандартам и правилам безопасной эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники.

9. Параметрический ряд мобильных зерноочистительных агрегатов должен быть дифференцирован по производительности и целевому назначению: для продовольственного зерна — 10 и 30 т/ч; для семенного материала — 5, 6 и 8 т/ч».

10. Конструкция агрегатов должна предусматривать наличие раздвижных или съемных панелей (стенок) и технологических проемов, обеспечивающих оперативный доступ к оборудованию для технического обслуживания при соблюдении требований безопасности.

11. Транспортно-технологическая система агрегата должна обеспечивать непрерывное выведение всех полученных фракций зернового материала и отходов за пределы габаритов агрегата.

12. При проектировании многокомпонентных технологических схем со значительным количеством машин должен использоваться принцип декомпозиции с формированием сочлененных или составных мобильных агрегатов, сохраняющих допустимые транспортные габариты.

4.2 Обоснование состава мобильных зерноочистительных агрегатов с использованием созданных технических средств. Область их применения и порядок функционирования

Для осуществления мобильной технологии рассмотрим разработанные технологические схемы мобильных зерноочистительных агрегатов и их конструктивное исполнение. Многие агрегаты получили собственное наименование, поэтому в тексте они представлены под собственными именами.

4.2.1 Мобильный зерноочистительный модуль на базе центробежно-решетных сепараторов (схема I)

В основу предложенной схемы положены собственные разработки, защищённые патентами России № 2300426, № 2385775, № 2675607, № 2753865, № 2777102, № 2854683, № 2861525 [143, 144, 145, 147, 149, 153, 154].

Основное назначение данной схемы — это получение продовольственного зерна. Однако, имеется возможность при необходимости работать и по схеме I-I (см. главу 2), позволяющую работать по фракционной

технологии с частичным выделением коротких и длинных примесей. Применение разработанных центробежно-решетных сепараторов в мобильном агрегате позволяет уменьшить габариты и массу, а также исключить вибрацию из технологического процесса.

На рисунке 4.1 представлена технологическая схема мобильного зерноочистительного модуля на базе центробежно-решетных сепараторов.

Исходный зерновой материал выгружается в приёмный бункер (1), откуда скребковым транспортёром (2) направляется в бункер (9) и, посредством трубчатого скребкового конвейера 10 подаётся на очистку в первый центробежно-воздушный сепаратор (11). Максимальную эффективность воздушной сепарации удаётся достигнуть за счёт установления повышенной скорости воздушного потока в кольцевом пневмосепарирующем канале и его двойного действия на зерновой материал в зоне сепарации.

Предварительно очищенное воздушным потоком зерно посредством трубчатого скребкового конвейера (16) направляется на центробежно-решетную очистку сепаратором (12), где на верхнем подсевном блоке, снабженном решетом с продолговатыми отверстиями (2,0х20-2,2х20 мм), выделяются мелкие примеси, на нижнем ярусе решето с круглыми отверстиями (Ø6,5- Ø8,0 мм) выделяются крупные примеси. После предварительной очистки, зерновой материал трубчатым скребковым конвейером (17) направляется на вторую воздушную сепарацию в машину (13), параметры воздушного потока которой, настраиваются на более интенсивную сепарацию, где происходит выделение оставшихся легких примесей и семян сорных растений. Далее зерно посредством трубчатого скребкового конвейера (18) направляется на центробежно-решетную очистку сепаратором (14), решетные блоки которого настроены на режим куколеотборника с круглыми отверстиями (Ø3,0- Ø4,0 мм) верхнего яруса, а нижнего яруса на режим овсюгоотборника с круглыми отверстиями (Ø5,0-Ø5,25 мм). Отходы после воздушной и решетной сепарации направляются в шнековые транспортеры (19), (20) и (21).

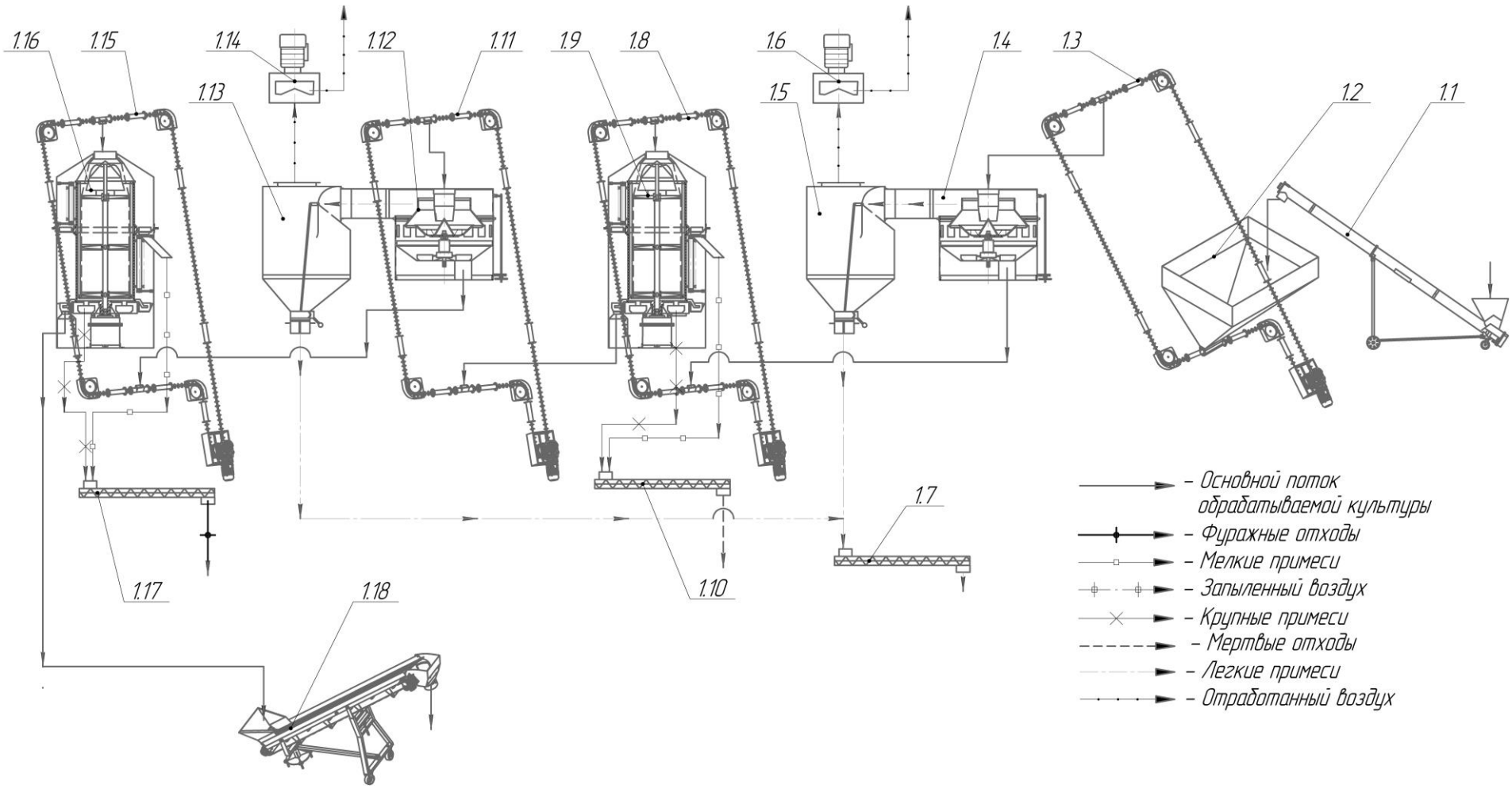


Рисунок 4.1 - Технологическая схема мобильного зерноочистительного модуля на базе центробежно-решетных сепараторов

1.1- Загрузочный транспортер; 1.2- бункер; 1.3 - трубчатый скребковый конвейер; 1.4- центробежно-воздушный сепаратор; 1.5- осадочная камера; 1.6- вентилятор; 1.7- шнек; 1.8- трубчатый скребковый конвейер; 1.9- центробежно-решетный сепаратор; 1.10 – шнек; 1.11 - трубчатый скребковый конвейер; 1.12 - центробежно-воздушный сепаратор; 1.13 - осадочная камера; 1.14- вентилятор; 1.15 - трубчатый скребковый конвейер; 1.16 - центробежно-решетный сепаратор (в режиме овсюгоотборника); 1.17 – шнек; 1.18 – ленточный конвейер.

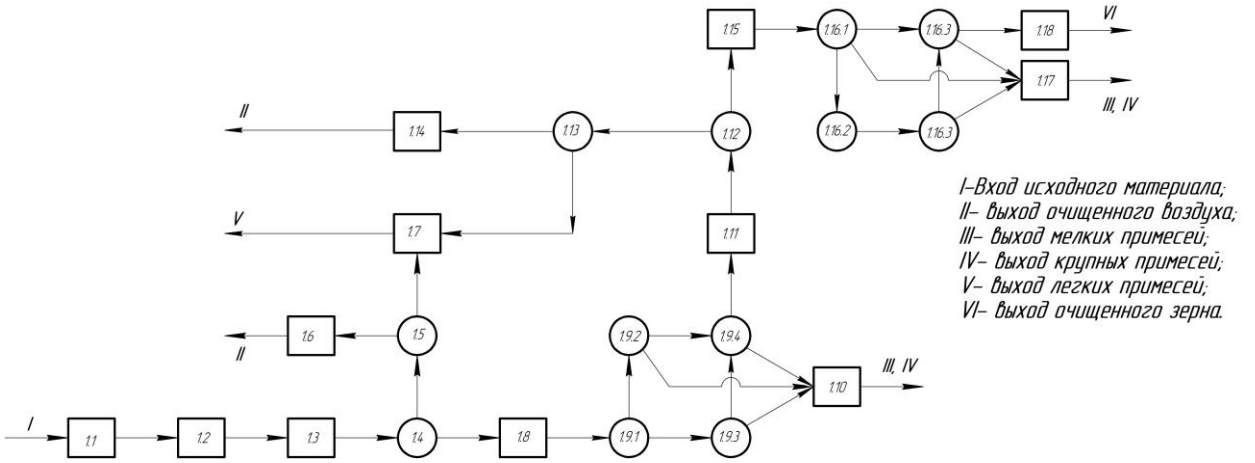


Рисунок 4.2- Функциональная схема мобильного зерноочистительного агрегата

1.1- транспортирование зерновой смеси в бункер; 1.2- хранение зерновой смеси; 1.3- транспортирование зерновой смеси трубчатым скребковым конвейером; 1.4- пневмосепарирование в кольцевом канале; 1.5- выделение легких примесей в осадочной камере; 1.6- транспортирование воздуха за пределы агрегата; 1.7- транспортирование легких примесей; 1.8- транспортирование зерновой смеси; 1.9.1- разделение зернового материала на делительном решете; 1.9.2- выделение мелких примесей на подсевном решете; 1.9.3- выделение крупных примесей на колосовом решете; 1.9.4- выделение крупных примесей на зерновом решете; 1.10- транспортирование мелких и крупных примесей; 1.11- транспортирование очищенного зерна; 1.12- пневмосепарирование в кольцевом канале; 1.13- выделение легких примесей в осадочной камере; 1.14- транспортирование воздуха за пределы агрегата; 1.15-

транспортирование очищенного зерна; 1.16.1- разделение зернового материала на делительном решете; 1.16.2- выделение мелких примесей на подсевном решете; 1.16.3- выделение крупных примесей на колосовом решете; 1.16.4- выделение крупных примесей на зерновом решете; 1.17- транспортирование мелких и крупных примесей; 1.18- транспортирование очищенного зерна.

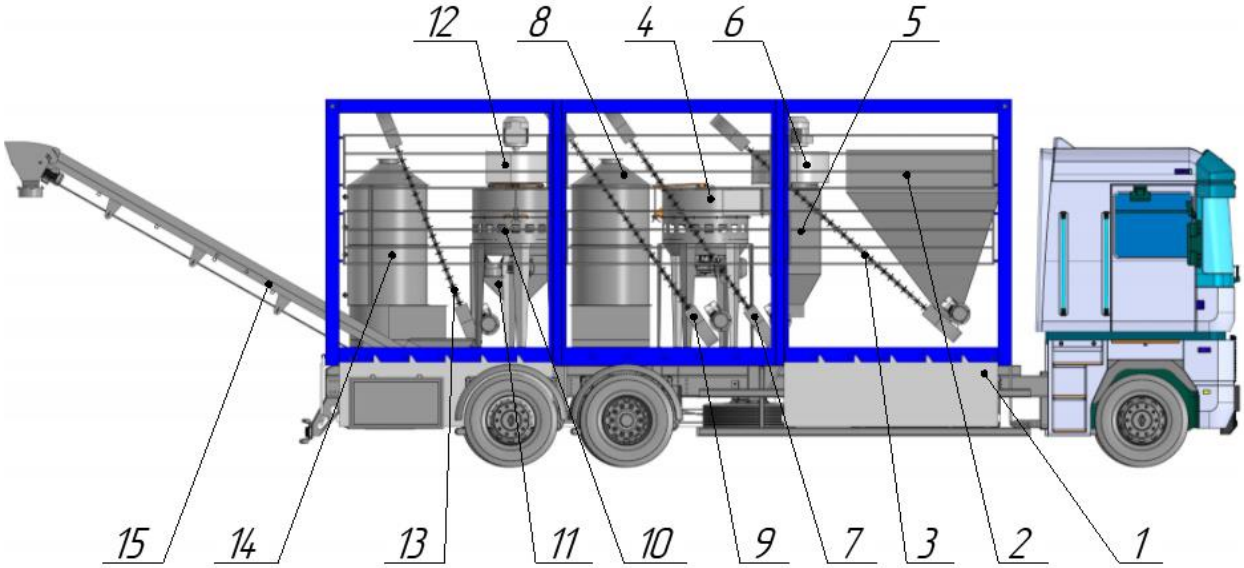


Рисунок 4.3 – Мобильный зерноочистительный модуль
на базе центробежно-решетных сепараторов

1- Грузовой автомобиль; 2- бункер; 3 - трубчатый скребковый конвейер; 4- центробежно-воздушный сепаратор; 5- осадочная камера; 6- вентилятор; 7- трубчатый скребковый конвейер; 8- центробежно-решетный сепаратор; 9 - трубчатый скребковый конвейер; 10 - центробежно-воздушный сепаратор; 11 - осадочная камера; 12- вентилятор; 13 - трубчатый скребковый конвейер; 14 - центробежно-решетный сепаратор (в режиме овсюгоотборника); 15 – ленточный конвейер.

4.2.2 Мобильный семяочистительный агрегат (схема II)

В основу данной схемы положены собственные разработки, защищённые патентами России № 2675607, № 2749395, № 2759788 [145, 146, 148].

Основное назначение данной схемы — это получение семенного материала.

Технологическая схема мобильного семяочистительного агрегата представлена на рисунке 4.3.

Агрегат работает по полнопоточной схеме следующим образом. Зерновая смесь кондиционной влажности, возможно после предварительной очистки и сушки из приемного бункера (1) скребковым транспортером (21) подается в нижнюю головку загрузочной нории (2) в зоне разгрузки которой установлено устройство для выделения грубых и крупных примесей (16) и далее зерновой материал направляется в центробежно-воздушный сепаратор (3), где происходит выделение легких примесей, которые направляются в осадочную камеру (4), посредством вентилятора (5). Максимальная эффективность выделения легких примесей достигается за счет установления повышенной скорости воздушного потока и его двойного действия на зерновой материал в зоне сепарации. После выделения части крупных и легких примесей, зерновой материал посредством шнека (6) поступает в норию промежуточную (7), которая подает его на машину вторичной очистки зерна МВУ-1500 (8) для воздушной и решетной сепарации. В канале первой аспирации (23) машины МВУ-1500 выделяются легкие примеси и оседают в первой и второй осадочных камерах (24) и (25), а запыленный воздух направляется в циклон (10) с помощью вентилятора (9). После решетной сепарации основной материал с двух ярусов решет нижнего второго (29) стана «сход» объединяется, поступает в канал второй аспирации (26), выводится из машины и направляется в промежуточный шнек (12). Фуражные отходы шнеком (11) выводятся за пределы мобильного зерноочистительного агрегата.

Эффективность работы канала второй аспирации (26), где происходит выделение легкой семенной фракции в третью осадочную камеру (18) достигается за счет устройства клапана (17) послерешетной аспирации в рабочей зоне второго канала и третьей осадочной камеры (18), а также размещением патрубка (30) вентилятора (9) машины вторичной очистки в верхней части торцевой стенки канала второй аспирации (26).

Промежуточный шнек (12) направляет зерновой материал и легкую фракцию третьей осадочной камеры (18) машины вторичной очистки зерна МВУ-1500 (8) в заключительную норию (13) и далее на машину окончательной очистки МОС-9Н (14), оснащенной вентилятором (15).

Полученные фракции собираются в отдельные накопители (не показаны). Мобильный зерноочистительный агрегат позволяет повысить качество и увеличить выход семян посевного стандарта.

Установка патрубка (30) в верхней части торцевой стенки канала второй аспирации (26) и размещение клапана (17) позволяют увеличить диапазон регулирования скорости воздушного потока в канале второй аспирации (26), что важно при очистке различных культур.

При очистке семян зерновых культур, когда выход зерна из третьей осадочной камеры (18) объединяется с основным потоком материала, поступающего на окончательную очистку, позволяет повысить выход высокопродуктивных семян, а при очистке семян технических культур, например, подсолнечника, сократить потери семян.

Для изменения технологии, в зависимости от зерна обрабатываемой культуры, в агрегате предусмотрены ряд распределителей: (19), (20) и (22).

Мобильный зерноочистительный агрегат размещен на платформе грузового прицепа, оснащен тандемным шасси, имеет пульт управления. Транспортировка мобильного зерноочистительного агрегата осуществляется посредством прицепного устройства.

На рисунке 4.4 представлена функциональная схема мобильного зерноочистительного агрегата.

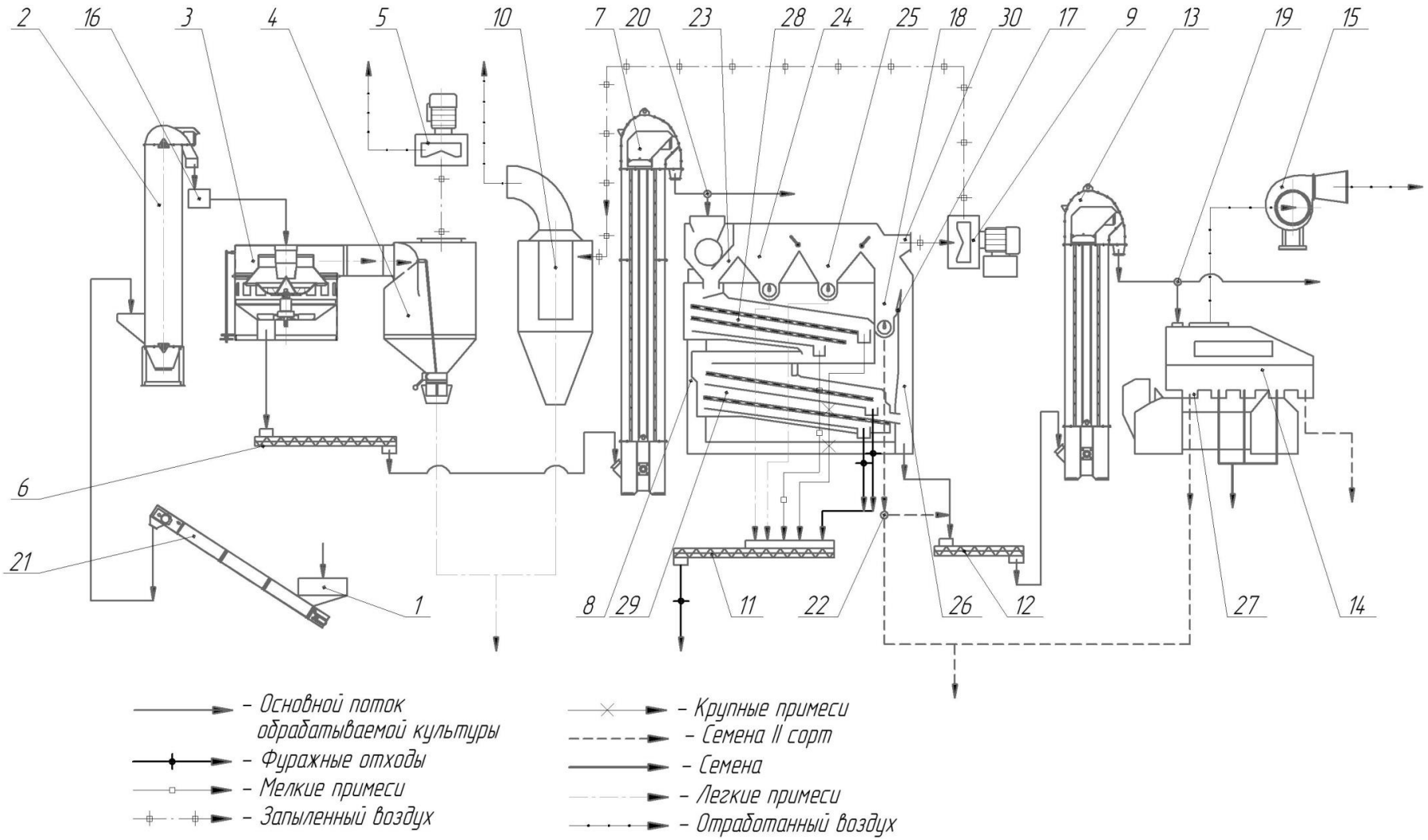


Рисунок 4.3 - Технологическая схема работы мобильного семяочистительного агрегата

1- приемный бункер; 2- нория загрузочная; 3- центробежно-воздушный сепаратор; 4- осадочная камера; 5- вентилятор; 6- шнек; 7- нория промежуточная; 8- машина вторичной очистки зерна МВУ-1500; 9- вентилятор; 10- циклон; 11- шнек фуражных отходов; 12- промежуточный шнек; 13- заключительная нория; 14- пневмосортировальный стол МОС-9Н; 15- вентилятор; 16- устройство для выделения грубых и крупных примесей; 17- заслонка; 18- третья осадочная камера; 19- клапан-распределитель; 20- клапан-распределитель; 21- скребковый транспортер; 22- клапан-распределитель; 23- канал первой аспирации; 24- первая осадочная камера; 25- вторая осадочная камера; 26- канал второй аспирации; 27 – патрубок вывода легких фракций машины окончательной очистки МОС-9Н, 28 – первый решетный стан, 29 – второй решетный стан, 30 – патрубок для соединения вентилятора машины вторичной очистки зерна МВУ-1500.

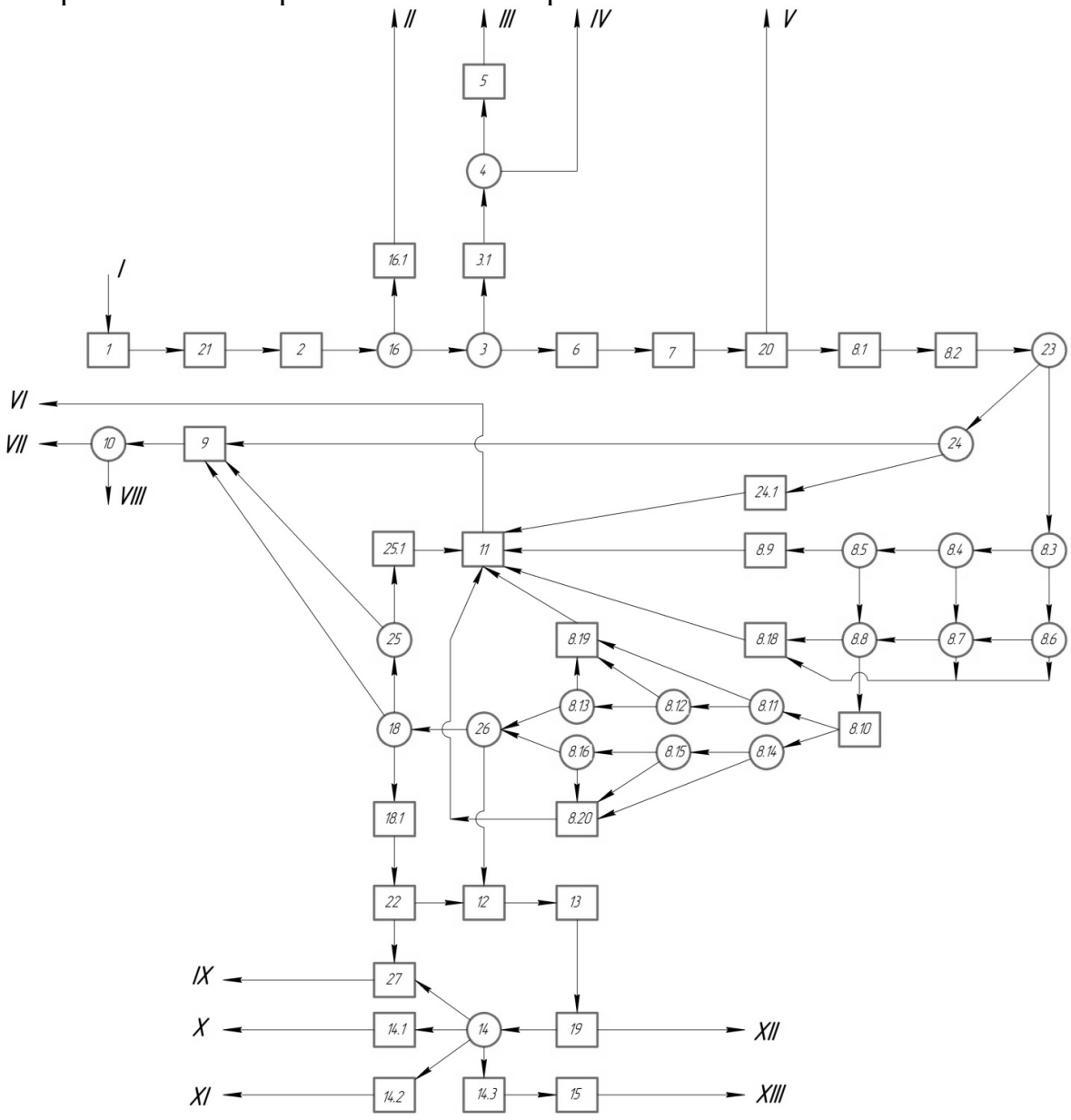


Рисунок 4.4 - Функциональная схема мобильного семяочистительного агрегата

I-Вход исходного материала; II- выход грубых и крупных примесей; III- выход использованного воздуха; IV- выход легких примесей; V- выход предварительно очищенного зерна; VI- выход фуражных отходов; VII- выход пылевидных примесей; VIII- выход очищенного воздуха; IX- выход легкой фракции пневмостола; X- выход семенной фракции пневмостола; XI- выход тяжелой фракции пневмостола; XII- выход зерна вторичной очистки; XIII- выход отработанного воздуха.

1 - Приём зерна; 21- транспортирование зерна в норию загрузочную; 2 - транспортирование зерна загрузочной норией в устройство для выделения грубых и крупных примесей; 16- выделение грубых и крупных примесей; 16.1- транспортирование грубых и крупных примесей самотечным транспортом за пределы агрегата; 3 - пневмосепарирование в кольцевом канале центробежно-воздушного сепаратора ЦВС-50; 3.1 - транспортирование легких примесей по воздухопроводу в осадочную камеру ЦВС-50; 4 - выделение легких примесей в осадочной камере; 5 - транспортирование использованного воздуха вентилятором за пределы агрегата; 10 - сепарирование пыли в циклоне; 6 - транспортирование зерна шнеком; 11- транспортирование шнеком фуражных отходов; 7 - транспортирование зерна промежуточной норией; 20 - изменение направления потока движения зерна; 8.1 - прием зерна в приемной камере машины МВУ-1500; 8.2 - распределение зерна по ширине машины шнеком; 23 - пневмосепарирование в первом аспирационном канале МВУ-1500; 24 - выделение легких примесей в первой осадочной камере машины МВУ-1500; 24.1 - транспортирование легкой фракции шнеком первой осадочной камеры машины МВУ-1500; 8.3 - сепарирование на первом зерновом решете; 8.4 - сепарирование на втором зерновом решете; 8.5 - сепарирование на третьем зерновом решете; 8.6 - сепарирование на первом подсевном решете; 8.7 - сепарирование на втором подсевном решете; 8.8 - сепарирование на третьем подсевном решете; 8.9 - транспортирование крупных примесей лотком вывода крупных примесей; 8.10 - разделение потока зерна на две части на два яруса решет; 8.11 - сепарирование зерна на первом сортировальном решете верхнего яруса нижнего решетного стана; 8.12 - сепарирование зерна на втором сортировальном решете верхнего яруса нижнего решетного стана; 8.13 - сепарирование зерна на третьем сортировальном решете верхнего яруса нижнего решетного стана; 8.14 - сепарирование зерна на первом сортировальном решете нижнего яруса нижнего решетного стана; 8.15 - сепарирование зерна на втором сортировальном решете нижнего яруса нижнего решетного стана; 8.16 - сепарирование зерна на третьем сортировальном решете нижнего яруса нижнего решетного стана; 8.17 - транспортирование пылевидных примесей по воздухопроводу в осадочную камеру; 8.18 - транспортирование мелких примесей лотком вывода мелких примесей; 8.19 - транспортирование колотого и щуплого зерна лотком вывода колотого и щуплого зерна верхнего яруса нижнего решетного стана; 8.20 - транспортирование колотого и щуплого зерна лотком вывода колотого и щуплого зерна нижнего яруса нижнего решетного стана; 26 - пневмосепарирование в канале второй аспирации машины МВУ-1500; 18 -

выделение легких примесей в третьей осадочной камере машины МВУ-1500; 18.1 - транспортирование легкой фракции шнеком третьей осадочной камеры машины МВУ-1500; 9 - транспортирование легкой фракции шнеком третьей осадочной камеры машины МВУ-1500; 25 - выделение легких примесей во второй осадочной камере машины МВУ-1500; 25.1 - транспортирование легкой фракции шнеком второй осадочной камеры машины МВУ-1500; 22 - изменение направления потока движения зерна клапаном-распределителем; 12 - транспортирование зерна промежуточным шнеком в заключительную норию; 13- транспортирование зерна заключительной норией; 19 - изменение направления потока движения зерна клапаном-распределителем; 14 - сортирование на пневмосортировальном столе МОС-9Н; 14.1 - транспортирование семенной фракции патрубком вывода семенной фракции пневмостола МОС-9Н; 14.2 - транспортирование тяжелой фракции патрубком вывода тяжелой фракции пневмостола МОС-9Н; 14.3 - транспортирование запыленного воздуха по воздухопроводу к вентилятору; 15 - транспортирование запыленного воздуха за пределы агрегата; 27 - транспортирование легкой фракции патрубком вывода легкой фракции пневмостола МОС-9Н.

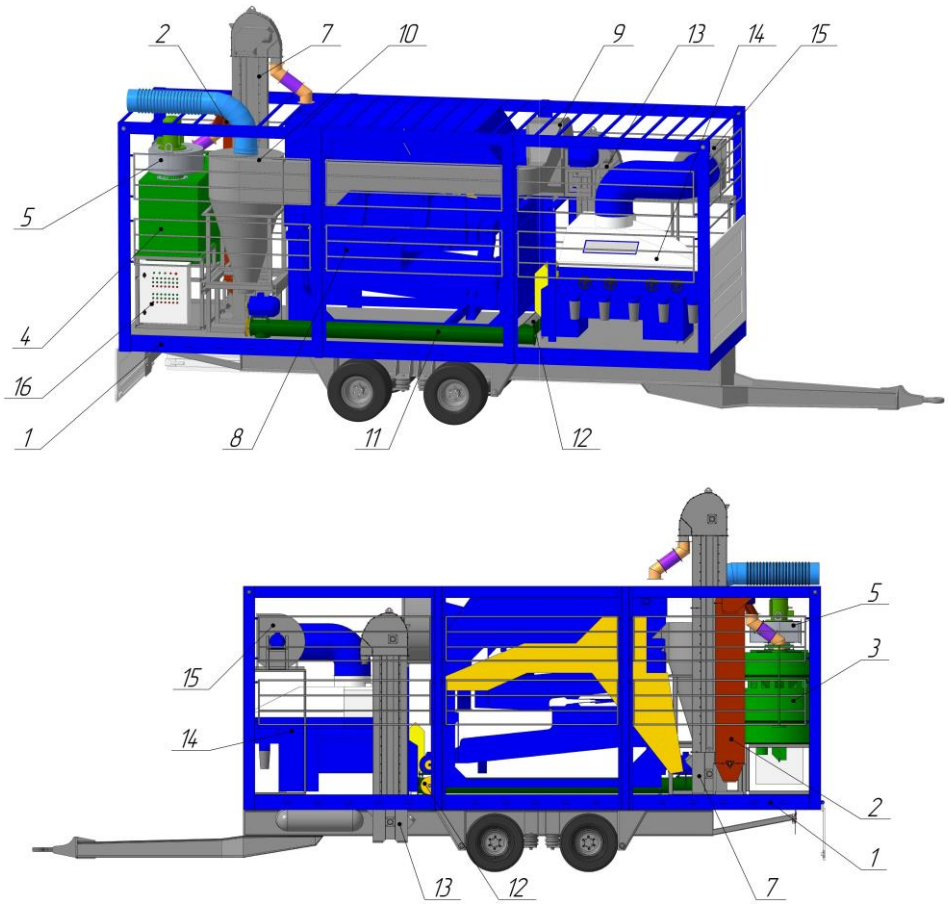


Рисунок 4.5 - 3d-модель мобильного семяочистительного агрегата

1- прицеп; 2- нория загрузочная; 3- центробежно-воздушный сепаратор; 4- осадочная камера; 5- вентилятор; 6- пульт управления; 7- нория промежуточная; 8- машина вторичной очистки зерна МВУ-1500; 9-

вентилятор; 10- циклон; 11- шнек фуражных отходов; 12- промежуточный шнек; 13- заключительная нория; 14- пневмосортировальный стол МОС-9Н; 15- вентилятор.

4.2.3 Мобильный составной зерно-семяочистительный агрегат (схема III)

В основу предложенной схемы положены собственные разработки, защищённые патентами России № 2300426, № 2385775, № 2675607, № 2753865, № 2777102, № 2854683, № 2861525 [143, 144, 145, 147, 149, 153, 154].

Основное назначение данной схемы — это получение семенного материала из зернового материала, не прошедшего предварительную и первичную очистку.

На рисунке 4.6 представлена технологическая схема работы мобильного составного зерно-семяочистительного агрегата.

Мобильный составной зерно-семяочистительный агрегат, содержит транспортное средство: основное шасси на колесной базе, а при необходимости и дополнительное шасси (на схеме не показано).

На основном и дополнительном шасси на колесной базе размещена технологическая линия, состоящая из приемного бункера (1) с скребковым транспортером (2), промежуточной нории (3), машины вторичной очистки МВУ-1500 (4), шнека отходов (5), промежуточного шнека (6), заключительной нории (7), машины окончательной очистки МОС-9Н (8). В технологической линии дополнительно между загрузочным скребковым транспортером (4) и машиной вторичной очистки МВУ-1500 размещён бункер (9) с трубчатым скребковым конвейером (10) и установлены последовательно друг за другом сепараторы: первый центробежно-воздушный сепаратор (1)1, центробежно-решетный сепаратор (12), работающий в режиме предварительной очистки, второй центробежно-воздушный сепаратор (13), и центробежно-решетный сепаратор (14), работающий в режиме первичной очистки.

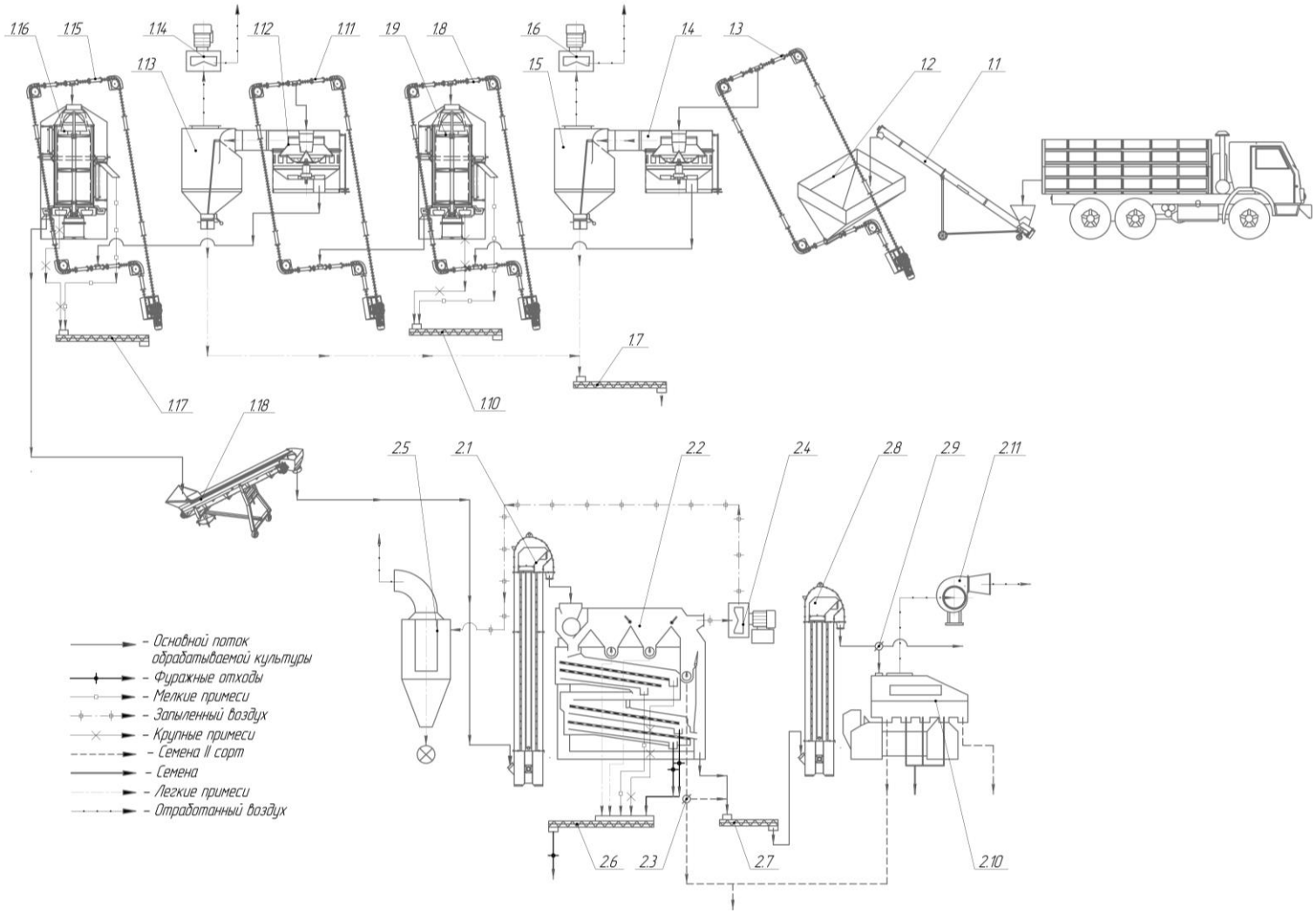


Рисунок 4.6 – Технологическая схема мобильного составного зерно-семяочистительного агрегата

1.1- Загрузочный транспортер; 1.2- бункер; 1.3 - трубчатый скребковый конвейер; 1.4- центробежно-воздушный сепаратор; 1.5- осадочная камера; 1.6- вентилятор; 1.7- шнек; 1.8- трубчатый скребковый конвейер; 1.9- центробежно-решетный сепаратор; 1.10 – шнек; 1.11 - трубчатый скребковый конвейер; 1.12 - центробежно-воздушный сепаратор; 1.13 - осадочная камера; 1.14- вентилятор; 1.15 - трубчатый скребковый конвейер; 1.16 - центробежно-решетный сепаратор (в режиме овсюгоотборника); 1.17 – шнек; 1.18 – ленточный конвейер; 2.1 – нория; 2.2- модернизированная зерноочистительная машина МВУ-1500; 2.3- делитель; 2.4- вентилятор; 2.5- циклон; 2.6- шнек; 2.7- шнек; 2.8- нория; 2.9- делитель; 2.10- пневмосортировальный стол МОС-9Н; 2.11 – вентилятор.

Между сепараторами размещены трубчатые скребковые конвейеры (16), (17) и (18). За центробежно-решетным сепаратором (14) размещен промежуточный ленточный наклонный транспортёр (15), выполненный с возможностью отгрузки на две или три стороны.

Оборудование, начиная с машины вторичной очистки МВУ-1500, может размещаться на дополнительном шасси.

Мобильный зерно-семяочистительный агрегат работает следующим образом. Исходный зерновой материал выгружается в приёмный бункер (1), откуда скребковым транспортёром (2) направляется в бункер (9) и, посредством трубчатого скребкового конвейера 10 подаётся на очистку в первый центробежно-воздушный сепаратор (11). Максимальную эффективность воздушной сепарации удаётся достигнуть за счёт установления повышенной скорости воздушного потока в кольцевом пневмосепарирующем канале и его двойного действия на зерновой материал в зоне сепарации.

Предварительно очищенное воздушным потоком зерно посредством трубчатого скребкового конвейера (16) направляется на центробежно-решетную очистку сепаратором (12), где на верхнем подсевном блоке, снабженном решетом с продолговатыми отверстиями (2,0х20-2,2х20 мм), выделяются мелкие примеси, на нижнем ярусе решето с круглыми отверстиями (Ø6,5- Ø8,0 мм) выделяются крупные примеси. После предварительной очистки, зерновой материал трубчатым скребковым конвейером (17) направляется на вторую воздушную сепарацию в машину

(13), параметры воздушного потока которой, настраиваются на более интенсивную сепарацию, где происходит выделение оставшихся легких примесей и семян сорных растений. Далее зерно посредством трубчатого скребкового конвейера (18) направляется на центробежно-решетную очистку сепаратором (14), решетные блоки которого настроены на режим куколеотборника с круглыми отверстиями (Ø3,0- Ø4,0 мм) верхнего яруса, а нижнего яруса на режим овсюгоотборника с круглыми отверстиями (Ø5,0-Ø5,25 мм).

Отходы после воздушной и решетной сепарации направляются в шнековые транспортеры (19), (20) и (21).

В случае небольшой засоренности исходного зернового материала трудноотделимыми примесями, очищенное зерно может соответствовать продовольственным кондициям.

При работе мобильного зерно-семяочистительного агрегата в режиме семенной очистки посредством промежуточного ленточного наклонного транспортера (15) зерновой материал подается в норию (3) и далее в воздушно-решетную машину вторичной очистки МВУ-1500 (4) для воздушной и решетной сепарации. После воздушной сепарации в каналах первой и второй аспирации легкие примеси оседают в осадочных камерах, а запыленный воздух направляется в циклон (22). Отходы с воздушной и решетной очисток машины направляются в шнек отходов 5. Сход с решет машины МВУ-1500 поступает на промежуточный шнек (6) и далее в заключительную норию (7), которая подает зерно в машину окончательной очистки МОС-9Н 8.

Оборудование мобильного зерно-семяочистительного агрегата размещено на раме трехосного грузового автомобиля и на раме грузового прицепа, оснащенного тандемным шасси. В транспортном положении кузов автомобиля и прицеп закрыты тентом.

Функциональная схема будет выглядеть следующим образом (рисунок 4.5).

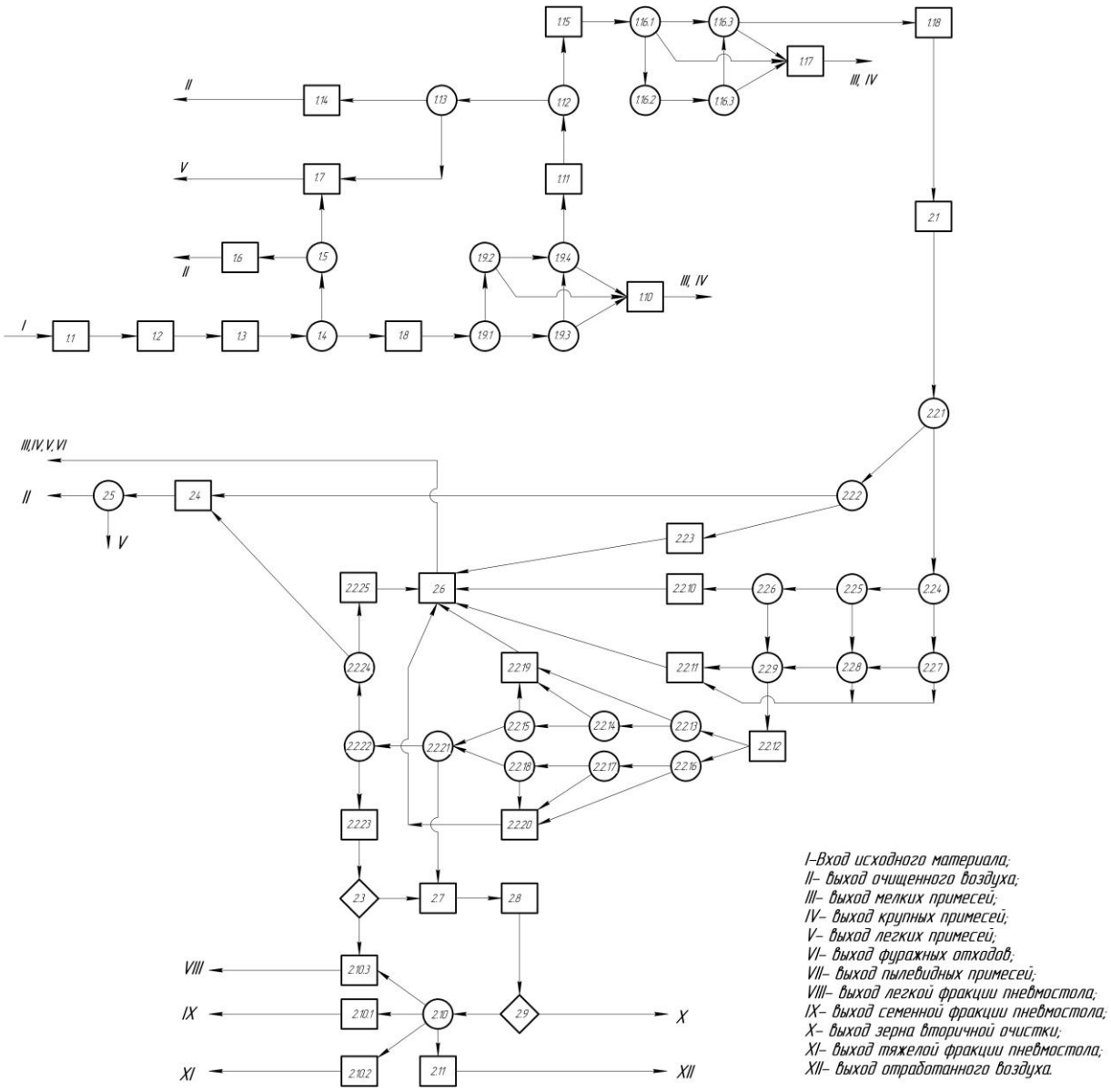


Рисунок 4.5 – Рациональная структура составного мобильного зерноочистительного агрегата

1.1- транспортирование зерновой смеси в бункер; 1.2- хранение зерновой смеси; 1.3- транспортирование зерновой смеси трубчатым скребковым конвейером; 1.4- пневмосепарирование в кольцевом канале; 1.5- выделение легких примесей в осадочной камере; 1.6- транспортирование воздуха за пределы агрегата; 1.7- транспортирование легких примесей; 1.8- транспортирование зерновой смеси; 1.9.1- разделение зернового материала на делительном решете; 1.9.2- выделение мелких примесей на подсевном решете; 1.9.3- выделение крупных примесей на колосовом решете; 1.9.4- выделение крупных примесей на зерновом решете; 1.10- транспортирование мелких и крупных примесей; 1.11- транспортирование очищенного зерна; 1.12- пневмосепарирование в кольцевом канале; 1.13- выделение легких примесей в осадочной камере; 1.14- транспортирование воздуха за пределы агрегата; 1.15- транспортирование очищенного зерна; 1.16.1- разделение зернового материала на делительном решете; 1.16.2- выделение мелких примесей на подсевном решете; 1.16.3-

выделение крупных примесей на колосовом решете; 1.16.4- выделение крупных примесей на зерновом решете; 1.17- транспортирование мелких и крупных примесей; 1.18- транспортирование очищенного зерна; 2.1- транспортирование очищенного зерна; 2.2.1 - пневмосепарирование в первом аспирационном канале МВУ-1500; 2.2.2 - выделение легких примесей в первой осадочной камере машины МВУ-1500; 2.2.3- транспортирование легкой фракции шнеком первой осадочной камеры машины МВУ-1500; 2.2.4- сепарирование на первом зерновом решете; 2.2.5- сепарирование на втором зерновом решете; 2.2.6- сепарирование на третьем зерновом решете; 2.2.7- сепарирование на первом подсевном решете; 2.2.8- сепарирование на втором подсевном решете; 2.2.9- сепарирование на третьем подсевном решете; 2.2.10 - транспортирование крупных примесей лотком вывода крупных примесей; 2.2.11- транспортирование мелких примесей лотком вывода мелких примесей; 2.2.12- разделение потока зерна на две части на два яруса решет; 2.2.13- сепарирование зерна на первом сортировальном решете верхнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.14- сепарирование зерна на втором сортировальном решете верхнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.15- сепарирование зерна на третьем сортировальном решете верхнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.16- сепарирование зерна на первом сортировальном решете нижнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.17- сепарирование зерна на втором сортировальном решете нижнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.18- сепарирование зерна на третьем сортировальном решете нижнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.19- транспортирование колотого и щуплого зерна лотком вывода колотого и щуплого зерна верхнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.20- транспортирование колотого и щуплого зерна лотком вывода колотого и щуплого зерна нижнего яруса нижнего решетного стана; 2.2.21- выделение легких примесей в канале второй аспирации машины МВУ-1500; 2.2.22- выделение легких примесей в третьей осадочной камере машины МВУ-1500; 2.2.23- транспортирование легкой фракции шнеком третьей осадочной камеры машины МВУ-1500; 2.2.24- выделение легких примесей во второй осадочной камере машины МВУ-1500; 2.2.25- транспортирование легкой фракции шнеком второй осадочной камеры машины МВУ-1500; 2.3- изменение направления потока движения зерна клапаном-распределителем; 2.4- транспортирование запыленного воздуха по воздухопроводу к вентилятору;

2.5- выделение пылевидных примесей в циклоне; 2.6- транспортирование отходов машины МВУ-1500; 2.7- транспортирование зерна промежуточным шнеком в заключительную норию; 2.8- транспортирование зерна заключительной норией; 2.9 - изменение направления потока движения зерна клапаном-распределителем; 2.10- сортирование на пневмосортировальном столе МОС-9Н; 2.10.1- транспортирование семенной фракции патрубком вывода семенной фракции пневмостола МОС-9Н; 2.10.2- транспортирование тяжелой фракции патрубком вывода тяжелой фракции пневмостола МОС-9Н; 2.10.3- транспортирование легкой фракции патрубком вывода легкой фракции пневмостола МОС-9Н; 2.11- транспортирование запыленного воздуха за пределы агрегата.

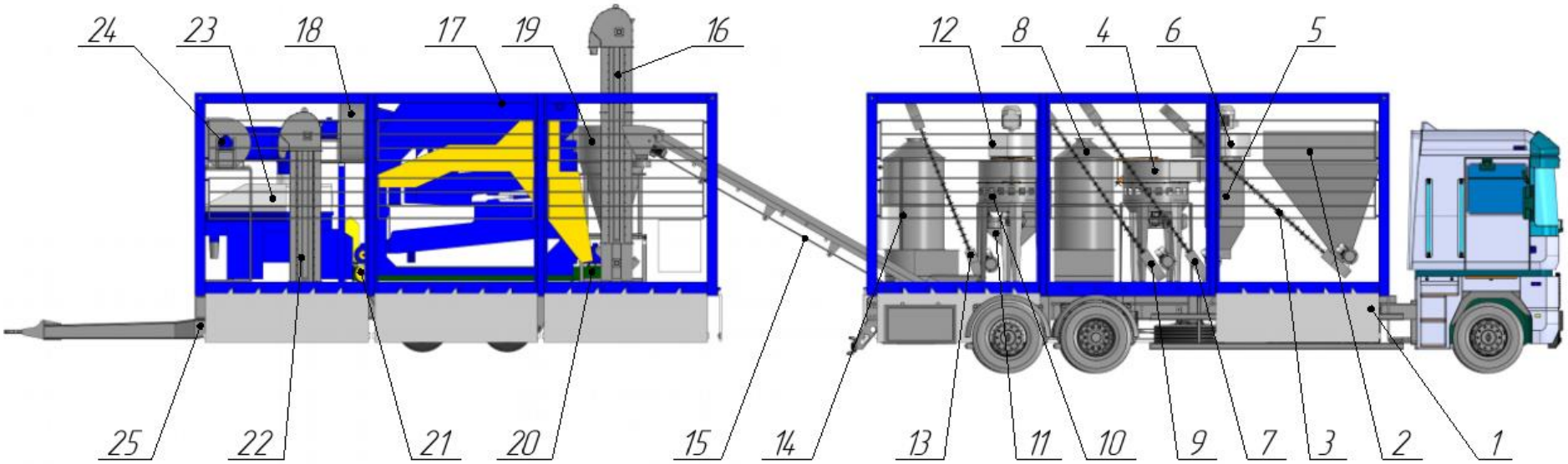


Рисунок 4.6 – 3d-модель мобильного составного зерно-семяочистительного агрегата

1- Грузовой автомобиль; 2- бункер; 3 - трубчатый скребковый конвейер; 4- центробежно-воздушный сепаратор; 5- осадочная камера; 6- вентилятор; 7- трубчатый скребковый конвейер; 8- центробежно-решетный сепаратор; 9 - трубчатый скребковый конвейер; 10 - центробежно-воздушный сепаратор; 11 - осадочная камера; 12- вентилятор; 13 - трубчатый скребковый конвейер; 14 - центробежно-решетный сепаратор (в режиме овсюгоотборника); 15 – ленточный конвейер; 16- нория; 17 – модернизированная зерноочистительная машина МВУ-1500; 18- вентилятор; 19- циклон; 20- шнек; 21- шнек; 22- нория; 23- пневмосортировальный стол МОС-9Н; 24 – вентилятор; 25- прицеп.

4.2.4 Мобильный семяочистительный агрегат «EcoSort Mobile» (схема IV)

Технологическая схема мобильного семяочистительного агрегата представлена на рисунке 4.7 (Приложение Б.36). Семяочистительный агрегат работает следующим образом. Исходный зерновой материал, прошедший предварительную очистку, загрузочным транспортером (на схеме условно не показан) подается норию тихоходную НТ.10 (1) для загрузки машины 5XFJ-10CY(M) (2) на которой происходит выделение легких, мелких и крупных примесей. Легкие примеси из аспирационного канала машины выводятся шнеком за пределы машины и самотеком направляются в шнек поперечный (3), расположенный под машиной. Отработанный воздух после осадочной камеры вентилятором (7) выводится за пределы агрегата (выходной патрубок вентилятора оборудован гибким воздуховодом для удобного вывода воздуха, обеспечивающего безопасные условия работы оператора). Мелкие и крупные примеси самотеком направляются также в шнек (3), для подачи отходов в отгрузочный шнек (4) для затаривания в биг-бэги (5) (либо в тракторный прицеп, в зависимости от качества исходного материала и других факторов). Очищенный материал направляется в скребковый конвейер (6) для подачи на норию НКЛ.10 (8) для загрузки пневмосортировального стола 5ZX-8Y (9). Отходы направляются самотеком в отгрузочный шнек (11) для затаривания в биг-бэги (12). Запыленный воздух с купола пневмосортировального стола при помощи вентилятора (10) и гибкого воздуховода выводится за пределы агрегата. Очищенный материал после пневмосортировального стола направляется норией НКЛ.10 (13) в фотосепаратор 5V (15), через бункер (14). Отходы направляются ленточным транспортером (24) и норией НКЛ.10 (17) на отгрузку в биг-бэги (19), а очищенный материал направляется в ленточный транспортер (22) и норией НКЛ.10 (16) отгружается в биг-бэги (18). Запыленный воздух с фотосепаратора при помощи аспирационной системы (пылесоса Корвет 65) (25) выводится за пределы машины. Сжатый воздух для

фотосепаратора подается посредством компрессора (23). Электроэнергия для агрегата вырабатывается дизельным генератором (21). Семяочистительные машины и транспортно-технологическое оборудование мобильного семяочистительного агрегата управляется посредством пульта дистанционного управления (20).

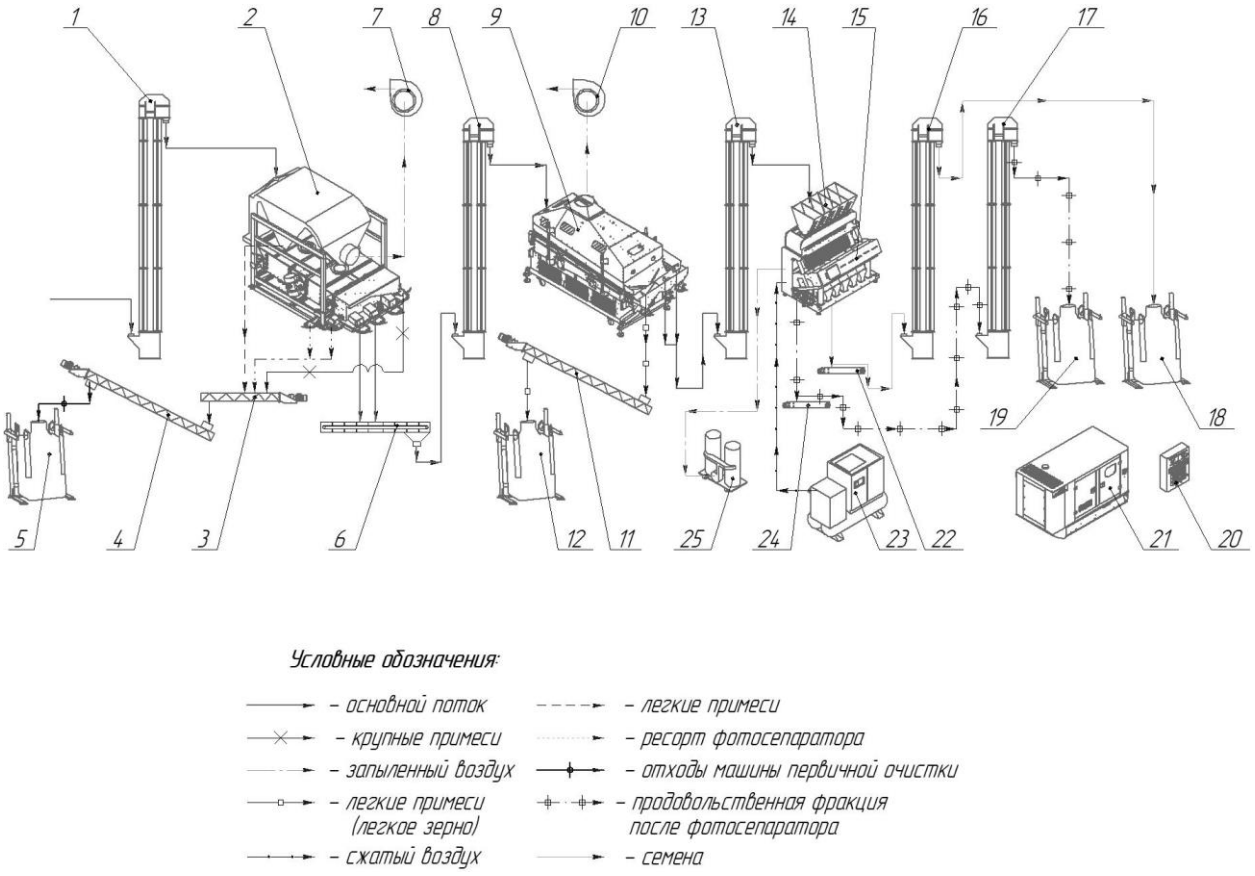


Рисунок 4.7 - Технологическая схема мобильного семяочистительного агрегата «EcoSort Mobile»

1- нория тихоходная НТ.10; 2- зерноочистительная машина 5XFJ-10CY(M); 3- шнек; 4- шнек; 5- держатель биг-бэга; 6- скребковый конвейер; 7- вентилятор; 8- нория НКЛ.10; 9- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 10- вентилятор; 11- шнек; 12- держатель биг-бэга; 13- нория НКЛ.10; 14- бункер; 15- фотосепаратор 5V «Taiho»; 16,17- нория НКЛ.10; 18,19 - держатель биг-бэга; 20- пульт дистанционного управления; 21- дизельный генератор; 22,24- ленточный транспортер; 23- компрессор; 25- аспирационная система фотосепаратора.

На рисунке 4.8 представлена функциональная схема мобильного семяочистительного агрегата «EcoSort Mobile».

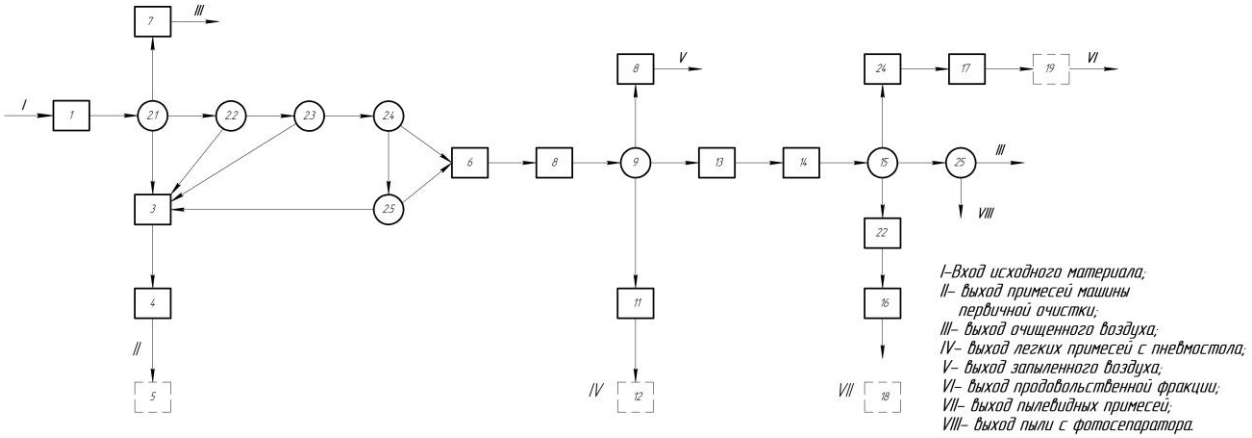
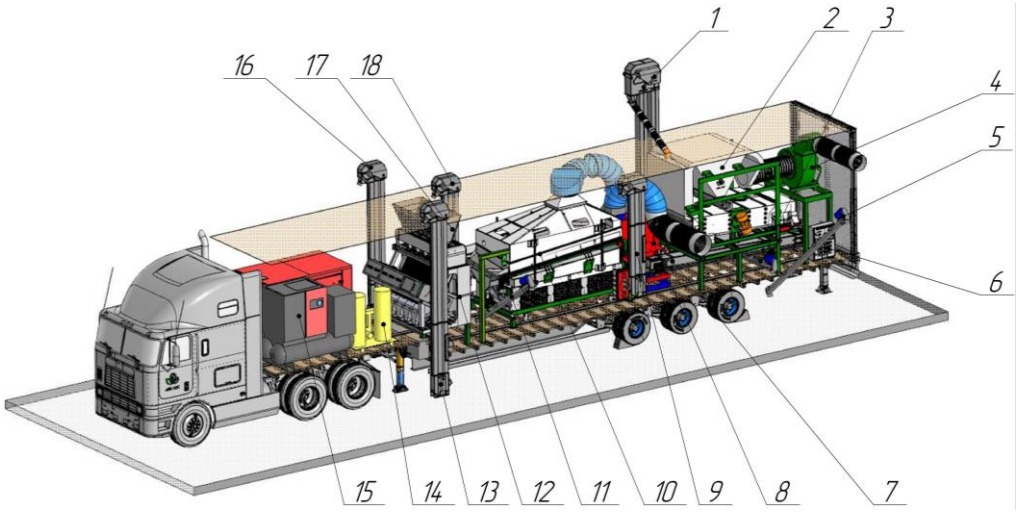
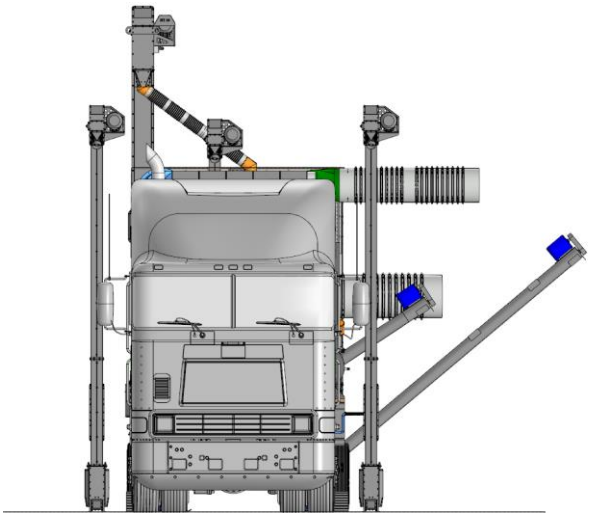


Рисунок 4.8 - Функциональная схема мобильного семяочистительного агрегата «EcoSort Mobile»

1 - Транспортирование зернового материала; 2.1- пневмосепарирование в аспирационном канале; 2.2- сепарирование на колосовом решете; 2.3- сепарирование на зерновом решете; 2.4-сепарирование на сортировальном решете; 2.5- сепарирование на подсевном решете; 7- транспортирование очищенного воздуха; 3- транспортирование примесей машины первичной очистки; 4- транспортирование примесей машины первичной очистки; 5- накопление примесей машины первичной очистки; 6- транспортирование зернового материала; 8- транспортирование зернового материала; 9- сортирование на пневмосортировальном столе; 10- транспортирование запыленного воздуха; 11 - транспортирование легкой фракции пневмостола; 12- накопление легкой фракции пневмостола; 13- транспортирование семенной фракции; 14- накопление семенной фракции; 15- оптическая сортировка; 24- транспортирование продовольственной фракции; 17- транспортирование продовольственной фракции; 22- транспортирование семенной фракции; 16- транспортирование семенной фракции; 18- накопление семенной фракции; 25- обеспыливание фотосепаратора.

На рисунке 4.9 представлена 3d-модель мобильного семяочистительного агрегата «EcoSort Mobile».





1- нория тихоходная НТ.10; 2- зерноочистительная машина 5XFJ-10CY(M); 3- шнек; 4 - вентилятор; 5- шнек; 6- пульт управления; 7- скребковый конвейер; 8- вентилятор; 9- нория НКЛ.10; 10- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 11- шнек; 12- фотосепаратор 5V «Taiho»; 13- нория НКЛ.10; 14- аспирационная система фотосепаратора; 15- компрессор; 16,17,18- - нория НКЛ.10

Рисунок 4.9- 3d-модель мобильного семяочистительного агрегата «EcoSort Mobile»

Компоновка мобильного семяочистительного агрегата «EcoSort Mobile» позволяет в транспортном положении обеспечить допускаемые габаритные размеры транспортного средства для передвижения его по дорогам общего пользования.

4.2.5 Мобильный комплекс зерно-семяочистительных агрегатов (схема V)

На рисунке 4.10 представлена технологическая схема мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов, сочетающая в себе последовательную работу агрегатов по схеме I и схеме IV.

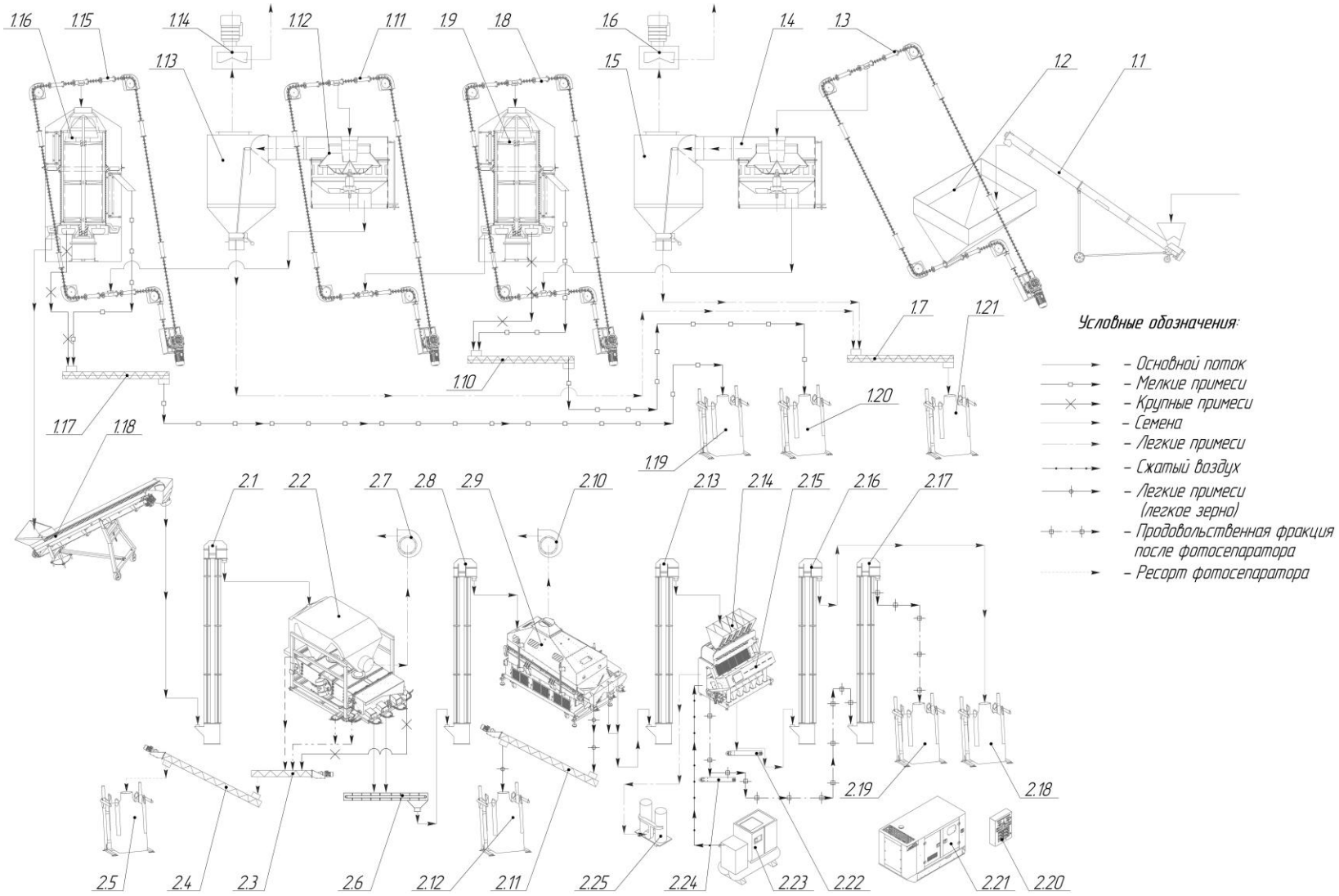


Рисунок 4.10- Технологическая схема мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов

1.1- Загрузочный транспортер; 1.2- бункер; 1.3 - трубчатый скребковый конвейер; 1.4- центробежно-воздушный сепаратор; 1.5- осадочная камера; 1.6- вентилятор; 1.7- шнек; 1.8- трубчатый скребковый конвейер; 1.9- центробежно-решетный сепаратор; 1.10 – шнек; 1.11 - трубчатый скребковый конвейер; 1.12 - центробежно-воздушный сепаратор; 1.13 - осадочная камера; 1.14- вентилятор; 1.15 - трубчатый скребковый конвейер; 1.16 - центробежно-решетный сепаратор (в режиме овсюгоотборника); 1.17 – шнек; 1.18 – ленточный конвейер; 1.19,120,1.21- держатель биг-бэга; 2.1- нория тихоходная НТ.10; 2.2- зерноочистительная машина 5XFJ-10CY(M); 2.3- шнек; 2.4- шнек; 2.5- держатель биг-бэга; 2.6- скребковый конвейер; 2.7- вентилятор; 2.8- нория НКЛ.10; 2.9- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 2.10- вентилятор; 2.11- шнек; 2.12- держатель биг-бэга; 2.13- нория НКЛ.10; 2.14- бункер; 2.15- фотосепаратор 5V «Taiho»; 2.16,2.17- нория НКЛ.10; 2.18,2.19 - держатель биг-бэга; 2.20- пульт дистанционного управления; 2.21- дизельный генератор; 2.22,2.24- ленточный транспортер; 2.23- компрессор; 2.25- аспирационная система фотосепаратора.

Использование данной схемы накладывает значительные ограничения по производительности первого мобильного зерноочистительного агрегата (схема I). Наиболее рационально использовать данную технологию совместно с дополнительными промежуточными компенсирующими емкостями, что позволит избежать резкого снижения производительности первого агрегата.

На рисунке 4.11 представлена функциональная схема мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов, на рисунке 4.12 3d-модель мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов.

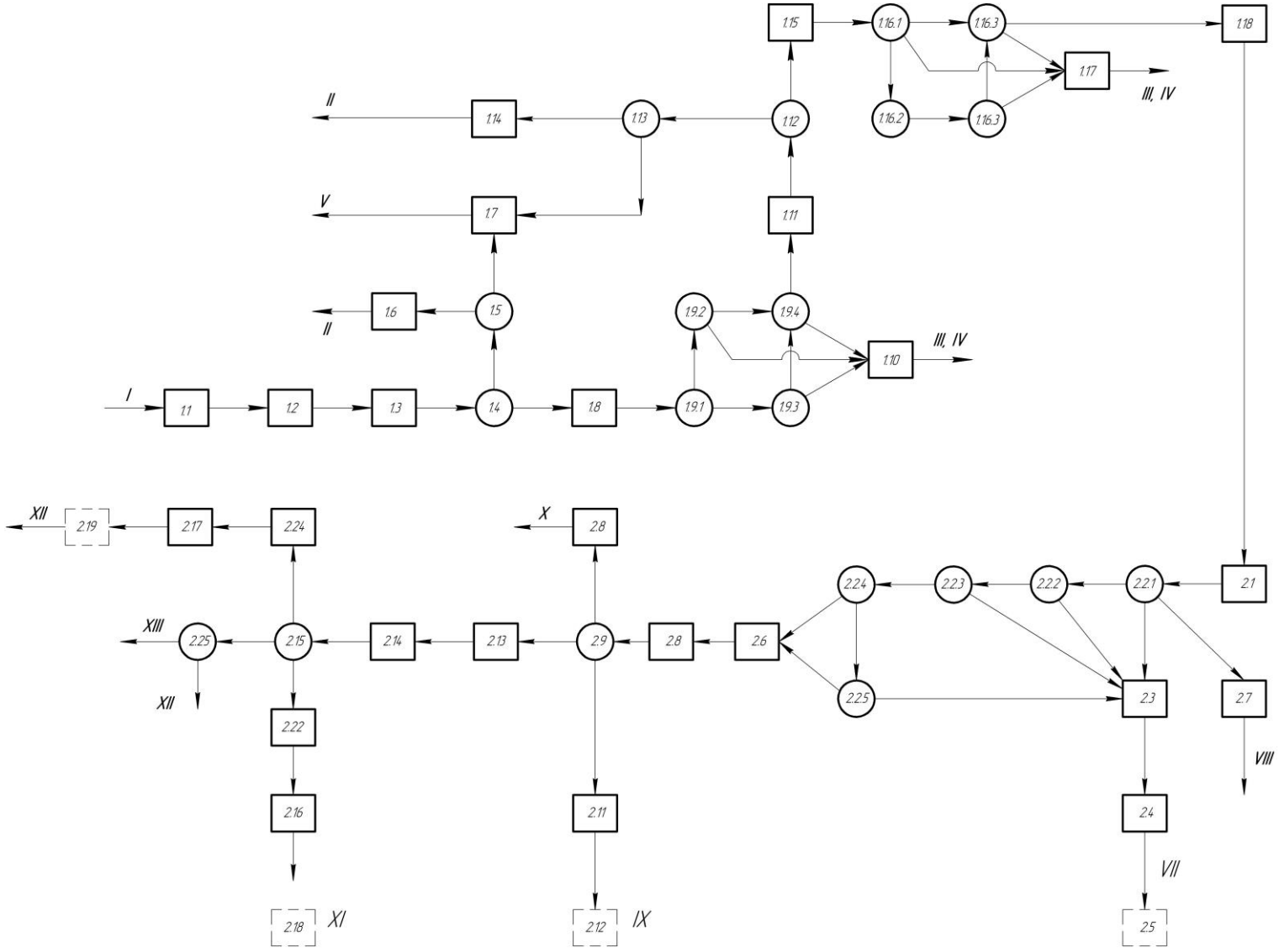


Рисунок 4.11 - Функциональная схема мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов

I-Вход исходного материала; II- выход очищенного воздуха; III- выход мелких примесей; IV- выход крупных примесей; V- выход легких примесей; VI- выход очищенного зерна; VII- выход примесей машины первичной очистки; VIII- выход очищенного воздуха; IX- выход легких примесей с пневмостола; X- выход запыленного воздуха; XI- выход продовольственной фракции; VII- выход пылевидных примесей; XIII- выход пыли с фотосепаратора.

1.1- транспортирование зерновой смеси в бункер; 1.2- хранение зерновой смеси; 1.3- транспортирование зерновой смеси трубчатым скребковым конвейером; 1.4- пневмосепарирование в кольцевом канале; 1.5- выделение легких примесей в осадочной камере; 1.6- транспортирование воздуха за пределы агрегата; 1.7- транспортирование легких примесей; 1.8- транспортирование зерновой смеси; 1.9.1- разделение зернового материала на делительном решете; 1.9.2- выделение мелких примесей на подсевном решете; 1.9.3- выделение крупных примесей на колосовом решете; 1.9.4- выделение крупных примесей на зерновом решете; 1.10- транспортирование мелких и крупных примесей; 1.11- транспортирование очищенного зерна; 1.12- пневмосепарирование в кольцевом канале; 1.13- выделение легких примесей в осадочной камере; 1.14- транспортирование воздуха за пределы агрегата; 1.15- транспортирование очищенного зерна; 1.16.1- разделение зернового материала на делительном решете; 1.16.2- выделение мелких примесей на подсевном решете; 1.16.3- выделение крупных примесей на колосовом решете; 1.16.4- выделение крупных примесей на зерновом решете; 1.17- транспортирование мелких и крупных примесей; 1.18- транспортирование очищенного зерна; 2.1 - Транспортирование зернового материала; 2.2.1- пневмосепарирование в аспирационном канале; 2.2.2- сепарирование на колосовом решете; 2.2.3- сепарирование на зерновом решете; 2.4- сепарирование на сортировальном решете; 2.2.5- сепарирование на подсевном решете; 2.7- транспортирование очищенного воздуха; 2.3- транспортирование примесей машины первичной очистки; 2.4- транспортирование примесей машины первичной очистки; 2.5- накопление примесей машины первичной очистки; 2.6- транспортирование зернового материала; 2.8- транспортирование зернового материала; 2.9- сортирование на пневмосортировальном столе; 2.10- транспортирование запыленного воздуха; 2.11 - транспортирование легкой фракции пневмостола; 2.12- накопление легкой фракции пневмостола; 2.13- транспортирование семенной фракции; 2.14- накопление семенной фракции; 2.15- оптическая сортировка; 2.24- транспортирование продовольственной фракции; 2.17- транспортирование продовольственной фракции; 2.22- транспортирование семенной фракции; 16- транспортирование семенной фракции; 2.18- накопление семенной фракции; 2.25- обеспыливание фотосепаратора.

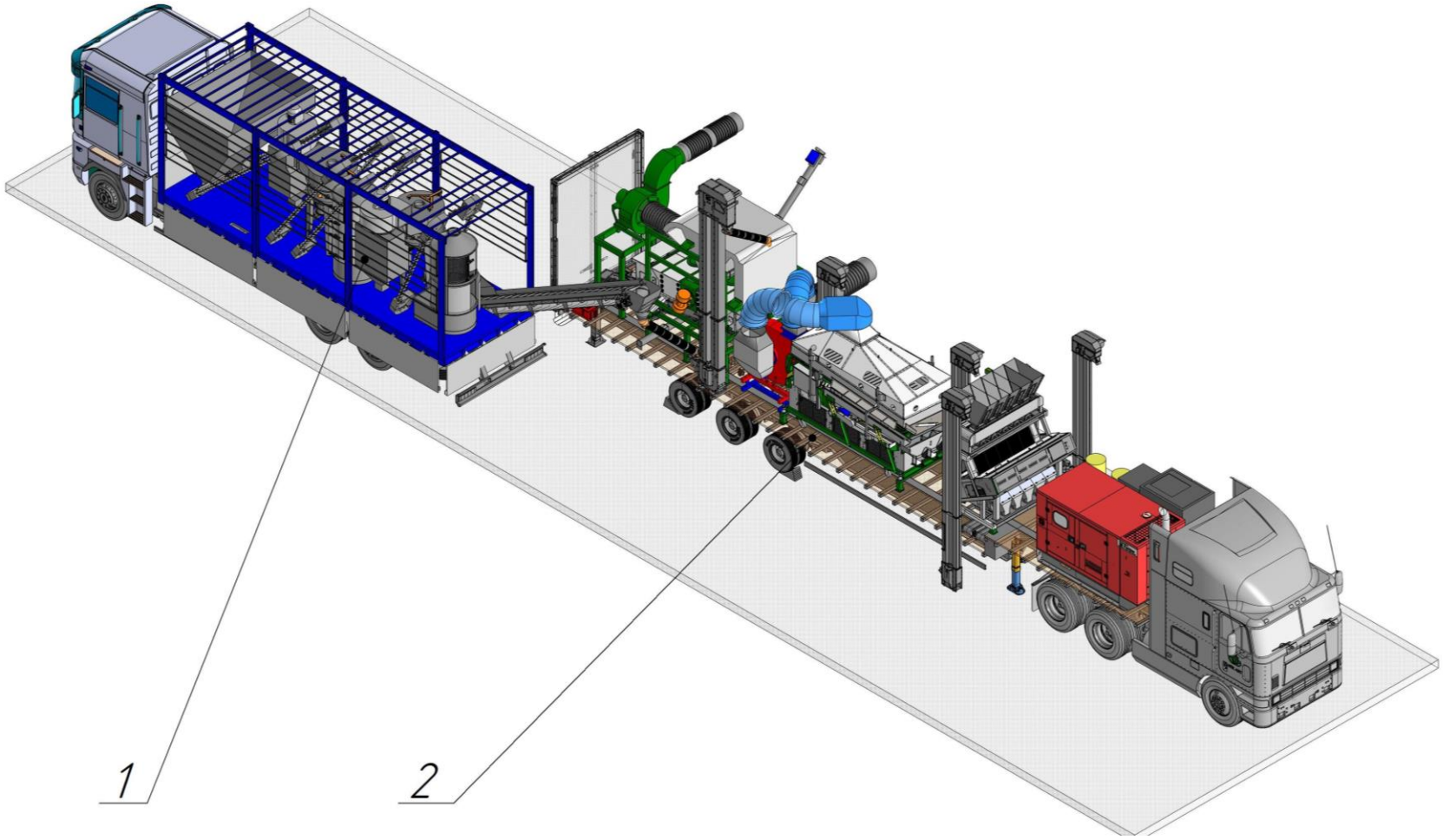


Рисунок 4.12- 3d-модель мобильного комплекса зерно-семяочистительных агрегатов

1- Мобильный зерноочистительный модуль на базе центробежно-решетных сепараторов; 2- мобильный семяочистительный агрегат «EcoSort Mobile»

4.2.6 Мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования (схема VI)

Предлагаемая технология мобильного зерно-семяочистительного агрегата построена на базе прицепа СЗАП-83053, в основе технологии очистки лежит сложная комбинированная машина 5XFZ-40ZA фирмы «Julite» (Китай) [97].

Мобильный зерно-семяочистительный агрегат работает следующим образом [96]. Зерновой материал, прошедший предварительную очистку телескопическим погрузчиком (1) (рисунок 4.13) загружается в загрузочный бункер (2), оборудованный задвижками реечными ручными (3), через которые зерно скребковым конвейером (4) подается в комбинированную машину 5XFZ-40ZA, которая позволяет выделить грубые примеси (на верхней деке), легкие и крупные примеси, а режиме очистки семян произвести сортировку по удельному весу. Очищенное зерно норией чистого зерна НТ.30 (7) отгружается в большегрузный автомобиль типа «КамАЗ». Аспирационные отходы посредством циклонов и шлюзовых затворов направляются в продольный шнек (6), крупные примеси с колосового решета также собираются в шнек (6). Легкие и грубые примеси продольным шнеком (6) направляются в отгрузочный шнек отходов (8) для загрузки автомобиля типа «ЗИЛ» (10) (либо в тракторный прицеп).

Технологическая схема комбинированной машины 5XFZ-40ZA представлена на рисунке 4.14.

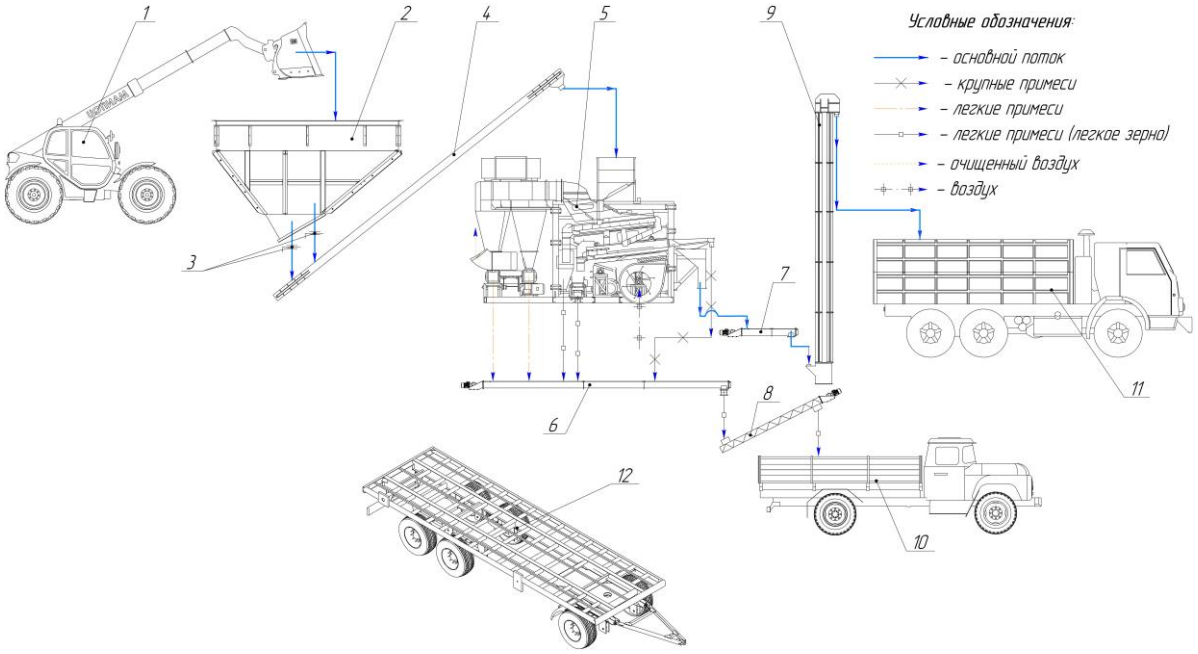


Рисунок 4.13 – Технологическая схема мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования

1- Телескопический погрузчик; 2- загрузочный бункер; 3- задвижка реечная ручная; 4- конвейер скребковый; 5- машина 5XFZ-40ZA; 6- шнек отходов продольный; 7- конвейер скребковый поперечный; 8- шнек отходов отгрузочный; 9- нория тихоходная чистого зерна НТ-30; 10- грузовой автомобиль ЗИЛ; 11- грузовой автомобиль КАМАЗ; 12- прицеп.

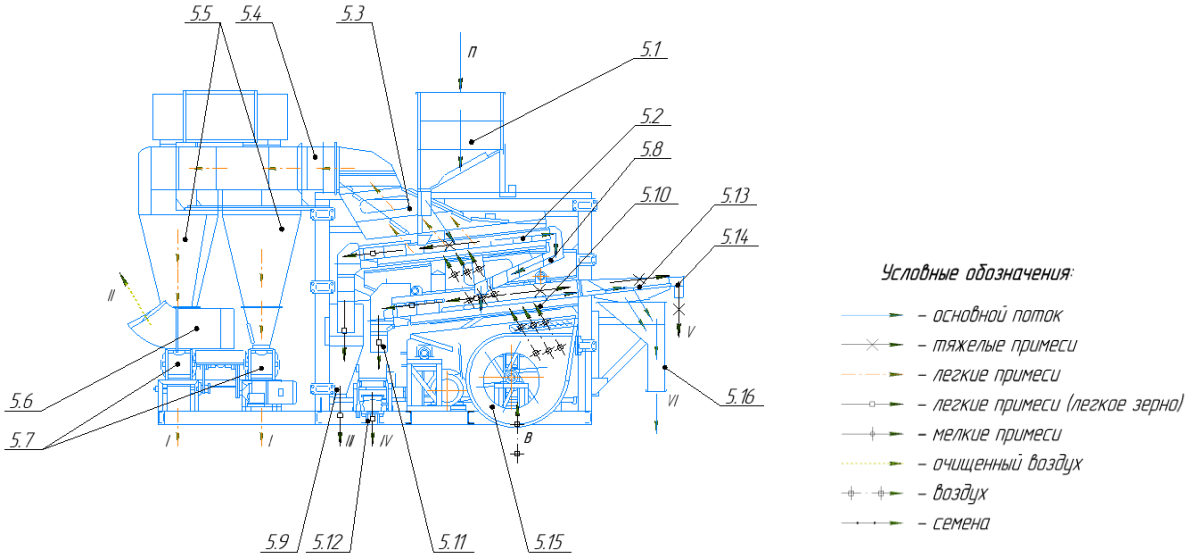


Рисунок 4.14 – Технологическая схема работы машины 5XFZ-40ZA

5.1- Загрузочный бункер; 5.2- зонт; 5.3- дека верхнего пневмостола; 5.4- аспирационный патрубок; 5.5- циклон; 5.6- вентилятор; 5.7- шлюзовой затвор;

5.8- лоток выхода чистого зерна с верхней деки; 5.9- патрубок вывода легких примесей с верхней деки; 5.10- дека нижнего пневмостола; 5.11- патрубок вывода легких примесей (легкого зерна); 5.12- лоток вывода легких примесей (легкого зерна); 5.13- колосовое решето; 5.14- патрубок вывода крупных и тяжелых примесей; 5.15- вентилятор; 5.16- патрубок вывода чистого зерна (семян).

I- Выход легких примесей; II- выход очищенного воздуха; III- выход легких примесей; IV- выход легких примесей (легкого зерна); V- выход тяжелых и крупных примесей; VI- выход очищенного зерна (семян).

Функциональная схема мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования представлена на рисунке 4.15. На рисунке 4.16 представлена 3d-модель мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования.

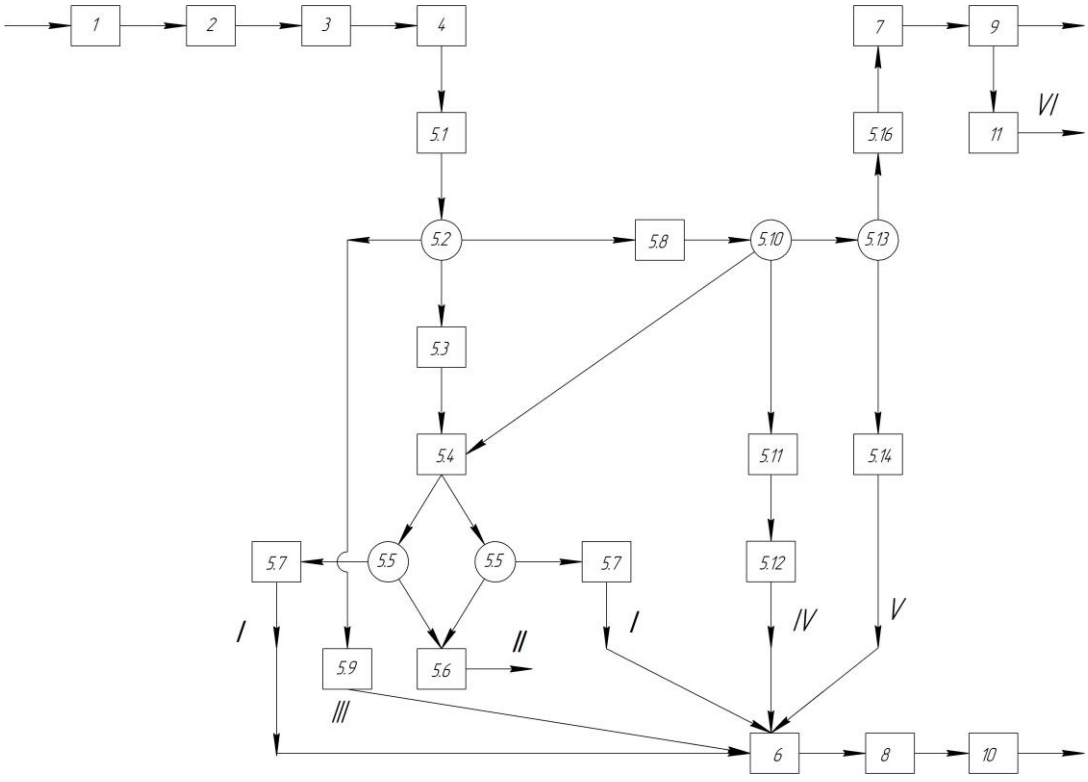


Рисунок 4.15 - Функциональная схема мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования

1- транспортирование зерна; 2- прием зерна; 3- транспортирование зерна; 4- транспортирование зерна; 5.1- прием зерна; 5.2- сепарирование на

верхней деке; 5.3- выделение легких примесей; 5.4- транспортирование легких примесей; 5.5- сепарирование легких примесей и пыли в циклоне; 5.6- транспортирование очищенного воздуха; 5.7- транспортирование легких примесей и пыли; 5.8- транспортирование очищенного зерна; 5.9- транспортирование легких примесей; 5.10- сепарирование на нижнем пневмосортировальном столе; 5.11- транспортирование легких примесей (легкого зерна); 5.12- транспортирование легких примесей (легкого зерна); 5.13- сепарирование на колосовом решете; 5.14- транспортирование крупных и тяжелых примесей; 5.15- подача воздуха; 5.16- транспортирование чистого зерна (семян); 7- транспортирование чистого зерна (семян); .

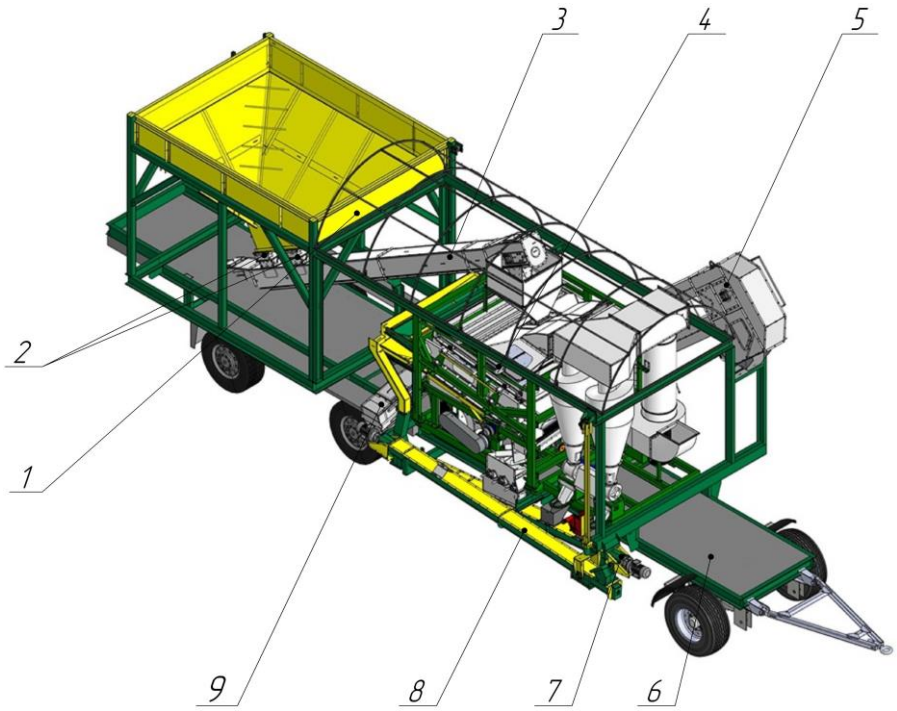


Рисунок 4.16– 3d-модель мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования

1- загрузочный бункер; 3- задвижка реечная ручная; 3- конвейер скребковый; 4- машина 5XFZ-40ZA; 5- нория тихоходная чистого зерна НТ-30; 6- прицеп: 7- шнек отходов продольный; 8- шнек отходов отгрузочный; 9 - конвейер скребковый поперечный.

4.2.7 Мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (схема VII)

Наиболее быстрый способ получить качественные семена – это использование пневмосортировального стола для разделения зерновой смеси по удельному весу. На рисунке 4.17 представлена технологическая схема монтируемого семяочистительного агрегата [187], в состав которого входят: бункер загрузочный с наклонной норией; пневмосортировальный стол 5ZX-8Y фирмы «Julite» (Китай) с наклонной норией, работающей в режиме загрузки; три тихоходных нории НТ.10 для раздельного сбора фракций пневмосортировального стола; три держателя биг-бэгов; аспирационная система; пульт управления. Функциональная схема монтируемого семяочистительного агрегата представлена на рисунке 4.18 .

На рисунках 4.19 и 4.20 представлены 3d-модели мобильного монтируемого семяочистительного агрегата, причем в варианте 1 агрегат полностью выгружается для установки в рабочее положение, а в варианте 2 (рисунок 4.20) агрегат частично остается в транспортном средстве.

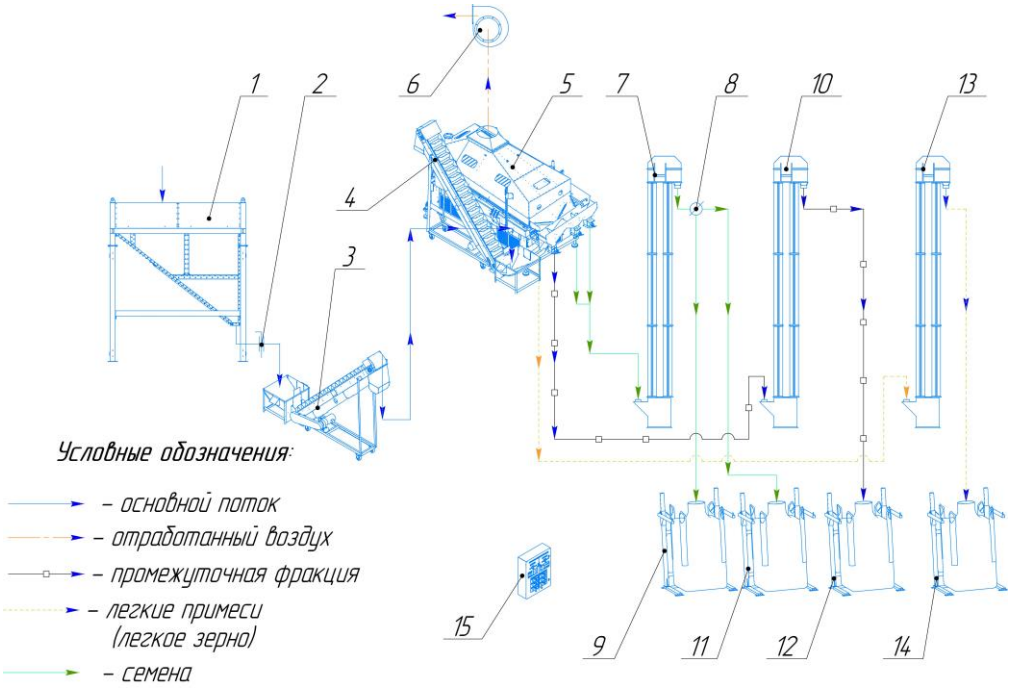
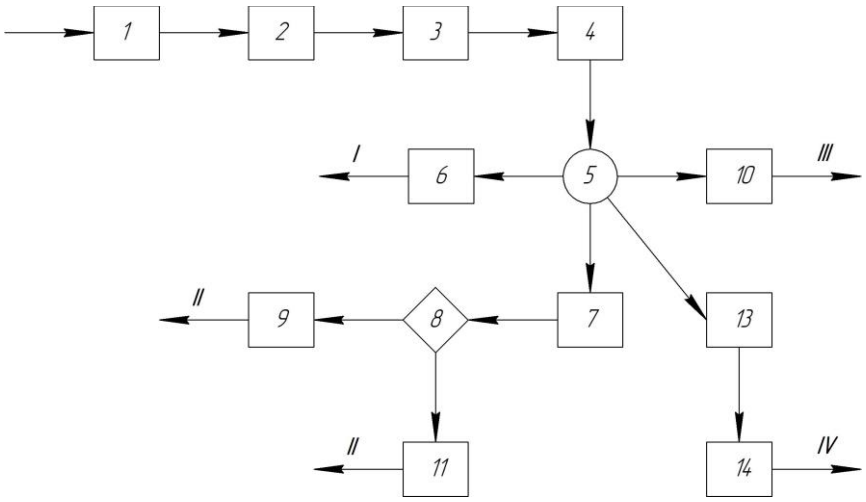


Рисунок 4.17– Технологическая схема мобильного монтируемого семяочистительного агрегата

1- бункер загрузочный; 2- задвижка; 3,4- наклонная нория; 5- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 6- вентилятор; 7,10,13- тихоходная нория НТ.10; 8- клапан перекидной; 9,11,12,14- держатели биг-бэгов; 15- пульт управления.



I- отработанный воздух; II- семена; III- промежуточная фракция; IV- легкие примеси (легкое зерно)

Рисунок 4.18- Функциональная схема мобильного монтируемого семяочистительного агрегата

1- прием зерна; 2- транспортирование зерна; 3- транспортирование зерна; 4- транспортирование зерна; 5- сортирование на пневмосортировальном столе; 6- транспортирование отработанного воздуха; 7- транспортирование очищенных семян; 8- изменение направления потока семян; 9- хранение семян; 10- транспортирование промежуточной фракции; 11- хранение семян; 12- транспортирование промежуточной фракции; 13- транспортирование легких примесей (легкого зерна); 14- хранение лёгких примесей (легкого зерна).

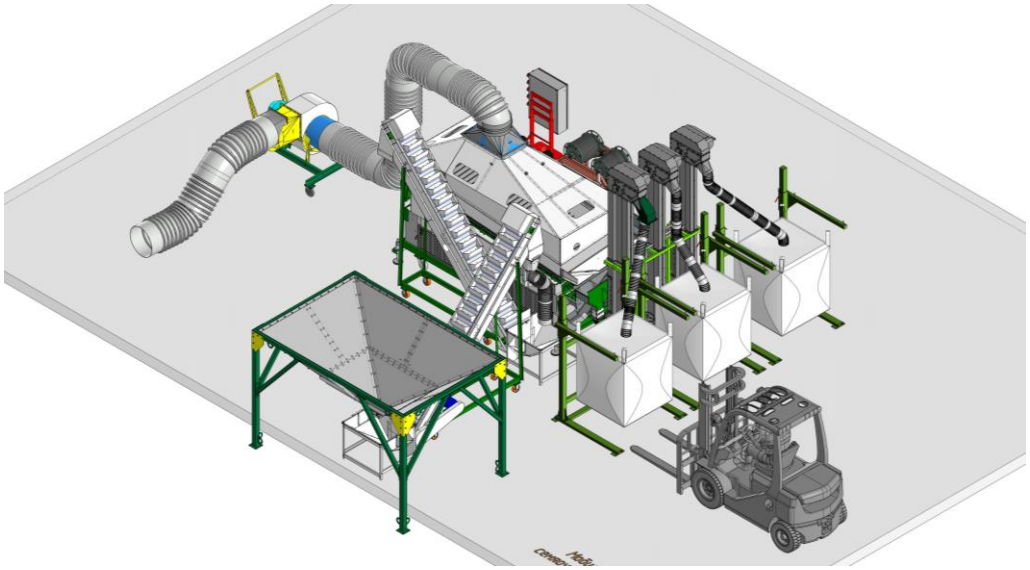
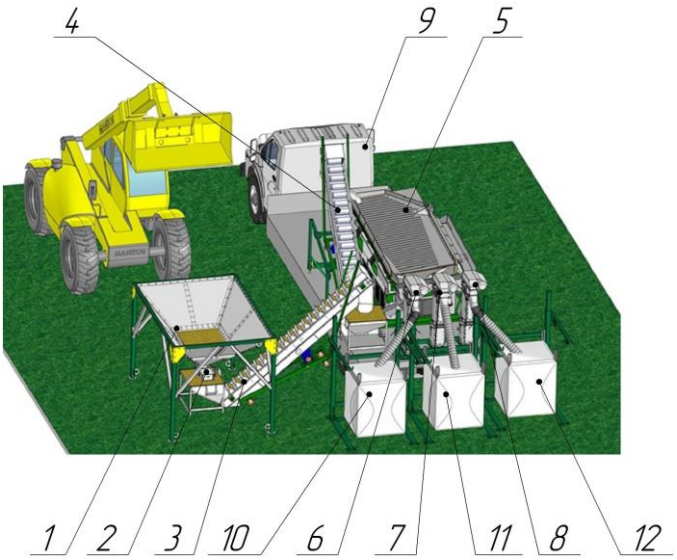
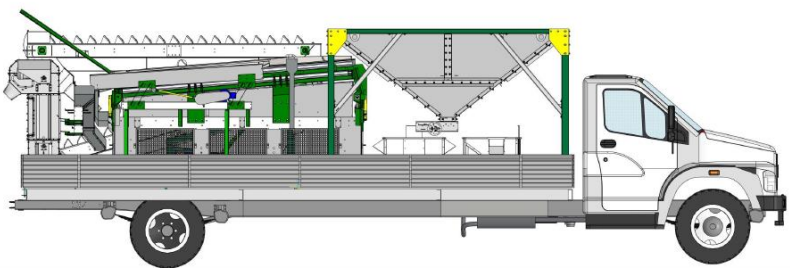


Рисунок 4.19 – 3-d модель мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (1 вариант)



а



б

Рисунок 4.20 – Мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (2 вариант)

1- бункер загрузочный; 2- задвижка; 3,4- наклонная нория; 5- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 6,7,8- тихоходная нория НТ.10; 9- грузовой автомобиль ГАЗон «Next»; 10,11,12- держатели биг-бэгов.

4.3 Оценка трансформируемости мобильных зерноочистительных агрегатов

В разделе 1.4.3 работы приведена классификация способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов, рассмотрим аналитические зависимости для определения коэффициентов трансформации.

В основу расчета положены выражения, полученные Смирновым П.А. [167]:

Коэффициент трансформации по длине:

$$К_a = \frac{a_{max}}{a_1} \quad (3.1)$$

Коэффициент трансформации по ширине:

$$К_b = \frac{b_{max}}{b_1} \quad (3.2)$$

Коэффициент трансформации по высоте:

$$К_c = \frac{c_{max}}{c_1} \quad (3.3)$$

где a_{max}, b_{max} и c_{max} - максимальные (рабочие) габаритные размеры агрегата, м;

a_1, b_1 и c_1 - исходные (транспортные) габаритные размеры агрегата, м.

Коэффициент объемной трансформации:

$$К_{max} = \frac{V_{max}}{V_1}, \quad (3.4)$$

где $V_1 = a_1 b_1 c_1$ – исходный объем; – максимальный объем, м^3;

$V_{max} = a_{max} b_{max} c_{max}$ - максимальный объем, м^3.

4.4 Энергетическая оценка проектируемых мобильных зерноочистительных агрегатов и комплексов

Степень эффективности усовершенствованных технологий, машин и их комплексов для послеуборочной обработки зерна и семян оценивают коэффициентом интенсификации - δ, % [46]:

$$\delta = \left(1 - \frac{E}{E_б}\right) \cdot 100 \text{ , \%} \qquad (3.5)$$

где E, $E_б$ - совокупные затраты энергии на осуществление послеуборочной обработки семян (зерна) усовершенствованной технологией (машиной или комплексом машин) и базовой (заменяемой), МДж/т.

При сравнении двух и более технологий (машин и их комплексов) с базовой (или имеющейся в хозяйстве) лучшей является та, которая имеет большее положительное значение δ при требуемом качестве семян.

Если δ оказалось отрицательным числом, то проектируемая технология (машина, комплекс машин) менее эффективна по сравнению с существующей.

Совокупные затраты энергии для сравниваемых технологий определяют по формуле [122]:

$$E = E_р + E_ж + E_м + E_п \text{ , МДж/т} \qquad (3.6)$$

где $E_р$ - прямые затраты энергии на работу машин и оборудования, МДж/т;

$E_ж$ - энергозатраты живого труда операторов и вспомогательных рабочих, МДж/т;

$E_м$ - энергия, требуемая на производство и обслуживание машин и оборудования, МДж/т;

$E_п$ - энергозатраты на использование помещений, МДж/т.

Принимаем $E_п$=0 МДж/т (работа вне помещений).

Прямые затраты энергии на процесс послеуборочной обработки семян и зерна $E_р$ определяют по выражению [29]:

$$Е_р = \frac{N_{эл}}{Q} К_э, \text{ МДж/т} \quad (3.7)$$

где $N_{эл}$, – мощность двигателей, установленных, соответственно на машинах и оборудовании, кВт;

Q - производительность агрегата, т/ч;

$К_э$ - коэффициент перевода кВт.ч в МДж, МДж/кВт.ч ($К_э$ = 3,6) [29];

$Е_т$ - удельные затраты энергии на сушку зерна, МДж/т.

Энергозатраты живого труда $Е_ж$ определяют по выражению [29]:

$$E_{ж} = \frac{\left(a_o \cdot n_{ос} + a_в \cdot n_{вс}\right)}{G_{сез(ф)} \cdot \tau_c} \text{ , МДж/т} \quad (3.8)$$

где $a_{о,}$ $a_в$ - энергетические эквиваленты затрат живого труда операторами поточных линий и вспомогательными рабочими, МДж/чел.-ч;

$\tau_с$, $\tau_о$ - коэффициенты использования рабочего времени смены на сушке и очистке семян, дол. ед;

$n_{ос}$, $n_{вс}$ –затраты труда, соответственно, основных и вспомогательных рабочих на сушке, чел.-ч;

$n_{оо}$, $n_{во}$ – затраты труда, соответственно, основных и вспомогательных рабочих на очистке, чел.-ч;

$$n_{ос} = n_{вс} = \frac{G_{сез.(ф)}}{Q_{оо.}} \cdot No \text{ ,} \quad (3.9)$$

где $G_{сез.(ф)}$ - сезонное поступление зерна с учетом снижения влажности и засоренности комбайнового вороха после предварительной очистки, т;

$Q_{оо}$ - производительность отделения очистки, т/ч;

$N_с$, $N_о$ - количество обслуживающего персонала на сушке и очистке, чел;

По данным ФАО (продовольственная сельскохозяйственная организация ООН) [29]:

$a_о$ = 1,26 МДж/чел. ·ч.

$a_в$ = 1,09 МДж/чел. ·ч.

Более легкую работу оценивают энергетическим эквивалентом 0,6…0,9 МДж, а более тяжелую 1,86…2,5 МДж/чел.·ч. [29];

Затраты энергии на производство и обслуживание машин и оборудования $E_м$ включают в себя затраты энергии на производство, ремонт и техническое обслуживание техники [29]:

$$E_M = \left(\frac{m_{бл.1}}{T_1 \cdot Q_{суш.ф} \cdot \tau_1} + \frac{m_{бл.2}}{T_2 \cdot Q_{оо} \cdot \tau_2} \right) \cdot a_M \left(a_a + a_p \right), \qquad (3.10)$$

где $m_{бл.1}$, $m_{бл.2}$ - конструктивная масса машин и оборудования, соответственно, для доведения зерна до требований стандартов по влажности и чистоте, кг;

T_1, T_2 - норматив годовой загрузки машин для доведения комбайнового вороха до состояния, приспособленного к хранению и очистке, ч;

При реконструкции комплексов вместо произведения $T_1Q_{суш.ф}$ и $T_2Q_{оо}$ могут быть подставлены в формулу массы зерна, подлежащие, соответственно, сушке и очистке высушенного материала, т;

τ_1 и τ_2 - коэффициенты использования времени смены;

$a_м$ - энергетический эквивалент, определяющий затраты энергии на производство 1 кг массы машин, МДж/кг;

a_a, a_p - коэффициенты отчислений на амортизацию (a_a = 0,11), ремонт и обслуживание (a_p= 0,02) машин и оборудования, усл. ед. [29];

Для машин и оборудования для очистки и сушки зерна и семян $a_м$ = 104 МДж/кг [29].

Данные о конструктивной массе мобильных зерноочистительных агрегатов даны в технических характеристиках.

Таблица 4.1 - Техническая характеристика мобильных зерноочистительных агрегатов

№ п-п	Наименование показателя		Вариант схемы мобильного зерноочистительного агрегата					
		Схема I	Схема II	Схема III	Схема IV	Схема V	Схема VI	Схема VII
1.	Производительность, т/ч	30/-	10/6	6	5	5	30/8	-/8
2.	Установленная мощность, кВт	48,0	50,5	93,1	84,02	134,62	31,15	33,02
3.	Габаритные размеры (транспортное/рабочее), м - длина - ширина -высота	 10,65/14,4 2,50/4,50 4,00/5,50	 8,00/8,00 2,50/4,50 4,00/5,50	 18,65/23,86 2,50/4,50 4,0/5,50	 16,50/16,50 2,50/5,85 4,00/5,88	 27,15/30,23 2,50/8,70 4,00/5,88	 13,00/13,00 4,00/8,30 4,58/6,18	 8,00/9,30 2,50/8,32 2,75/3,52
4.	Количество обслуживающего персонала, чел	1	2	2	2	3	2	2
5.	Масса, кг	8230	9800	17690	19665	27895	8500	3720
6.	Тип мобильности	С	П	С	П	С	П	М
7.	Тип электропитания	З	З	З	НЗ	З-Н	З	З/НЗ
8.	Коэффициент готовности	0,719	0,657	0,611	0,719	0,561	0,844	0,830
9.	Коэффициент трансформации							
	по длине	1,35	1,00	1,28	1,0	1,11	1,0	1,16
	по ширине	1,8	1,80	1,80	2,34	3,48	2,08	3,33
	по высоте	1,38	1,38	1,38	1,47	1,47	1,35	1,28
	объемной трансформации	3,35	2,48	3,17	3,44	5,7	2,8	4,95
10.	Совокупные затраты энергии, МДж/т	18,90	33,92/61,72	112,62	123,64	186,55	17,36/41,43	27,05
	прямые затраты энергии	5,76	18,18/30,3	55,86	60,49	96,92	3,74/14,02	14,85
	энергозатраты живого труда	0,049	0,15/0,25	0,49	0,59	0,89	0,10/0,37	0,37
	затраты энергии на производство и обслуживание машин и оборудования	13,09	15,59/31,17	56,27	62,56	88,74	13,52/27,04	11,83
11.	Сезонная выработка, т	10000	10000/5000	5000	5000	5000	10000/5000	5000
12.	Коэффициент интенсификации, %	72,24	50,18/53,9	44,24*	7,65	7,63*	74,50/69,05	79,80
13.	Время трансформации рабочих органов, ч	2,0	2,0	4,0	2,0	4,0	2,0	6,0

С- самопередвижной; П-передвижной; М-монтируемый

З- зависимый; НЗ- независимый; З-Н зависимый независимый (для составных двухблочных агрегатов)

Коэффициент интенсификации рассчитан при сравнении со стационарными линиями, соответственно продовольственного и семенного агрегатов, приведенных в приложении А3.

*- сравнение двухблочных составных агрегатов проведено с учетом совместной работы двух стационарных линий по очистке продовольственного и семенного зерна.

4.5 Общий алгоритм функционирования мобильного зерноочистительного агрегата

При решении задач рациональной работы мобильного зерноочистительного агрегата разрабатываются различные программные продукты (см рисунок 4.21), предназначенные для рационального управления и логистики при выполнении производственных работ по очистке семян в пределах нескольких районов Алтайского края (см. рисунок 2.40). В этом случае могут быть использованы элементы интеллектуальных технологий [20]. Применение предложенных решений позволяет повысить общую производительность мобильного агрегата за эксплуатационный период. Таким образом, согласно приведенной карте и обоснованной логистике, используя МЗА в течении 8 месяцев в году возможно обеспечить семенами 20 фермерских хозяйств.

Разработка и исследование мобильных зерноочистительных агрегатов, их внедрение в производство предполагают рассмотрение ряда вопросов. Прежде всего надо определиться со структурой агрегата и условиями его применения. Далее в процессе производственной эксплуатации целесообразно проанализировать работу этой технической системы в зависимости от значений основных параметров (режимы работы машин, физико-механические свойства обрабатываемого материала и т.д.). В исследованиях МЗА необходимо учитывать разнородность отдельных машин и транспортно-технологического оборудования, входящих в эти агрегаты.

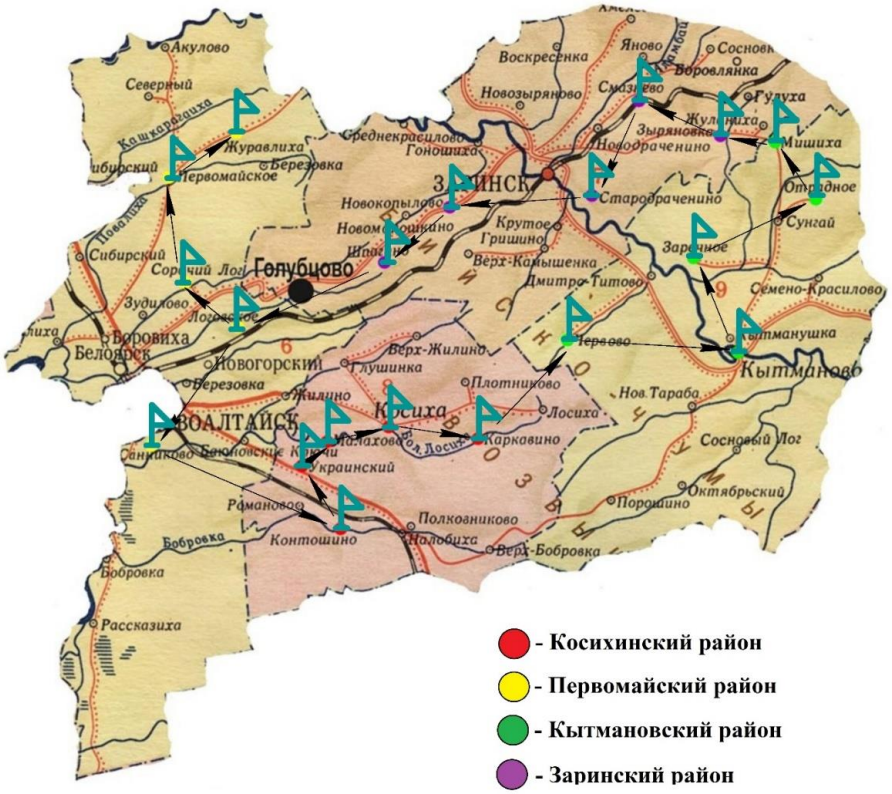


Рисунок 4.21 - Вариант работы мобильного зерноочистительного агрегата
в 4-х районах Алтайского края

Реализация указанных положений в практической работе требует научной организации процесса функционирования мобильных зерноочистительных агрегатов и представление их в виде, доступном для электронных вычислений с широким привлечением методов моделирования алгоритмов работы МЗА.

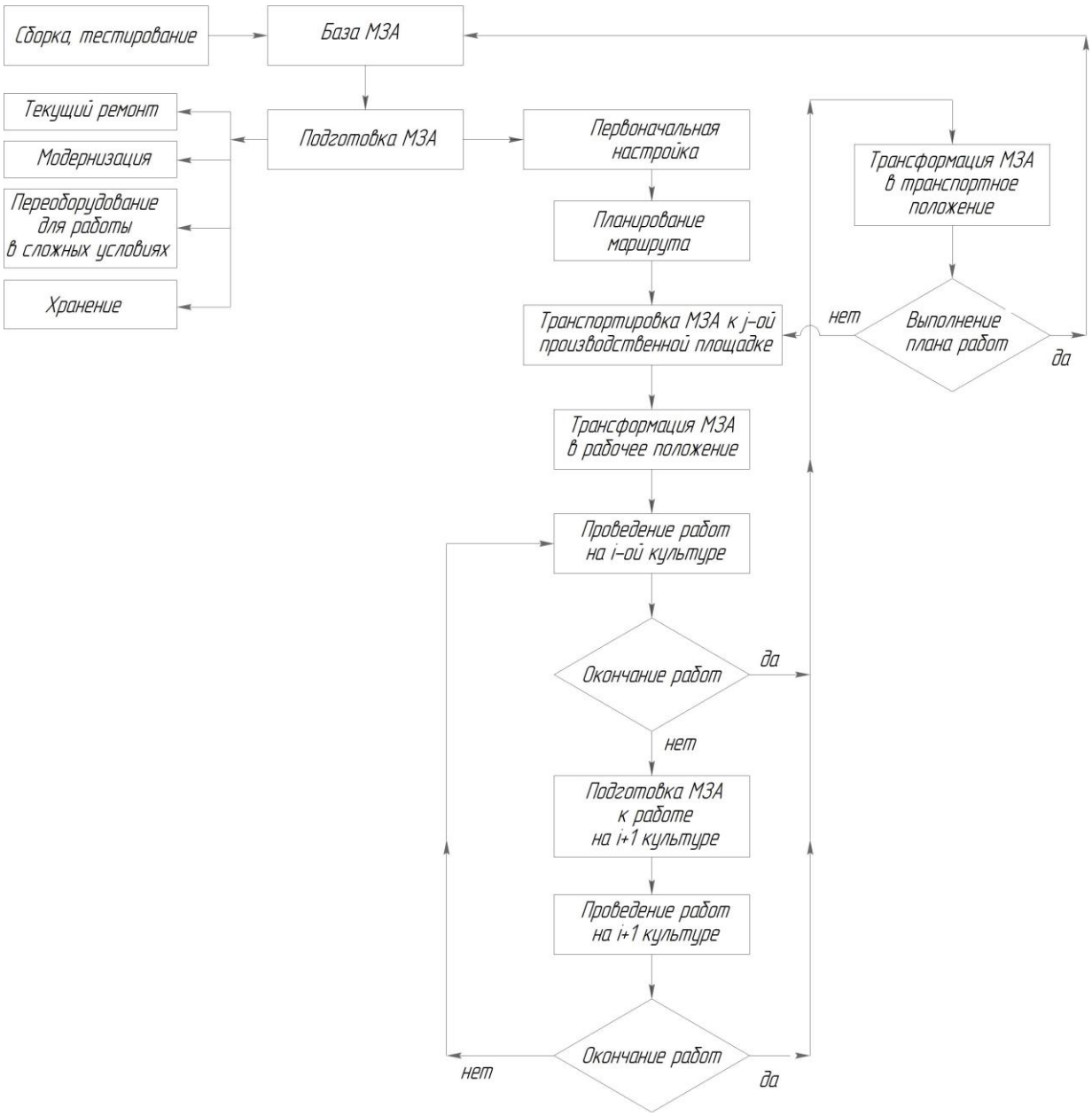


Рисунок 4.22– Алгоритм работы МЗА

4.6 Моделирование процесса функционирования сформированных мобильных зерноочистительных агрегатов

Для анализа работы мобильных зерноочистительных агрегатов воспользуемся зависимостями (2.19) и (2.20) при это введем ряд допущений и ограничений:

1) $t_{\text{Р.А.}j}$=$t_{\text{Т.П.}j}$ = $t_{\text{Т.}j}$2,0 ч для одноблочных схем формирования агрегата (схемы I,II,IV,VI);

$t_{Р.А.j}$=$t_{Т.П.j}$ = 4,0 ч для двухблочных схем формирования агрегата (схемы III,V);

$t_{Р.А.j}$=$t_{Т.П.j}$ = 6,0 ч для монтируемых схем формирования агрегата (схема VII).

2) $t_{Т.Н.j}$=0,5 ч - для работы агрегата на зерновых культурах; $t_{Т.Н.j}$=3,0 ч при работе на мелкосемянных и технических культурах для агрегатов, требующих замены деки пневмостола.

3) Максимальное сезонное (годовое) время функционирования мобильного семяочистительного агрегата составляет 8 месяцев. Исключаем из работы зимние месяцы (декабрь, январь и февраль), требующие создание специальных условий для функционирования мобильного зерноочистительного агрегата и работы операторов, а также один летний месяц - июнь, необходимый для проведения модернизации и технического обслуживания зерноочистительного агрегата и его транспортного средства. Также месяц - июнь является межсезонным месяцем при подготовке семенного материала. Поэтому принимаем $Т_{сез.max}$=244 дня (с 01.03 по 31.05 и с 01.07 по 01.12).

4) Для функционирования мобильного зерноочистительного агрегата, предназначенного для получения товарного зерна максимальное сезонное (годовое) время использования составляет 4 месяца (период уборки). Принимаем $Т_{сез.max}$=122 дней (с 01.08 по 31.11).

Рассмотрим функционирование мобильных зерноочистительных агрегатов при работе в различных хозяйствах (от 5 до 50) на одной культуре (пшенице), то есть определим максимальную сезонную наработку при различных одинаковых расстояниях между хозяйствами (от 20 до 200 км) (рисунки 4.23-4.38).

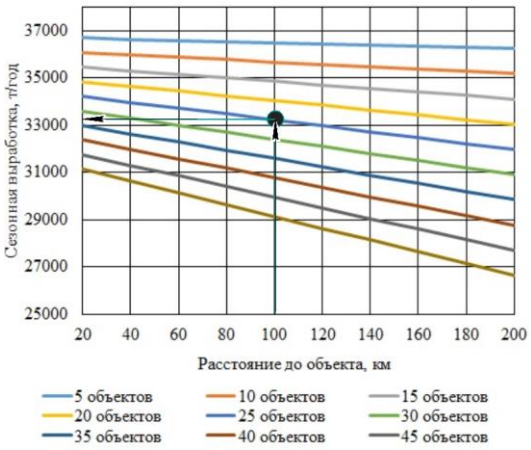


Рисунок 4.23 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 1)

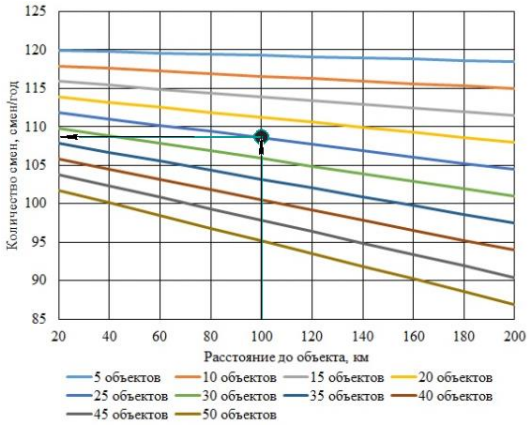


Рисунок 4.24 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта (Схема 1)

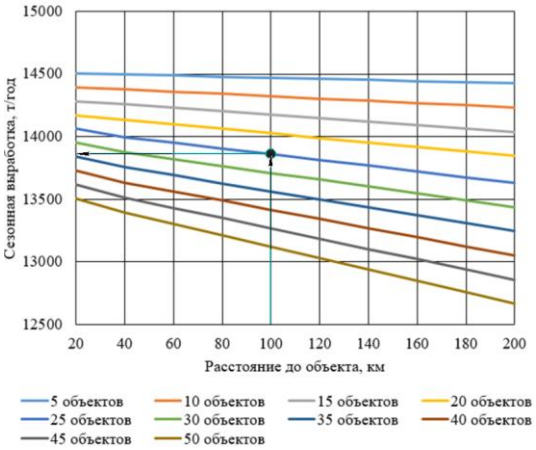


Рисунок 4.25 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 2)

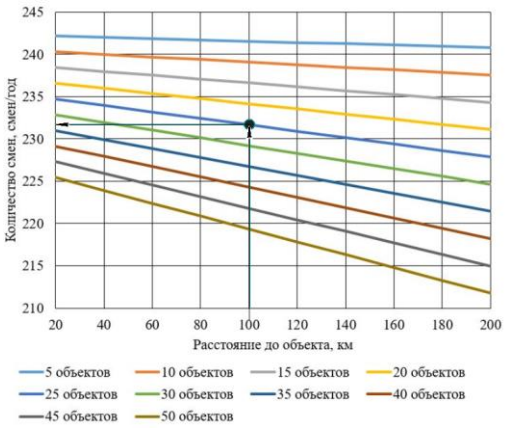


Рисунок 4.26 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта (Схема 2)

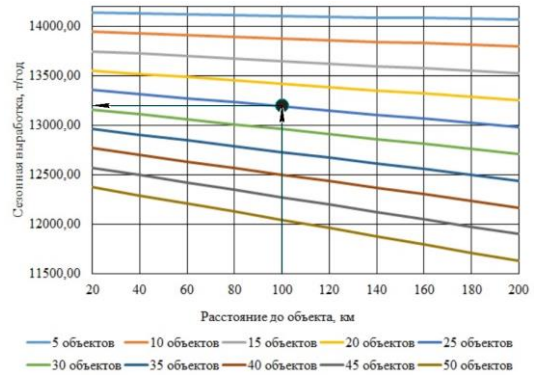


Рисунок 4.27 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 3)

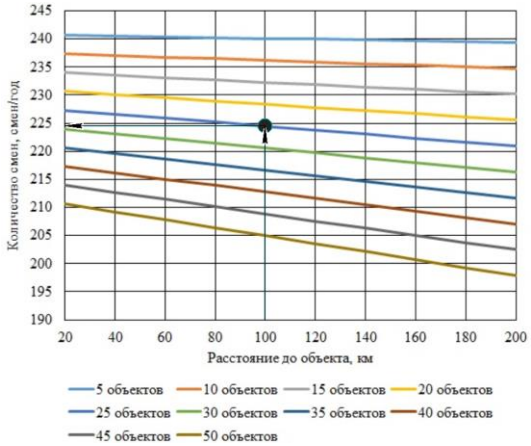


Рисунок 4.28 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта (Схема 3)

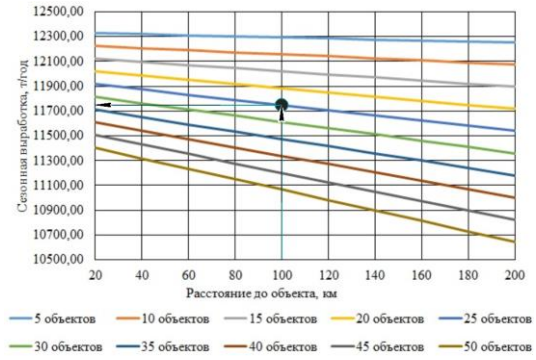


Рисунок 4.29 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 4)

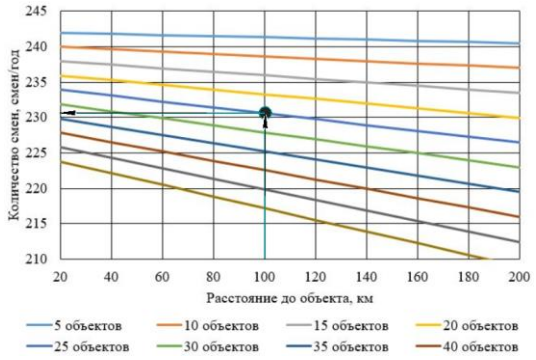


Рисунок 4.30 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта (Схема 4)

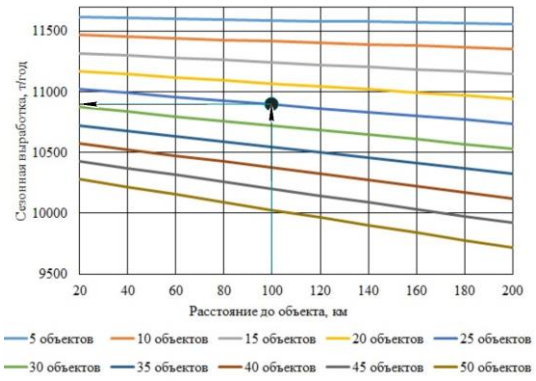


Рисунок 4.31 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 5)

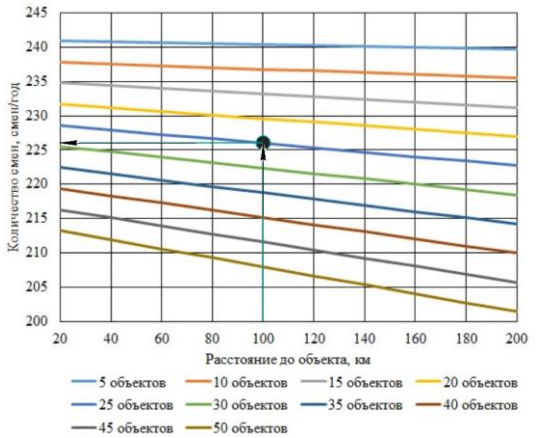


Рисунок 4.32 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта (Схема 5)

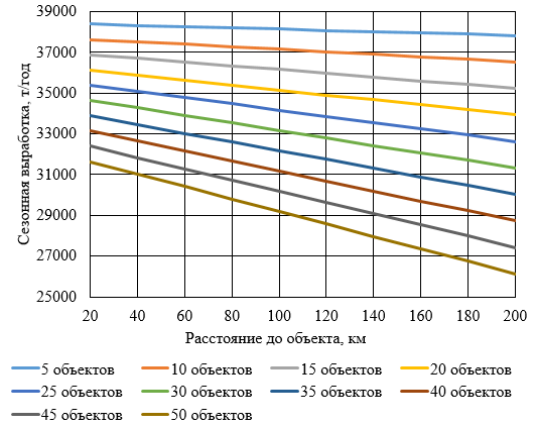


Рисунок 4.33 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта
(Схема 6 -семенной режим)

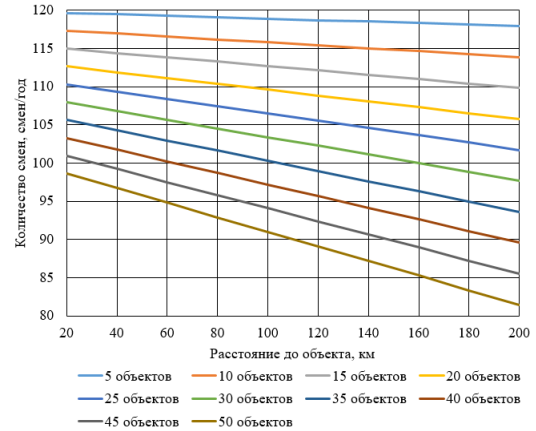


Рисунок 4.34- Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта
(Схема 6 -семенной режим)

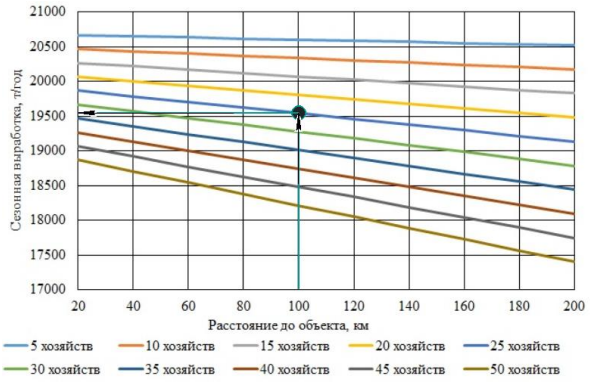


Рисунок 4.35 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 6 -продовольственный режим)

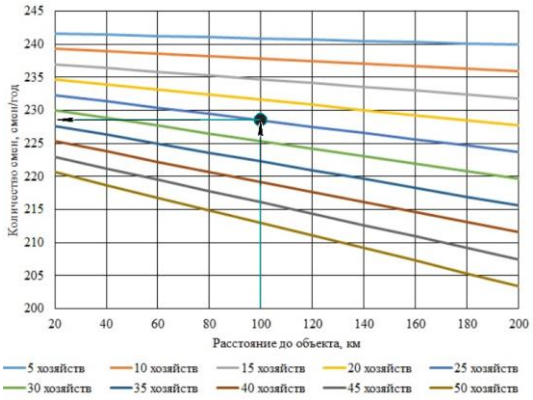


Рисунок 4.36 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта Схема 6 -продовольственный режим)

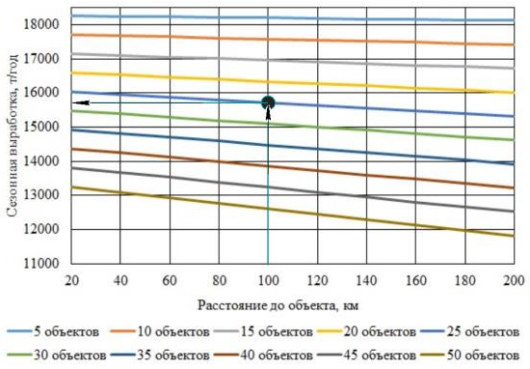


Рисунок 4.37 - Изменение сезонной выработки в зависимости от расстояния до объекта (Схема 7)

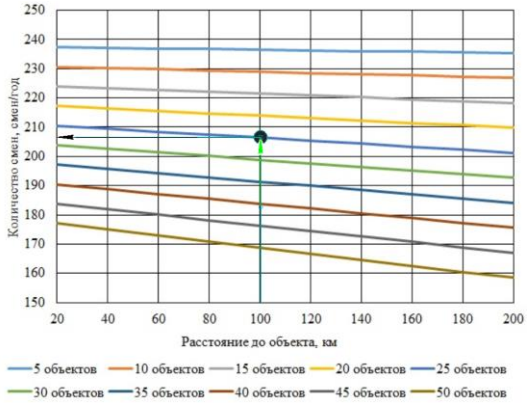


Рисунок 4.38 - Изменение количества смен в зависимости от расстояния до объекта (Схема 7)

Выводы по главе 4

1. На основе системного анализа современных тенденций развития технических средств послеуборочной обработки зерна и семян впервые разработаны исходные требования и сформулированы фундаментальные принципы проектирования мобильных зерноочистительных агрегатов (МЗА), определяющие их конструктивно-технологический уровень в условиях динамично меняющихся характеристик поступающего с поля вороха.

2. Обоснован состав мобильных зерноочистительных агрегатов с использованием созданных технических средств. Определен типоразмерный ряд мобильных зерноочистительных агрегатов, решающих все основные задачи послеуборочной очистки зерна и семян (разделение по скорости витания, разделение по геометрическим размерам, разделение по удельному весу, разделение по оптическим свойствам), определена область их применения, рассмотрен порядок функционирования.

3. Дана оценка трансформируемости мобильных зерноочистительных агрегатов. Для предложенных вариантов технологических схем установлено, что коэффициент объемной трансформации варьируется от 2,48 (схема II) до 5,7 (схема V).

4. Проведена комплексная оценка предложенных схем по технико-экономическим критериям: надежность: определены коэффициенты готовности (максимальный - 0,844 для схемы VI); мобильность: установлены коэффициенты объемной трансформации (наибольшее значение - схема VII с показателем 4,95); энергоэффективность: выявлены наиболее экономичные решения (схема VII для семян - 27,05 МДж/т; схема VI для продовольственного зерна - 17,36 МДж/т).

5. Представлен общий алгоритм функционирования мобильного зерноочистительного агрегата, позволяющий спрогнозировать его работу в течении всего агросрока эксплуатации.

6. Рассчитан коэффициент интенсификации мобильных зерноочистительных агрегатов в сравнении со стационарными линиями, который показывает значительное преимущество схем I и VI, соответственно в 72,24 и 74,50% на очистке зерна товарного назначения. Для семенных линий коэффициент интенсификации варьировался от 7,63 до 79,8%, наименьшее значение имеет наиболее развитая технологическая схема V, а наибольшее значение имеет монтируемая схема VII, что объясняется большим количеством оборудования в комплексе зерно-семяочистительных агрегатов.

ГЛАВА 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1 Программа экспериментальных исследований

На основании анализа научно-технической литературы, проведенных теоретических обоснований и, исходя из поставленных задач, намечена следующая программа исследований. Для подтверждения основных теоретических исследований, установления основных закономерностей сепарации зерна на решете и определения оптимальных конструктивно-кинематических параметров процесса сепарации на цилиндрическом решете были проведены экспериментальные исследования.

Программа экспериментальных исследований центробежно-решетного сепаратора:

- исследовать влияние кинематического режима подсевного решета на качественные показатели процесса сепарации и определить оптимальные параметры;

- исследовать влияние шага расстановки пластин барабана на процесс сепарации и определить оптимальные параметры;

- исследование влияние геометрической формы пластин барабана на процесс сепарации и определить оптимальные параметры;

- изучить влияние подачи зерновой смеси на процесс сепарации;

- определить влияние транспортирующих устройств на подсевном решете на процесс сепарации;

- исследовать влияние толщины активного слоя на процесс сепарации;

- исследовать влияние геометрических параметров отверстий решет на процесс сепарации;

- определить зональную просеваемость по высоте цилиндрического решета;

- исследовать влияние засоренности исходного материала на удельную производительность и процесс сепарации;

- исследовать влияние влажности зернового материала на процесс сепарации;

- исследовать влияние формы семян проходовой фракции на процесс сепарации;

- исследовать энергоемкость процесса сепарации;

- сравнить эффективность очистки цилиндрического решета с плоской и цилиндрической щетками;

- исследовать зону предварительной подготовки центробежно-решетного сепаратора;

- провести производственные испытания центробежно-решетного сепаратора с подсевным блоком;

- провести производственные испытания центробежно-решетного ворохоочистителя;

- провести производственные испытания центробежно-воздушного сепаратора.

Программа экспериментальных исследований центробежно-воздушного сепаратора:

- исследовать конструктивные параметры разбрасывающей тарелки;

- определить влияние высоты подъема регулировочного стакана на скорость движения воздушного потока в кольцевом аспирационном канале;

- определить влияние угла открытия заслонки на скорость движения воздушного потока в кольцевом аспирационном канале;

- оценить качество работы центробежно-воздушного сепаратора для работы в составе модернизированной стационарной технологической линии очистки зерна;

- оценить качество работы центробежно-воздушного сепаратора для работы в составе мобильного зерноочистительного агрегата;

- оценить качество работы центробежно-воздушного сепаратора для работы в составе воздушного центробежно-решетного сепаратора.

Программа экспериментальных исследований центробежно-решетного ворохоочистителя:

- провести производственные испытания ворохоочистителя с подсевным решетом;

- провести производственные испытания ворохоочистителя с подсевным и зерновым решетами.

Программа экспериментальных исследований мобильных зерноочистительных агрегатов:

- провести производственные испытания мобильного монтируемого семяочистительного агрегата;

- провести производственные испытания мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования;

Для выполнения программы исследований были разработаны и изготовлены макеты, экспериментальные установки и оборудование.

5.2 Экспериментальные установки

5.2.1 Центробежно-решетный сепаратор

При разработке экспериментальной установки к ней предъявлялись следующие требования: должна быть обеспечена простота устройства, возможность быстрой разборки и сборки основных узлов, несложный доступ ко всем элементам сепаратора; возможность регулирования конструктивных, кинематических и технологических параметров в необходимых пределах; устойчивость режимов работы и стабильность параметров, влияющих на процесс сепарации.

Загрузочный бункер объемом 0,1 м^3 представляет собой автономную единицу, способную осуществлять заданную подачу зерна посредством шиберной заслонки, предварительно оттарированной.

Все элементы сепаратора располагаются на раме 1 (рисунок 5.1). Привод решета 2, питателя 5 и пластинчатого барабана 3 осуществляется посредством клиноременной передачи от двигателя 10 к редуктору. Редуктор позволяет

получить окружную скорость решета в 0,57 раз большую, чем окружная скорость пластинчатого барабана. Вращение решета и пластинчатого барабана осуществлялось в одну сторону. Изменение окружной скорости в необходимых пределах осуществлялось сменой шкива на двигателе.

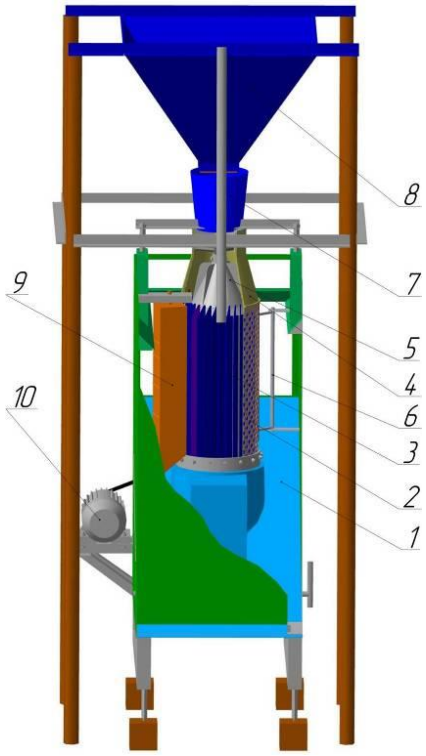
Соотношение скоростей вращения решета и пластинчатого барабана равное 0,57 принято исходя из раннее проведенных исследований [197], и в ходе проведения опытов оно не изменялось. Подготовительная зона сепаратора состояла из следующих элементов: коническая загрузочная горловина, коническая ступенчатая обечайка, гасители окружной скорости, конический лопастной питатель, имеющий шесть лопастей. Питатель вращается со скоростью решета посредством лучей и имеет возможность осевого смещения относительно втулки.

Внутренний диаметр решета составляет 290 мм, рабочая высота цилиндрического решета 500 мм. При проведении опытов применялся набор сменных цилиндрических решет с диаметрами отверстий 3,2 мм, 3,4 мм, 3,6 мм, 3,8 мм, 4,0 мм. Пластинчатый барабан состоял из следующих компонентов: вала, двух дисков с необходимым количеством резьбовых отверстий для изменения шага расстановки пластин, отражательного конуса, ограничительного цилиндра диаметром 210 мм и пластин. Для изменения угла наклона и шага расстановки пластин было изготовлено 6 комплектов по 30 штук в каждом, позволяющих изменять угол наклона от 0^0 (радиальное расположение) до 45^0 относительно радиуса и толщину активного слоя от 10 до 12 мм. Длина пластины составляет 500 мм, ширина пластин различна, в зависимости от угла наклона и толщины активного слоя [79].

Откидные лотки позволяли выделить проходовую и сходовую фракции при установившимся режиме. Для определения зональной просеваемости по высоте цилиндрического решета был изготовлен пробоотборник с возможностью вращения вокруг вертикальной оси.

Лабораторная установка центробежно-решетного сепаратора (рисунок 5.2) создана автором, некоторые ответственные детали ее изготавливались в учебно-производственных мастерских Алтайского государственного аграрного

университета и опытно-производственном цехе ГУП ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН.



1- Корпус; 2- решето; 3- пластинчатый барабан; 4- коническая обечайка; 5- питатель; 6- механизм поджатия очистительной щетки; 7- загрузочная горловина; 8- бункер; 9- пробоотборник; 10- электродвигатель.

Рисунок 5.1 – 3d- модель лабораторной установки центробежно решетного сепаратора



а

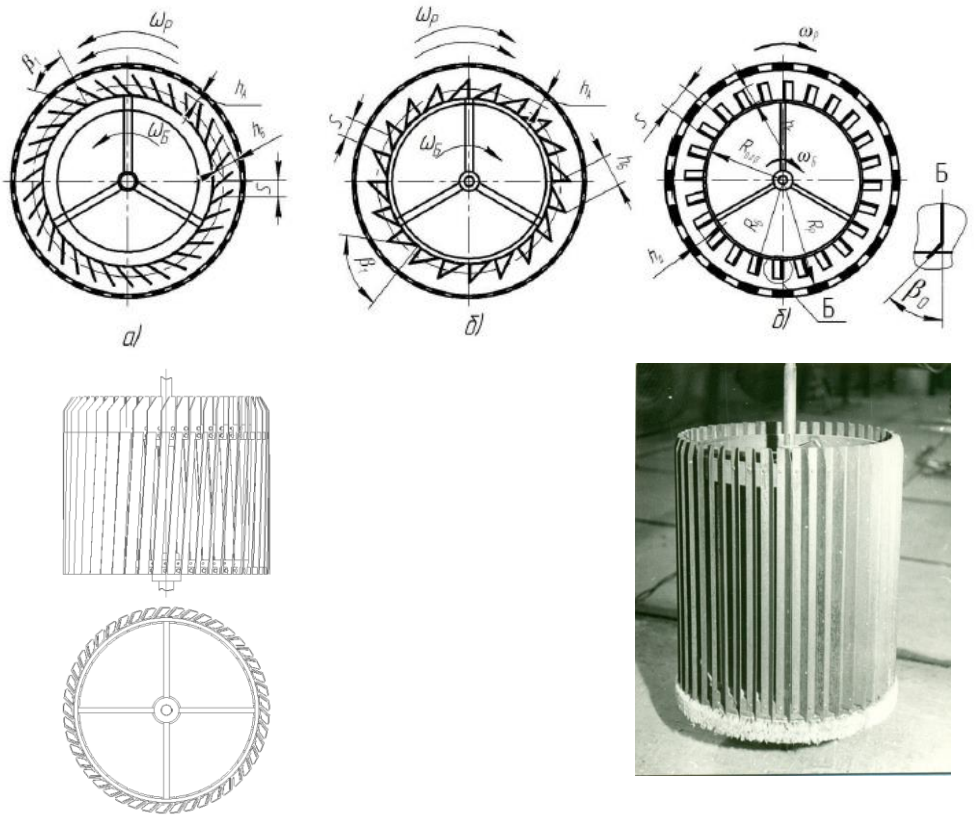


б

Рисунок 5.2 - Лабораторная установка центробежно-решетного сепаратора

а- общий вид; б- вид сзади

Транспортирующее устройство представляло собой двухзаходную винтовую спираль, изготовленную из проволоки диаметром 4 мм. При установке спирали на внутренней поверхности цилиндрического решета концы ее отгибались в радиальном направлении и вставлялись в отверстия решета. Это позволяло использовать силы упругости спирали для создания радиального давления на цилиндр и обеспечивало плотное прилегание спирали к поверхности цилиндра, кроме того, она крепилась и в промежуточных точках, что исключало смещение спирали относительно решета в процессе работы.



в г

Рисунок 5.3 - Варианты компоновки цилиндрического барабана пластинами в центробежно-решетном сепараторе

а) подсевное решето с круглыми отверстиями и внутренним пластинчатым барабаном с углом наклона пластин к радиусу $\beta_1=45^0$; б) подсевное решето с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом к образующей, и внутренним барабаном с комбинированными пластинами; в) пластины барабана,

расположенные по винтовой линии; г) радиальные пластины с цилиндрической щеткой



а



б



в



г



д

Рисунок 5.4 - Типы подсевных решет, применяемых в центробежно-решетном сепараторе:

а) решето с круглыми отверстиями; б) решето с круглыми отверстиями и спиралью; в) решето с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом к образующей; г) решето с продолговатыми отверстиями; д - решето щелевое с круглыми перемычками.

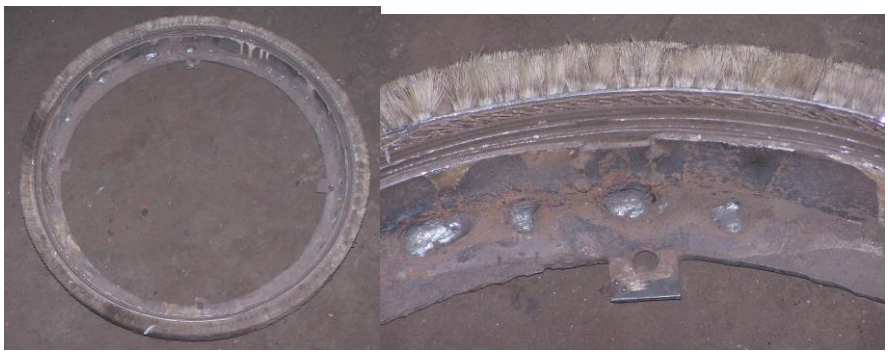
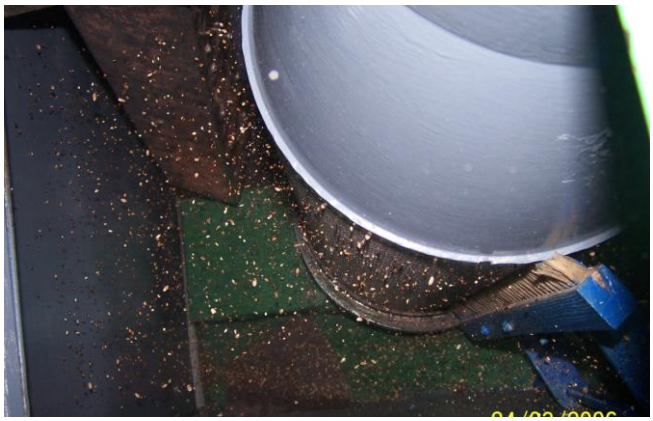


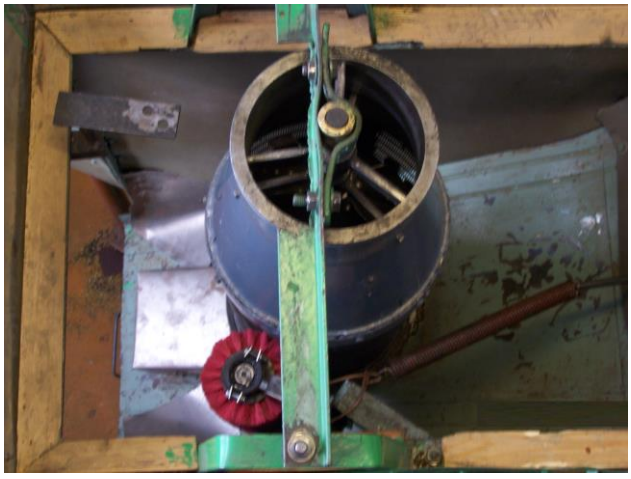
Рисунок 5.5 - Кольцевая щетка



а



б



в



г

Рисунок 5.6 - Элементы лабораторной установки центробежно-решетного сепаратора

а- цилиндрическая щетка; б- рабочий момент (очистка решета плоской щеткой); в- вид сверху на цилиндрическую щетку; г- щелевое решето и цилиндрическая щетка

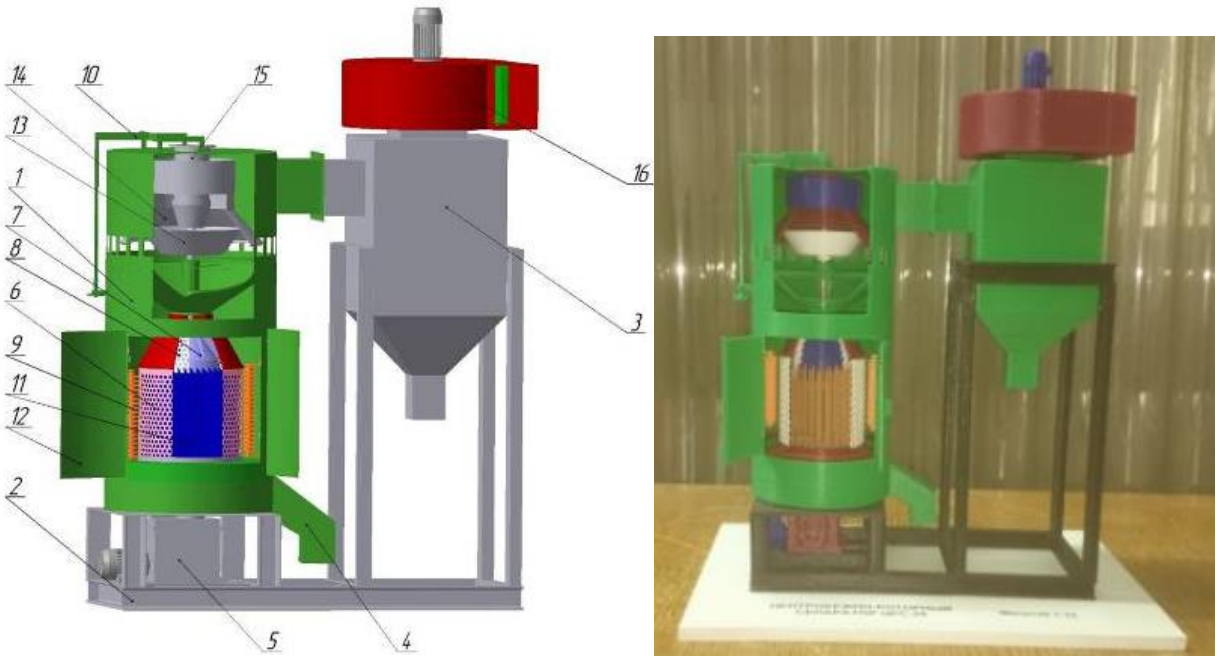


Рисунок 5.7 - 3D-модель воздушного центробежно-решетного сепаратора

1- корпус; 2- рама; 3- осадочная камера; 4- патрубок вывода мелких примесей; 5- привод; 6-подсевное решето; 7- питатель; 8- делительное решето; 9-цилиндрическая щетка; 10- механизм регулировки воздушного потока; 11-пластинчатый барабан; 12- дверца; 13- тарельчатый разбрасыватель; 14- кольцевой пневмоканал; 15- загрузочная горловина; 16- вентилятор.

5.2.2 Экспериментальные установки центробежно-воздушного сепаратора

Для проведения исследований процесса очистки зернового вороха с выделением легких примесей изготовлены экспериментальные установки и опытные образцы (патенты России № 2675607, № 2846686). Общий вид разбрасывающей тарелки представлен на рисунке 5.8, устройство центробежно-воздушного сепаратора представлено на рисунке 5.9.



Рисунок 5.8 - Общий вид разбрасывающей тарелки

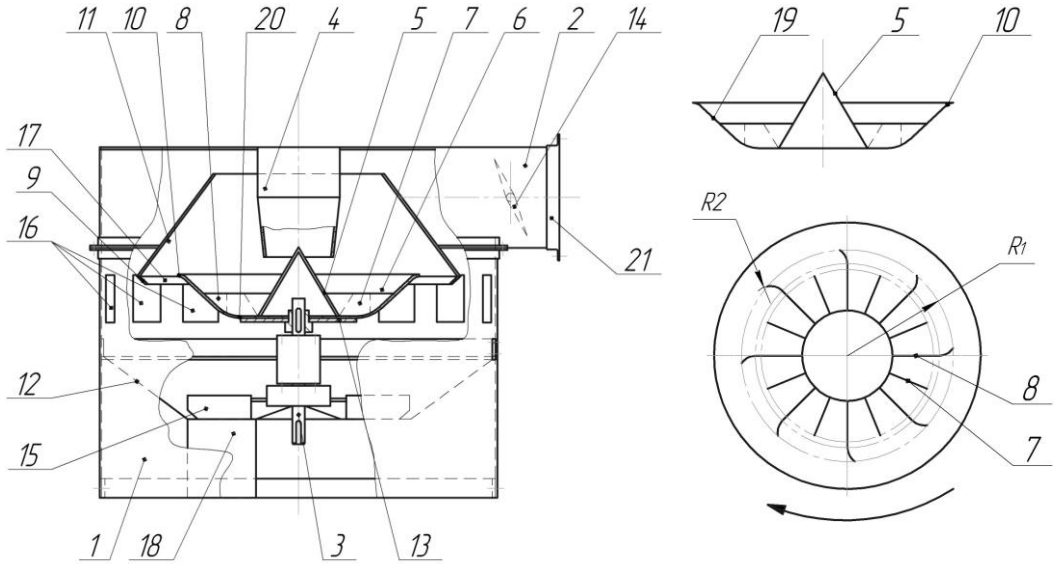


Рисунок 5.9 - Центробежно-воздушный сепаратор

1- цилиндрический корпус; 2- выпускной патрубок; 3- привод; 4- загрузочная горловина; 5- направляющий конус; 6- разбрасыватель; 7 – короткие разгонные лопатки; 8- длинные разгонные лопатки; 9- обратный конус; 10- плавно отогнутая наружу кромка конической части разбрасывателя; 11- конический отражатель; 12- вспомогательный конус; 13- несущий диск со ступицей; 14- заслонка; 15 - скребки; 16 - всасывающие окна; 17- кольцевой пневмосепарирующий канал; 18- патрубок; 19- боковина чаши разбрасывателя; 20- днище чаши разбрасывателя; 21- фланец.

На рисунке 5.10 представлена классификация основных способов применения центробежно-воздушного сепаратора [48].

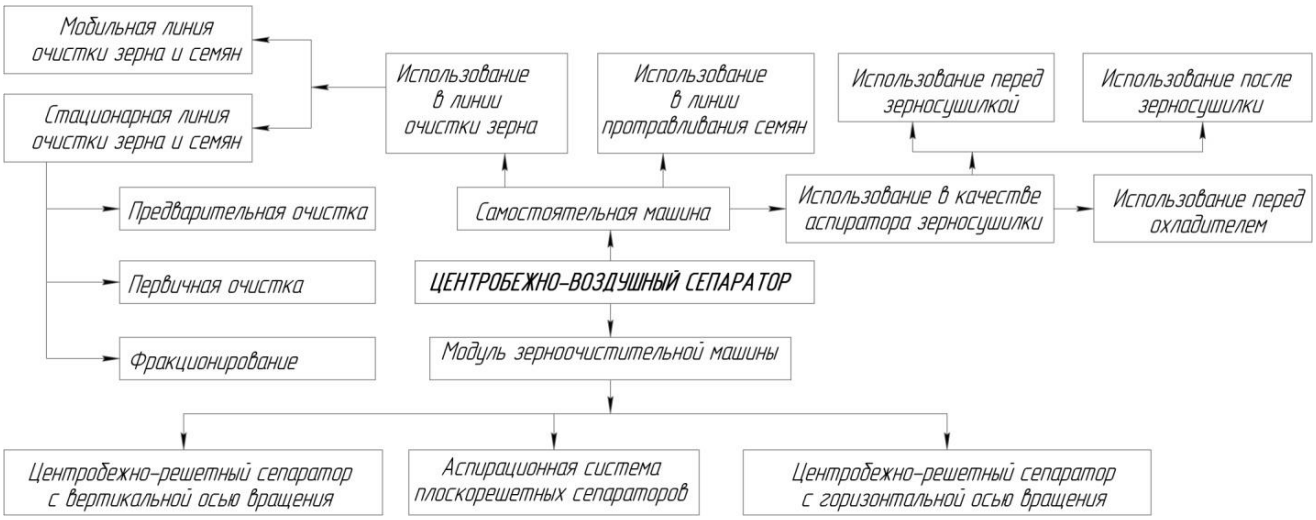


Рисунок 5.10 - Классификация способов применения центробежно-воздушного сепаратора

Центробежно-воздушный сепаратор (см. рисунок 5.11) состоит из отдельных составных частей, неизменными составными частями сепаратора являются:

центробежно-воздушного сепаратор с кольцевым пневмосепарирующим каналом, осадочная камера. Переменными составными частями в зависимости от длины аспирационной сети (удаленность циклона от места установки сепаратора) от требований установки сепаратора в конкретное помещение по высоте: вентилятор, циклон. В зависимости от заданной производительности сепаратора может использоваться различный загрузочный патрубок. Устройство центробежно-воздушного сепаратора представлено на рисунке 5.12, 3d-модель на рисунке 5.13 и габаритный чертеж на рисунке 5.14.

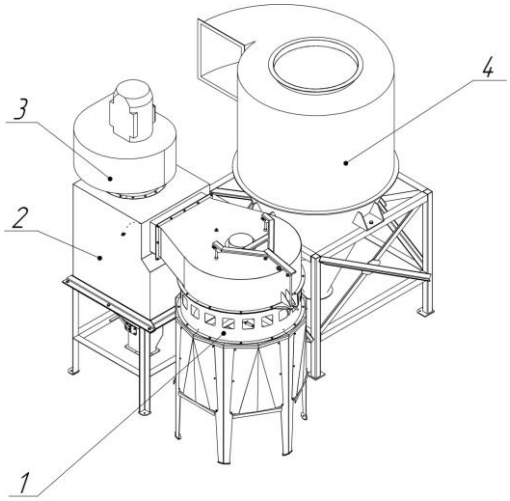


Рисунок 5.11 – Общий вид центробежно-воздушного сепаратора

1- центробежно-воздушного сепаратор с кольцевым пневмосепарирующим каналом; 2- осадочная камера; 3- вентилятор; 4- циклон

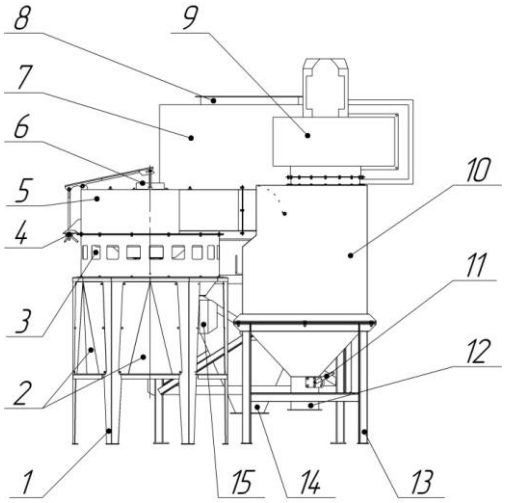


Рисунок 5.12 – Устройство центробежно-воздушного сепаратора

1- рама центробежно-воздушного сепаратора; 2- съемные кожухи; 3- всасывающие окна; 4- механизм тонкой регулировки скорости воздушного потока; 5- кольцевой пневмосепарирующий канал; 6- загрузочный патрубок; 7- циклон; 8-

выходной патрубок циклона; 9- вентилятор; 10- осадочная камера; 11- механизм грубой регулировки скорости воздушного потока; 12- патрубок вывода легких примесей; 13- рама осадочной камеры; 14- патрубок вывода пылевидных примесей из циклона; 15- привод разбрасывающей тарелки

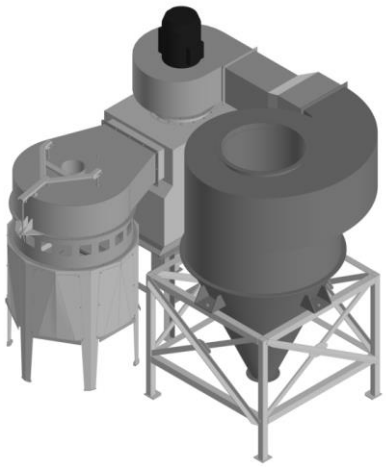


Рисунок 5.13 – 3d-модель центробежно-воздушного сепаратора ЦВС-50

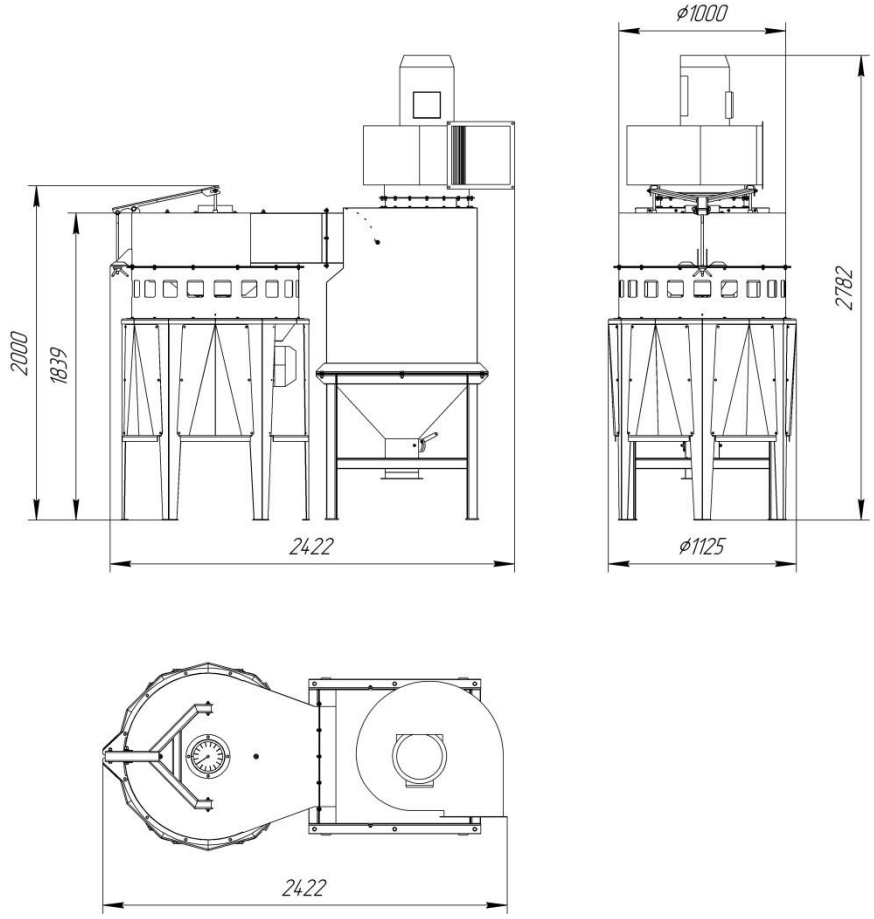


Рисунок 5.14 - Габаритный чертеж центробежно-воздушного сепаратора (без циклона)

Сепаратор состоит из загрузочного патрубка 1 (см. рисунок 5.15), цилиндрического корпуса с воздухозаборными окнами 4, осадочной камеры 8 с

механизмом грубой регулировки скорости воздушного потока 9 и патрубок выгрузки очищенного зерна и привода 3. Внутри цилиндрического корпуса установлен кольцевой пневмосепарирующий канал 2 с разбрасывающей тарелкой 3. Кольцевой пневмосепарирующий канал включает конический отражатель, имеющий в нижней его части обратный конус, а в верхней части - цилиндр.

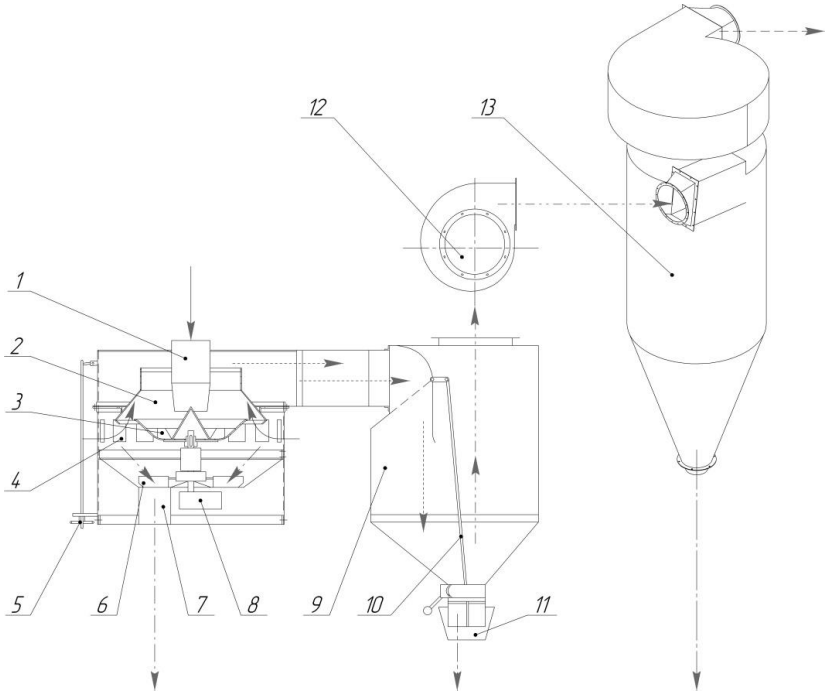


Рисунок 5.15 – Технологическая схема центробежно-воздушного сепаратора

1- загрузочный патрубок; 2- кольцевой пневмосепарирующий канал; 3- разбрасывающая тарелка; 4- воздухозаборные окна; 5- механизм тонкой регулировки скорости воздушного потока; 6- механизм выгрузки очищенного зерна; 7- патрубок выгрузки очищенного зерна; 8- привод; 9- осадочная камера; 10- механизм грубой регулировки скорости воздушного потока; 11- патрубок вывода легких примесей; 12- вентилятор; 13- циклон.

Осадочная камера 9 соединяется с отдельно установленным вентилятором с помощью патрубка. Привод разбрасывающей тарелки 3 и скребков механизма выгрузки очищенного зерна 6 осуществляется от одного вала. Разбрасывающая тарелка 3 состоит из разбрасывающего конуса коротких лопаток 7 и длинных лопаток равномерно и поочередно установленных по периметру основания, имеющего форму диска и несущего диска со ступицей, с помощью которой разбрасыватель жестко закреплен на валу привода.

Рабочий процесс сепаратора протекает следующим образом. Исходный зерновой материал поступает в загрузочный патрубок 1, имеющий в нижней его части конусное сужение, обеспечивающее равномерную с определенной скоростью подачу на разбрасывающую тарелку 3. Направляющим конусом и диском с закрепленными на нем лопатками, зерновой материал поступает на поверхность разбрасывающего конуса. Короткие и длинные лопатки сообщают зерновому материалу угловую скорость, равную угловой скорости разбрасывающей тарелки 3. Равномерность движения «зерновой струи» с требуемой скоростью, сходящей с разбрасывающей тарелки 3 и поступающей в пневмосепарирующий канал 2, обеспечивается за счет конструкции лопаток. В кольцевом канале 2 выделяются легкие примеси, которые по патрубку поступают в осадочную камеру 9.

Таблица 5.1 - Техническая характеристика центробежно-воздушного сепаратора

№ п-п	Наименование параметров	Ед.изм.	Значение
1.	Производительность*, не менее - предварительная очистка - первичная очистка - вторичная очистка	т/ч	 50 25 15
2.	Диаметр загрузочного патрубка	мм	200
3.	Эффективность очистки зерна пшеницы от отделимой легкой примеси	%	80
4.	Расход воздуха	$м^3$ /ч	1050
5.	Частота вращения разбрасывающей тарелки	об/мин	120
6.	Потребляемая мощность, не более (без учета вентилятора)	кВт	2,2
7.	Вентилятор ВР-280-46-5		
7.1	- установленная мощность электродвигателя	кВт	5,5
7.2	- частота вращения	об/мин	1000
8.	Электрическое питание	В/Гц	380/50
9.	Габаритные размеры длина ширина высота	мм	 2422 1125 2782
10.	Масса не более (без вентилятора)	кг	220

* Значение производительности указано для пшеницы с насыпной плотностью 0,75 т/$м^3$, влажностью до 14%, засоренностью до 10%.

Эффективность выделения легких примесей достигается за счет определенной скорости ввода зернового материала в пневмосепарирующий канал,

конического отражателя и обратного конуса, обеспечивающих двойное воздействие воздушного потока на сепарируемый материал в рабочей зоне. В результате действия этих факторов удается извлечь больше легких примесей.

После пневмосепарации очищенный от легких примесей зерновой материал поступает на вспомогательный конус и скребками по патрубку выгрузки очищенного зерна 7 выводится из сепаратора.

Легкие примеси поступают в осадочную камеру 9, внутри которой установлены заслонка с механизмом грубой регулировки скорости воздушного потока 11 и выпускной клапан.

5.2.3 Экспериментальная установка центробежно-решетного сепаратора ВЦР-50

Центробежно-решетные сепараторы с цилиндрической рабочей поверхностью без применения вибрации находят все большее применение для очистки зерна. Это подтверждается отечественным и зарубежным опытом. Разработанный центробежно-решетный сепаратор представляет собой законченную техническую систему, сочетающую центробежно-воздушное и центробежно-решетное сепарирование в блочной компоновке. Соответствующий подбор решет и настройка блоков решетной сепарации позволяют работать сепаратору в режиме ворохоочистителя (или первичной очистки) и режиме триерования на выделении длинных примесей, как овсюгоотборник. В этой связи можно сделать вывод о том, что на основе центробежно-решетного сепарирования создается реальная возможность разработки модульной технологии для очистки зерна продовольственного назначения.

При реализации фракционной технологии центробежно-решетный сепаратор в сочетании с пневмосепарирующим каналом может работать в качестве сепаратора фракционера. Это существенно расширяет технологические возможности центробежно-решетного сепарирования.

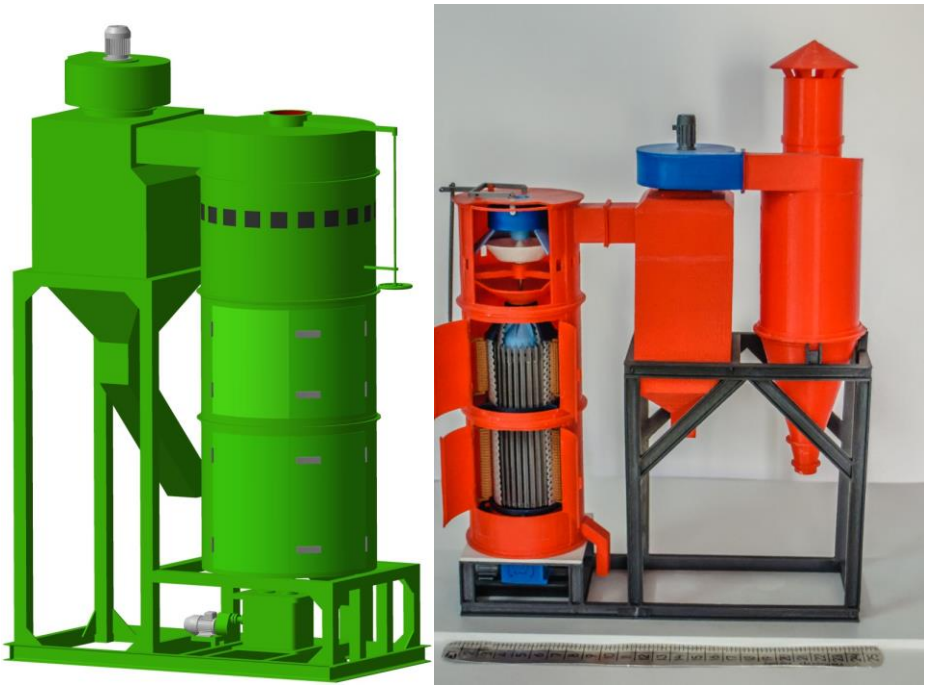


Рисунок 5.16 - 3d- модель центробежно-решетного сепаратора ВЦР-50

При использовании модульной технологии на основе центробежно-решетного сепарирования можно выделить ее основные достоинства:

- повышение производительности технологической линии;

- на всех технологических операциях (кроме сушки) можно осуществить стыковку машин по производительности;

- реализация фракционных технологий очистки зерна;

- компактное размещение машин в технологии является основным фактором при разработке мобильных технологий.

Для исследования параметров центробежно-решетного ворохоочистителя и подтверждения теоретических расчетов в соответствии с патентами РФ №2300426, 2385775, 2675607, 2753865 был разработан экспериментальный образец. На рисунке 5.16 представлена 3d- модель центробежно-решетного сепаратора ВЦР-50, в таблице 5.2 техническая характеристика

Таблица 5.2 - Техническая характеристика центробежно-решетного сепаратора ВЦР-50

№ п-п	Наименование параметров	Ед.изм.	Значение
1.	Производительность*, не менее - предварительная очистка	т/ч	 50
2	Эффективность очистки зерна пшеницы от отделимой сорной примеси при номинальной производительности, не менее, %	%	70
3	Расход воздуха при напоре 120 мм в.ст.	$м^3/ч$	5760
4	Номинальная мощность установленных электродвигателей	кВт	6
4.1	Установленная мощность электродвигателя решетного блока	кВт	3
4.2	Установленная мощность электродвигателя вентилятора	кВт	3
5	Количество решетных блоков	шт.	2
6	Номинальная частота вращения решета	об/мин	108
7	Номинальный внутренний диаметр решет	мм	600
8	Номинальная площадь решет в зерноочистительном блоке	$м^2$	2,25
9	Электрическое питание	В/Гц	380/50
10	Габаритные размеры длина ширина высота	мм	 2415 1050 3710
11	Масса (без сменных решет) с учетом осадочной камеры	кг	1270

* Значение производительности указано для пшеницы с насыпной плотностью 0,75 $т/м^3$, влажностью до 16%, засоренностью до 20%.

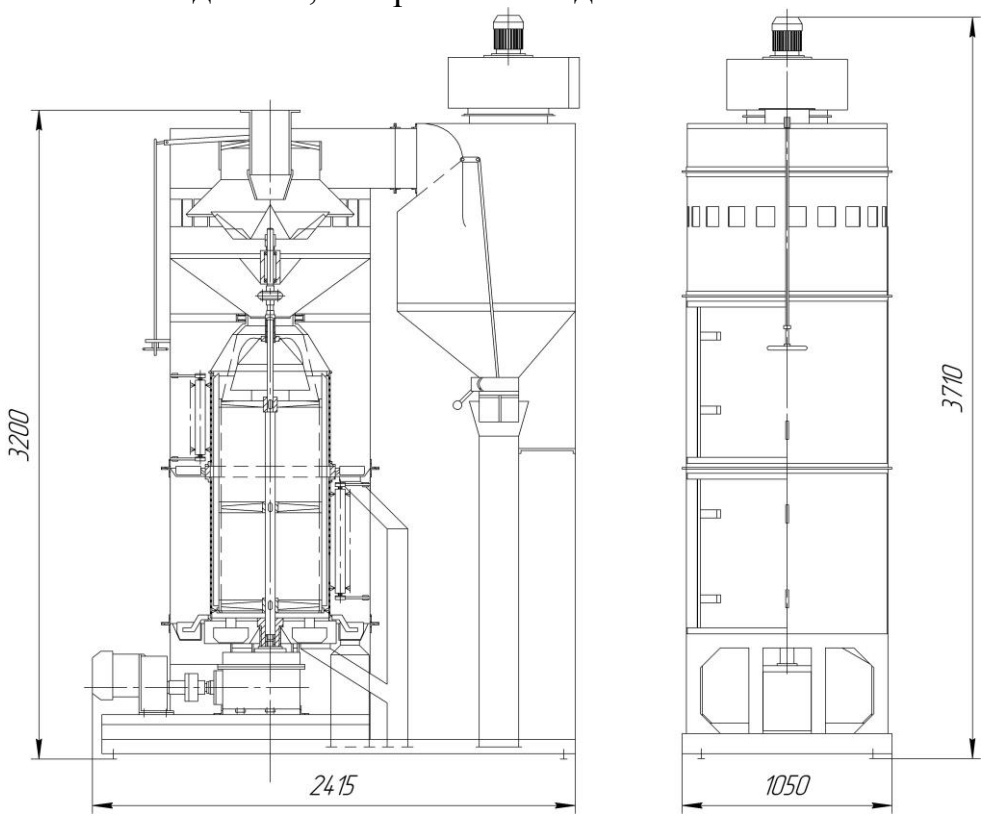


Рисунок 5.17 - Габаритный чертеж центробежно-решетного сепаратора ВЦР-50

5.2.4 Экспериментальная установка мобильного семяочистительного агрегата

Предлагаемая мобильная технология послеуборочной обработки зерна и семян может быть реализована в семеноводческих хозяйствах. Поэтому разработка и внедрение современного мобильного агрегата послеуборочной обработки зерна и семян представляет наибольший практический интерес. Агрегат имеет новые конструктивные и технологические решения. Машины и транспортно-технологическое оборудование размещены на автомобильном прицепе с соблюдением норм эксплуатации и трансформации из транспортного в рабочее положение, а также возможности перенастройки машин агрегата на различные варианты технологических схем (рисунок 5.18).

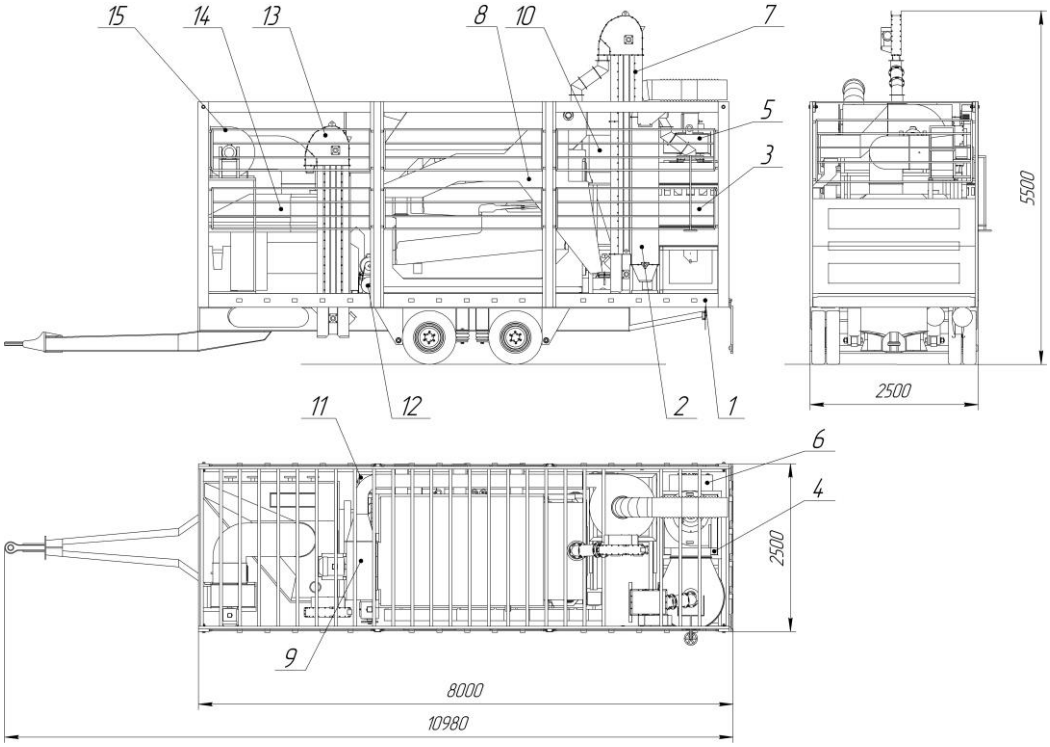


Рисунок 5.18 - Габаритный чертеж мобильного семяочистительного агрегата (в рабочем положении)

1- прицеп; 2- нория загрузочная; 3- центробежно-воздушный сепаратор; 4- осадочная камера; 5- вентилятор; 6- пульт управления; 7- нория промежуточная; 8- машина вторичной очистки зерна МВУ-1500; 9- вентилятор; 10- циклон; 11- шнек фуражных отходов; 12- промежуточный шнек; 13- заключительная нория; 14- пневмосортировальный стол МОС-9Н; 15- вентилятор.

Решена задача перевода промежуточной нории в транспортное положение для обеспечения необходимых габаритов при переезде в другое хозяйство. Созданы условия для смены решет на машине вторичной очистки МВУ-1500, за счет циклона машины, выполненного подвижным.

Усовершенствована аспирационная система машины вторичной очистки путем соединения вентилятора посредством патрубка в верхней части боковой стенки канала второй аспирации, при этом клапан устроен в рабочей зоне второго аспирационного канала и третьей осадочной камере. В компоновке агрегата имеются и новые технологические решения при очистке семян технических культур (например, подсолнечника). Здесь выход фракции семян с третьей осадочной камеры машины вторичной очистки соединен с выходом легкой фракции пневмосортировального стола.

5.2.5 Экспериментальная установка мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования

В последнее время производители зерноочистительной техники выпускают не просто новые машины, а технологии в виде зерноочистительных агрегатов. Такие технологии построены по блочно-модульному принципу и обладают высоким коэффициентом готовности. Предлагаемая технология послеуборочной обработки зерна и семян может быть применена в семеноводческом хозяйстве или в одном из хозяйств агрохолдинга (Приложение Б.37).

В основе технологии очистки мобильного зерно-семяочистительного агрегата, построенной на базе прицепа СЗАП-83053, лежит сложная комбинированная машина 5XFZ-40ZA фирмы «Julite» (Китай). Использование грузового прицепа и размещение на нем сложной комбинированной машины позволяет снизить стоимость агрегата. Однако, необходимо учитывать возможное беспрепятственные переезды по дорогам общего пользования. С учетом указанных условий, данную технологию можно рекомендовать для внутрихозяйственного использования. Решая внутрихозяйственные задачи, эта технология может быть

востребована как для небольших хозяйств, так и для крупных агрохолдингов. Следовательно, использование мобильного зерно-семяочистительного агрегата при его транспортировке как негабаритное транспортное средство возможно для работы внутри хозяйства и внутри крупного агрохолдинга.

На рисунке 5.19 представлен габаритный чертеж мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования в рабочем положении, на рисунке 5.20 в транспортном положении.

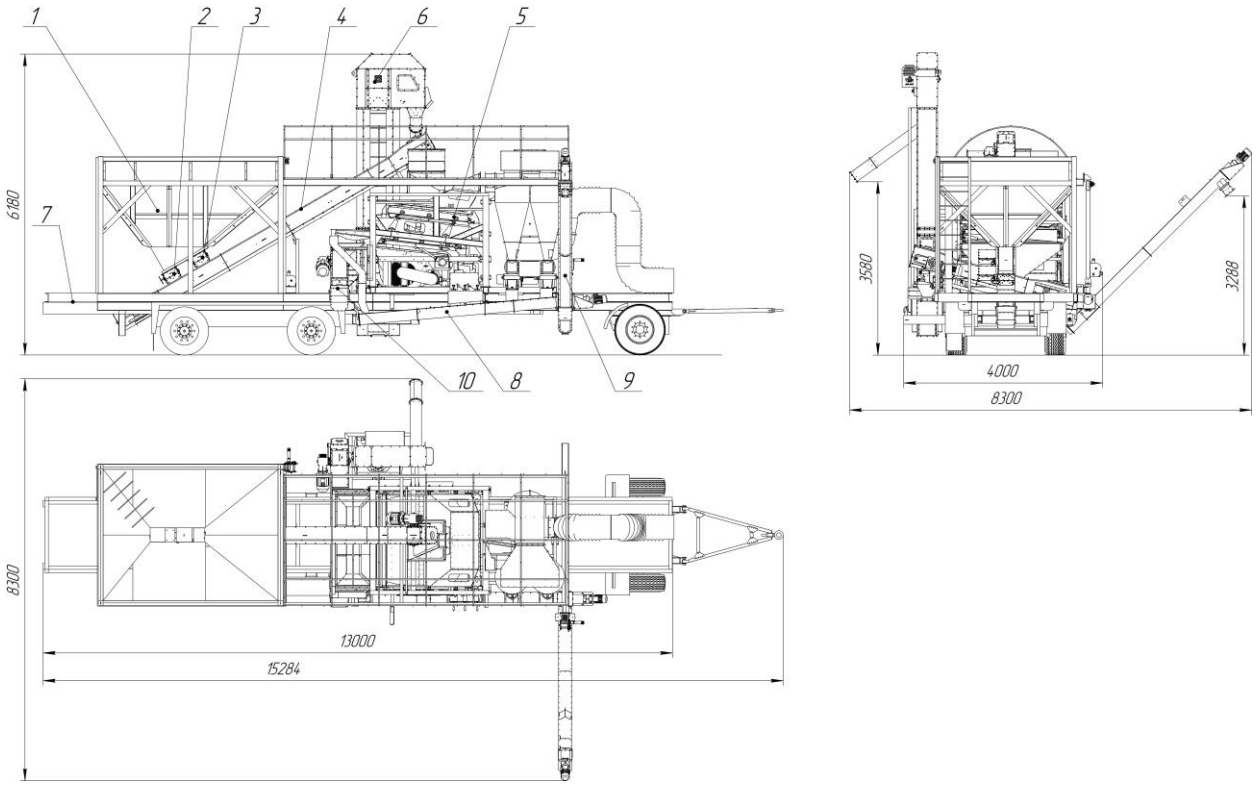


Рисунок 5.19 - Габаритный чертеж мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования

(в рабочем положении)

1- загрузочный бункер; 2.3- задвижка реечная ручная; 4- конвейер скребковый; 5- машина 5XFZ-40ZA; 6- нория тихоходная чистого зерна НТ-30; 7- прицеп: 8- шнек отходов продольный; 9- шнек отходов отгрузочный; 10- конвейер скребковый поперечный.

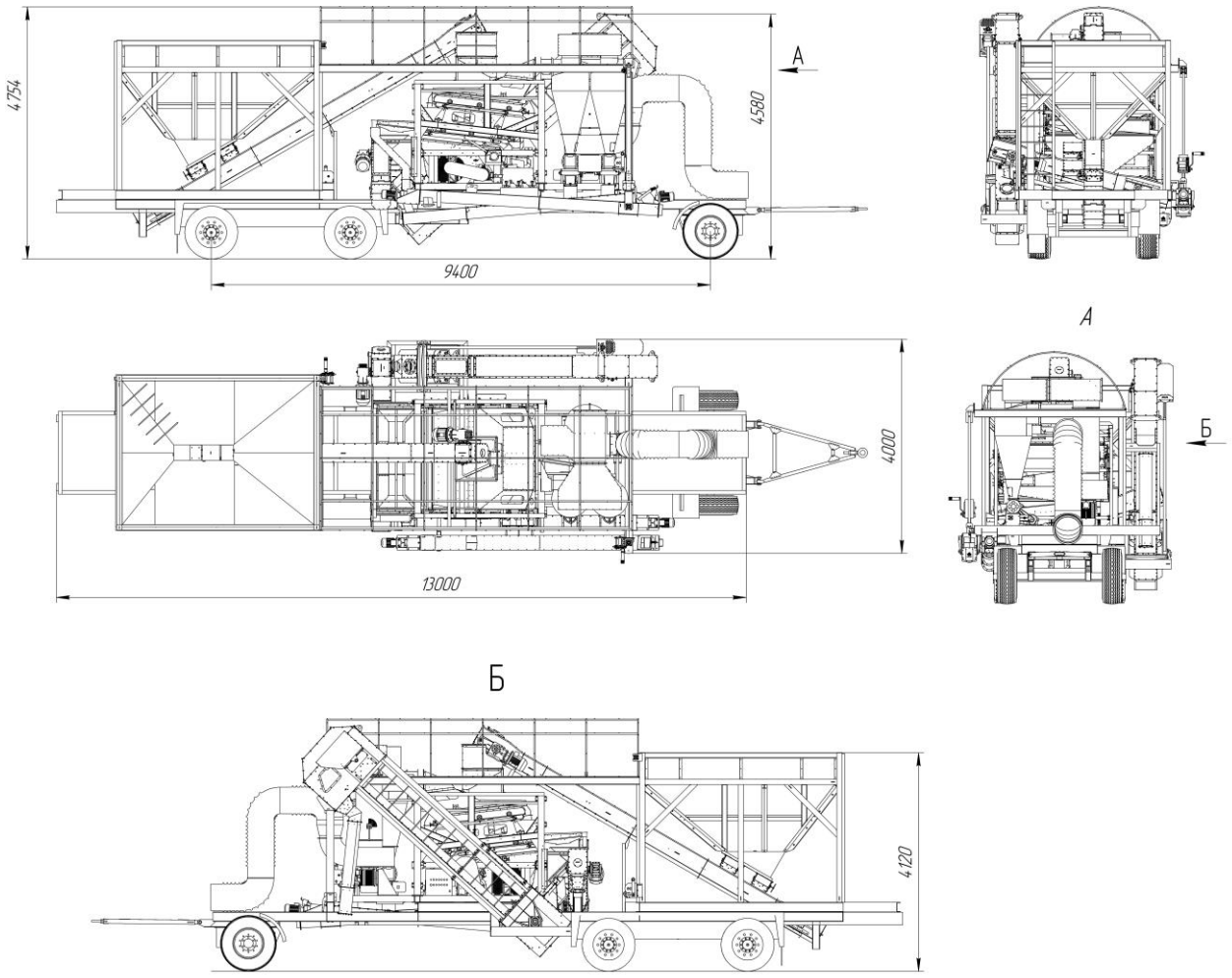


Рисунок 5.20 - Габаритный чертеж мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования (в транспортном положении)

5.2.6 Экспериментальная установка мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (1 вариант)

В ведущих зернопроизводящих странах Европы в последнее время активно применяют монтируемые агрегаты (контейнерные технологии). В России же контейнерные технологии не применяются.

Экспериментальная установка мобильного монтируемого семяочистительного агрегата была реализована по двум вариантам (рисунок 5.21 и 5.22). Несущей основой агрегата является грузовой автомобиль ГАЗон «Next». Установленный на его раме пневмосортировальный стол 5XZ-8Y является

машиной окончательной очистки. Это означает, что мобильный монтируемый агрегат работает в режиме сортирования. На площадке автомобиля размещается и технологическое оборудование в транспортном положении (рисунок 5.22). Поэтому возможен переезд мобильного агрегата внутри хозяйства (между отделениями) и на длинные расстояния (Приложение Б.35).

В рабочем положении загрузочный бункер снимается с площадки автомобиля и устанавливается на место согласно выбранного варианта работы, а также транспортное оборудование. Установка используется для сортирования небольших партий семян. Полученные фракции после сортирования направляются в биг-бэги. Выбор размещения оборудования в рабочем положении по I или II варианту зависит от технических возможностей каждого конкретного хозяйства.

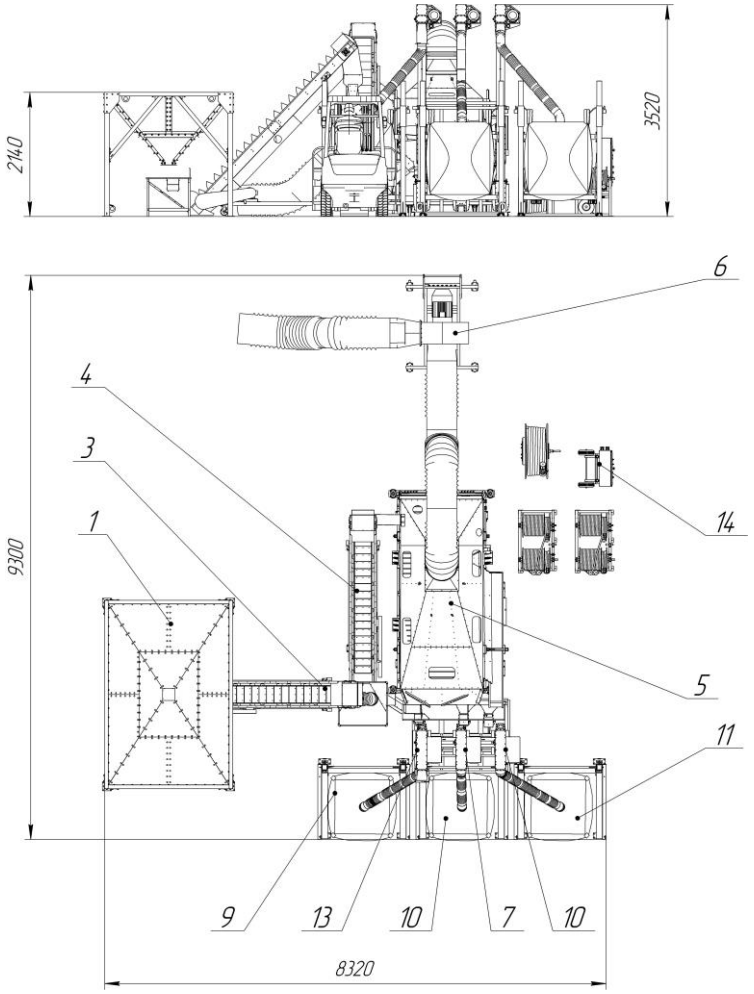


Рисунок 5.21 - Габаритный чертеж экспериментальной установки мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (в рабочем положении)

1- бункер загрузочный; 2- задвижка; 3,4- наклонная нория; 5- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 6,7,8- тихоходная нория НТ.10; 9- грузовой автомобиль ГАЗон «Next»; 10,11,12- держатели биг-бэгов.

5.2.7 Экспериментальная установка мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (2 вариант)

На рисунке 5.23 представлен габаритный чертеж экспериментальной установки мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (вариант два) в рабочем положении. Бункер загрузочный (1) и держатели биг-бэгов (5,6,7) располагаются на уровне пола.

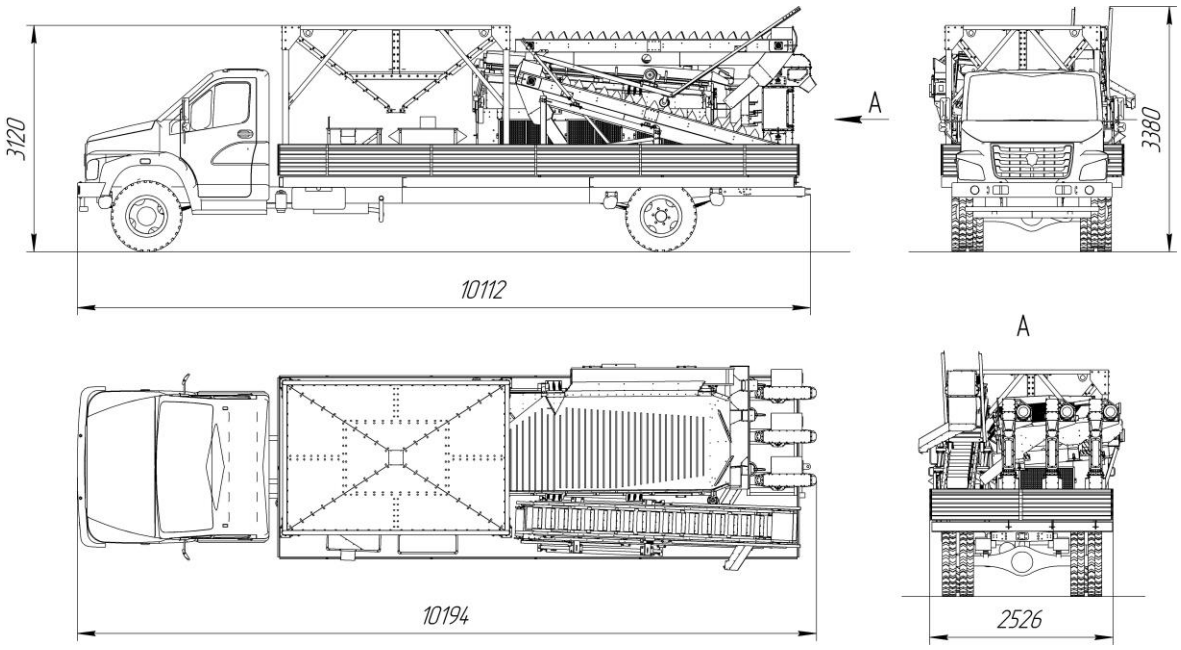


Рисунок 5.22 - Габаритный чертеж экспериментальной установки мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (вариант два) - транспортное положение

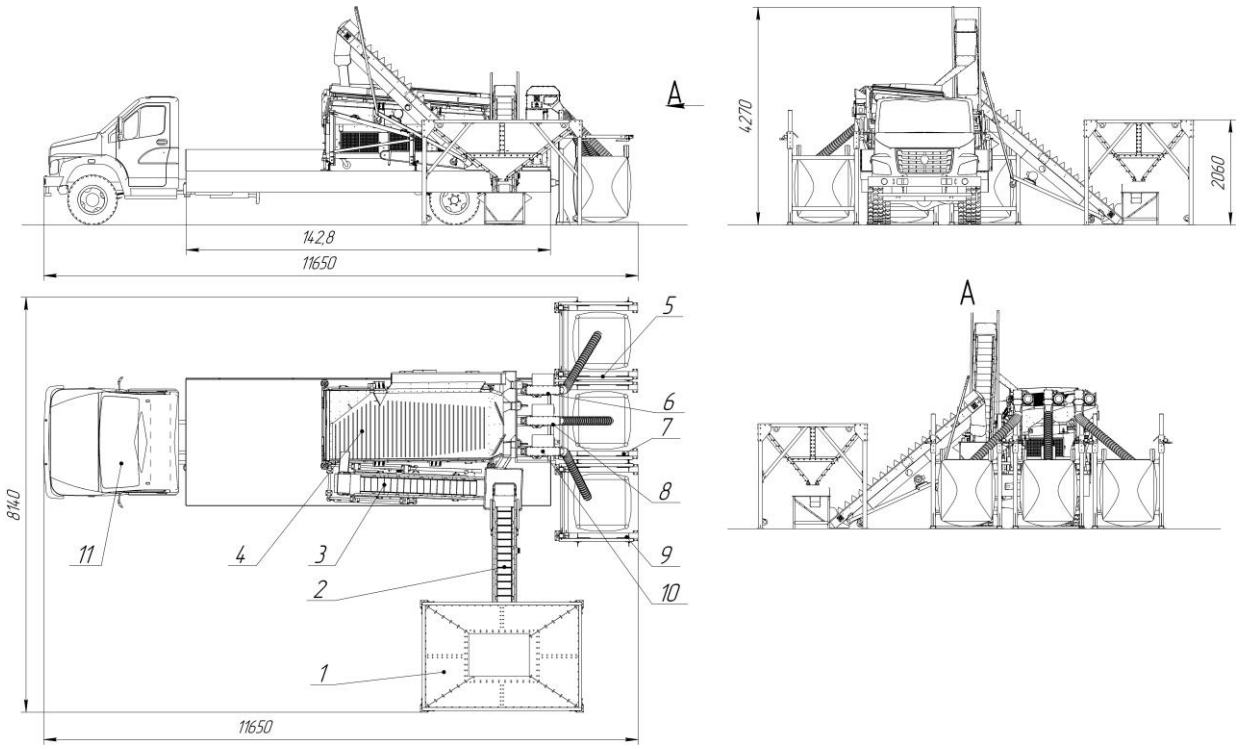


Рисунок 5.23 - Габаритный чертеж экспериментальной установки мобильного монтируемого семяочистительного агрегата (вариант два) - рабочее положение

1- бункер загрузочный; 2,3- наклонная нория; 4- пневмосортировальный стол 5ZX-8Y; 5,7,9- держатели биг-бэгов; 6,8,10- тихоходная нория НТ.10; 11- грузовой автомобиль ГАЗон «Next».

5.3 Приборы и оборудование, применяемые при проведении экспериментальных исследований

Для проведения экспериментальных исследований и испытаний, разработанных установок и машин, использовались стандартные приборы и оборудование, приведенные таблице 5.3, а также собственного изготовления.

Для замера параметров воздушного потока в нагнетательной трубе аэродинамических установок, проточной части экспериментальных установок и машин использовали трубки Пито-Прандтля, датчики статического давления и микроманометр ММН. Относительную влажность воздуха регистрировали гигрометром МВК, температуру воздуха - ртутным термометром, а атмосферное давление - барометром БАММ. Частоту вращения приводных валов в экспериментальных установках и машинах измеряли тахометром ЦАТ-2М,

позволяющего измерять частоту в пределах от 10 до 10000 об/мин., параметры электрической сети - комплектом электроизмерительных приборов К-505. Измерение продолжительности проведения опытов осуществляли секундомером.

Для отбора проб исследуемого зернового материала использовали пробоотборники, мешки и этикетки. Взвешивание проб, а также определение массы 1000 зерен осуществлялось на лабораторных электронных весах MW-300T с точностью измерения 0,01 г. Для определения влажности зернового материала использовался прибор - экспресс-анализатор спектрофотомер диффузорного отражения инфракрасный “Спектран ИТ”, принцип работы которого основан на корреляции между ИК-спектром диффузного отражения и содержанием анализируемого компонента. Объемный вес зернового материала определялся при помощи литровой пурки ПХ-I.

Угол внутреннего трения определялся по углу естественного откоса, который формировался способом осыпания [125]. Угол внешнего трения зернового материала по оцинкованному железу определялся прибором Желиговского В.А., а угол трения по решету определяли согласно методике предложенной Ворошиловым А.И. [42].

Определение аэродинамических характеристик компонентов используемого зернового материала проводили на пневмоклассификаторе К-293 фирмы «Petkus» (Германия). Для качественного анализа проб использовали набор лабораторных решет, разборные доски, пинцеты, шпатели и щетки.

В таблице 5.3 представлен перечень приборов и оборудования для исследований экспериментальных установок и машин.

Таблица 5 . 3 - Перечень приборов и оборудования для исследований экспериментальных установок и машин

№ п/п	Наименование	Марка	Класс точности	Назначение
1	2	3	4	5
1	Микроманометр, трубка Пито-Прандтля	ММН-240(5)-1,0	Кл. 1,5	Регистрация полного, статического и динамического давлений воздуха
2	Экспресс-анализатор спектрофотомер диффузорного отражения инфракрасный	Спектран ИТ	1400...2400 нм	Предназначен для экспресс-анализа состава и качества зерновых, масличных культур и продуктов их переработки
3	Термометр	ТМ-100		Измерение температуры воздуха
4	Секундомер	4295 В	±0,4	Определение времени опытов
5	Пневмоклассификатор	К-293	-	Определение аэродинамических свойств компонентов исходного зернового материала и разбор проб при анализе засоренности
6	Измерительный комплект	К-505	Кл. 2,5	Измерение силы тока, напряжения, активной и реактивной мощности
7	Тахометр	ТЧ-10-Р	Кл. 1,0	Измерение частоты вращения приводных валов установок
8	Весы лабораторные	MW-300Т	Кл. 2,0	Определение массы полученных фракций и их компонентов
9	Литровая пурка	ПХ-I	± 4,0 г	Измерения насыпной плотности зерна пшеницы, ржи, ячменя и овса в одном литре
10	Весы платформенные	РП-150 РЗ	± 0,05 кг	Тарировка расходомеров зерна, взвешивание навесок исходного материала и полученных фракций
11	Комплект сит для зерновых и бобовых культур по ГОСТ 30483-97	-	-	Разбор проб полученных фракций
12	Пробоотборники, мешки и этикетки	-	-	Отбор проб исследуемого материала
13	Разборная доска, пинцет, шпатель и щетка	-	-	Разбор проб для качественного анализа зернового материала

5.4 Методика проведения экспериментальных исследований и обработки опытных данных

5.4.1 Исследование шага и угла расстановки пластин барабана

Для определения условий, при которых происходит ориентация зерна, было изготовлено простейшее приспособление (рисунок 3.26а,б), которое состоит из коробки с вертикальными прозрачными стенками. В нижней части коробки на некотором расстоянии от ее основания установлены пластины с регулируемым шагом. Приспособление позволяло изменить угол наклона пластин к вертикали и расстояние от нижних кромок пластин до основания коробки [79].

При проведении опытов коробка ставилась на решето, заполнялось зерновой смесью и перемещалось по решету с постоянной скоростью, равной примерно 0,1м/сек. При перемещении коробки наблюдался процесс ориентации зерна между нижними кромками и решетом.

До начала движения коробки по решету семена в нижней части слоя расположены беспорядочно.

При движении коробки по решету в нижней части общего слоя зерновой смеси образуется активный слой, толщина которого равна расстоянию от поверхности решета до нижних кромок пластин. Семена пшеницы в активном слое ориентируются, стремясь установиться параллельно поверхности решета.

Между нижним обрезом задней стенки коробки и решетом имеется зазор, достаточный для прохода одного элементарного слоя зерен.

5.4.2 Методика увлажнения и определение влажности

Зерно увлажнялось в течении двух суток в тёмном прохладном месте. Перемешивание зерна проводилось через 3 часа [43, 79].

Количество воды, требуемое для необходимой влажности зерна определялось по формуле:

$$M = G_2 \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1}, \quad (5.1)$$

где G_2 - вес исходного зерна, г;

W_1 - требуемая влажность зерна, %;

W_2 - влажность исходного зерна, %.

После проведенного опыта зерно увлажнялось до требуемой влажности.

5.4.3 Характеристика зернового материала

Для исследований использовалась пшеница сорта Алтайская 325 урожая 2002 года, обмолоченная на лабораторной установке. Для удаления легких примесей зерно обрабатывалось на лабораторном пневмоклассификаторе, крупные примеси были удалены с помощью лабораторных решет.

Характеристики зернового материала определяли в соответствии с методиками [37,38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45].

Нами было установлено из литературных источников и собственных расчетов [121], что максимальный размер пор при сепарации пшеницы равен 2,5 мм, поэтому было решено основные эксперименты провести в максимально сложных условиях при выделении сурепки с эффективным диаметром 2,5 мм.

В качестве засорителя зерна использовались сурепка и щирица (проход решета d=2,5 мм сход d=2,0 мм). Засоренность исходной зерновой смеси изменялось от 2 до 8 % по весу.

При влажности 14 %: объемная масса зерна составляла 750 г/л, масса 1000 зерен- 35,5 г, угол естественного откоса- 35^0, угол трения зерна по оцинкованному железу- $18^0 26^{\prime}$.

Влажность зерна сохранялась постоянной весь период проведения экспериментов, а требуемое значение влажности обеспечивалось за счет искусственного увлажнения. При этом равномерность распределения влаги по всему зерновому материалу достигалась выдерживанием в течении 48 часов, перемешивание материала производилось каждые 12 часов.

5.4.4 Методика проведения опытов центробежно-решетного сепаратора

Порядок проведения экспериментальных исследований в каждом случае оставался одним и тем же и заключался в следующем [79]:

1. На экспериментальной установке устанавливались заданное значение исследуемого и фиксированные значения остальных параметров.
2. Подготавливалась исходная зерновая смесь массой 50 кг.
3. Под откидные лотки ставились емкости (по две на каждый из двух лотков).
4. Включалась установка и открывалась на необходимую величину шиберная заслонка для обеспечения заданной подачи материала, происходил процесс сепарации (рисунок 5.24).
5. При установившемся режиме, через 5-8 секунд после пуска, производился одновременный поворот откидных лотков и пробоотборника, зерновой материал (сход и проход) поступал в отдельные контрольные емкости. При повороте лотков замыкалась электрическая цепь, и включался-выключался электронный секундомер.
6. По истечении 6-10 секунд установившегося режима работы сепаратора, чему соответствует время сепарации 50% подготовленной смеси, лотки ставились в первоначальное положение, при этом размыкалась электрическая цепь в электронном секундомере. Закрывалась заслонка бункера, и выключался привод установки.
7. Производилось взвешивание материала из каждой контрольной емкости.
8. Проходовая фракция подвергалась сепарации на плоском решете с отверстиями диаметром 2,5 мм для определения потерь зерна в отходы.
9. Все полученные данные опытов заносились в журнал наблюдений и производилась обработка результатов.

10 После проведения опыта зерновая смесь дополнительно очищалась от мелких примесей на плоскорешетной лабораторной установке фирмы «Petkus» с целью создания однородной зерновой смеси для проведения следующего опыта.



Рисунок 5.24 - Рабочий момент

Как показали предварительные эксперименты, отклонения в показаниях отдельных повторностях отличаются не больше, чем на 5%. Это позволило ограничиться 3-кратной повторностью.

После 3-кратной повторности и записи полученных результатов в журнал производилось изменение регулируемого параметра, и опыты продолжались.

Теоретические исследования, априорное ранжирование факторов, а также предварительные однофакторные эксперименты позволили выделить факторы, влияющие на эффективность сепарирования ε:

$$\varepsilon = f\,(\mathrm{C_0}, d_\mathrm{P}, Q,\ \beta_1, S, \omega_\mathrm{p}, h_\mathrm{A}, \alpha, W)\,, \qquad (5.2)$$

где C_0- исходная засоренность зерновой смеси;

d_P- диаметр отверстий решета;

Q- подача зерновой смеси;

β_1- угол наклона пластин барабана;

S- шаг расстановки пластин барабана;

ω_P- угловая скорость решета;

h_A- толщина активного слоя;

α- угол наклона транспортирующей спирали;

W- влажность исходного зернового материала.

Результаты однофакторных экспериментов позволили выбрать уровни и интервалы варьирования факторов при планировании экспериментов. Для выявления факторов, оказывающих существенное влияние на процесс сепарации, проводился отсеивающий эксперимент по плану Плакетта-Бермана (Приложение Г.1). При этом предполагалось, что наибольшее значение имеют линейные эффекты. План содержит 12 опытов, при этом для получения одиннадцати факторов согласно методике к выделенным нами факторам добавились два фиктивных.

Для оценки технологического эффекта сепарирования разработано и используется достаточно большое число методов [44, 87, 125, 132]. Подробный анализ преимуществ и недостатков большинства методов приведен в работах [107, 133].

Поскольку оптимизация процессов сепарации относится к числу компромиссных задач, то в качестве критериев оптимизации (откликов) приняты два критерия [91]:

Эффективность сепарации определялась по формуле:

$$\varepsilon = \frac{P_1 a_{вых}^{м}}{P_0 a_{исх}^{м}} 100\%, \qquad (5.3)$$

где P_1- масса проходовой фракции;

$a_{вых}^{м}$- содержание мелких примесей в проходовой фракции;

P_0- масса исходного материала;

$a_{исх}^{м}$- содержание мелких примесей в исходном материале.

Потери зерна в отходы:

$$П = \frac{P_1 a_{вых}^{кр}}{P_0 a_0^{кр}} 100\%, \qquad (5.4)$$

где $a_{вых}^{кр}$- содержание крупной фракции в проходовой фракции;

$a_0^{кр}$- содержание крупной фракции в исходном материале.

Уровни варьирования факторов экспериментов приведены в таблице 5.4.

Обработка результатов отсеивающего эксперимента и выбор существенных факторов проводились по методике [138].

1. Определяем сумму значений $\tilde{y}_i x_i^j$ по каждому x_i.

2. Проверяем эффекты отдельных факторов:

$$B_i = \frac{\sum_{j=1}^{N} \tilde{y}_j x_i^j}{N/2} = \frac{\sum_{j=1}^{12} \tilde{y}_j x_i^j}{12/2}. \quad (5.5)$$

3. Определяем значения a_i:

$$a_i = \frac{B_i}{2}. \quad (5.6)$$

4. Определяем число степеней свободы:

$$\phi = 4k - l - 1. \quad (5.7)$$

5. Проверяем значимость факторов. В нашем случае фиктивные факторы x_{10} и x_{11}. Остаточная дисперсия факторов вычислялась по формуле:

$$S_i^2 = 4k(\hat{a}_{i+1}^2 + \hat{a}_{i+2}^2 + \ldots \hat{a}_{N+1}^2)/(4k - l - 1), \quad (5.8)$$

где $\hat{a}_{i+1} \ldots . \hat{a}_{N+1}$- коэффициенты фиктивных факторов;

l - число исследуемых факторов;

N - число экспериментов в матрице кратно четырем ($N = 4k; k -$ кратность матрицы).

6. Значимость факторов определяется по t- критерию из условия:

$$|\hat{a}_i| \geq t_{кр} S_i, \quad (5.9)$$

где $t_{кр}$- критическое значение распределения для уровня значимости α и степени свободы ϕ;

S_i- дисперсия коэффициента.

7. Дисперсия оценок параметров $\hat{a}_i$ равна:

$$S_i = \sqrt{\frac{S_i}{4k}}. \quad (5.10)$$

Значимость параметров при выявлении существенных факторов определялась с использованием *t*- критерия, где проверялось условие $|\hat{a}_i| > t_{кр} S_i$. При значимости фактора вычисленное значение *t*- критерия должно быть больше табличного.

После определения степени значимости факторов на критерий оптимизации Е и П и выявления существующих факторов переходим к построению

математической модели процесса сепарации и оптимизации технологических и конструктивно-кинематических параметров. Для описания поверхности отклика уравнением регрессии второго порядка использовались трехуровневые планы второго порядка. Опыты проводились по композиционному, симметричному, трехуровневому плану для четырех факторов № 60 [226] (Приложение Г.2).

Различные исследования процессов сепарации зерна показывают, что процесс сепарации описывается (поверхность отклика) полиномом второго порядка:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{n} b_i x_i + \sum_{i=1}^{n} b_{ii} x_i^2 + \sum_{i=j}^{n} b_{ij} x_i x_j, \qquad (5.11)$$

где b_0- свободный член;

b_i, b_{ii}, b_{ij}- расчетные коэффициенты регрессии;

x_i, x_j- независимые переменные (факторы).

Таблица 5.4 - Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Обозначение	Код	Уровни варьирования		Интервалы варьирования
			нижний (-)	верхний (+)	
Засоренность исходного материала, %	C_0	x_1	2	6	4
Угловая скорость решета, $с^{-1}$	ω_P	x_2	14,32	15,79	1,47
Шаг расстановки пластин барабана, мм	S	x_3	30	45	15
Угол наклона пластин барабана, град	β_1	x_4	0	45	45
Подача зерновой смеси, т/ч	Q	x_5	12,06	14,8	2,74
Угол наклона транспортирующей спирали, град*	α	x_6	0	11	11
Толщина активного слоя, мм	h_A	x_7	10	12	2
Диаметр отверстий решета, мм	d_P	x_8	3,4	3,8	0,4
Влажность исходного материала, %	W	x_9	12	20	8
Фиктивный фактор	-	x_{10}	-	-	-
Фиктивный фактор	-	x_{11}	-	-	-

*Примечание. Углу транспортирующей спирали $\alpha=0^0$ соответствует отсутствие спирали на решете.

Планом предусмотрено провести 24 опыта с варьированием факторов на трех уровнях.

Остальные факторы приняты на следующих уровнях: шаг расстановки пластин S=25,12 мм, подача зерновой смеси Q=12,06 т/ч, угол наклона транспортирующей спирали $\alpha=0^0$ (отсутствие спирали на решете), толщина активного слоя h_A=10 мм, диаметр отверстий решета d_P=3,6 мм.

Таблица 5.5 -Значимые факторы и уровни их варьирования

Факторы и их наименование	Обозначение		Интервал варьирования	Значение факторов соответствующим уровням		
	старое	новое		-1	0	+1
C_0- засоренность исходного материала, %;	x_1	x_1	2	2	4	6
$\omega_Б$ - угловая скорость решета, с$^{-1}$;	x_2	x_2	0,74	14,31	15,05	15,79
β_1- угол наклона пластин, град;	x_4	x_3	22,5	0	22,5	45
W- влажность исходного зернового материала, %.	x_9	x_4	4	14	18	22

Кодирование факторов проводилось по формуле:

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\varepsilon_н}, \quad (5.12)$$

где X_i- кодированное значение фактора;

x_i- натуральное значение фактора;

x_{0i}- натуральное значение фактора на нулевом уровне.

$$\varepsilon_н = \frac{(x_i^в - x_i^н)}{2}, \quad (5.13)$$

где $\varepsilon_н$- натуральное значение интервала варьирования фактора;

$x_i^в, x_i^н$- значение фактора в верхнем и нижнем уровнях.

Исходя из описанного согласно плану № 60 [226], строим матрицу плана (см. приложение В).

Обработка результатов экспериментов

Ошибку параллельных опытов определили по критерию Стьюдента. Опыт считался бракованным, если экспериментальное значение критерия больше по модулю табличного значения:

$$\frac{y-\bar{y}_u}{S_u} \geq t, \tag{5.14}$$

где $\bar{y}_u$- среднее значение отклика в u- ой строке матрицы;

y - текущее значение отклика;

S_u- среднеквадратическое отклонение;

t - табличное значение критерия Стьюдента [94].

Проверка однородности (воспроизводимости) экспериментов в параллельных опытах проводилась по критерию Кохрена, т.к. во всех точках матрицы планирования имеется одинаковое число измерений [138]:

$$G = \frac{S^2_{nmax}}{\sum_i^N {S_i}^2_{таб}}, \tag{5.15}$$

где S^2_{max}- максимальная построчная дисперсия;

S_i^2 - дисперсия одного опыта;

$$S_i^2 = \frac{\sum_1^m (y_g-\bar{y})^2}{m-1}, \tag{5.16}$$

где y_g- среднее значение отклика в одной из повторностей;

m - число повторностей в опыте;

Вычисленное по (5.13) значение сравнивается с табличным со степенями свободы [138]:

$$f_1 = m - 1; \tag{5.17}$$

$$f_2 = N \quad , \tag{5.18}$$

где N - число опытов (в нашем случае N =24).

Гипотеза об однородности дисперсий подтверждается, если экспериментальное значения критерия Кохрена не превышает табличного значения [138].

Расчет дисперсии воспроизводимости производился по следующей формуле:

$$S_y^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^m (y_{ig}-y_i)^2}{N(m-1)}, \tag{5.19}$$

где y_{ig} - значение критерия оптимизации в параллельных опытах;

y_i - значение критерия оптимизации в i-ом опыте.

Коэффициенты регрессии b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} вычислялись при помощи прикладной программы Statistica v6.0.437.0 для ПЭВМ.

Определение значимости коэффициентов регрессии проводилось следующим образом:

$$\Delta b > t\sqrt{C}S_y, \tag{5.20}$$

где C- диагональный элемент ковариационно-корреляционной матрицы для коэффициента регрессии;

t- табличное значение t- критерия при числе степеней свободы, с которым определялась S_y^2.

$$\Delta b_0 > t\sqrt{C_0}S_y \quad ; \tag{5.21}$$

$$\Delta b_i > t\sqrt{C_i}S_y \quad ; \tag{5.22}$$

$$\Delta b_{ij} > t\sqrt{C_{ij}}S_y \quad ; \tag{5.23}$$

$$\Delta b_{ii} > t\sqrt{C_{ii}}S_y \quad . \tag{5.24}$$

Для плана №60 и числа варьируемых факторов $n = 4$ значение коэффициентов $\tilde{N}_i$ будут следующими [94]: $C_0 = 0{,}229$; $C_i = 0{,}056$; $C_{ii} = 0{,}396$; $C_{ij} = 0{,}062$.

Адекватность модели второго порядка проверялось с помощью критерия Фишера:

$$F_{расч} = \frac{S_{неад}^2}{S_y^2}, \tag{5.25}$$

где $S_{неад}$- дисперсия неадекватности, равная:

$$S_{неад}^2 = \frac{\sum_1^N (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2}{f_1}, \tag{5.26}$$

где $\bar{y}_u, \hat{y}_u$- значения отклика в u-ом опыте, соответственно рассчитанные по уравнению регрессии и полученные экспериментально.

$f_1 = N - (k+1)$ - число степеней свободы для числителя;

$f_2 = N(m-1)$ - число степеней свободы в знаменателе.

Модель адекватна, если вычисленное значение *F*- критерия меньше табличного, которое выбирается из таблицы [138] согласно полученных значений f_1 и f_2.

5.4.4.1 Определение угла между вектором относительной скорости скольжения зерновой смеси в активном слое и горизонтом

Для определения угла между вектором относительной скорости скольжения зерновой смеси в активном слое и горизонтом нами была использована следующая методика [79].

Использовали частицы, способные оставить след на предварительно закопченной поверхности. Опыт заключался в следующем: выбранное решето покрывалось слоем копоти, после каждой повторности, устанавливались необходимые параметры на установке, затем включалась лабораторная установка и при установившемся режиме частицы вводились непосредственно в загрузочную горловину. Число частиц было принято 10, размер частиц был в два раза меньше чем толщина активного слоя. Часть частиц поступала в пространство между пластинами, а другая часть оказывалась непосредственно на решете. После проведения одной повторности проводилась разборка установки, и замерялись траектории частиц на решете и пластинах.

Данный эксперимент позволил нам определить, что зерновая смесь в активном слое движется относительно решета преимущественно в вертикальном направлении, также мы установили направление силы трения на «активной» стороне пластины, оно было расположено ближе к горизонтальному направлению. Также было выявлено, что значительное влияние на траекторию частиц оказывает масса вводимой частицы. Для получения следа на данной поверхности необходимо было использовать металлические частицы.



Рисунок 5.28 - Крепление частиц на поверхности решета при помощи кронштейнов

Для исключения влияния массы вводимой частицы нами были использованы частицы по размерам и весу не отличающиеся от зерен пшеницы и оставляющие перманентный след на поверхности решета. В этом случае решето было использовано без копоти. Частицы вводились непосредственно в загрузочную горловину. Также для исключения случайных факторов, влияющих на поведение частицы на решете, нами были использованы специальные кронштейны для закрепления данных частиц на решете представленные на рисунке 5.28. Для получения более четкого следа нами была наклеена бумага на поверхность решета, но как показали эксперименты, коэффициент трения зерна по бумаге вносит погрешность в определении траектории. В связи с этим было решено отказаться от использования бумаги.

5.4.4.2 Определение относительной просеваемости по высоте цилиндра

Как было отмечено в работе [79], в цилиндрических центробежных решетах верхняя часть решета работает в условиях нестабильности, из-за скоростей, превышающих критическую. Для стабилизации процесса сепарации было принято

несколько приемов: использование питателя определенной конструкции с необходимым количеством лопастей и гасителей окружной скорости.

В связи с этим необходимо было исследовать просеваемость по высоте цилиндра. Для этого использовался пробоотборник, состоящий из шести секций. Пробоотборник представлял собой короб со встроенными в него наклонными перегородками. Наклонные перегородки образовывали отсеки пробоотборника, причем в верхней части два отсека располагались с шагом 50 мм, для установления более четкой картины просеваемости в верхней части решета, остальные с шагом 100 мм (рисунок 5.29).

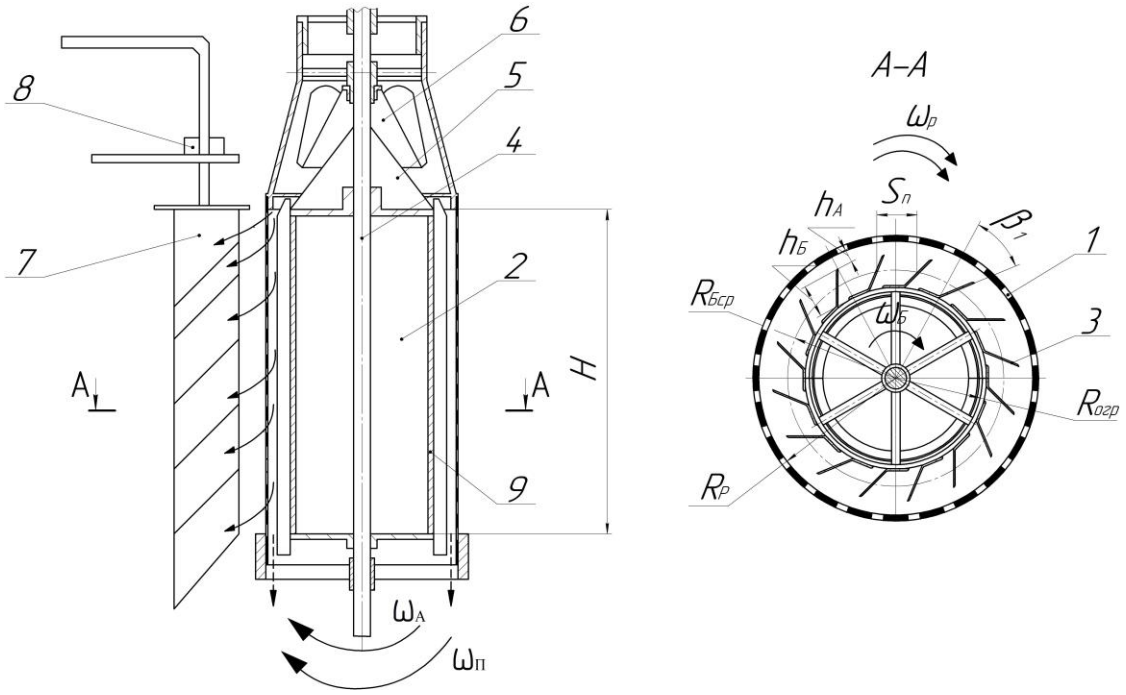


Рисунок 5.29 - Схема лабораторной установки центробежно-решетного сепаратора

1- решето; 2- пластинчатый барабан; 3- пластина барабана; 4- вал; 5- конус отражатель; 6- питатель; 7- пробоотборник; 8- подвес; 9- ограничительный цилиндр

Пробоотборник, расположенный около решета, имел возможность поворота вокруг вертикальной оси подвеса, закрепленной на раме сепаратора. Во время пуска пробоотборник располагался тыльной стороной к решету, для исключения попадания проходовой фракции в отсеки.

При установившемся процессе сепарации пробоотборник поворачивался, и проходовая фракция поступала в отсеки на всех уровня по высоте. Затем отсекался рабочий период, и пробоотборник снова поворачивался тыльной стороной.

По окончании опыта сепаратор выключался, снимался пробоотборник с подвеса, и производился разбор материала по секциям. Материал каждой секции взвешивался.

Относительная просеваемость определялась с помощью пробоотборника, указанного выше, а численные значения получали по формуле:

$$P_{отн} = \frac{q_i}{q_{ср}} 100\%, \quad (5.27)$$

где q_i- вес проходовой фракции в i- секции пробоотборника;

$q_{ср}$- средний вес по секциям пробоотборника.

5.4.5 Методика проведения экспериментов по определению параметров центробежно-воздушного сепаратора [179]

Величина динамического давления, получаемого при измерении, $Н_{дi}$, Па

$$H_{\partial i}=K\cdot l_i, \text{ Па} \quad (5.28)$$

где K – общая поправка в отсчет по микроманометру;

l_i – отсчет динамического давления по шкале микроманометра, мм.

Местная скорость в данной точке поперечного сечения определяется как

$$V_i = 1{,}29\sqrt{\text{Н}_{\text{Д}i}} \quad (5.29)$$

Средняя по сечению воздуховода скорость воздуха V , м/с

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{\text{ср}}}{n}, \text{ м/с} \quad (5.30)$$

где V_1 …. V_n – местная скорость потока;

$V_{ср}$ – средняя скорость потока в данном сечении, м/с;

n – общее количество точек измерения.

Объемный расход воздуха Q , $м^3/с$

$$Q=V_{ср}\cdot S_{сеч} \quad (5.31)$$

где Q – расход воздуха по живому сечению потока, $м^3/с$;

$S_{сеч}$ – площадь живого сечения воздушного канала, м^2

Массовый расход воздуха m , кг/с

$$m = \gamma * Q = \gamma \cdot V_{ср} \cdot S_{сеч} \quad (5.32)$$

Удельный вес (плотность) жидкости зависит от ее температуры. Для исключения погрешности необходимо величину γ пересчитать для температуры эксперимента по формуле:

$$\gamma = \frac{\gamma_0}{1 + \beta(t - t_0)}, \quad (5.33)$$

где γ_0 - удельный вес жидкости в микроманометре при температуре t_0 =15°С ;

γ - то же, при температуре эксперимента t ;

β - коэффициент объемного расширения жидкости.

Для спирта γ_0 = 7793 Н/м^3 при 15 °С, а β = 0,0011 1/град. Поэтому для получения ошибки в величине $\gamma < 1\%$ разность температур $\Delta t = t - t_0$ должна быть не более 10°. При меньшей разности температур Δt температурной поправкой на изменение плотности жидкости в манометре можно пренебречь.

5.4.6 Методика производственных испытаний экспериментального образца центробежно-решетного сепаратора с подсевным решетом и пластинчатым барабаном

Экспериментальный образец центробежно-решетного сепаратора с подсевным решетом и пластинчатым барабаном проходил испытания в ООО «Лео» Калманского района Алтайского края.

Центробежно-решетный сепаратор, разработанный на кафедре «Сельскохозяйственных машин» изготовлен совместно с ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН.

Сепаратор был установлен в поточную зерноочистительную линию с возможностью автономной работы. Зерновой ворох подавался норией из завальной

ямы в компенсационный бункер, а затем в сепаратор. Величина загрузки устанавливалась открытием шиберной заслонки компенсационного бункера.

Для оценки работы экспериментального образца центробежно-решетного сепаратора в соответствии с программой испытаний были приняты следующие показатели:

1. Фактическая производительность;
2. Эффективность очистки зерна подсевного решета;
3. Эффективность очистки кольцевого пневмоканала;
4. Потери зерна в отходы;
5. Затраты мощности;
6. Масса сепаратора на единицу производительности;
7. Оценка забиваемости цилиндрического подсевного решета при длительной работе.

Кольцевая схема движения зерна (завальная яма - загрузочная нория – компенсационный бункер – сепаратор – завальная яма) позволяла снизить трудоемкость определения основных показателей. Отбор проб для анализа производился при помощи откидных лотков, без остановки рабочего процесса. Оценка забиваемости решет производилась после 8 часов непрерывной работы.

Методика анализа навесок для определения качества работы сепаратора оставались такими же, что и при проведении опытов в лабораторных условиях.

Определение качества исходного материала осуществлялось согласно методикам [37-45].

5.5 Результаты экспериментальных исследований и их анализ

5.5.1 Результаты экспериментальных исследований центробежно-решетного сепаратора

5.5.1.1 Исследование влияния кинематического режима на эффективность очистки зерна

Исследование процесса очистки зерна от мелких примесей, проводились на лабораторной установке, описанной в разделе 5.2.1.

Первым этапом исследования явилось проведение предварительных опытов с целью определения влияния отдельных факторов на процесс разделения.

Одним из основных факторов, оказывающих влияние на работу центробежных решет, является кинематический режим. В центробежно-решетном сепараторе редуктор обеспечивает разность скоростей вращения пластинчатого барабана и решета, причем $\frac{\omega_Б}{\omega_Р} = 0{,}57$ и оставалась постоянным при проведении всех опытов.

Поэтому при проведении опытов производилось изменение окружной скорости решета. Ранее проведенными исследованиями установлены рабочие окружные скорости 3,0…3,5 м/с при диаметре цилиндрического решета $D_Р = 0{,}6$ м [197]. Нами были приняты следующие пределы изменения угловой скорости от 14,3 до 16,16 рад/с. Характер зависимостей изменения эффективности очистки зерна и потерь зерна в отходы представлен на рисунке 5.30 [79].

Из анализа результатов следует, что при увеличении угловой скорости до 15,79 рад/с рабочий процесс протекает устойчиво, эффективность очистки зерна возрастает. Однако в центробежных цилиндрических сепараторах с вертикальной осью вращения увеличение центробежной силы приводит к росту сил трения, а увеличение угловой скорости свыше 16,16 рад/с приводит к “заклиниванию” зерновой смеси, т.е. прекращению ее движения относительно сепарирующей поверхности. Поэтому наиболее приемлемыми угловыми скоростями являются скорости от 15,4 до 15,79 рад/с. При угловой скорости решета менее 15,79 рад/с кинематический показатель работы пластинчатого барабана будет $К_Б$>1, что в свою очередь ведет к увеличению осевой скорости зерновой смеси между пластинами барабана, то есть время на сегрегацию зерновой смеси сокращается, которое является определяющим в процессе выделения мелких примесей на подсевном решете.

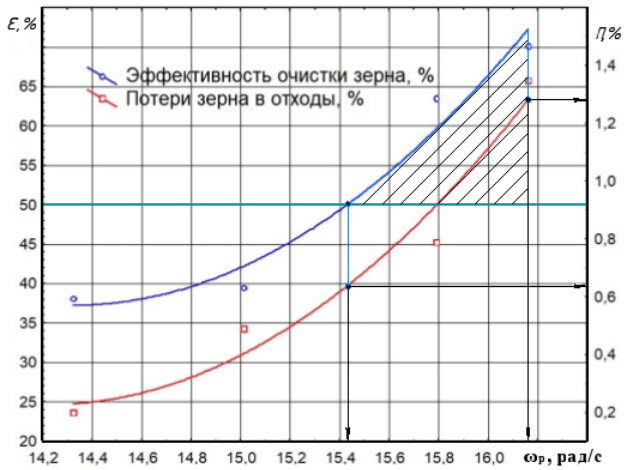


Рисунок 5.30 - Влияние угловой скорости на эффективность очистки и потери зерна в отходы

При Q=26,49 т/ч·м^2; S=25,12 мм; β=45^0; d=3,6 мм; h_a=10 мм; C_0=6 %; W=14 %; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

Увеличение угловой скорости приводит к возрастанию энергоемкости процесса сепарирования. При угловой скорости 15,79 рад/с мощность составила 0,39 кВт.

Повышение угловой скорости приводит к увеличению потерь зерна в отходы, и достигает значения 0,79%.

5.5.1.2 Исследование влияния угла наклона и шага расстановки пластин барабана на эффективность очистки зерна

Теоретические исследования по обоснованию угла наклона пластин барабана показывают, что данный параметр оказывает существенное влияние на коэффициент трансформации силового давления, а, следовательно, и на процесс сепарации. В лабораторных опытах диапазон изменения угла наклона пластин β_1 к радиусу изменялся от 0^0 до 45^0, а также устанавливались зависимости при отрицательных значениях угла β_1 относительно направления вращения решета. Опыты показали, что при отрицательных значениях угла β_1 показатели эффективности процесса сепарации существенно ниже, чем в первом случае.

Увеличение угла наклона пластин барабана относительно радиуса от 0^0 до 22^0 приводит к снижению эффективности очистки зерна, а при увеличении от 22^0 до 45^0 к увеличению (рисунок 5.31) [79].

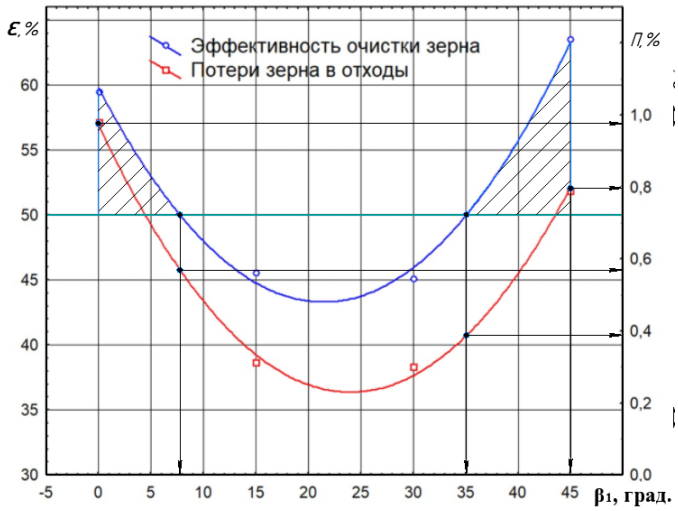


Рисунок 5.31 - Влияние угла наклона пластин на эффективность очистки и потери зерна в отходы

При Q=26,49 т/ч·м^2; S=25,12 мм; ω_p=15,79 рад/с ; d=3,6 мм; C_0=6 %; W=14 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

Теоретические исследования и опытная проверка подтверждают, что с увеличением угла наклона пластин барабана возрастает давление зерновой смеси, находящейся между пластинами на активный слой.

Экспериментальные исследования по изменению шага расстановки пластин барабана показывают на резкое снижение эффективности очистки зерна при изменении его значения от 25,12 до 35 мм, при этом потери зерна в отходы имеют аналогичную зависимость, представленную на рисунке 5.32 [79].

Однако проведенные опыты показали, что при увеличении шага расстановки пластин необходимо повысить подачу зерновой смеси для увеличения толщины зернового слоя между пластинами барабана, то есть необходимо, чтобы коэффициент трансформации силового давления оставался неизменным, который уменьшается с увеличением шага расстановки пластин.

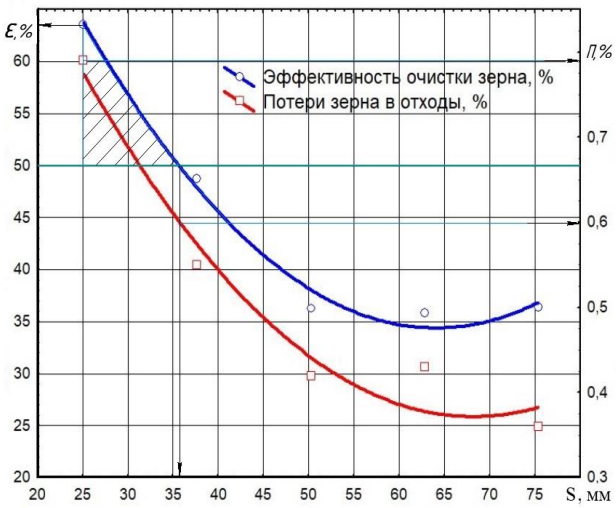


Рисунок 5.32 - Влияние шага расстановки пластин барабана на эффективность очистки и потери зерна в отходы

При Q=26,49 т/ч·м^2; β=45^0; ω_p=15,79 рад/с; d=3,6 мм; C_0=6 %; W=14 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

5.5.1.3 Исследование влияния удельной подачи зерновой смеси на полноту выделения мелких примесей

Проведенные исследования по оценке влияния подачи зерновой смеси на процесс сепарации позволили установить, что с увеличением удельной подачи от 20,45 до 32,51 т/ч·м^2 эффективность очистки зерна возрастает с 60 до 80% (рисунок 5.33) [79]. Это объясняется тем, что толщина зернового слоя между пластинами в радиальном направлении увеличивается, а, следовательно, возрастает и значение коэффициента трансформации силового давления. Следует заметить, что большую подачу можно обеспечить при использовании радиальных пластин на барабане, в этом случае пропускная способность увеличивается, вместе с тем значение коэффициента μ не превышает критических значений.

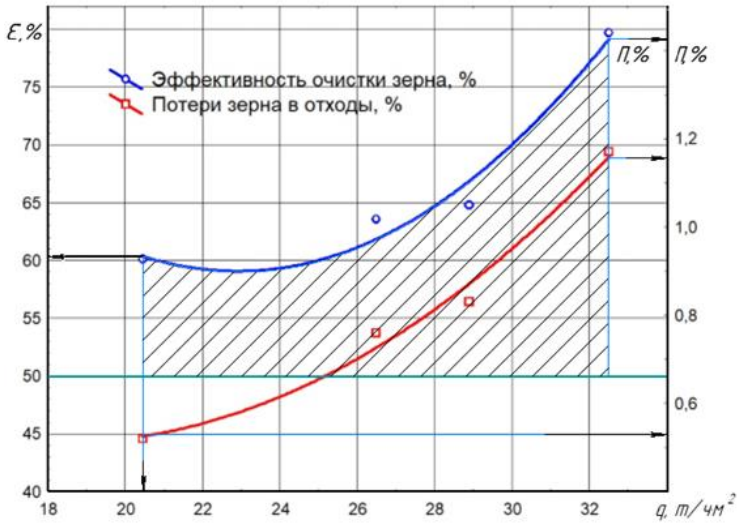


Рисунок 5.33 - Влияние удельной подачи зерновой смеси на эффективность очистки и потери зерна в отходы

При S=25,12 мм; β=45^0; ω_p=15,79 рад/с; d=3,6 мм; C_0=6 %; W=14 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

При использовании плоских решет на выделении мелких примесей установлено, что с увеличением толщины слоя зернового материала, т.е. с увеличением нагрузки, уменьшается полнота выделения. Такое явление объясняется тем, что с увеличением толщины слоя семян снижается подвижность частиц, находящихся в нижнем элементарном слое, и постепенно уменьшается вероятность их просеивания.

В цилиндрическом подсевном решете с пластинчатым барабаном, процесс протекает иначе. При увеличении-уменьшении удельной нагрузки кольцевой зерновой слой «саморегулируется», при этом активный слой всегда заполнен зерновой массой. Если же активный слой не заполнен, процесс сепарации нарушатся, ввиду отсутствия проскальзывания элементарных слоев в активном слое.

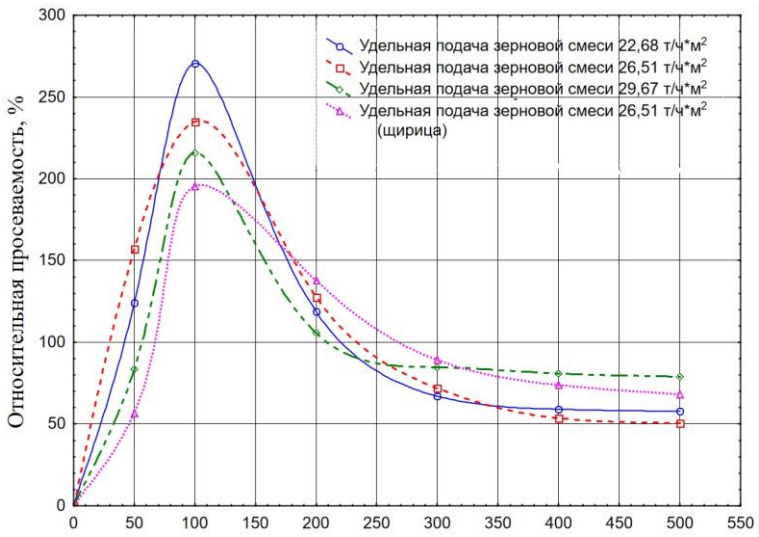


Рисунок 5.34 - Изменение относительной просеваемости от высоты цилиндрического решета.

Согласно исследованиям Гончарова Е.С. [49], увеличение подачи зерновой смеси в виброцентробежном сепараторе приводит к снижению полноты выделения мелкой фракции. Заметим, что при равной полноте выделения 70% виброцентробежный сепаратор работает при удельной подаче 20 т/ч·м^2, тогда как для центробежно-решетного сепаратора с подсевным решетом подача зерновой смеси составила 30 т/ч·м^2.

Выделение проходовой фракции при различных подачах от 22,68 до 29,69 т/ч·м^2 наиболее интенсивно идет в верхней части цилиндрического решета от 0,05 до 0,15 м (рисунок 5.34) [79], что объяснимо тем, что средний путь скольжения проходовых частиц по поверхности решета составляет 0,021 м для решета диаметром d_P=3,6 мм. Дальнейшее выделение проходовой фракции происходит за счет сегрегации зерновой смеси и имеет экспоненциальный характер.

Изменение эффективности очистки зерна от высоты цилиндрического решета представлено на рисунке 5.35 [79].

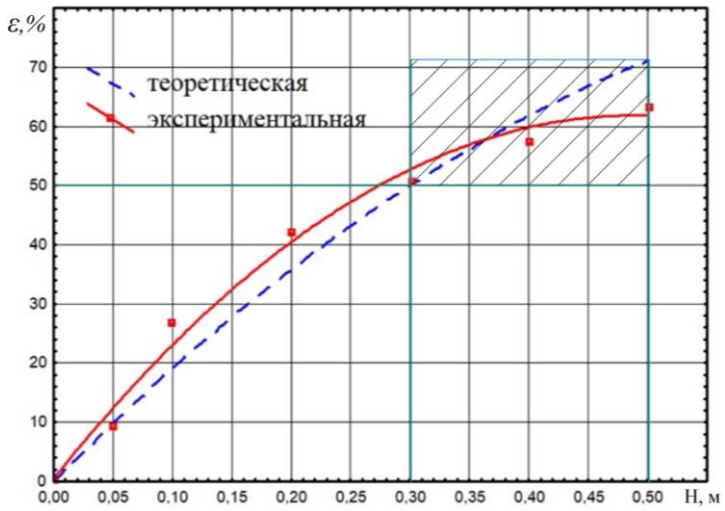


Рисунок 5.35 - Зависимость эффективности очистки зерна от высоты цилиндрического решета

При S=25,12 мм; β=45^0; $\omega_р$=15,79 рад/с; Q=26,49 т/ч·$м^2$; C_0=6 %; W=14 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; d=3,6 мм; без спирали

Отклонение экспериментальной эффективности ε от расчетной объясняется в первую очередь тем, что частицы проходовой фракции располагаются неравномерно по толщине кольцевого слоя, вследствие той сегрегации, которая имела место до подхода к решету. Поэтому в начальный период экспериментальное значение эффективности очистки зерна ε выше, чем это следует из расчета, а в дальнейшем идет замедление роста ввиду «нехватки» проходовых частиц.

Опыты со спиралью, используемой в качестве транспортирующего устройства, позволяют сделать заключение, что незначительное увеличение эффективности очистки зерна влечет за собой резкое снижение производительности - на 42,6 %, что объясняется малым живым сечением подсевного решета. Также происходит резкое увеличение потерь зерна в отходы, вследствие дезориентации зерен в активном слое.

5.5.1.4 Исследование влияния исходной засоренности зерновой смеси на показатели процесса сепарации

Выявленная зависимость эффективности выделения мелких примесей от засоренности исходного материала, представленная на рисунке 5.36 близка к

линейной. Потери зерна в отходы с увеличением засоренности снижаются, что объясняется тем, что отверстия решета в процессе сепарации «заняты» проходовой фракцией. Снижение эффективности очистки зерна с увеличением засоренности характерно для всех зерноочистительных машин. Так с увеличением засоренности исходного материала с 2 до 8 % эффективность очистки зерна снизилась с 83,47 до 53,72 % при выделении сурепки, при этом потери зерна уменьшились с 1,02 до 0,68 %. Причем эффективность очистки зерна от засорителя щирицы на 7,36 % выше, чем при сепарации зерновой смеси, содержащей сурепку [17, 79].

При исследовании процесса сепарации на секционном решетном сепараторе с блоком загрузочных решет Ямпиловым С.С. [145] установлено, что полнота выделения мелких примесей с увеличением исходной засоренности с 0,5 до 7,5 % снижается на 9 %.

На рисунке 5.34 показана закономерность выделения по длине решета двух сорняков: сурепки и щирицы [79]. Как видно из графика процесс сегрегации при выделении щирицы протекает интенсивнее. Это объясняется значительно меньшим временем пребывания проходовой частицы в общем кольцевом зерновом слое θ_1. С уменьшением эффективного диаметра проходовой частицы время θ_2 также уменьшается, что способствует увеличению просеваемости проходовой фракции по высоте цилиндрического решета.

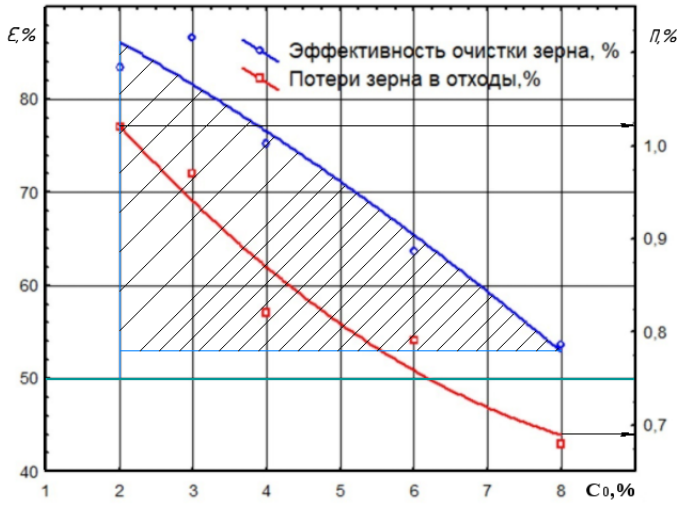


Рисунок 5.36 - Зависимость эффективности выделения мелких примесей и потерь зерна в отходы от засоренности исходного материала

При S=25,12 мм; β=45^0; ω_p=15,79 рад/с; Q=26,49 т/ч·м^2; d=3,6 мм;

W=14 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

5.5.1.5 Исследование влияния влажности исходного материала на процесс сепарации

Повышение эффективности очистки зерна при увеличении влажности исходного материала (рисунок 5.37) объясняется возрастанием коэффициентов трения зерновой смеси, в связи с чем снижается осевая скорость движения и время пребывания зерновой смеси в сепараторе [17, 79].

Опытами на влажном зерновом материале установлено, что с увеличением влажности с 12 до 22 % эффективность очистки и потери зерна в отходы возрастают, при этом производительность снижается на 4,3 % на 1 % увеличения влажности (рисунок 5.38), что сопоставимо с зависимостью для плоских решет.

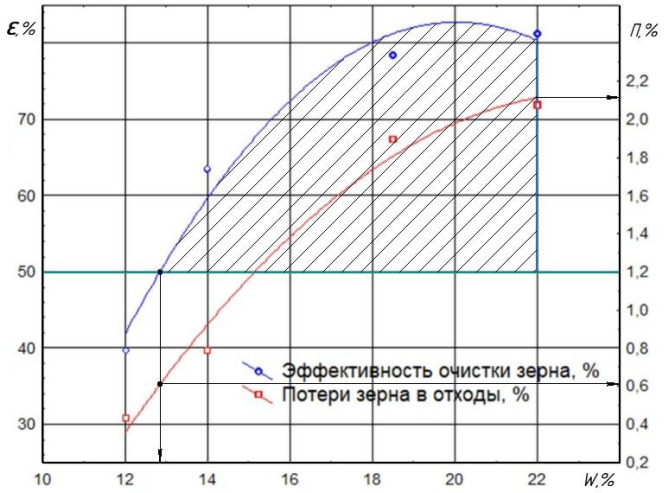


Рисунок 5.37 - Зависимость эффективности выделения мелких примесей и потерь зерна в отходы от влажности исходного материала

При S=25,12 мм; β=45^0; ω_p=15,79 рад/с; Q=26,49 т/ч·$м^2$; d=3,6 мм; C_0=6 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

Аналогичная зависимость наблюдается при выделении мелких примесей на секционном решетном сепараторе с блоком загрузочных решет, где с увеличением влажности с 15 до 30 % эффективность выделения возрастает на 6 % [145]. Данная зависимость объясняется увеличением размеров зерна вследствие набухания, что ведет к увеличению размеров пор сыпучего тела и повышению сегрегации.

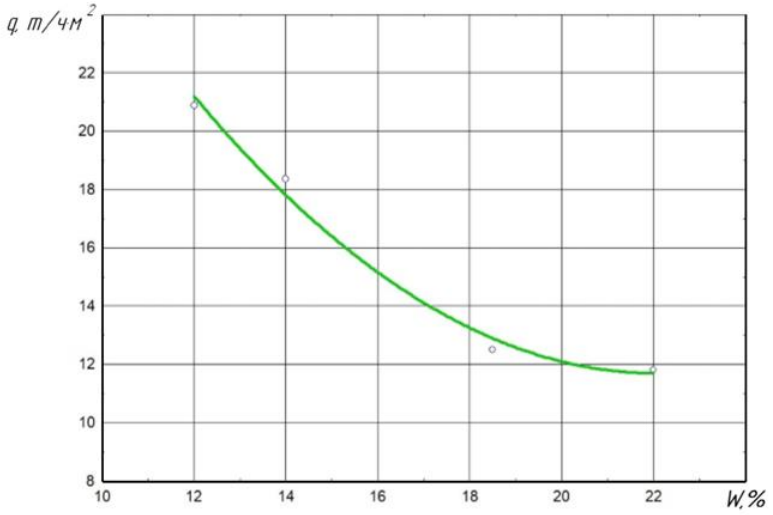


Рисунок 5.38 - Зависимость удельной производительности от влажности исходного материала

При S=25,12 мм; β=45^0; $\omega_р$=15,79 рад/с; d=3,6 мм;
C_0=6 %; $h_а$=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

5.5.1.6 Исследование влияния диаметра отверстий решета на эффективность очистки и потери зерна в отходы

Применение диаметра отверстий решета 3,6 мм позволяет выделять не только мелкие примеси такие как сурепка, просо куриное, щирица, но и мелкие семена гречишки татарской и гречишки вьюнковой.

Если подсевное решето установлено в машине предварительной очистки, то на первом этапе мы выделяем часть указанных трудноотделимых примесей, что существенно может облегчить работу триерным цилиндрам.

Наибольшая эффективность была достигнута на решете с диаметром отверстий *d*=4 мм, однако при этом возросли потери зерна. Таким образом, целесообразно устанавливать решета с круглыми отверстиями диаметром 3,6 мм (рисунок 5.39) [17, 79].

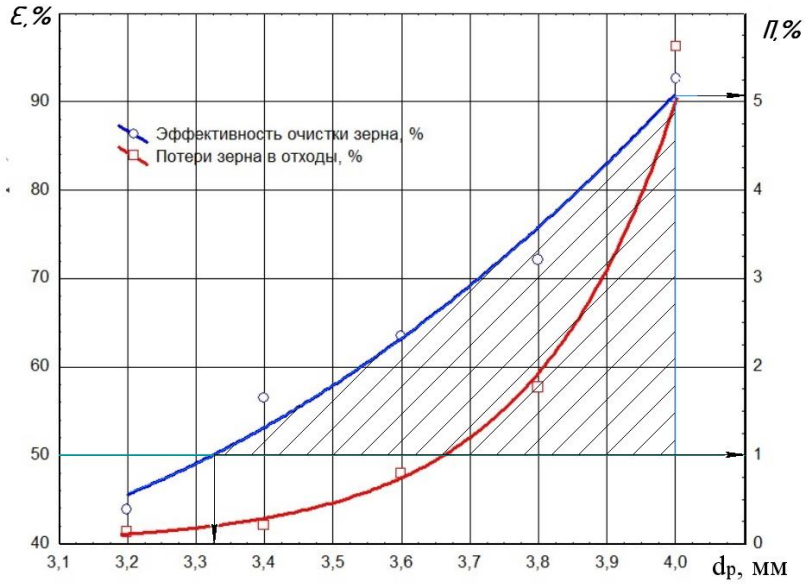


Рисунок 5.39 - Зависимость эффективности выделения мелких примесей и потерь зерна в отходы от диаметра отверстий решета

При S=25,12 мм; β=45^0; $\omega_р$=15,79 рад/с ; Q=26,49 т/ч·м^2; C_0=6 %; W=14 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали

Увеличение размера отверстий подсевного решета ограничивается допускаемыми потерями для предварительной очистки.

5.5.1.7 Исследование влияния толщины активного слоя на эффективность очистки зерна

Увеличение толщины активного слоя с 10 мм до 12 мм приводит к снижению эффективности очистки зерна на 22 %, что объясняется снижением относительного скольжения элементарных зерновых слоев активного слоя [79].

Опыты по определению угла между вектором относительной скорости зерновой смеси в активном слое и горизонтом показали, что при параметрах: S=25,12 мм; β=45^0; $\omega_р$=15,79 рад/с; Q=26,49 т/ч·м^2; d=3,6 мм; C_0=6 %; h_a=10 мм; R=0,145 м; К=3,69; без спирали данный угол составляет α=70^0, что на 4,3 % больше теоретического значения.

Данное значение угла позволяет нам утверждать, что разница скоростей между решетом и пластинчатым барабаном передается сыпучему телу по концам

пластин барабана. С увеличением толщины активного слоя значение угла α увеличится, что приведет к уменьшению времени пребывания зерновой смеси в активном слое, то есть к снижению эффективности очистки зерна.

5.5.1.8 Результаты оптимизации процесса сепарации на подсевном цилиндрическом решете с вертикальной осью вращения

Для выявления значимых факторов использовали план Плакетта-Бермана для девяти факторов и количеством экспериментов 12. Для определения дисперсии оценок факторов к исследуемым факторам в матрице плана были добавлены два фиктивных фактора. Результаты предварительных и однофакторных экспериментов позволили выбрать уровни и интервалы варьирования факторов при проведении планирования экспериментов.

Результаты по выделению факторов, влияющих на процесс сепарации представлены в таблице Г1 (приложение Г).

В результате проверки условий, описанных в разделе методика исследований, было выявлено, что на процесс сепарации наибольшее влияние оказывают четыре фактора. Это засоренность исходного материала $x_1(C_0)$, частота вращения решета $X_2(\omega_P)$,угол наклона пластин к радиусу $x_3(\beta_1)$ и влажность исходного зернового материала $X_4(W)$.

На основе результатов отсеивающих экспериментов можно сделать вывод, что наибольшее влияние на изменения эффективности работы решета оказывает влажность исходного материала.

Результаты многофакторного эксперимента представлены в таблицах Б2 и Б3 (приложения Б).

В результате проведения многофакторного эксперимента были получены следующие уравнения регрессии по критериям оптимизации. Коэффициенты регрессии b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} вычислялись при помощи прикладной программы Statistica v5.773 для ПЭВМ.

Значимость коэффициентов уравнения регрессии по критерию оптимизации эффективность очистки зерна определялась по соответствующим им доверительных интервалам.

Уравнение регрессии в кодированном виде для критерия оптимизации ε после удаления коэффициента b_{13} [79]:

$$\begin{aligned}\varepsilon = {} & 21,406 - 3,733x_1 + 14,950x_2 + 3,372x_3 + 16,60x_4 + \\ & + 1,753x_1x_2 - 1,778x_1x_4 + 1,478x_2x_3 - 2,107x_2x_4 - 0,564x_3x_4 + \\ & + 2,074x_1^2 + 20,309x_2^2 - 7,296x_3^2 + 14,299x_4^2\end{aligned}. \quad (5.34)$$

Уравнение регрессии в кодированном виде для критерия оптимизации $П$ [79]:

$$\begin{aligned}П = {} & 0,068 - 0,169x_1 + 0,547x_2 + 0,105x_3 + 0,507x_4 - 0,049x_1x_2 - \\ & - 0,047x_1x_3 - 0,136x_1x_4 + 0,003x_2x_3 + 0,237x_2x_4 + 0,077x_3x_4 + \\ & + 0,127x_1^2 + 0,512x_2^2 + 0,007x_3^2 + 0,317x_4^2\end{aligned}. \quad (5.35)$$

Адекватность полученных математических моделей проверялись по критерию Фишера. Для этого определялись разности между значениями откликов, предсказанными по уравнению регрессии и экстремальными значениями рассчитывались дисперсии адекватности для эффективности очистки зерна и потерь зерна в отходы.

Табличные значения критерия Фишера при числе степеней свободы числителя $f_1 = N - (k+1)$ и знаменателя $f_2 = N(n-1)$ составляет $F_{табл}$=1,82.

Полученные математические модели для эффективности очистки зерна и потерь зерна в отходы адекватны.

Определение оптимального сочетания исследуемых факторов, при которых эффективность очистки ε имеет максимальное значение, необходимо учитывать, что величина потерь зерна в отходы ограничена агротехническими требованиями.

Проведенные исследования показывают на большую зависимость эффективности очистки зерна от кинематического режима работы решета.

Зафиксируем параметр $x_2(\omega_P)$ на верхнем уровне, уравнение (5.34) примет вид:

$$\varepsilon = 56,665 - 1,198x_1 + 4,850x_3 + 14,493x_4 - 1,778x_1x_4 - 0,564x_3x_4 + \\ + 2,074x_1^2 - 7,296x_3^2 + 14,299x_4^2 \quad . \qquad (5.36)$$

Анализ уравнений (5.34) и (5.36) показывает, что наибольшее влияние на эффективность очистки зерна оказывают параметры $x_2(\omega_P)$ и $x_4(W)$.

Рассмотрим влияние технологических параметров $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$ на эффективность очистки зерна при этом зафиксируем параметры $x_2(\omega_P)$ и $x_3(\beta_1)$ на верхнем уровне, уравнение (5.34) примет вид:

$$\varepsilon = 54,219 - 1,980x_1 + 13,929x_4 - 1,778x_1x_4 + \\ + 2,074x_1^2 + 14,299x_4^2 \quad . \qquad (5.37)$$

Поверхность отклика в этом случае примет вид, представленный на рисунке 5.40.

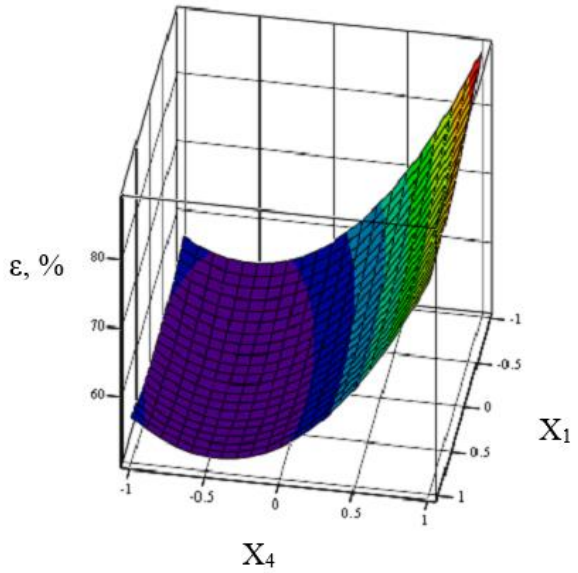


Рисунок 5.40 - Поверхность отклика для критерия оптимизации ε параметров $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$

На процесс сепарации также большое влияние оказывает параметр $x_3(\beta_1)$. Рассмотрим влияние конструктивного $x_3(\beta_1)$ и кинематического $x_2(\omega_P)$ параметров на процесс сепарации, при этом параметры $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$ зафиксируем на верхнем уровне, уравнение (5.34) примет вид:

$$\varepsilon = 48,868 + 14,596x_2 + 2,807x_3 + 1,478x_2x_3 + \\ + 20,309x_2^2 - 7,296x_3^2 \quad . \qquad (5.38)$$

Поверхность отклика для параметров $x_2(\omega_P)$ и $x_3(\beta_1)$ представлена на рисунке 5.41.

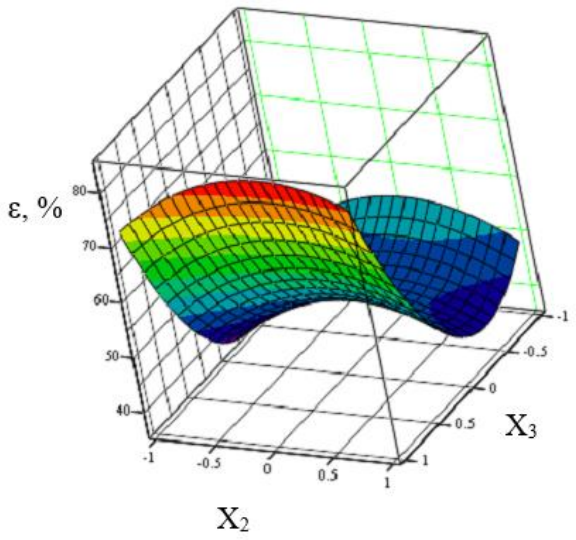


Рисунок 5.41 - Поверхность отклика для критерия оптимизации ε параметров $x_2(\omega_P)$ и $x_3(\beta_1)$

Анализ уравнение (4.2) показывает, что наибольшее влияние на потери зерна в отходы оказывает параметры $x_2(\omega_P)$ и $x_4(W)$, причем влияние $x_2(\omega_P)$ более существенно. Зафиксируем параметры $x_2(\omega_P)$ и $x_3(\beta_1)$ на нулевом уровне, уравнение (4.2) примет вид:

$$П = 0,068 - 0,169x_1 + 0,507x_4 - 0,136x_1x_4 + \\ +0,127x_1^2 + 0,317x_4^2 . \qquad (5.39)$$

Поверхность отклика для параметров $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$ представлена на рисунке 5.42.

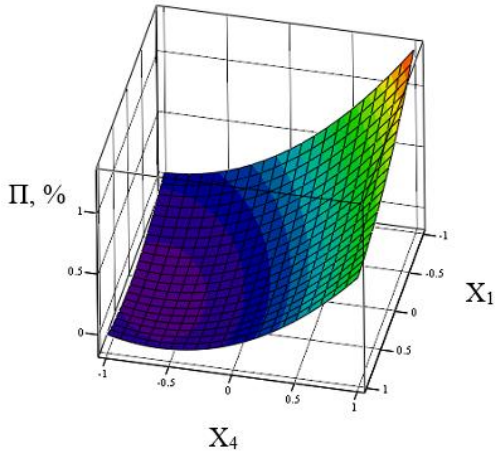


Рисунок 5.42 - Поверхность отклика для критерия оптимизации $П$ параметров $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$

Для рассмотрения влияния конструктивного параметра $x_3(\beta_1)$ и кинематического $x_2(\omega_P)$ зафиксируем технологические параметры $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$ на нижнем уровне. Уравнение регрессии (5.35) примет вид:

$$П = 0,039 + 0,360x_2 + 0,076x_3 + 0,003x_2x_3 + \\ +0,512x_2^2 + 0,007x_3^2 \quad . \qquad (5.40)$$

Поверхность отклика для параметров $x_2(\omega_P)$ и $x_3(\beta_1)$ представлена на рисунке 5.43.

Решая задачу оптимизации на максимум и минимум в программе Mathcad, получили оптимальное сочетание факторов (таблица 5.8) по критериям оптимизации эффективности очистки зерна и потерь зерна в отходы.

Таблица 5.8 - Оптимальное сочетание факторов при критериях: эффективности очистки зерна и потерь зерна в отходы

Наименование	Факторы оптимизации	
	$X_2\ (\omega_P)$	$X_3\ (\beta_1)$
Значение в кодированном виде	1	0,25…0,3
Значение в натуральном виде	15,79	28,12…29,25

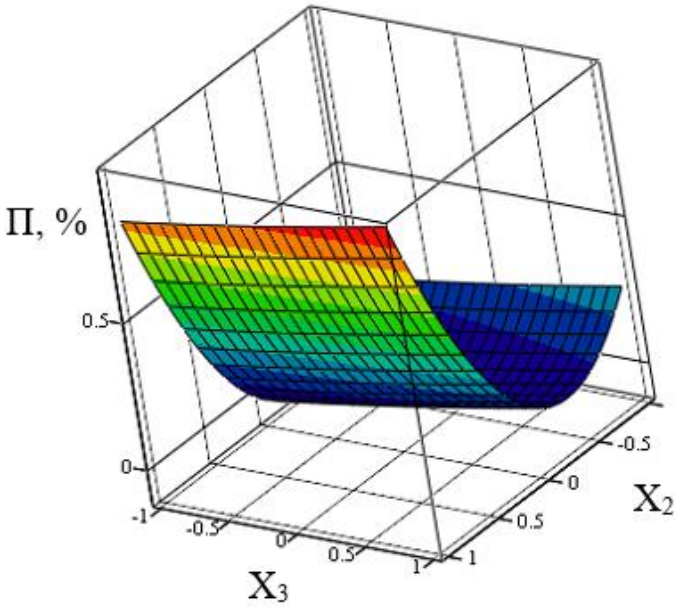
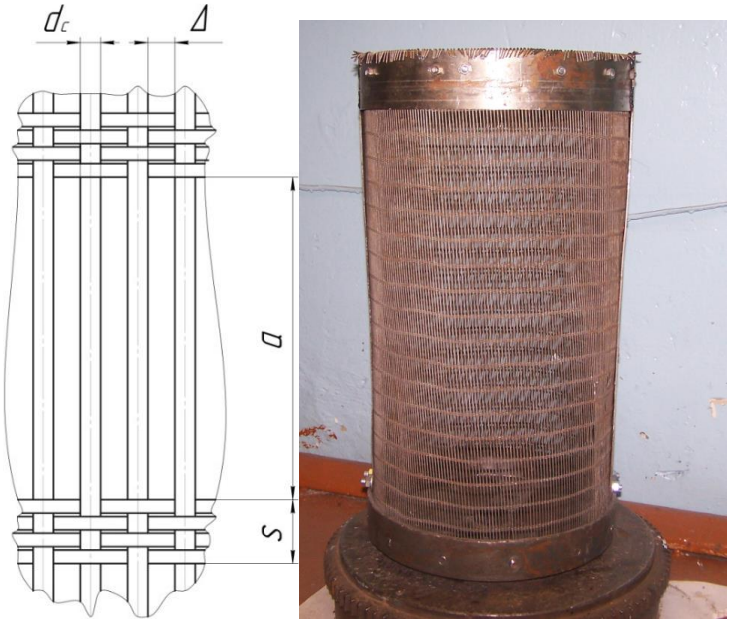


Рисунок 5.43 - Поверхность отклика для критерия оптимизации $П$ параметров $x_1(C_0)$ и $x_4(W)$

5.5.1.9 Исследование процесса сепарации на цилиндрическом щелевом решете

Для получения щелей одинакового размера Δ по всему периметру решета используются плетеные перемычки. Кроме этого эти перемычки обеспечивают необходимую жесткость решета. Рабочая высота цилиндрического решета 450 мм, диаметр цилиндра – 300 мм. Очистка решета от застрявших зерен обеспечивалась очистительной цилиндрической щеткой [78, 79].



а б

Рисунок 5.44 - Цилиндрическое подсевное щелевое решето

а- схема решета; б- общий вид щелевого решета

d_c- диаметр струны; Δ – поперечный размер щели; а- продольный размер щели; S- размер плетеной перемычки

Экспериментальные исследования проводились на подсевном решете с размером отверстий Δ=2,0 мм.

Для оценки эффективности выделения мелких примесей на цилиндрическом щелевом подсевном решете по высоте решета использовался специальный пробоотборник. Он обеспечивал сбор проходовой фракции по высоте цилиндрического решета в отдельные отсеки.

Результаты опытов (рисунок 5.45) показывают, что эффективность очистки более 50% наблюдается уже при высоте цилиндрического решета в 250 мм, что говорит о возможности уменьшения габаритных размеров центробежно-решетного сепаратора при использовании щелевого решета.

Существенное влияние на эффективность работы центробежно-решетного сепаратора наряду с конструктивными и кинематическими параметрами оказывает засоренность материала мелкими примесями. Засоренность мелкими примесями с толщиной частиц проходовой фракции b=1,5 мм изменялась в пределах от 5 до 9%. Опыты проводились на решете с шириной щелевых отверстий Δ=2,0 мм, удельная подача на решето составляла 25,51 т/ч*м^2 при влажности исходного материала 14 % [78].

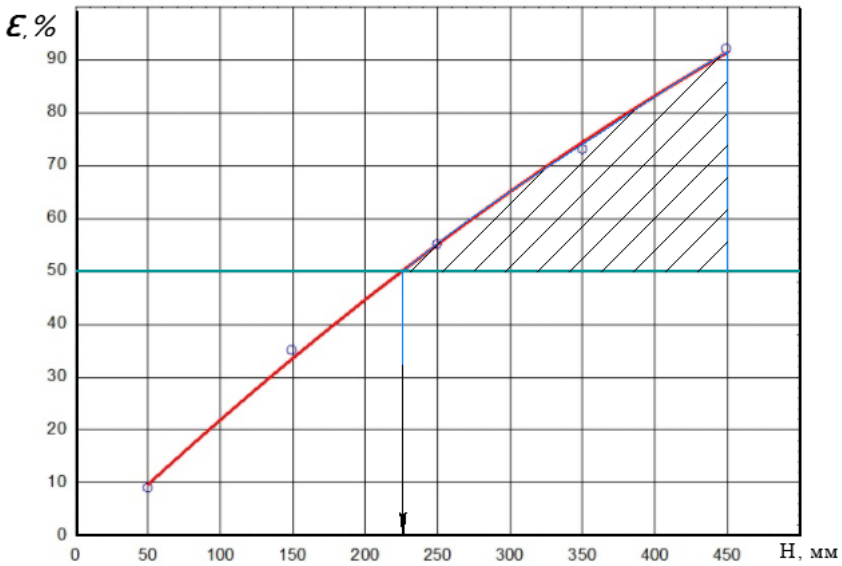


Рисунок 5.45 – Изменение эффективности очистки зерна по высоте цилиндрического решета

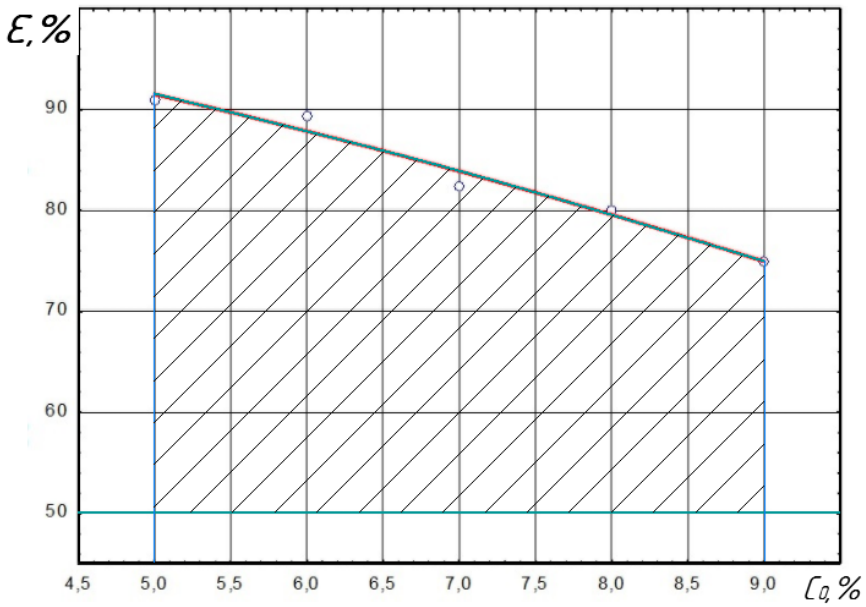


Рисунок 5.56 - Изменение эффективности очистки от засоренности зерна мелкими примесями

Из графика видно (рисунок 5.56), что с увеличением засоренности зернового материала с 5 до 9 % эффективность очистки снижается. Однако, в сравнении цилиндрического подсевного щелевого решета с вертикальной осью вращения с цилиндрическим подсевным решетом со стандартными отверстиями эффективность очистки зерна от мелких примесей выше на 20 % [17, 208].

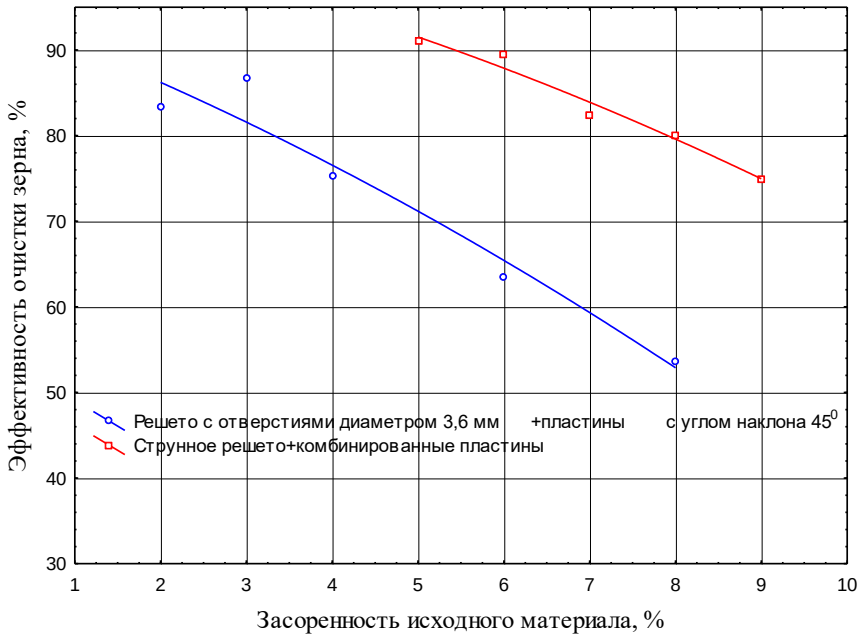


Рисунок 5.47 - Влияние засоренности исходного материала на эффективность очистки зерна

При исследовании щелевого решета установили, что просеваемость в начальный период на 31,5 % ниже, однако, дальнейшее выделение близко к 93 %. Наилучшая сегрегация зерновой смеси при выделении щирицы объясняется более эффективным использованием диаметра поры пшеницы. Как показали исследования, максимальный диаметр пор для пшеницы составляет 2,5 мм, что способствует выделению частиц формой отличной от шарообразной.

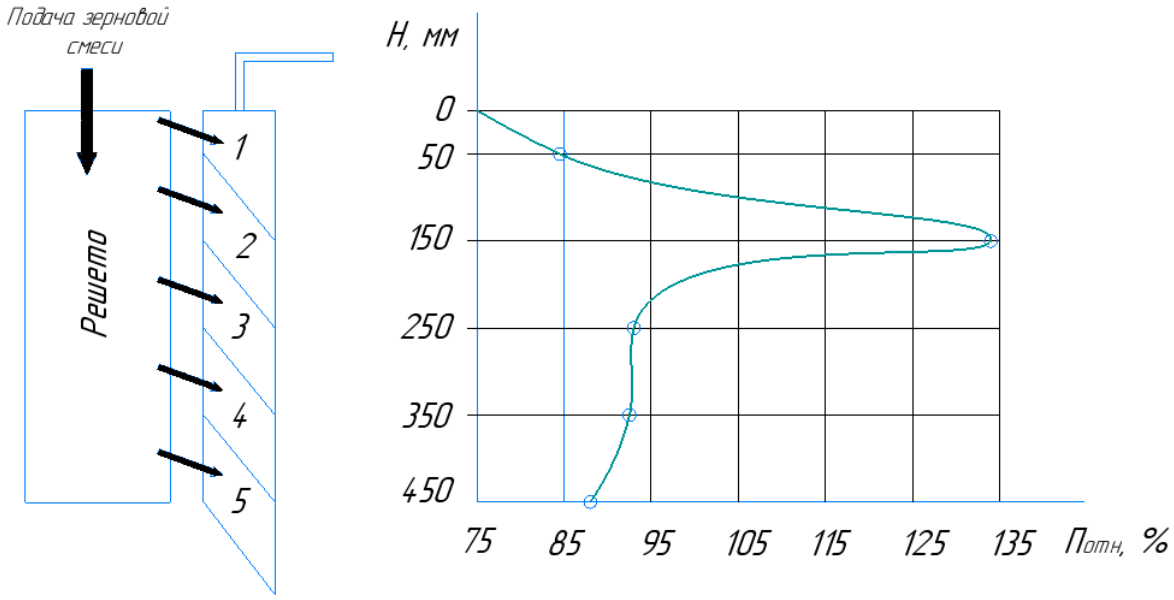


Рисунок 5.48 - Изменение относительной просеваемости $П_{отн}$ проходовой фракции по высоте H цилиндрического решета

При Q=25,51 т/ч·м^2; S=37,68 мм; $\beta_1=45^0$; $\beta_2=0^0$; h_a=10 мм; W=14 %;; R=0,145 м; K=3,69; Δ_1=2 мм, C_0=5% (засоритель щирица).

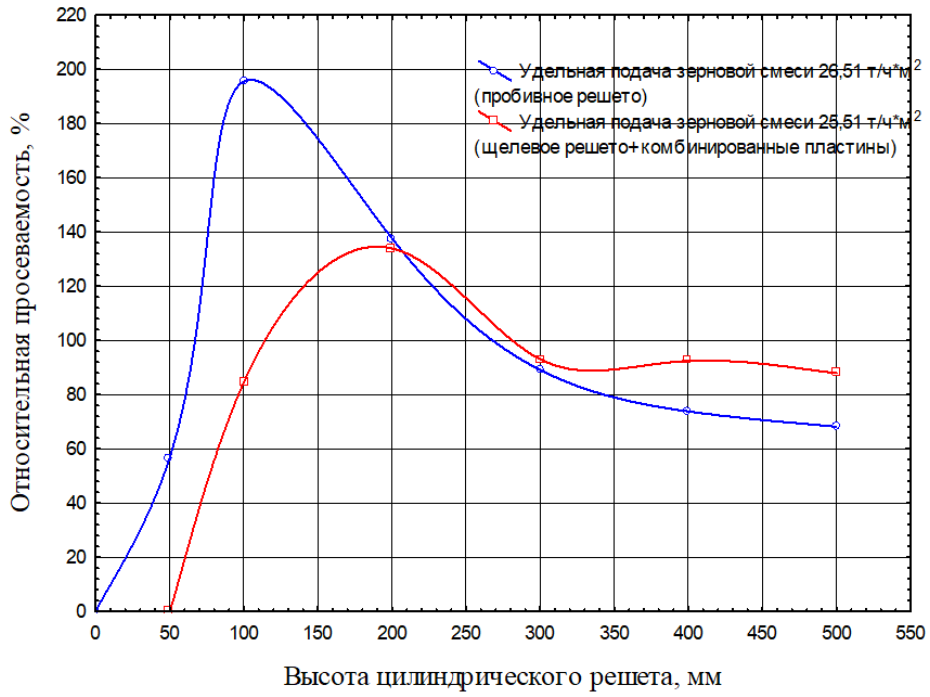


Рисунок 5.49 - Изменение относительной просеваемости от высоты цилиндрического решета

При S=25,12 мм; $\beta_1=45^0$; ω_p=15,79 рад/с; C_0=6 %; $\beta_1=45^0$
W=14 %; h_a=10 мм; $\alpha=0^0$ (без спирали); R=0,145 м; К=3,69

5.5.1.10 Исследование влияния конструктивных параметров центробежно-воздушного сепаратора на скорость воздушного потока

Объект исследования – аспирационная система центробежно-воздушного сепаратора [98].

Принятые исходные данные при исследовании в приложении KompasFlow:

1) Опорное давление – 101000 Па; опорная температура – 273 К;

2) вещество: агрегатное состояние – газ; опорная температура вещества - 273 К; молярная масса – 0,029 кг/моль; теплопроводность – 0,022Вт/(м·К); удельная теплоемкость – 1000 Дж/(кг·К);

3) набор решаемых уравнений: уравнение движения, турбулентность;

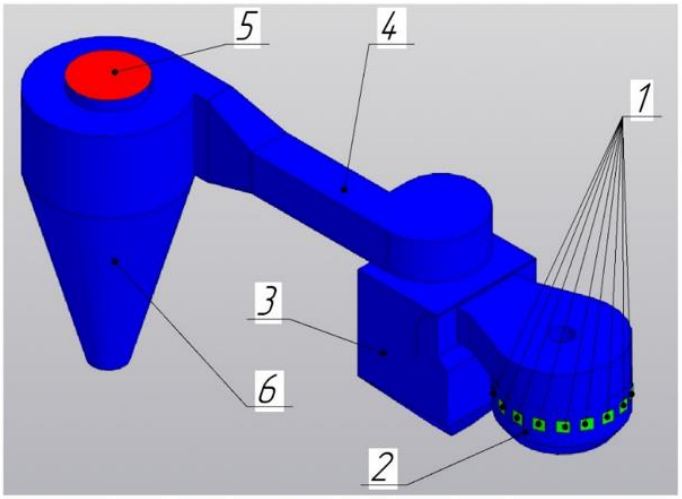
4) начальные условия: скорость – 0 м/с (на входе);

5) размеры расчетной сетки: 50х50х50.

6) расход воздуха Q=3,3 кг/с 9при нормальных условиях).

При проведении расчетов по изменению скорости воздушного потока соответственно изменялся расход.

На рисунке 5.50 представлена 3D-модель центробежно-воздушного сепаратора с граничными условиями.

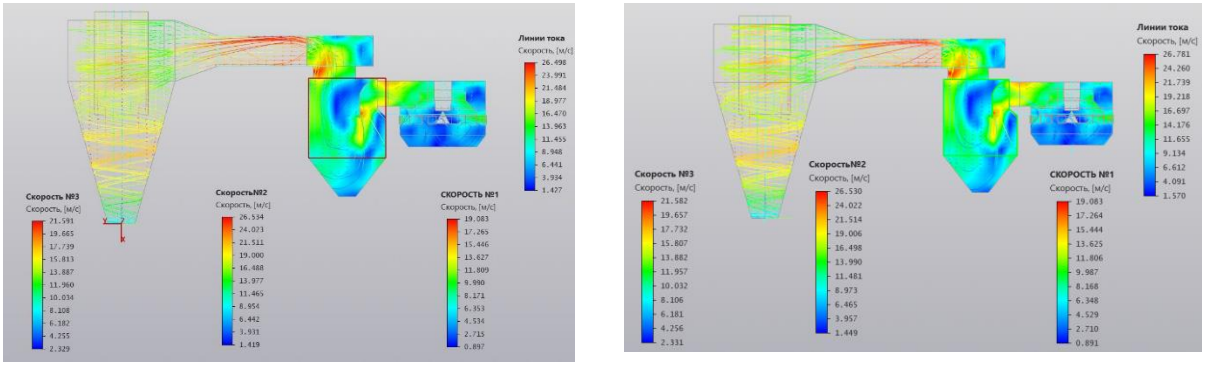


1 – вход (воздухозаборные окна сепаратора);
2 – сепаратор;
3 – осадочная камера;
4 – патрубок аспирационный;
5 – выход;
6 – циклон

Рисунок 5.50 – 3D-модель центробежно-воздушного сепаратора с граничными условиями
синий цвет – стенка; зеленый цвет – вход; красный цвет – выход

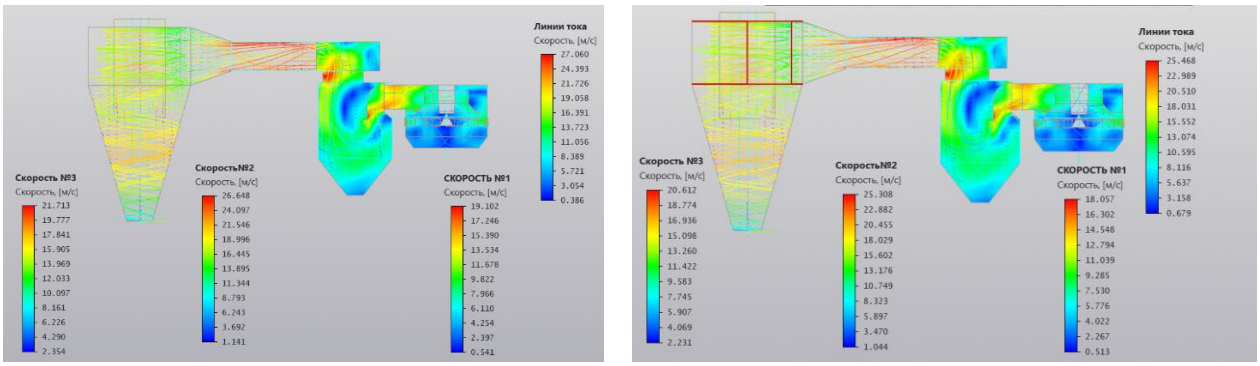
Результаты, полученные в ходе расчета представлены на рисунке 5.51, где скорость воздушного потока отображена линиями тока на участке №2 и №3 (патрубок аспирационный и циклон соответственно) и №1 – сепаратор и осадочная камера (заливка).

На рисунках 5.51, 5.52 и 5.53 представлено влияние высоты подъема регулировочного стакана на скорость воздушного потока в зоне сепарации, а на рисунках 5.54 и 5.55 – изменение скорости воздушного потока в зависимости от угла открытия заслонки. Результаты показывают, что целесообразно поднимать регулировочный стакан не более чем на 30 мм, так как в дальнейшем происходит снижение скорости, а при большем подъеме (более 80 мм) можно полностью перекрыть канал аспирации. При подъеме на 20 мм увеличение скорости составит 22%.



а б

Рисунок 5.51 – Влияние высоты подъема регулировочного стакана на процесс сепарации: а – высота 0 мм; б – высота 20 мм;



а б

Рисунок 5.52 – Влияние высоты подъема регулировочного стакана на процесс сепарации: а – высота 40 мм; б – высота 60 мм

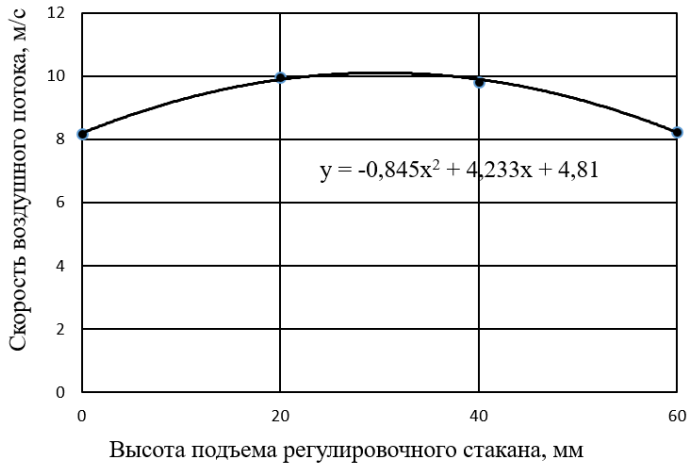
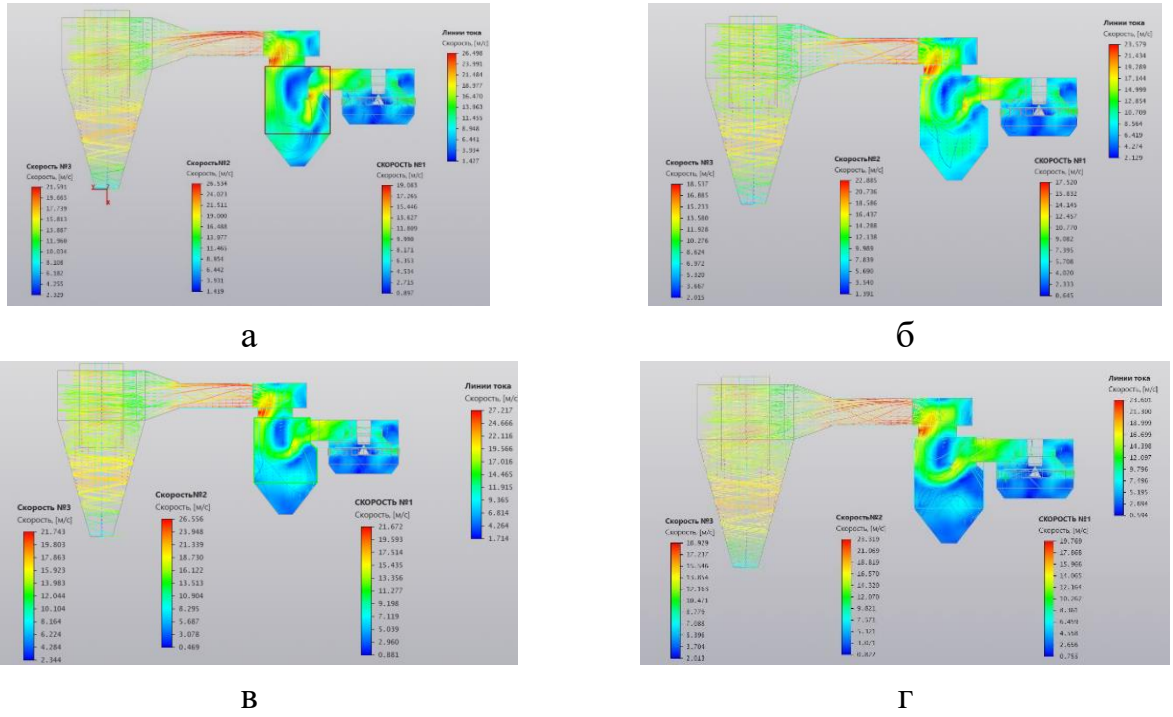


Рисунок 5.53 – Изменение скорости воздушного потока в зависимости от высоты подъема регулировочного стакана



а б в г

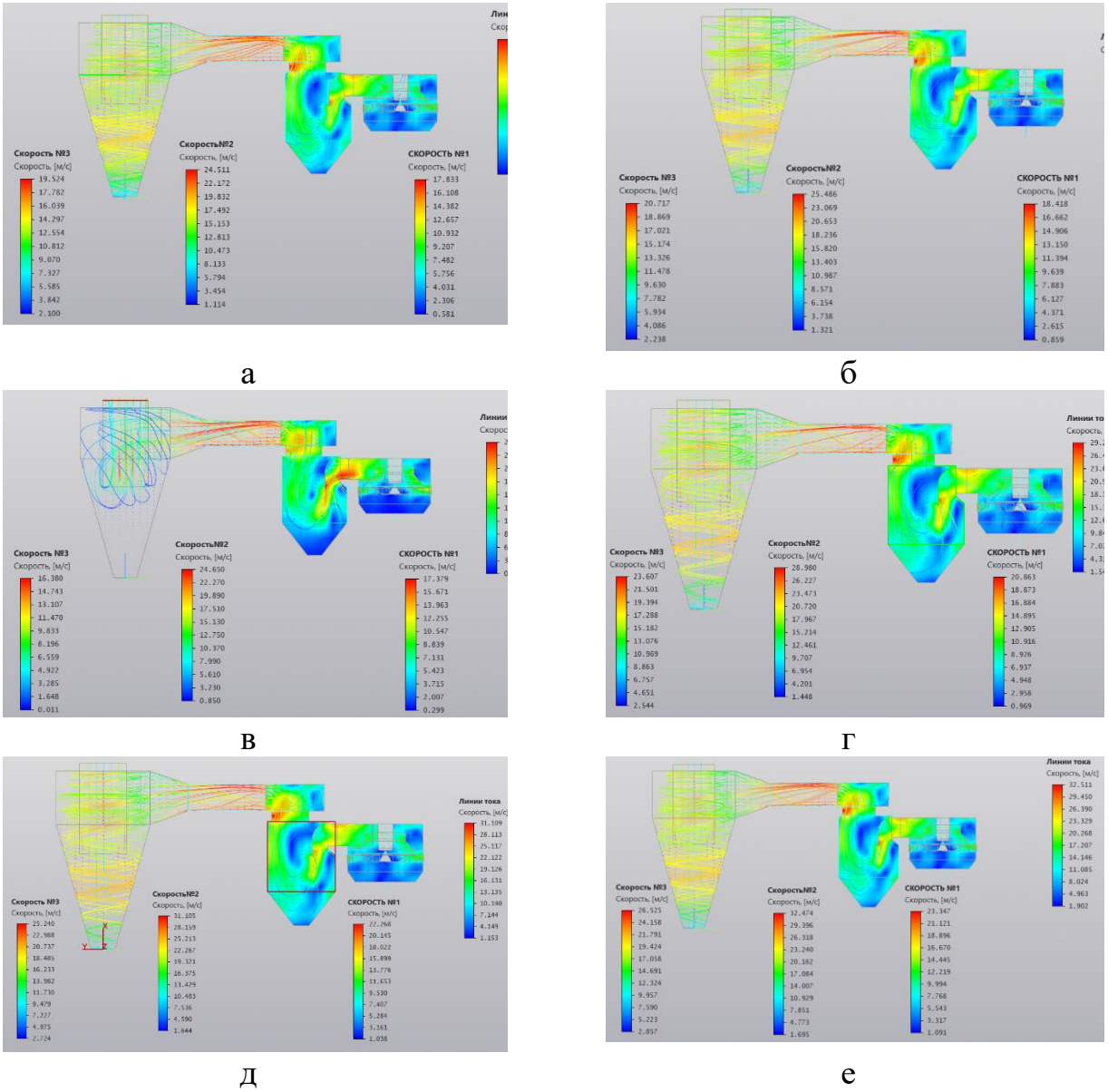
Рисунок 5.54 – Влияние угла открытия заслонки на процесс сепарации: а – угол открытия 0°; б – угол открытия 10°; в – угол открытия 20°; г – угол открытия 30°

Одним из важнейших параметров регулирования в воздушных сепараторах является расход воздуха. Однако, при установке циклона, мы должны учитывать его технологические параметры, а именно скорость входа воздушного потока в циклон. Поэтому для работы на различных культурах необходимо установить спаренные циклоны с возможностью отключения одного из технологического процесса при работе с более легковесными семенами и уменьшением расхода воздуха.



Рисунок 5.55 – Изменение скорости воздушного потока в зависимости от угла открытия заслонки

Проведенные нами исследования влияния расхода воздуха (рисунки 5.56 и 5.57) показывают, что при расходе воздуха с 3,0 до 4,0 кг/с изменение скорости воздушного потока в зоне сепарации составляет 47,8%, что позволяет сепарировать достаточно большой спектр сельскохозяйственных культур при использовании одного циклона. При уменьшении расхода воздуха менее 3 кг/с необходимо использовать спаренные циклоны, как было указано выше.



а б в г д е

Рисунок 5.56 – Влияние расхода воздуха на процесс сепарации:
а – расход воздуха 3,0 кг/с; б – расход воздуха 3,2 кг/с;
в – расход воздуха 3,4 кг/с; г – расход воздуха 3,6 кг/с;
д – расход воздуха 3,8 кг/с; е – расход воздуха 4,0 кг/с

Использование приложения KompasFlow программы КОМПАС-3D для исследования воздушной очистки зернового вороха может как методом расчета,

так и визуально рассмотреть изменения основных технологических параметров (скорость и давление воздушного потока) при внесении конструктивных изменений в 3D-модель сепаратора, а также выбрать необходимые диапазоны регулирования механизмов воздушных заслонок.

Анализ результатов показывает, что в кольцевом аспирационном канале при расходе воздуха до 3,4 кг/с в зоне сепарации скорость воздушного потока составляет менее 9,0 м/с, что меньше критической скорости витания для пшеницы. В данном случае нет необходимости увеличивать скорость воздушного потока. Скорость входа в циклон составляет менее 19,5 м/с, что также является рациональным значением (по данным фирмы «Petkus» для циклона FKA 1250). В осадочной камере скорость воздуха падает от 21,0 м/с до 0,5 м/с, что позволяет выделить большую часть легких примесей, остальные легкие и пылевидные примеси осаждаются в циклоне.

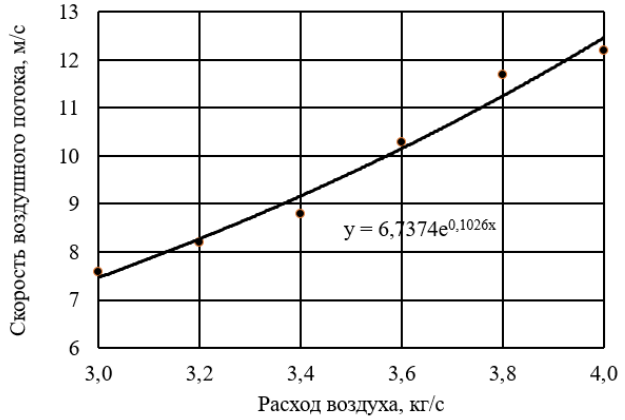


Рисунок 5.57 – Изменение скорости воздушного потока в зависимости от расхода воздуха

5.5.1.11 Исследование просеваемости на цилиндрическом решете в центробежно-решетном сепараторе в режиме овсюгоотборника

Сепаратор, включающий вертикальное цилиндрическое решето с внутренней винтовой спиралью и внутренний пластинчатый барабан с кольцевой щеткой, является высокопроизводительным рабочим органом. Высокая производительность сепаратора обеспечивается благодаря действию центробежных сил, полной загрузке рабочей поверхности решета обрабатываемым материалом и непрерывному его скольжению по сепарирующей поверхности.

Важнейшее преимущество сепаратора-овсюгоотборника и его отличительная особенность – это совмещение двух технологических операций разделения (по длине и по ширине частиц) в одним рабочем органе. Экспериментальные исследования показывают, что сепаратор обеспечивает выделение 75…80% овсюга из пшеницы при потерях зерна 0,3…0,4%. Такое качество очистки зерна от длинных примесей можно считать приемлемым при обработке продовольственного зерна. Опыты показали также, что есть пути повышения эффективности работы центробежно-решетного сепаратора [207].

Одним из путей интенсификации рабочего процесса является проведение предварительной подготовки исходной зерновой смеси до подхода ее к сепарирующей поверхности цилиндрического решета. В качестве рабочего органа для предварительной подготовки использовалось коническое делительное решето с круглыми отверстиями диаметром d=6,5 мм. Роль этого решета заключалась в том, что оно позволило снизить концентрацию овсюга в смеси, поступающей на сепарирующую поверхность цилиндрического решета (рисунок 5.58).

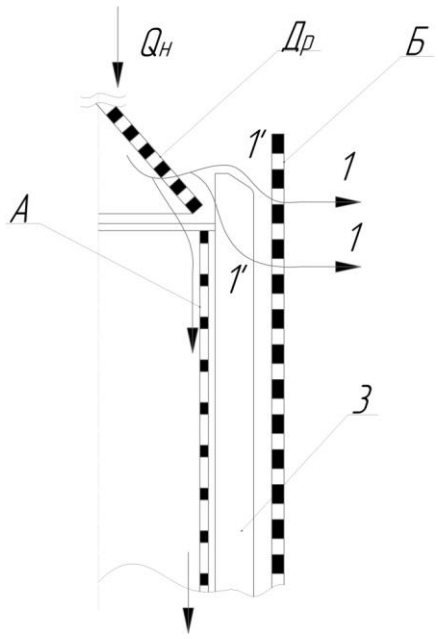


Рисунок 5.58 – Фрагмент совместной работы делительного и цилиндрического решетного сепаратора-овсюгоотборника

$Q_н$ - подача исходной зерновой смеси; 1- проход основного зернового решета Б (очищенное зерно; 2- сходовая фракция с делительного решета; 1^I – проходовая

фракция через делительное решето $Д_р$; А- колосовое решето; 3 – пластинчатый барабан.

Рабочий процесс протекал таким образом. Исходная зерновая смесь $Q_н$ поступала на внутреннюю поверхность делительного решета $D_р$, где происходило разделение на проходовую (1^I) и сходовую (2) фракции. После сепарации зернового материала на делительном решете наибольшую концентрацию овсюга имела смесь (2), которая поступала на колосовое решето (А), а проходовая фракция (1^I) в межпластинчатое пространство барабана (3) и на цилиндрическое решето Б.

Зерновая смесь (1^I) подходила к решету (Б) с меньшей концентрацией длинных примесей, а зерновая смесь (2) с большей концентрацией этих примесей поступала на цилиндрическое решето в нижней его части. Это позволило повысить производительность и качество очистки.

Из вышесказанного следует, что способ предварительной подготовки с применением делительного решета целесообразно применять в центробежно-решетном сепараторе-овсюгоотборнике.

При определении полноты выделения длинных примесей на сепараторе, а также засоренности овсюгом зерна проходовой фракции, проводились исследования по выявлению зональной засоренности по высоте цилиндрического решета с использованием пробоотборника с отсеками. В результате проведенных опытов была установлена неравномерность местной засоренности зерна, прошедшего через отверстия зернового решета по образующей цилиндра. Просеваемость и засоренность каждого отсека пробоотборника подсчитывалась в относительных величинах. Характер изменения засоренности по высоте цилиндра показан на рисунке 5.59.

Относительная просеваемость подсчитывалась по формуле:

$$q_{\text{отн}} = \frac{q_i}{q_{\text{ср}}} 100\%, \tag{5.41}$$

где q_i – просеваемость і-го отсека;

$q_{ср}$ – средняя просеваемость отсеков;

$$q_{\text{отн}} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{7} \frac{P_i}{\text{Нр}}}, \tag{5.42}$$

где P_i – вес проходового материала i-го отсека;

h_i – размер i-го отсека по высоте;

H_p – высота решета.

Относительная зональная засоренность зерна определялась по выражению:

$$b_{отн} = \frac{b_i}{b_0} 100\%, \quad (5.43)$$

где b_i – содержание семян длинной фракции в материале i-го отсека пробоотборника;

b_0 – содержание семян длинной фракции в исходном материале.

Эта же методика использовалась при работе сепаратора в режиме куколеотборника (подсевного решета), только пробоотборник имел одинаковые отсеки.

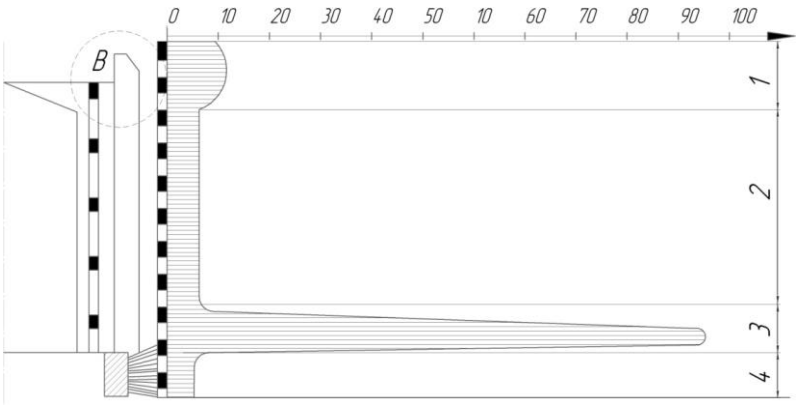


Рисунок 5.59 – Изменение засоренности зерна прохода по образующей цилиндра в % к исходной засоренности

Из рисунка 5.59 видно, что по засоренности образующую цилиндра можно разбить на четыре характерных зоны. Частично зона 1 и особенно зона 3 имеют повышенную засоренность по сравнению с основной рабочей зоной 2. Следовательно, для повышения общего эффекта сепарирования необходимо убрать так называемые всплески зон 1 и 3.

Причиной повышенной засоренности зоны 1 по сравнению с основной зоной 2 являлось недостаточное заполенние кольцевого пространства «В», то есть отсутствовало необходимое зерновое кольцо, выполняющего роль прижимного фартука. Большая скорость зерна, прошедшего через отверстия делительного

решета, приводила к дезориентации длинных частиц в зоне 1. Это давало возможность поворота овсюжине относительно кромки отверстий решета и их просеиванию.

Причиной большой засоренности зоны 3 является массовый подход длинных примесей в эту зону вследствие транспортирования их винтовой спиралью.

Отсутствие фаски на ворсе кольцевой щетки в месте захода спирали под щетку, а также отсутствие кольцевого зазора между щеткой и решетом, не создавало нормальных условий для захвата спиралью длинных частиц и транспортирования их под щетку. Происходило ворошение зерновой смеси в этой зоне, что нарушало ориентацию длинных частиц и способствовало их проходу в отверстия решета.

Для снижения засоренности в зонах 1 и 3 (см. рисунок 5.59) необходимо выполнить следующие:

для зоны 1

- полное заполнение кольцевого пространства этой зоны;

- обеспечить благоприятную ориентацию длинных примесей;

- предотвратить западание в отверстия не успевших сориентироваться длинных частиц.

для зоны 3

- обеспечить быстрый ввод длинных примесей из этой зоны под кольцевую щетку;

- создать хорошие условия для захвата спиралью длинных частиц;

- предотвратить возможный проход через отверстия решета дезориентированных частиц.

Хорошее заполнение зерновой смесью зоны «В» можно обеспечить компоновкой всех элементов предварительного расслоения. В верхней части решета установить гасители окружной скорости, так как двухзаходная спираль с этим не справляется. Гасители оказались эффективным устройством при работе решета на выделении мелких примесей (режим куколеотборника).

В зоне 3, перед кольцевой щеткой необходимо установить глухое кольцо высотой $h_к$=30 мм, которое предотвратит просеивание длинных частиц. Это кольцо и фаска на ворсе щетки под углом $\alpha=45^0$ обеспечат лучшие условия для захвата овсюжин винтовой спиралью. Нормальный кольцевой зазор (Δ=2 мм) между ворсом щетки и решетом будет способствовать транспортировке длинных частиц без ворошения и нарушения их благоприятной ориентации.

Для повышения эффективности работы сепаратора необходимо на участке укладки спирали по решету снизить силы трения, а также ликвидировать источник дезориентации длинных частиц. Этим источником являются неполностью перекрытые спиралью отверстия решета.

Предложенные мероприятия позволили существенно повысить эффективность очистки (на 9…11%) зерна от длинных примесей. Если по качеству очистки центробежно-решетный сепаратор приблизится к овсюжному ячеистому триеру, то сепаратор, обладающий высокой удельной производительностью и без использования вибрации, имеет большие возможности его практического применения.

Данный способ разделения зерна по длине может использоваться при работе в режиме подсевного решета, а в сочетании с воздушным потоком – в режиме ворохоочистителя.

5.5.2 Результаты производственных испытаний

5.5.2.1 Результаты производственных испытаний центробежно-решетного сепаратора с подсевным блоком

Полученные параметры подсевного решета с пластинчатым барабаном реализованы при изготовлении экспериментального образца центробежно-решетного сепаратора с решетом диаметром 600 мм и коническим делительным решетом.

В уборочный период 2005 года в ОАО «Лео» Калманского района Алтайского края была проведена проверка работоспособности экспериментального образца. Подача зернового вороха изменялась от 10 до 30 т/ч. Результаты хозяйственной проверки представлены в таблице 5.9 (Приложение Б.1).

Зерноочистительный агрегат смонтирован на базе типового оборудования агрегата ЗАВ-40. Особенностью компоновки оборудования является то, что применен комбинированный вариант, т.е. часть оборудования размещена на блоках бункеров, а другая часть на специальной площадке и бетонном полу. Машины ЗВС-20А расположены на площадке, поднятой на высоту 700 мм. Транспортное оборудование (шнеки) и нижние головки норий (промежуточной и отходов) размещены на бетонном полу на нулевой отметке.

Таблица 5.9 - Результаты производственных испытаний центробежно-решетного сепаратора ООО «Лео» Калманского района **(**Дата проведения сентябрь-октябрь 2005 года)

№ п-п	Наименование показателя	Результаты испытаний
1	Обрабатываемый материал	Пшеница Алтайская 325
2	Влажность зерна, %	18
3	Содержание мелких примесей, % В т.ч. гречишка вьюнковая гречишка татарская щирица просо куриное	10,26 7,31 1,65 0,09 1,21
4	Производительность , т/ч	30
5	Полнота выделения легких примесей, %	67,44
6	Полнота выделения сорных примесей, % гречишки татарской гречишки вьюнковой	 76,97 67,99
7	Потери зерна в отходы, %	0,4
8	Общая эффективность очистки, %	70,18
9	Рабочая площадь решета, $м^2$	1,2
10	Вес машины, кг	1276

Машина предварительной очистки МПО-50, включенная в технологическую схему агрегата установлена на бункере резерва (он используется как опорный

каркас для машины). Триерные блоки установлены на двух бункерах очищенного зерна. Бункер отходов вынесен за пределы здания и разделен на две секции перегородкой. Это позволяет за счет двухпоточной нории 2НПЗ-20 и шнеков отходов производить раздельный сбор «мертвого сора» и фуражных отходов. Пылевидные, легкие примеси от машин ЗВС-20А также направляются в секцию бункера для сбора «мертвого сора» с помощью специально устроенного направляющего щитка (эффективность устройства низка).

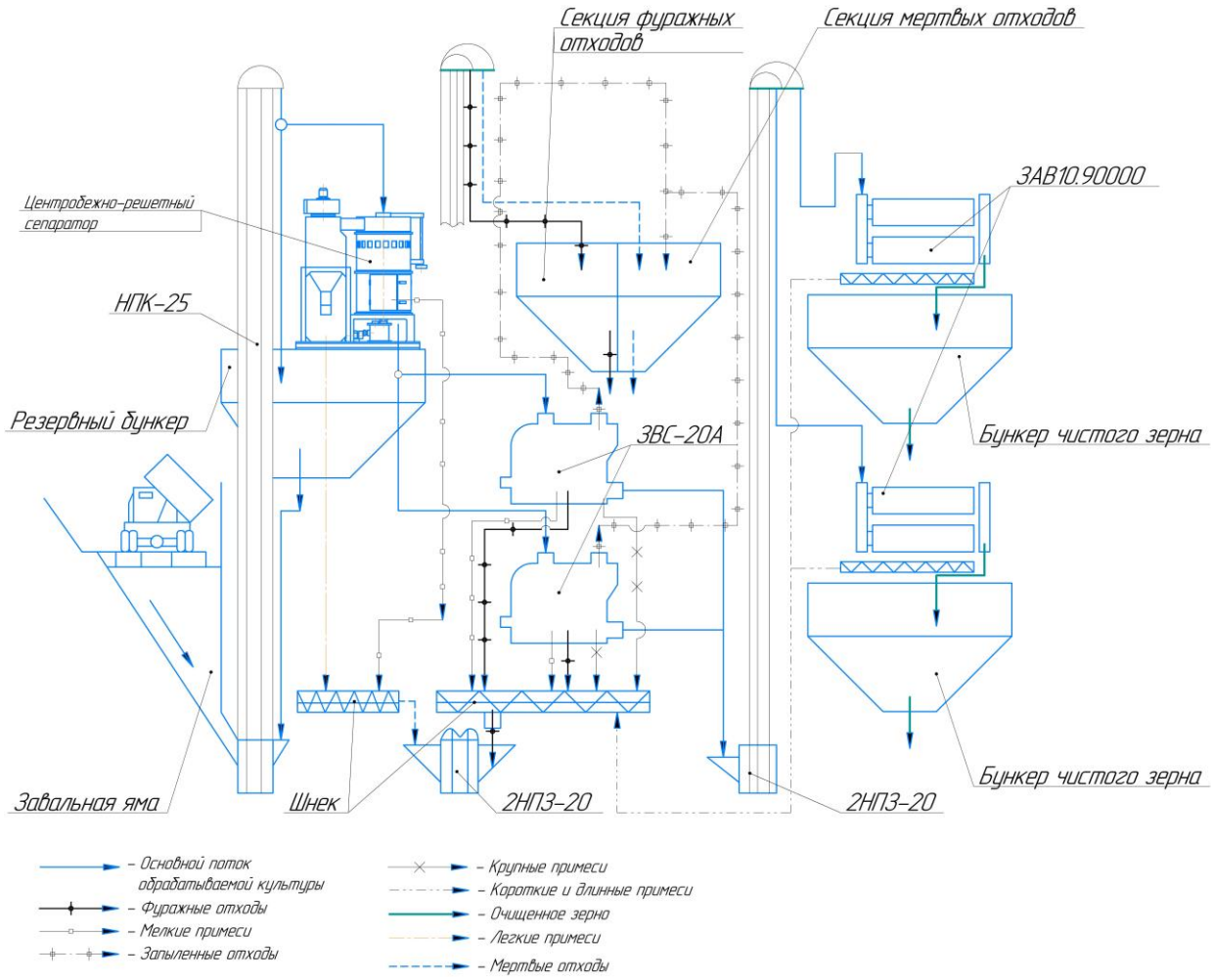


Рисунок 5.60 - Технологическая схема модернизированного зерноочистительного агрегата с центробежно-решетным сепаратором

Комбинированный вариант размещения оборудования уже дал положительный эффект: это позволило повысить срок службы машин, а также их эксплуатационные характеристики. При модернизации агрегата предполагается согласно проекта установить дополнительный бункер (рядом с бункером отходов), где установлены циклон и вентилятор системы обеспыливания. Компоновка

элементов аспирационной системы обеспыливания должна быть продуманной и эффективной, чтобы обеспечить чистоту воздуха в помещении агрегата.

Технологическая схема модернизированного зерноочистительного агрегата с центробежно-решетным сепаратором представлена на рисунке 5.60. На рисунках 5.61 представлена транспортировка макетных образцов сепараторов центробежно-решетных сепараторов, а на рисунке 5.62 центробежно-решетный сепаратор при проведении хозяйственной проверки.



Рисунок 5.61 - Транспортировка макетных образцов сепараторов



Рисунок 6.62- Хозяйственная проверка центробежно-решетного сепаратора

5.5.2.2 Результаты производственных испытаний ворохоочистителя центробежно-решетного ВЦР-50

Разработанный ворохоочиститель центробежно-решетный внесен в базу данных «Инновационные проекты – агропромышленному комплексу» ФГУ "Российский центр сельскохозяйственного консультирования" Министерства сельского хозяйства РФ (Москва 2008 год).

На рисунке 6.62 представлен ворохоочиститель центробежно-решетный на VII агропромышленной выставке-ярмарке «Алтайская Нива. Алтайагротех-2002» г. Барнаул.



Рисунок 5.62 - Центробежно-решетный ворохоочиститель ВЦР-50 на VII агропромышленной выставке-ярмарке «Алтайская Нива. Алтайагротех-2002» г. Барнаул

Производственные испытания проводились в 2019 году в ООО «Лео» Калманского района Алтайского края, результаты представлены в таблице 5.10. На рисунке 5.63 представлена технологическая схема зерноочистительно-сушильного комплекса с центробежно-решетным ворохоочистителем ВЦР-50, на рисунке 5.64 общий вид зерноочистительно-сушильного комплекса (Приложение Б.23).

Таблица 5.10 - Результаты производственных испытаний ворохоочистителя центробежно-решетного ВЦР-50 в ООО «Лео» Калманского района **(**Дата проведения октябрь 2019 года)

№ п-п	Наименование показателя	Результаты испытаний
1	2	3
2	Обрабатываемый материал	Пшеница Алтайская 75
3	Влажность зерна, %	17
4	Содержание сорных примесей, %	12,6
5	Производительность, т/ч	46,3…48,8
6	Полнота выделения легких примесей, %	70,45
7	Полнота выделения сорных примесей, %	63,7…70,5
8	Потери зерна в отходы, %	0,02
9	Общая эффективность очистки, %	65…72
10	Рабочая площадь решета, $м^2$	2,4
11	Вес машины, кг	1276

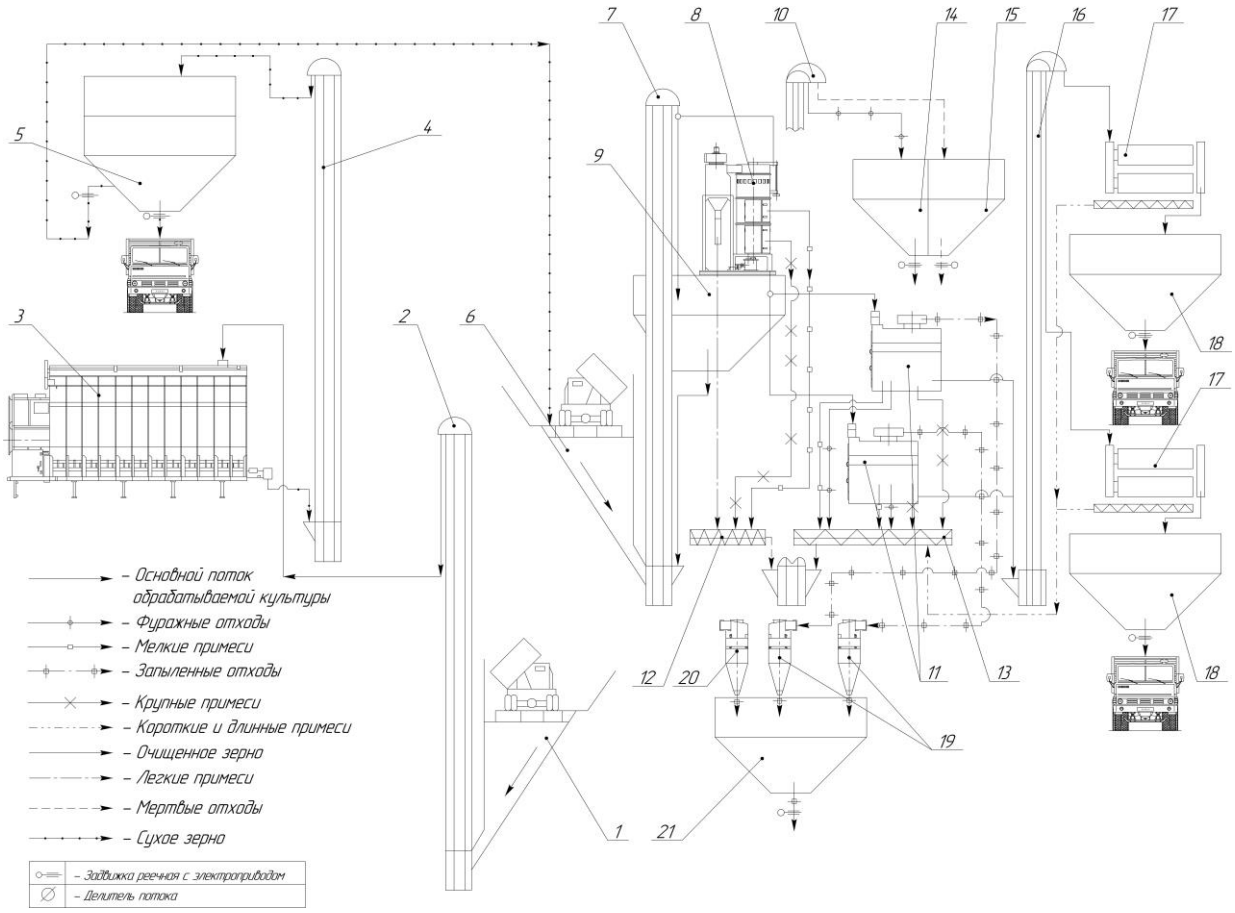


Рисунок 5.63 - Технологическая схема зерноочистительно-сушильного комплекса с центробежно-решетным ворохоочистителем ВЦР-50

1- Завальная яма; 2- нория загрузочная НПК-50; 3- зерносушилка «Sukup» 163; 4 - нория НПК-50; 5- бункер сухого зерна; 6- завальная яма; 7- нория НПК-25; 8- ворохоочиститель центробежно-решетный ВЦР-50; 9- бункер резервный; 10- нория 2НПЗ-20; 11- решетный зерноочиститель NSD1 фирмы «Denis» (Франция) ЗВС-20А; 12- шнек мертвых отходов; 13- шнек фуражных отходов; 14- секция фуражных отходов; 15- секция мертвых отходов; 16- нория 2НПЗ-20; 17- триер ЗАВ-10.90000А; 18- бункер очищенного зерна



Рисунок 5.64 – Общий вид зерноочистительно-сушильного комплекса в ООО «Лео» Калманского района Алтайского края

5.5.2.3 Результаты производственных испытаний центробежно-воздушного сепаратора ЦВС-50

В 2022 году в ООО «ЦСТ-22» (г. Барнаул) была передана конструкторская документация для изготовления промышленного образца центробежно-воздушного сепаратора, в 2023 году изготовленный образец (рисунок 5.65) был смонтирован в СПК «Дружба» Алейского района Алтайского края (рисунки 5.66, 5.67, 5.68) (Приложения Б.29, Б.34).



Рисунок 5.65 – В цехе ООО «ЦСТ-22» 2023 год

Реконструкция зерноочистительного агрегата предусмотрена с применением современной универсальной машины ЗМ-40-Ф5. Помимо машины в комплект входит и аспирационная система. В состав оборудования также входят триерные блоки ЗАВ-10.90000 и центробежно-воздушный сепаратор ЦВС-50 (опытный образец, патент РФ №2675607). Повышения эффективности очистки продовольственного зерна на модернизированном агрегате следует ожидать при включении в технологический процесс машины ЗМ-40-Ф5 и центробежно-воздушного сепаратора ЦВС-50.



Рисунок 5.66 – Монтаж центробежно-воздушного сепаратора в СПК «Дружба» Алейского района Алтайского края (июнь 2023 года)

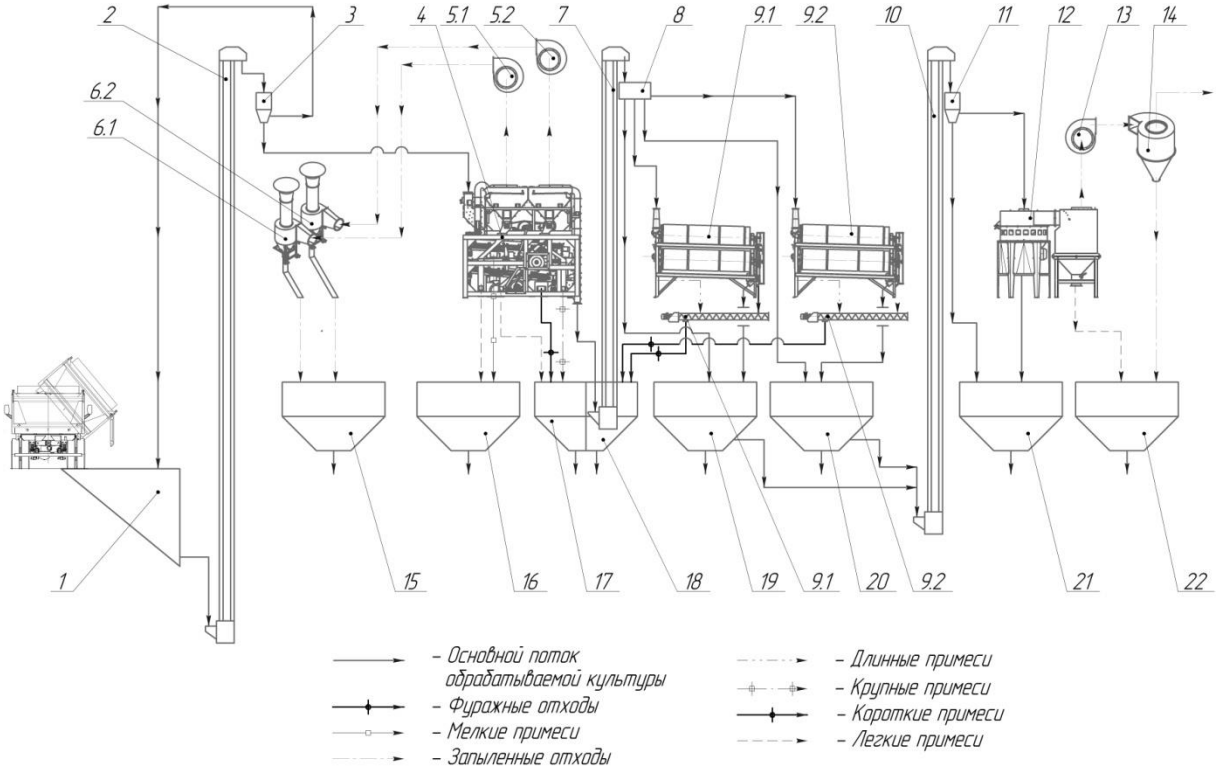


Рисунок 5.67 – Технологическая схема модернизированного зерноочистительного агрегата

1- Завальная яма; 2- загрузочная нория; 3- бункер-распределитель №1; 4- зерноочистительная машина ЗМ-40-Ф5; 5.1,5.2- вентилятор; 6.1,6.2- циклон; 7- нория промежуточная; 8- бункер-распределитель №2; 9.1,9.2- триер ЗАВ-10.90000; 10- нория заключительная 2НПЗ-20; 11- бункер-распределитель №3; 12-

центробежно-воздушный сепаратор ЦВС-50; 13- вентилятор; 14- циклон; 15- бункер аспирационных отходов; 16- бункер мертвых отходов; 17- бункер фуражных отходов; 18- бункер используемых отходов; 19,20- бункер продовольственного зерна; 21- бункер очищенного зерна; 22- бункер аспирационных отходов.



Рисунок 6.68 – Модернизированный зерноочистительный агрегат в СПК «Дружба» Алейского района, Алтайского края

Таблица 5.10 - Результаты производственных испытаний центробежно-воздушного сепаратора ЦВС-50 в СПК «Дружба» Алейского района **(**Дата проведения 2023 год)

№ п-п	Наименование показателя	Результаты испытаний
1	Обрабатываемый материал	Пшеница Алтайская 110
2	Влажность зерна, %	18
3	Содержание сорных примесей, %	12,6
4	Производительность, т/ч	8,5
5	Эффективность очистки от легких примесей, %	85,5
6	Потери зерна в отходы, %	0,5
7	Масса не более (без вентилятора), кг	220

Анализ результатов показывает, что в кольцевом аспирационном канале при расходе воздуха до 3,4 кг/с в зоне сепарации скорость воздушного потока

составляет менее 9,0 м/с, что меньше критической скорости витания для пшеницы. В данном случае нет необходимости увеличивать скорость воздушного потока. Скорость входа в циклон составляет менее 19,5 м/с, что также является рациональным значением (по данным фирмы «Petkus» для циклона FKA 1250).

5.5.2.4 Внедрение мобильного семяочистительного агрегата

На основании теоретических и экспериментальных исследований был разработан с участием автора и изготовлен на базе ФГБУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет» мобильный семяочистительный агрегат (рисунок 5.69) (Приложения Б.16, Б.22).

Мобильный семяочистительный агрегат смонтирован на базе грузового автомобильного прицепа «Kontar» с тандемным шасси, в транспортном положении агрегат закрыт тентом и входит в габаритные размеры прицепа (рисунок 5.70). Прицеп является низкорамным, что позволило разместить на нем стандартные зерноочистительные машины. В основу реализованной технологии и компоновочных решений положены патенты России на изобретение №№ 2749395, 2759788.

В состав агрегата входят машины: центробежно-воздушный сепаратор (патенты России на изобретение №№ № 2675607, 2846686, 2753865), машина вторичной очистки универсальная МВУ-1500 и машина окончательной очистки семян МОС-9Н.

На рисунке 5.71 представлен мобильный семяочистительный агрегат с поднятым тентом в транспортном положении (нории установлены в транспортное положение, самотечный транспорт частично демонтирован), установленный на Межрегиональном агропромышленном форуме «День Сибирского поля – 2018» (Алтайский край. 19-20.06.2018 г.).



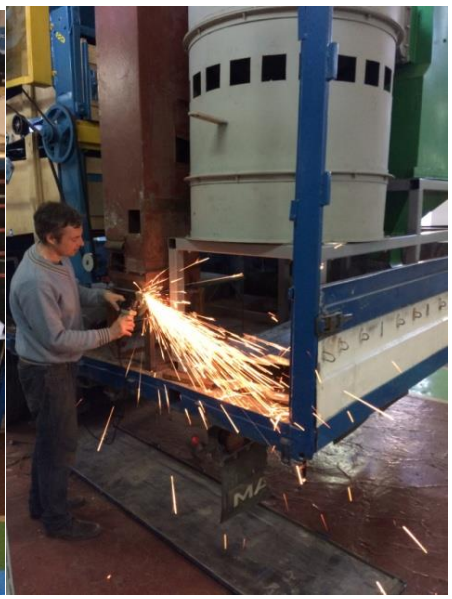




Рисунок 5.69 - Мобильный семяочистительный агрегат (на кафедре СХТиТ ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»)



Рисунок 5.70 - Транспортировка мобильного семяочистительного агрегата





Рисунок 5.71 - Мобильный семяочистительный агрегат на Межрегиональном агропромышленном форуме «День Сибирского поля – 2018» (Алтайский край. 19-20.06.2018 г.).
(слева направо: Леканов С.В. и Стрикунов Н.И)

5.5.2.5 Внедрение мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования

Для решения внутрихозяйственных проблем по послеуборочной очистке зерна и подготовке семян автором был разработан мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования (рисунок 5.72). Агрегат разработан и изготовлен на базе ООО ««АПК «Алтай ЭКО сорт» (г. Барнаул) и внедрен в КФХ «СибГрейн» Омской области, Азовского немецкого национального района (Приложение Б.37).



а



б

Рисунок 5.72 - Мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования в КФХ «СибГрейн» Омской области (июнь 2025 г.): а- транспортное положение; б- рабочее положение

В основе технологии очистки зерна лежит сложная комбинированная машина 5XFZ-40ZA фирмы «Julite» (Китай). На рисунке 5.73 представлен мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования в рабочем моменте.

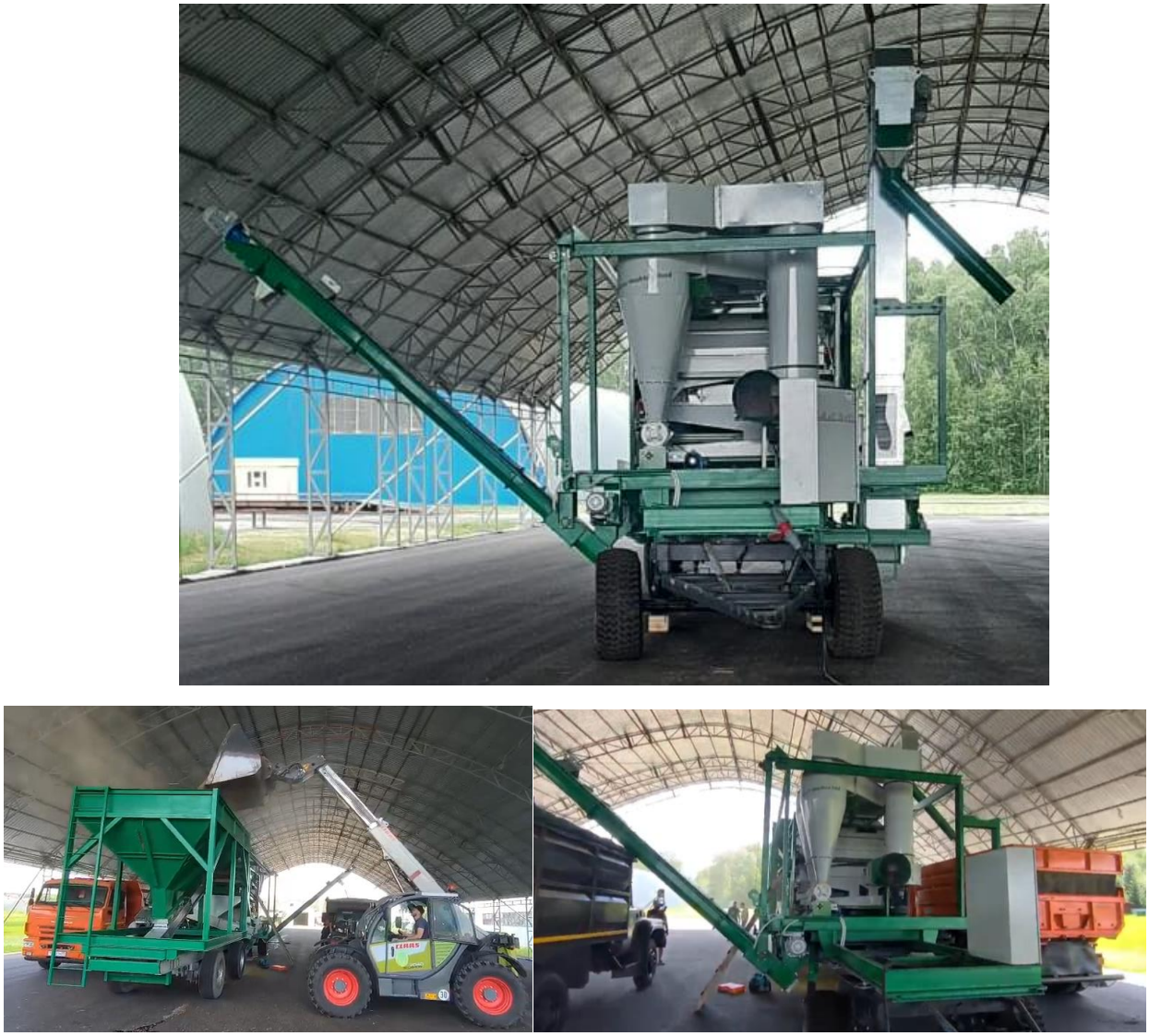


Рисунок 5.73 - Мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования в КФХ «СибГрейн» Омской области (рабочий момент)

Исследования проводились при очистке агрегата в режиме первичной очистки зерна, при производительности до 21 т/ч.

На рисунках 5.74-5.76 представлены результаты работы агрегата на трех культурах: пшенице, чечевице и ячмене.

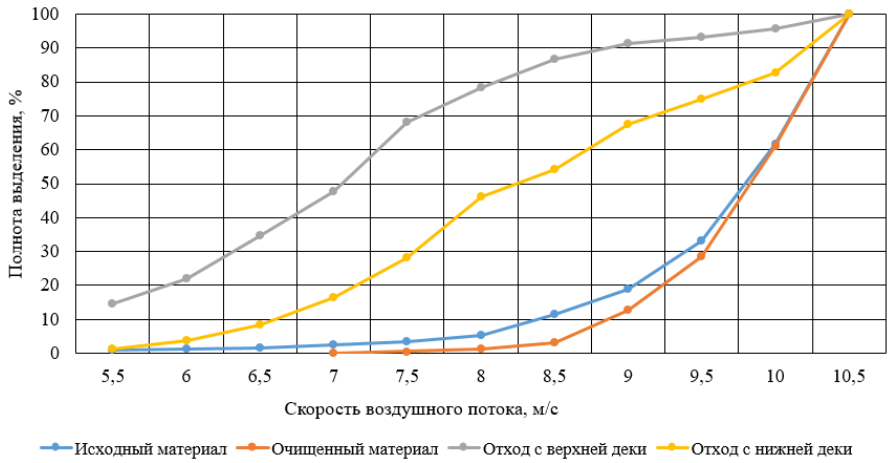


Рисунок 5.74 - Интегральная кривая изменения количества зерновой смеси в зависимости от скорости витания (пшеница)

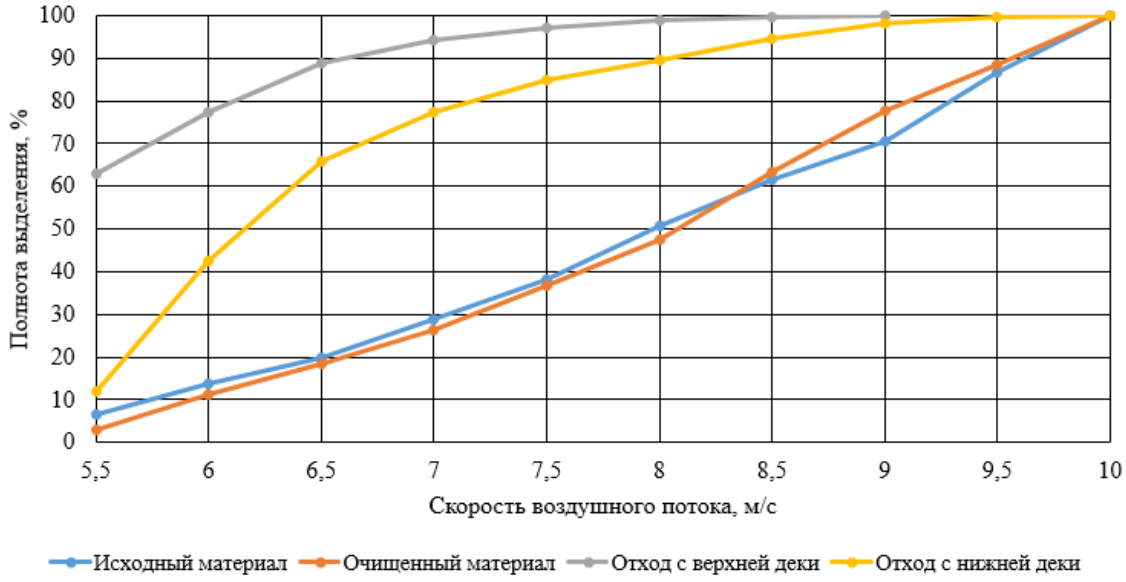


Рисунок 5.75 - Интегральная кривая изменения количества зерновой смеси в зависимости от скорости витания (чечевица)

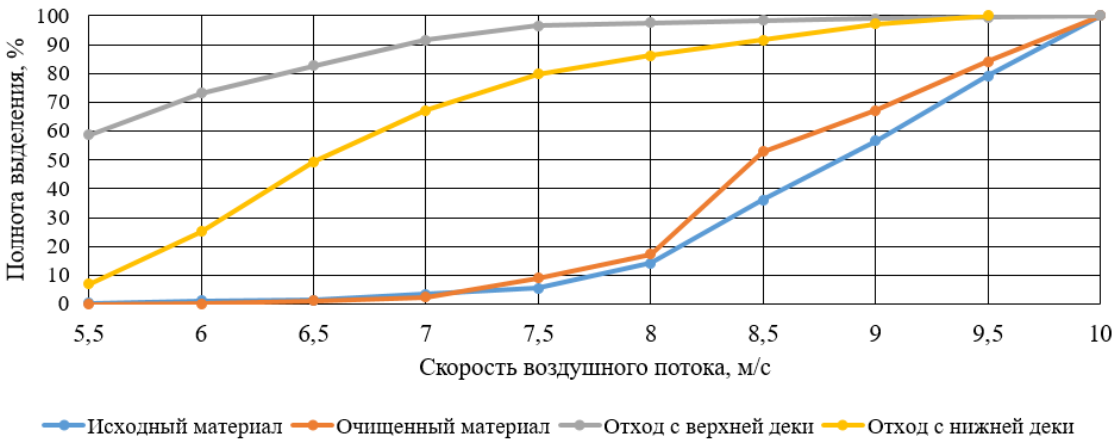


Рисунок 5.76 - Интегральная кривая изменения количества зерновой смеси в зависимости от скорости витания (ячмень)

В таблице 5.11 представлены результаты хозяйственной проверки работы мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования на базе машины 5XFZ-40ZA фирмы «Julite».

Таблица 5.11 - Результаты хозяйственной проверки работы мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования на базе машины 5XFZ-40ZA фирмы «Julite»

№ п-п	Наименование	Культура		
		Пшеница	Чечевица	Ячмень
1	Исходный материал	Н=756 г/л (зерно-97,62%; зерновые отходы-0,99%; отходы-1,39%) m_{1000}=38	Н=650 г/л (зерно-68,3%; зерновые отходы - 24,73; отходы-6,97% m_{1000}=61	Н=624 г/л (зерно-97,42%; зерновые отходы-0,72%; отходы-3,44%) m_{1000}=62
2	Очищенный материал	Н=772 г/л (зерно-99,18%; зерновые отходы-0,58%; отходы-0,24%) m_{1000}=40	Н=704 г/л (зерно-80,73%; зерновые отходы-15,86%; отходы- 3,41%) m_{1000}=62	Н=636 г/л (зерно-98,36%; зерновые отходы-0,37%; отходы-1,27%) m_{1000}=84
3	Эффективность очистки, %	82,73	51,08	63,08

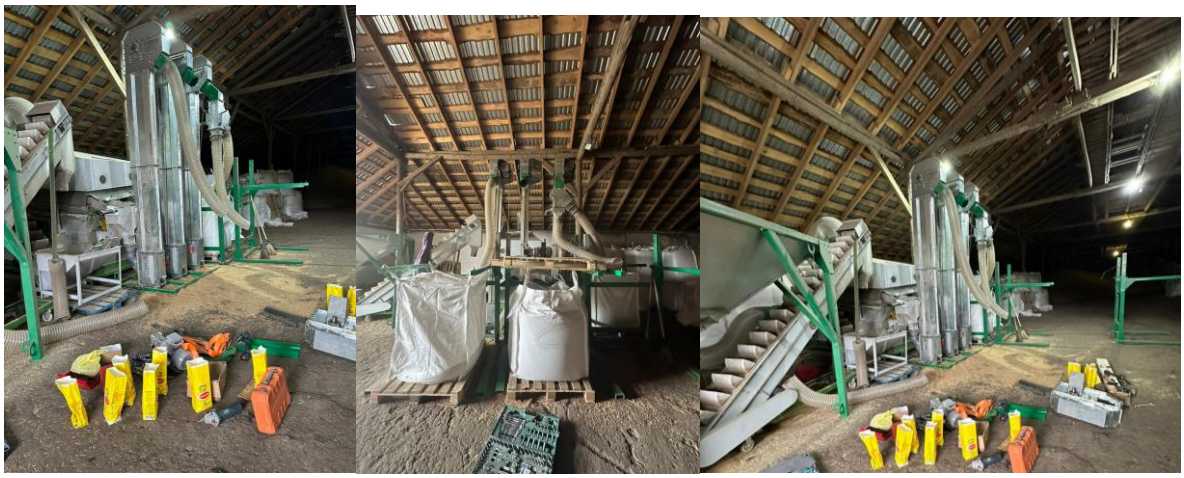
5.5.2.6 Внедрение мобильного монтируемого семяочистительного агрегата

Выбор базовой платформы на этапе проектирования очень сложная задача (в первую очередь с экономической точки зрения). Поэтому наиболее быстрый и менее ресурсоемкий способ внедрить разработанную технологию является использование мобильной монтируемой технологии.

Для быстрого решения по налаживанию нового бизнеса, а именно услуге по очистке семян для ООО «ГЛАВАГРОСНАБ АЛТАЙ» (г. Барнаул) автором был разработан мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (вариант 1), представленный на рисунке 5.77. Агрегат разработан и изготовлен на базе ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт» (г. Барнаул) (Приложение Б.35).



а



б

Рисунок 5.77 - Мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (вариант 1) для ООО «ГЛАВАГРОСНАБ АЛТАЙ» (май 2024 г): а- агрегат в транспортном положении; б- рабочее положение

В последствии, после выбора базовой платформы, мобильный монтируемый семяочистительный агрегат подвергся модернизации с целью уменьшения времени трансформации и уменьшения времени по подготовке агрегата к работе при переезде на новое место работы. На рисунке 5.78 представлен мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (версия 2) на базе ГАЗона «NEXT». Модернизация проведена на базе ООО ««АПК «Алтай ЭКО сорт» (г. Барнаул).







Рисунок 5.78 - мобильный монтируемый семяочистительный агрегат (версия 2) на базе ГАЗона «NEXT» в рабочем положении (июль 2025 г.)

Выводы по главе 5

1. Однофакторные эксперименты позволили определить, что с увеличением толщины активного слоя значение угла α увеличится, что приведет к уменьшению времени пребывания зерновой смеси в активном слое, то есть к снижению эффективности очистки зерна. Увеличение размера отверстий подсевного решета ограничивается допускаемыми потерями для предварительной очистки. Опытами на влажном зерновом материале установлено, что с увеличением влажности с 12 до 22 % эффективность очистки и потери зерна в отходы возрастают, при этом производительность снижается на 4,3 % на 1 % увеличения влажности, что сопоставимо с зависимостью для плоских решет.

2. На основе результатов отсеивающих экспериментов при проведении опытов центробежно-решетного сепаратора сделан вывод, что наибольшее влияние на изменения эффективности работы решета оказывает влажность исходного материала.

3. Экспериментальными исследованиями с использованием теории планирования эксперимента обоснованы рациональные технологические параметры предлагаемого центробежно-решетного сепаратора.

Поиск рациональных значений параметров угловой скорости решета ω_P и угла наклона пластин барабана β_1 проводился в программе Mathcad по двум критериям оптимизации. В результате найдены рациональные значения ω_P=15,79 $с^{-1}$, β_1=28,1…29,3^0.

Полнота выделения мелких примесей при изменении засоренности от 2 до 8 % снижалась и изменялась от 83,47 до 53,72% и потери зерна в отходы не превышали 1%.

4. Результаты производственных испытаний подтвердили высокую эффективность синтезированных технических средств в различных технологических режимах:

- опытный образец ЦРС (модуль аспирации и подсевной блок) при производительности 30 т/ч обеспечил полноту выделения примесей 70,18% при потерях 0,4%, что полностью соответствует агротехническим требованиям;
- ворохоочиститель центробежно-решетный ВЦР-50 в составе полнофункционального блока (аспирация, подсевное и зерновое решета) при производительности до 48,8 т/ч показал эффективность очистки до 70,5% при минимальных потерях в отходы (0,02%);
- центробежно-воздушный сепаратор ЦВС-30 в режиме подготовки семян при производительности 8,5 т/ч обеспечил эффективность очистки 85,5% при потерях 0,5%.

Полученные данные подтверждают адекватность разработанных теоретических моделей и высокую адаптивность мобильных модулей к различным задачам послеуборочной обработки.

5. В ходе производственной проверки мобильных агрегатов подтверждена их высокая эксплуатационная технологичность. Установлено, что время перевода агрегатов из транспортного положения в рабочее (трансформация) составляет от 2 до 4 часов (для схем II, VI, VII), что обеспечивает требуемую оперативность при послеуборочной обработке зерна в различных хозяйствах.

ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1 Технико-экономическая эффективность мобильных зерноочистительных агрегатов

Для обоснования коммерческой целесообразности применения мобильных зерноочистительных агрегатов в сфере оказания технологических услуг по очистке зерна и семян осуществлено сопоставление их технико-экономических показателей. Информационной базой для определения среднерыночной стоимости услуг послужили результаты мониторинга тарифов стационарных семяочистительных линий Алтайского края (по состоянию на октябрь 2025 г.). Методологический фундамент сравнительного анализа составили общепринятая отраслевая методика, согласно ГОСТу 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [47], и разработанная технико-экономическая модель, интегрирующая в себе базовые принципы научно-методического подхода ученых Алтайского ГАУ Миненко А.В., Дьякова А.М. и Стрикунова Н.И. [53]. На рисунке 6.1 представлена схема модели оценки эффективности инвестиций в мобильный зерноочистительный агрегат.

Сравнительный анализ технико-экономической эффективности разработанных мобильных зерноочистительных агрегатов (схемы I и VI) выполнен в сопоставлении со стационарным зерноочистительным комплексом «АгроЛад» [110]. Базовые технико-экономические показатели и исходные данные, приведенные к ценовым условиям 2025 года, систематизированы в таблице 6.1. Моделирование производственного процесса осуществлялось для условий пространственно-распределенной системы обслуживания, включающей количество обслуживаемых производственных объектов 25 единиц, среднее расстояние до объекта - 100 км (Приложение Д, таблицы Д.1-Д.6).

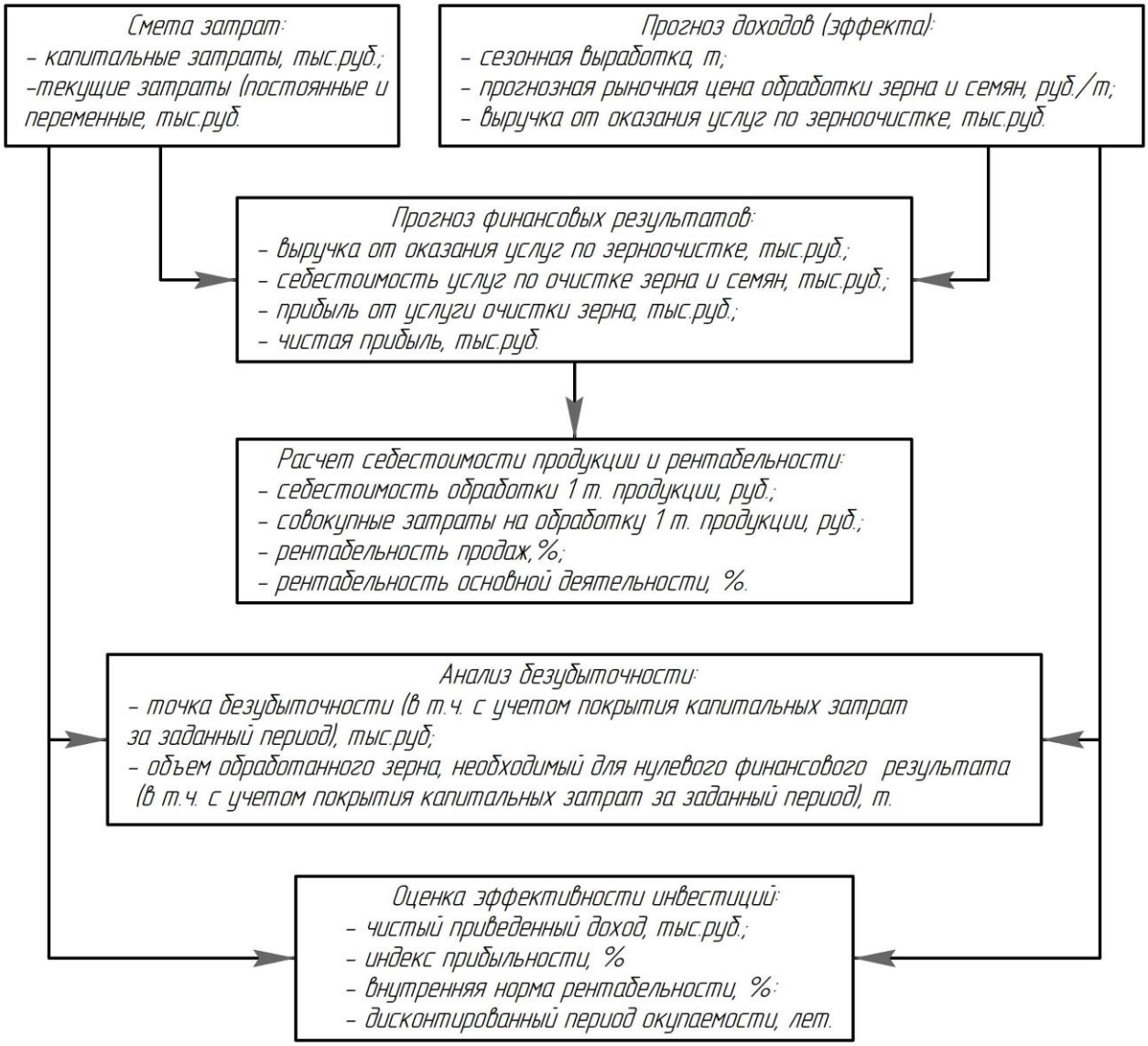


Рисунок 6.1 - Схема модели оценки эффективности инвестиций в машины и оборудование в сельском хозяйстве

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета технико-экономической эффективности применения мобильных зерноочистительных агрегатов при очистке зерна (в ценах 2025 г.)

№ п-п	Показатели	Значение показателей по схемам мобильных зерноочистительных агрегатов		Стационарная линия
		I	VI	(АгроЛад)
1	Стоимость МЗА/стац.агрегата, млн.руб.	10,0	11,75	42,60
2	Производительность, т/ч	30	30	30
3	Количество операторов, чел.	1	2	1
4	Установленная мощность, кВт	48,0	31,15	87,15
5	Средняя цена оказания услуги, руб./кг	2	2	2
6	Сезонная выработка, т/сезон	33221,02	34162,97	35000
7	Количество смен в сезон, смен/сезон	108,57	106,49	128,17

Таблица 6.2 - Экономическая эффективность мобильных зерноочистительных агрегатов

№ п-п	Показатели	Значение показателей по схемам МЗА		Стационарная линия
		I	VI	(АгроЛад)
1	Себестоимость 1т подработанной продукции, руб./т	72	82	192
2	Совокупные затраты переработанной продукции, руб./т	475	482	570
3	Прибыль от оказания услуги на 1т подработанной продукции, руб./т	1928	1918	1808
4	Чистая прибыль на 1т подработанной продукции, руб./т	1525	1518	1430
5	Рентабельность продаж, %	96,4	95,0	90,4
6	Рентабельность деятельности (чистая прибыль к совокупным затратам), %	321,2	314,6	250,7
7	**Чистая прибыль в масштабе СФО, млн. руб.**	**1448,75**	**1442,1**	-

Анализ результатов моделирования, представленных в таблице 6.2, показывает значительное снижение себестоимости 1 т подработанной продукции у мобильных зерноочистительных агрегатов (схемы I и VI) в сравнении со стационарным агрегатом, работающим в режиме получения товарного зерна.

На следующем этапе исследований выполнен сравнительный анализ технико-экономической эффективности функционирования специализированных мобильных зерноочистительных агрегатов, ориентированных на подготовку семенного материала (схемы II, III, IV, V, VI и VII). В качестве базового технологического ориентира (варианта сравнения) принят стационарный семяочистительный комплекс «АгроМельник» [175]. Исходные параметры и базовые технико-экономические показатели, приведенные к единым ценовым условиям 2025 года, систематизированы в таблице 6.3. Математическое моделирование производственно-технологического процесса сепарации осуществлялось в рамках аналогичных граничных условий пространственно-распределенной системы обслуживания: количество рассредоточенных производственных объектов — 25 единиц, среднее расстояние до объекта — 100 км (Приложение Д, таблицы Д.7-Д.12).

.

Таблица 6.3 - Исходные данные для расчета технико-экономической эффективности применения мобильных зерноочистительных агрегатов при очистке семян (в ценах 2025 г.)

№ п-п	Показатели	Значение показателей по схемам мобильных зерноочистительных агрегатов						Стационарная линия
		II	III	IV	V	VI	VII	(Агро-Мельник)
1	Стоимость МЗА/стац. линии, млн. руб.	12,55	22,0	34,64	44,64	11,75	6,61	44,97
2	Производительность, т/ч	6	6	5	5	8	8	5
3	Количество операторов, чел	2	2	2	3	2	2	2
4	Установленная мощность, кВт	50,5	93,1	84,02	134,62	31,15	33,02	57,78
5	Средняя цена оказания услуги, руб./кг	6	8	7	9	4	3	4
6	Сезонная выработка, т/сезон	13858,8	13190,54	11748,32	10897,57	19540,6	15717,28	10000
7	Количество смен в сезон, смен/сезон	231,67	224,48	230,60	225,98	228,49	206,4	205,06

Таблица 6.4 - Экономическая эффективность мобильных зерноочистительных агрегатов при очистке семян

№ п-п	Показатели	Значение показателей по схемам мобильных зерноочистительных агрегатов						Стационарная линия
		II	III	IV*	V*	VI	VII	(АгроМельник)
1	Себестоимость 1т подработанной продукции, руб./т	379	549	734 (901)	1087 (1352)	279	255	658
2	Совокупные затраты переработанной продукции, руб./т	1545	2083	2036 (2170)	2723 (2935)	1053	841	1384
3	Прибыль от оказания услуги на 1т подработанной продукции, руб./т	5621	7451	6266 (6099)	7913 (7648))	3721	2745	3342
4	Чистая прибыль на 1т подработанной продукции, руб./т	4455	5917	4964 (4830)	6277 (6065)	2947	2159	2616
5	Рентабельность продаж, %	93,7	93,1	89,5 (87,1)	87,9 (85,0)	93,0	91,5	83,6
6	Рентабельность деятельности (чистая прибыль к совокупным затратам), %	288,4	284,0	243,8 (222,5)	230,6 (206,7)	279,9	256,9	189,0
7	**Чистая прибыль в масштабе СФО, млн. руб.**	**356,40**	**473,36**	**397,12**	**633,04**	**235,76**	**172,72**	-

*- в скобках представлен расчет при работе МЗА с дизельным генератором

Выводы по главе 6

Проведена технико-экономическая оценка эффективности использования разработанных и внедренных мобильных зерноочистительных агрегатов, подтверждено значительное экономическое преимущество мобильных агрегатов в сравнении со стационарными комплексами аналогичного назначения:

- при очистке продовольственного зерна себестоимость подработки 1 т по схеме VI (82 руб./т) – ниже в 2,34 раза в сравнении со стационарным агрегатом (192 руб./т);
- при очистке семенного материала себестоимость обработки 1 т по схеме II (379 руб./т) ниже в 1,74 раза, а по схемам VI и VII - соответственно в 2,35 и 2,58 раза по сравнению со стационарными семяочистительными линиями.

Обоснован высокий потенциал масштабирования технологий в границах Сибирского федерального округа (СФО):

- при охвате мобильным сервисом всего 5% валового сбора продовольственного зерна зерновых культур СФО (0,95 млн тонн) прогнозируемая чистая прибыль составит 1442,1 млн. рублей (схема VI);
- при обработке 5% зерновых культур семенного фонда региона (80 тыс. тонн) чистая прибыль варьируется соответственно: для схемы VII - 172,72 млн. рублей; для схемы VI – 235,8 млн. рублей; для схемы II – 356,40 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен структурный анализ и систематизация мобильных технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна, на основе которого разработана система классификаций: самопередвижных зерноочистительных машин; мобильных технологий послеуборочной очистки зерна и семян; мобильных зерноочистительных агрегатов по назначению; способов загрузки мобильного зерноочистительного агрегата; мобильных зерносушилок по принципу мобильности; оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов; способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов. Это позволило упорядочить принципы создания адаптивных мобильных систем.

2. Разработана математическая модель функционирования мобильного зерноочистительного агрегата и предложена методика расчета его основных параметров. Теоретически установлена и формализована зависимость сезонной производительности агрегата от пространственной дислокации объектов обработки и их количества. Модель учитывает динамику технологического процесса через параметры времени трансформации МЗА, качественные характеристики исходного зернового вороха, пропускную способность машин, а также коэффициенты сменности и технической готовности, что позволяет оптимизировать использование мобильной техники в масштабах хозяйства или региона.

3. Обоснована и реализована система перспективных структур мобильных зерноочистительных агрегатов (МЗА), обеспечивающая полный технологический цикл послеуборочной обработки зерна и семян. Сформирован типоразмерный ряд из семи базовых структурно-функциональных схем, дифференцированных по целевому назначению и набору рабочих органов:

схема I - **мобильный зерноочистительный модуль** на основе центробежно-решетных и центробежно-воздушных сепараторов с

вертикальной осью вращения. Особенностью является реализация фракционной очистки, обеспечивающей эффективное выделение трудноотделимых примесей при производстве товарного зерна;

схема II - **мобильный семяочистительный агрегат**, интегрирующий модули центробежно-воздушной сепарации, машины вторичной очистки и пневмосортировальный стол. Предназначен для высокоэффективной подготовки семенного материала зерновых, зернобобовых и технических культур;

схема III - **мобильный составной зерно-семяочистительный агрегат**, совмещающий технологические возможности первой и второй схем, что позволяет адаптировать процесс под широкий спектр и качественные характеристики входящего зернового материала;

схема IV - **мобильный семяочистительный агрегат «EcoSort Mobile»**, включающий фотосепаратор и пневмосортировальный стол. Отличается высокоэффективной очисткой по оптическим свойствам и полной энергетической автономностью за счет встроенной дизель-генераторной установки;

схема V - **мобильный комплекс зерно-семяочистительных агрегатов**, объединяющий возможности центробежной сепарации (схема I) и фотосепарации (схема IV) для достижения максимальной чистоты семенного материала;

схема VI - **мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования**, реализующий совмещение процессов предварительной и окончательной очистки зерновой смеси по удельному весу в едином технологическом цикле;

схема VII - **мобильный монтируемый семяочистительный агрегат** на базе пневмосортировального стола. Ориентирован на выполнение специализированных задач по сепарации зернового материала по удельному весу; характеризуется минимальными капитальными вложениями.

Проведена комплексная оценка предложенных схем по технико-экономическим критериям: коэффициент готовности (максимальный - 0,844 для схемы VI); коэффициенты объемной трансформации (наибольшее значение - схема VII с показателем 4,95); энергоэффективность (наиболее энергоэффективным решением является схема VII для семян - 27,05 МДж/т; схема VI для продовольственного зерна - 17,36 МДж/т).

4. Системный анализ и синтез технических решений в области центробежной сепарации позволил разработать инновационную технологическую схему центробежно-решетного сепаратора с вертикальной осью вращения.

На основе математического моделирования выявлены факторы, определяющие эффективность сепарации: соотношение времени продвижения частиц через толщину кольцевого слоя и времени их пребывания на решете (рациональное значение - 3…4 с). Теоретически и экспериментально обоснованы параметры подсевного решета: угол наклона пластин (β_1=28,1…29,3^0), кинематический режим (3,69) и удельная подача (20,5–32,5 т/ч·м²). Установлено, что коэффициент трансформации силового давления должен находиться в интервале 1,0-1,15.

5. Экспериментально установлены зависимости показателей качества работы центробежно-решетного сепаратора (ЦРС) от характеристик исходного вороха в режиме первичной очистки зерна. Установлено, что при изменении засоренности от 2% до 8% полнота выделения мелких примесей варьируется от 83,5% до 53,7% при стабильно низком уровне потерь полноценного зерна (не более 1%).

Результаты производственных проверок подтвердили высокую эффективность синтезированных технических средств в различных технологических режимах:

- опытный образец ЦРС (модуль аспирации и подсевной блок) при производительности 30 т/ч обеспечил полноту выделения примесей 70,18%

при потерях 0,4%, что полностью соответствует агротехническим требованиям;

- ворохоочиститель центробежно-решетный ВЦР-50 в составе полнофункционального блока (аспирация, подсевное и зерновое решета) при производительности до 48,8 т/ч показал эффективность очистки до 70,5% при минимальных потерях в отходы (0,02%);
- центробежно-воздушный сепаратор ЦВС-30 в режиме подготовки семян при производительности 8,5 т/ч обеспечил эффективность очистки 85,5% при потерях 0,5%.

Полученные данные подтверждают адекватность разработанных теоретических моделей и высокую адаптивность мобильных модулей к различным задачам послеуборочной обработки зерна.

6. Проведена технико-экономическая оценка эффективности использования разработанных и внедренных мобильных зерноочистительных агрегатов, подтверждено экономическое преимущество мобильных агрегатов в сравнении со стационарными комплексами аналогичного назначения:

- при очистке продовольственного зерна себестоимость подработки 1 т по схеме VI (82 руб./т) – ниже в 2,34 раза в сравнении со стационарным агрегатом (192 руб./т);
- при очистке семенного материала себестоимость обработки 1 т по схеме II (368 руб./т) ниже в 1,79 раза, а по схемам VI и VII - соответственно в 2,35 и 2,58 раза по сравнению со стационарными семяочистительными линиями.

Обоснован высокий потенциал масштабирования технологий в границах Сибирского федерального округа (СФО):

- при охвате мобильным сервисом всего 5% валового сбора продовольственного зерна зерновых культур СФО (0,95 млн тонн) прогнозируемая чистая прибыль составит 1442,1 млн. рублей (схема VI);
- при обработке 5% зерновых культур семенного фонда региона (80 тыс. тонн) чистая прибыль варьируется соответственно: для схемы VII - 172,72

млн. рублей; для схемы VI – 235,8 млн. рублей; для схемы II – 356,4 млн. рублей.

- В ходе производственной проверки мобильных агрегатов подтверждена их высокая эксплуатационная технологичность. Установлено, что время перевода агрегатов из транспортного положения в рабочее (трансформация) составляет от 2 до 4 часов (для схем II, VI, VII), что обеспечивает требуемую оперативность при послеуборочной обработке зерна в различных хозяйствах.

Результаты исследований внедрены в практику сельскохозяйственных предприятий Сибири в форме внутрихозяйственной эксплуатации и подтвердили высокую коммерческую готовность технических средств к оказанию высоколиквидных услуг по послеуборочной обработке зерна. Кроме того, материалы диссертации интегрированы в учебный процесс профильных вузов (подтверждено соответствующими актами).

7. Результаты выполненных исследований и сформулированные на их основе выводы послужили основой для разработки исходных требований и технических заданий на изготовление опытных образцов центробежно-решетного и центробежно-воздушного сепараторов, мобильного семяочистительного агрегата, мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования, двух вариантов мобильного монтируемого семяочистительного агрегата, а также проектов стационарных зерноочистительных линий послеуборочной обработки зерна в хозяйствах.

Рекомендации производству

Результаты выполненных исследований, а также патенты: центробежно-решетный сепаратор № 2300426; центробежно-решетный сепаратор № 2385775; центробежно-воздушный сепаратор № 2675607; мобильный зерноочистительный агрегат №2749395; центробежно-решетный сепаратор № 2753865; мобильный зерноочистительный агрегат № 2759788; способ послеуборочной обработки зерна № 2777102; цилиндрическое щелевое решето № 2804079; подсевной блок центробежно-решетного сепаратора №

2819285; центробежно-воздушный сепаратор № 2846686; мобильный зерно-семяочистительный агрегат № 2854683; зерно-семяочистительный мобильный агрегат №2861525 рекомендуются для использования предприятиями, выпускающими зерноочистительную технику.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшее развитие научных положений диссертации и практическая реализация результатов связаны со следующими направлениями:

- с разработкой мобильного блочно-модульного оборудования из унифицированных элементов для адаптации агрегатов к региональным климатическим условиям;

- созданием модификаций мобильных зерноочистительных агрегатов для получения товарного зерна на базе разработанного центробежно-решетного сепаратора;

- поиском и обоснованием параметров перспективных подъемно-транспортных механизмов для перемещения зернового материала внутри агрегатов и вывода фракций.

- интеграцией систем интеллектуального мониторинга в структуру мобильных агрегатов для автоматической настройки режимов сепарации в зависимости от изменяющихся характеристик поступающего зернового вороха в режиме реального времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абидуев, А. А. Повышение эффективности технологических процессов фракционной очистки зерна и семян : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Абидуев Андрей Александрович. – Улан-Удэ, 2018. – 48 с.

2. Авдеев, А. В. Механико-технологические основы расчета и проектирования сельскохозяйственных зерносушильных линий : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.04 / Авдеев Аркадий Викторович. – Москва, 1992. – 43 с.

3. Авдеев, Н. Е. Перспективные типы центробежных и гравитационных сепараторов. Теория и анализ конструкций / Н. Е. Авдеев, А. В. Некрасов, С. Б. Резуев, Ю. В. Чернухин. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2005. – 637 с.

4. Авдеев, Н. Е. Центробежные сепараторы для зерна / Н. Е. Авдеев. – Москва : Колос, 1975. – 151 с.

5. Аглиш, Г. И. Передвижная зерноочистительная машина «Союзнаркомзем» завода «Красная звезда» в городе Зиновьевске. Описание и руководство / Г. И. Аглиш, Н. Н. Ульрих. – Москва : Сельхозгиз, 1933. – 44 с.

6. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки и хранения зерна и семян / А. В. Авдеев, В. С. Сечкин, М. А. Новиков [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2005. – 130 с.

7. Азаров, В. М. Обоснование поточной технологии обработки продовольственного зерна на примере хозяйств Лесостепной зоны Алтайского края : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / В. М. Азаров. – Омск, 1974. – 24 с.

8. Андреев, В. Л. Повышение эффективности очистки семян зерновых культур в условиях Евро-Северо-Восточного региона путем разработки и совершенствования технологий и воздушно-решетных машин : диссертация на

соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Андреев Василий Леонидович. – Киров, 2005. – 474 с.

9. Андреев, В. Л. Разработка пневмосистемы зерноочистительной машины с вертикальным кольцевым аспирационным каналом / В. Л. Андреев, А. С. Комкин, В. А. Одегов, В. В. Шилин // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 2 (81). – С. 29–42.

10. Анискин, В. И. Возродить отечественную базу машинной обработки зерна и подготовки семян / В. И. Анискин, Э. В. Жалнин, А. Н. Зюлин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – № 12. – С. 9–11.

11. Бабченко, В. Д. Высокопроизводительные машины для очистки зерна / В. Д. Бабченко, А. М. Корн, А. С. Матвеев // Обзорная информация / ВАСХНИЛ. – Москва, 1982. – 50 с.

12. Бакум, Н. В. Влияние исходной засоренности на полноту разделения семенных смесей / Н. В. Бакум, Н. А. Винокуров, Н. Н. Сансай, В. А. Андреянов // Інженерія природокористування. – 2014. – № 1 (1). – С. 82–84.

13. Барилл, А. В. Исследование вертикального центробежно-вибрационного решета на очистке зернового вороха : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / В. А. Барилл. – Ленинград ; Пушкин, 1963. – 24 с.

14. Баскаков, И. В. Совершенствование технологии послеуборочной обработки и хранения зернового материала : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук : 05.20.01 / Баскаков Иван Васильевич. – Воронеж, 2020. – 339 с.

15. Бауер, А. А. Принципы выбора технологии и машин для очистки и сортирования семян горчицы / А. А. Бауер, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Инженерное обеспечение сельского хозяйства: проблемы, achievements, перспективы : материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель в Алтайском крае, Барнаул, 22–23 октября 2024 г. – Барнаул, 2024. – С. 43–47.

16. Бауер, А. А. Разработка пневмосепаратора с кольцевым многоярусным аспирационным каналом / А. А. Бауер, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, Р. В. Родин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 11 (229). – С. 88–93.

17. Беляев, В. И. Результаты исследования влияния основных параметров подсевного решета на эффективность работы центробежно-решетного сепаратора / В. И. Беляев, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2 (22). – С. 49–54.

18. Бойко, А. А. Интенсификация процессов сепарации зернового материала в стационарных зерноочистительных агрегатах типа ЗАВ : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Бойко Андрей Александрович ; [Место защиты: Азово-Черномор. инженер. ин-т - филиал Дон. гос. аграр. ун-т]. – Ростов-на-Дону, 2019. – 166 с.

19. Бочкарев, А. И. Исследование сепарации семян виброцентрифугированием : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Бочкарев Александр Иванович. – Волгоград, 1970. – 52 с.

20. Брагинец, С. В. Совершенствование технологий и технических средств внутрихозяйственного производства полнорационных комбикормов : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Брагинец Сергей Владимирович. – Ростов-на-Дону, 2022. – 382 с.

21. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва : Наука, 1986. – 544 с.

22. Бурков, А. И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследования, расчет и испытание / А. И. Бурков, Н. П. Сычугов. – Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 261 с.

23. Бурков, А. И. Повышение эффективности функционирования пневмосистем зерно- и семяочистительных машин совершенствованием их технологического процесса и основных рабочих органов : диссертация на

соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Бурков Александр Иванович. – Киров : КСХИ, 1993. – 500 с.

24. Бурков, А. И. Развитие средств механизации послеуборочной обработки зерна и семян в Северо-Восточном регионе / А. И. Бурков, В. Л. Андреев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 6. – С. 22–25.

25. Бутовченко, А. В. Интенсификация процесса сепарации зерновых материалов в отделении очистки семяочистительного агрегата : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / А. В. Бутовченко. – Ростов-на-Дону, 2008. – 23 с.

26. Васильковский, М. И. Повышение эффективности сепарации зерна на быстровращающемся цилиндрическом решете : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / М. И. Васильковский. – Воронеж, 1987. – 24 с.

27. Ветров, В. А. Повышение эффективности использования зерноочистительных агрегатов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.03 / Ветров Владимир Александрович. – Саратов, 1997. – 24 с.

28. Вигдочик, Е. М. Математическое моделирование непрерывных процессов растворения / Е. М. Вигдочик, А. Б. Шейнин. – Ленинград : Химия, 1971. – 248 с.

29. Галкин, В. Д. Технологии, машины и агрегаты послеуборочной обработки зерна и подготовки семян / В. Д. Галкин, А. Д. Галкин ; Пермский аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова. – Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2021. – 234 с.

30. Гаршин, В. С. Оптимизация нагрузочного режима машины вторичной очистки зерна на основе комплексной оценки свойств исходного материала : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / В. С. Гаршин. – Новосибирск, 1988. – 18 с.

31. Гиевский, А. М. Повышение эффективности работы универсальных воздушно-решетных зерноочистительных машин : диссертация на соискание

ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Гиевский Алексей Михайлович. – Воронеж, 2017. – 364 с.

32. Головин, Н. Д. Трансформация мобильных зерноочистительных агрегатов / Н. Д. Головин, С. В. Леканов // Наука и молодежь : материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Барнаул, 19–23 апреля 2021 г.) : инженерно-технические науки : в 2 т. / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова ; отв. ред. М. В. Гунер. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2021. – Т. 1. – С. 204–206.

33. Гончаров, Е. С. Механико-технологическое обоснование и разработка универсальных виброцентробежных зерновых сепараторов : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Гончаров Евгений Сергеевич ; Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ВИМ). – Москва, 1986. – 34 с.

34. Гортинский, В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1980. – 304 с.

35. Горячкин, В. П. Собрание сочинений : в 3 т. / В. П. Горячкин. – Москва : Колос, 1965. – Т. 1. – С. 244–253, 435–437.

36. Горячкин, В. П. Собрание сочинений : в 3 т. / В. П. Горячкин. – Москва : Колос, 1965. – Т. 3. – С. 183–185.

37. ГОСТ 10842-89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – Введ. 1991–07–01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1989. – 4 с.

38. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа : сборник ГОСТов. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – С. 3–12.

39. ГОСТ 12037-81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян // Семена сельскохозяйственных культур.

Методы анализа : сборник ГОСТов. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – С. 13–31.

40. ГОСТ 12039-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа : сборник ГОСТов. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – С. 61–100.

41. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян // Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа : сборник ГОСТов. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – С. 107–109.

42. ГОСТ 13586.3-83. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб // Зерно. Методы анализа : сборник ГОСТов. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 102–120.

43. ГОСТ 13586.5-93. Зерно. Метод определения влажности // Зерно. Методы анализа : сборник ГОСТов. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – С. 128–138.

44. ГОСТ 33735-2016. Техника сельскохозяйственная. Машины зерноочистительные. Методы испытаний. – Введ. 2017–04–01. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 53 с.

45. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. – Введ. 2006–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2005. – 39 с.

46. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 2019–04–01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 12 с.

47. Дворникова, О. Д. К вопросу компоновки решет центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения / О. Д. Дворникова, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского ГАУ, 2016. – № 2. – С. 10–11.

48. Гришин, Д. О. Применение центробежно-воздушного сепаратора в послеуборочной обработке зерна и семян / Д. О. Гришин, С. В. Леканов // Наука и молодежь : материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Барнаул, 18–22 апреля 2022 г.) : в 2 ч. Ч. 1 : инженерно-технические науки. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2022. – Т. 1. – С. 14–16.

49. Демидов, А. Р. Передвижной зерноочистительный агрегат ЗА-40 (устройство и указания по эксплуатации) / А. Р. Демидов, Г. С. Демин, Н. И. Луткин [и др.]. – Москва : Заготиздат, 1958. – 87 с.

50. Дринча, В. М. Технологические и технические решения очистки и сортирования при подготовке высококачественных семян зерновых культур : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Дринча Василий Михайлович. – Москва, 1997. – 52 с.

51. Дринча, В. М. Эволюция зерно-семяочистительной техники в России / В. М. Дринча, Ю. С. Ценч // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 1. – С. 24–33.

52. Дринча, В. М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки / В. М. Дринча. – Воронеж : НПО «МОДЭК», 2006. – 384 с.

53. Дьяков, А. М. Технические и экономические аспекты оценки эффективности инвестиций в машины и оборудование в сельском хозяйстве / А. М. Дьяков, А. В. Миненко, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 8 (130). – С. 129–134.

54. Евтягин, В. Ф. Исследование параметров движения решетных станов с целью повышения эффективности работы зерноочистительных машин : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.10 / В. Ф. Евтягин. – Новосибирск, 1983. – 16 с.

55. Елизаров, В. П. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЦВМ) / В. П. Елизаров. – Москва : Колос, 1977. – 216 с.

56. Ермольев, Ю. И. Проектирование технологических процессов и воздушно-решетных и решетных зерноочистительных машин : монография / Ю. И. Ермольев, А. В. Бутовченко, М. Н. Московский, М. В. Шелков. – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2010. – 639 с.

57. Ермольев, Ю. И. Технологические основы интенсификации процесса сепарации зерна воздушно-решетными зерноочистительными машинами и агрегатами : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Ю. И. Ермольев ; Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения. – Ростов-на-Дону, 1990. – 45 с.

58. Завьялов, А. П. О возможности выделения коротких примесей на центробежно-решетных сепараторах / А. П. Завьялов, А. К. Туров // Очистка и сортирование семян сельскохозяйственных культур : сборник научных трудов / Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ). – Новосибирск, 1991. – С. 61–65.

59. Заика, П. М. К вопросу составления дифференциальных уравнений движения вибрационно-центробежных сепараторов и виброцентрифуг с инерционными вибраторами / П. М. Заика, Д. И. Мазоренко // Труды Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства. – Челябинск, 1972. – Вып. 69. – С. 51–57.

60. Земсков, В. И. Расчет надежности технологических линий получения и очистки соевого масла / В. И. Земсков, Г. М. Харченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 5 (25). – С. 47–52.

61. Земсков, В. И. Системный подход при исследовании технологических линий получения и очистки соевого масла / В. И. Земсков, Г. М. Харченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 4 (24). – С. 66–68.

62. Зильбернагель, А. В. Интенсификация процесса сепарации зерна на плоских решетах с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / А. В. Зильбернагель. – Новосибирск, 2005. – 16 с.

63. Зимин, Е. М. Комплексы для очистки, сушки и хранения семян в нечерноземной зоне / Е. М. Зимин. – Москва : Россельхозиздат, 1978. – 159 с.

64. Зюлин, А. Н. Теоретические проблемы развития технологий сепарирования зерна / А. Н. Зюлин ; Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ВИМ). – Москва : ВИМ, 1992. – 206 с.

65. Иванов, Н. М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. История развития : учебно-методическое пособие / Н. М. Иванов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов ; Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) ; под научной редакцией Н. М. Иванова. – Новосибирск : Изд-во СО РАСХН, 2012. – 106 с.

66. Иванов, Н. М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерноочистительные машины : учебное пособие / Н. М. Иванов, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов ; Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) ; под научной редакцией Н. М. Иванова. – Новосибирск : Изд-во СО РАСХН, 2013. – 326 с.

67. Иванов, Н. М. Сепарация зерна на конических решетах с профилированной поверхностью : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Н. М. Иванов. – Новосибирск, 1988. – 171 с.

68. Иванов, Н. М. Технологии и комплексы технических средств для послеуборочной обработки зерна в Западной Сибири : рекомендации / Н. М. Иванов, В. Р. Торопов, В. А. Сабашкин ; Сибирское отделение Российской академии сельскохозяйственных наук. – Новосибирск : Редакция журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», 2021. – 95 с.

69. Иванов, Н. М. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян : монография / Н. М. Иванов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов ; Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН. – Новосибирск : СФНЦА РАН, 2021. – 277 с.

70. Иванов, Н. М. Технологическое и техническое обеспечение интенсификации сушки зерна с учетом ресурсосбережения : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Иванов Николай Михайлович. – Новосибирск, 2001. – 382 с.

71. Керимов, М. А. Моделирование технологических процессов послеуборочной обработки зерна с учетом вероятностной природы условий их функционирования : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01, 05.20.03 / Керимов Мухтар Ахмиевич. – Ленинград — Пушкин, 1985. – 203 с.

72. Ким, Р. А. Экспериментальные исследования процесса сепарирования зерновых смесей коническими ступенчатыми центрифугами / Р. А. Ким, В. Т. Яковлев // Труды Алтайского сельскохозяйственного института. – 1966. – Вып. 7. – С. 57–68.

73. К вопросу проблематики пылеобразования в процессе послеуборочной обработки зерна на стационарных и передвижных зерноочистительных комплексах / В. И. Оробинский, П. А. Скуридин, А. С. Корнев, Н. А. Бондаренко // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК : материалы международной научно-практической конференции (Воронеж, 29 января 2026 г.) / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – Воронеж, 2026. – С. 43–48.

74. Леженкин, А. Н. Исследование и разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий и технических средств уборки и послеуборочной доработки зерна для крестьянских и фермерских хозяйств : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Леженкин Александр Николаевич. – Санкт-Петербург, 2005. – 34 с.

75. Лейкин, Я. И. Основы классификации просеивающих машин // Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов : сборник научных трудов / Всесоюзный научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ). – Москва, 1963. – Вып. 42. – С. 7–17.

76. Леканов, С. В. Классификация мобильных зерносушилок / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, А. С. Руденок // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Рубцовск, 27–28 октября 2017 г.) / Рубцовский индустриальный институт ; под редакцией С. А. Гончарова, Е. А. Дудник. – Рубцовск, 2017. – С. 131–140.

77. Леканов, С. В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерносушилки : учебное пособие / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, В. В. Старцева. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2016. – 142 с.

78. Леканов, С. В. Новое цилиндрическое щелевое решето для сепарации зерна / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. А. Черкашин // Сельский механизатор. – 2019. – № 11. – С. 20–21.

79. Леканов, С. В. Обоснование параметров цилиндрического подсевного решета с внутренним пластинчатым барабаном центробежно-решетного сепаратора с вертикальной осью вращения : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Леканов Сергей Валерьевич. – Барнаул, 2006. – 158 с.

80. Леканов, С. В. Очистка зерна самопередвижными зерноочистительными машинами / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, М. Е. Микитюк, Н. М. Чуклин // Молодой ученый. – 2020. – № 49 (339). – С. 37–39.

81. Леканов, С. В. Способы загрузки мобильных зерноочистительных агрегатов / С. В. Леканов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса : сборник докладов Международной научно-практической конференции (Сыктывкар, 29 октября 2021 г.). – Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2021. – С. 67–71.

82. Леканов, С. В. Зерноочистительные машины : учебное пособие / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2010. – 88 с.

83. Леканов, С. В. Зерно-семяочистительный сушильный комплекс / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, В. Е. Лугачев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 3 (233). – С. 111–116.

84. Леканов, С. В. К вопросу классификации способов очистки решет зерноочистительных машин / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, А. А. Хижников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6 (92). – С. 91–94.

85. Леканов, С. В. К вопросу классификации способов очистки решет зерноочистительных машин / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, А. А. Хижников // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск : ООО ИА «АПК-ЗЕРНО», 2012. – № 6 (156). – С. 30–32.

86. Леканов, С. В. К вопросу классификации способов предварительной подготовки зернового материала / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. А. Черкашин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (114). – С. 142–148.

87. Леканов, С. В. Классификация оперативных емкостей мобильных зерноочистительных агрегатов / С. В. Леканов, А. А. Шааб // Ползуновский альманах. – 2022. – № 3. – С. 120–123.

88. Леканов, С. В. Классификация самопередвижных зерноочистительных машин / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (207). – С. 104–108.

89. Леканов, С. В. Классификация способов трансформации мобильных зерноочистительных агрегатов / С. В. Леканов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XX Международной научно-практической конференции (Барнаул, 6 февраля 2025 г.) : в 2 кн. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2025. – Кн. 1. – С. 121–122.

90. Леканов, С. В. Концепция применения мобильных технологий в послеуборочной обработке зерна и семян / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9 (215). – С. 97–101.

91. Леканов, С. В. Методика оценки эффективности очистки зерна на подсевном решете в центробежно-решетном сепараторе / С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – Вып. № 2 (14). – С. 148–150.

92. Леканов, С. В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зернопогрузчики, зернометатели и протравливатели : учебное пособие / С. В. Леканов, А. А. Хижников, Н. И. Стрикунов. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2013. – 117 с.

93. Леканов, С. В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Самопередвижные зерноочистительные машины : учебное пособие / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Н. М. Чуклин [и др.]. – Барнаул : Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, 2022. – 207 с.

94. Леканов, С. В. Мобильные технологии в послеуборочной обработке зерна и семян / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Актуальные агросистемы. – 2022. – № 1–2. – С. 38–39.

95. Леканов, С. В. Мобильный зерноочистительный агрегат для мелких фермерских хозяйств и крупных агрохолдингов / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири : материалы Международной научно-технической конференции (р.п. Краснообск, 7–8 октября 2021 г.) / Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН. – Новосибирск, 2021. – С. 57–61.

96. Леканов, С. В. Мобильный зерно-семяочистительный агрегат для внутрихозяйственного использования / С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 4 (246). – С. 100–105.

97. Леканов, С. В. Мобильный комплекс машин для послеуборочной очистки семян / С. В. Леканов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции (Барнаул, 8–

9 февраля 2024 г.) : в 2 кн. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2024. – Кн. 1. – С. 117–119.

98. Леканов, С. В. Моделирование процессов функционирования центробежно-воздушного сепаратора для послеуборочной обработки зерна / С. В. Леканов, С. Ф. Сороченко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 8 (238). – С. 110–120.

99. Леканов, С. В. Модернизированный вариант типового зерноочистительного агрегата / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 9–10 февраля 2022 г.) : в 2 кн. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2022. – Кн. 2. – С. 52–54.

100. Леканов, С. В. Обоснование параметров цилиндрического подсевного решета / С. В. Леканов. – Saarbrucken, Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 156 с.

101. Леканов, С. В. Основные направления развития мобильной зерноочистительной техники / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (116). – С. 120–124.

102. Леканов, С. В. Охрана труда на зерно-семяочистительных сушильных комплексах / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Н. В. Абашев [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул : Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, 2022. – 63 с.

103. Леканов, С. В. Охрана труда на зерно-семяочистительных сушильных комплексах : методическое пособие / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Н. В. Абашев, А. С. Руденок. – Барнаул : Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, 2020. – 64 с.

104. Леканов, С. В. Перспективы послеуборочной очистки зерна и семян / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. А. Черкашин // Актуальные агросистемы. – 2019. – № 1–2. – С. 26–28. *(*

105. Леканов, С. В. Перспективы развития мобильных комбинированных машин для послеуборочной обработки зерна и семян / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Р. В. Родин // Инженерное обеспечение сельского хозяйства: проблемы, достижения, перспективы : материалы I Международной научно-практической конференции (Барнаул, 22–23 октября 2024 г.). – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2024. – С. 62–66.

106. Леканов, С. В. Плоскорешетные сепараторы с кольцевым пневмосепарирующим каналом / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 12 (206). – С. 107–111.

107. Леканов, С. В. Разработка и внедрение в производство новых технических решений для технологий послеуборочной обработки зерна / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, И. Н. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (221). – С. 98–104.

108. Леканов, С. В. Семяочистительная линия на базе машин фирмы Julite / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, В. Е. Лугачев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 3 (245). – С. 80–86.

109. Леканов, С. В. Совершенствование технологии очистки семян зерновых и технических культур / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, Р. А. Куницын // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 7 (201). – С. 110–115.

110. Леканов, С. В. Современный зерноочистительно-сушильный комплекс в ООО «АгроЛад» Первомайского района Алтайского края / С. В. Леканов, А. П. Ломакин, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (196). – С. 120–126.

111. Леканов, С. В. Способы загрузки стационарных зерноочистительных комплексов / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 9–10 февраля 2023 г.) : в 2 кн. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2023. – Кн. 2. – С. 137–139.

112. Леканов, С. В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян : рекомендации / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Барнаул : Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса, 2019. – 74 с.

113. Леканов, С. В. Технологическое и техническое обеспечение производства семян в элитно-семеноводческих хозяйствах / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2018. – № 2 (69). – С. 80–86.

114. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва ; Ленинград : Сельхозиздат, 1955. – 764 с.

115. Линенко, А. В. Центробежно-решетный сепаратор с дугостаторным электроприводом / А. В. Линенко, Б. Р. Халилов, И. Ф. Шафиков // Наука молодых – инновационному развитию АПК : материалы XV Нац. научно-практической конференции молодых ученых (Уфа, 16–17 ноября 2022 г.) / Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа, 2022. – Ч. 2. – С. 58–61.

116. Мазоренко, Д. И. Определение закона движения вибрационно-центробежного сепаратора // Труды Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства. – Челябинск, 1973. – Вып. 62. – С. 245–252.

117. Манасян, М. С. Имитационное моделирование процесса поступления зернового вороха на комплекс послеуборочной обработки зерна / М. С. Манасян, Г. С. Манасян, И. С. Андгуладзе // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых (Красноярск, 26–27 марта 2013 г.). – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2013. – С. 51–55.

118. Машина первичной очистки зерна МЗП-50-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Воронеж : Издательство «Коммуна», 1988. – 64 с.

119. Машины, агрегаты и комплексы послеуборочной обработки зерна и семян трав / под редакцией Н. П. Сычугова. – Киров : Изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. – 404 с.

120. Мельников, Б. Н. Исследование процесса разделения зерновой смеси на подсевных центробежно-вибрационных решетах : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.02.13 / Б. Н. Мельников. – Саратов, 1971. – 176 с.

121. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации. – Москва, 1998. – 219 с.

122. Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации / Ф. Ф. Мухамадьяров, В. А. Фигурин, В. П. Ашихмин [и др.]. – Киров, 1997. – 62 с.

123. Микитюк, М. Е. Выбор рациональной схемы компоновки мобильного зерноочистительного агрегата / М. Е. Микитюк, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении проблем XXI века. – Ачинск : Ачинский ф-л Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2018. – С. 127–129.

124. Микитюк, М. Е. Организация безопасной работы на мобильном зерноочистительном агрегате / М. Е. Микитюк, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Молодой ученый. – 2025. – № 45(596). – С. 36-39.

125. Микитюк, М. Е. Параметры гравитационного сепарирующего устройства к загрузочной нории / М. Е. Микитюк, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (221). – С. 94–98.

126. Микитюк, М. Е. Параметры движения зерна по конической обечайке со ступенчатой поверхностью / М. Е. Микитюк, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (195). – С. 101–106.

127. Микитюк, М. Е. Повышение эффективности очистки зерна на цилиндрическом подсевном решете : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 4.3.1 / Микитюк Максим Евгеньевич ; [Место

защиты: Алтайский государственный аграрный университет]. – Барнаул, 2023. – 193 с.

128. Минаев, В. Н. Исследование работы вертикального цилиндрического решета, вращающегося вокруг неподвижной оси // Доклады ВАСХНИЛ. – 1969. – № 5. – С. 40–41.

129. Михайлов, Е. В. Методология обоснования состава и функциональных параметров технических средств послеуборочной обработки зерна (на примере Юга Украины) : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.05.11 / Е. В. Михайлов ; Таврический государственный агротехнологический университет. – Мелитополь, 2014. – 413 с.

130. Михайловский, Е. И. Эксплуатация зерноочистительно-сушильных комплексов отечественных производителей : пособие / Е. И. Михайловский, И. Н. Шило. – Минск : БГАТУ, 2011. – 348 с.

131. Мобильная линия подготовки семян ЛПС-25/5П «Лилея» // Белорусское сельское хозяйство. – 2021. – № 7 (231). – С. 108–115.

132. Мокшин, П. Н. Опыт механизированной очистки зерна на токах / П. Н. Мокшин. – Барнаул : Алтайское книжное издательство, 1955. – 90 с.

133. Морозов, В. В. Зерноочистительно-сушильные комплексы и поточные линии / В. В. Морозов, Н. Я. Щепилов. – Великие Луки : Редакционно-издательский центр Великолукской государственной сельскохозяйственной академии, 2002. – 366 с.

134. Московский, М. Н. Синтез системных решений технологического процесса получения семян на основе структурно-функционального моделирования : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Московский Максим Николаевич. – Краснодар, 2017. – 44 с.

135. Мударисов, С. Г. Совершенствование технологических линий для послеуборочной обработки зерна в хозяйствах / С. Г. Мударисов, И. Д. Бадретдинов // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Ульяновск, 06–08 февраля

2008 г.) / Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2008. – С. 144–147.

136. Непомнящий, Е. А. Математическое описание кинетики процесса сепарирования сыпучих материалов // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ). – Москва, 1967. – Вып. 61–62. – С. 43–49.

137. Несиков, А. А. Исследование процесса очистки семян зерновых культур от длинных примесей в виброцентробежном сепараторе : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / А. А. Несиков. – Воронеж, 1986. – 23 с.

138. Новик, Ф. С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – Москва : Машиностроение ; София : Техника, 1980. – 304 с.

139. Олейников, В. Д. Агрегаты и комплексы для послеуборочной обработки зерна / В. Д. Олейников, В. В. Кузнецов, Г. И. Гозман. – Москва : Колос, 1977. – 112 с.

140. Оробинский, В. И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / В. И. Оробинский. – Воронеж, 2007. – 40 с.

141. Павловский, Г. Т. Основные вопросы технологии очистки семян зерновых культур : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Г. Т. Павловский. – Саратов, 1969. – 68 с.

142. Папин, Б. Д. Разработка метода математического моделирования для решения задач оптимальной очистки зерна сепараторами технологической линии : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Папин Борис Дмитриевич. – Челябинск, 1994. – 36 с.

143. Патент № 2300426 Российская Федерация, МПК B07B 1/22, B07B 9/00. Центробежно-решетный сепаратор : № 2005129439/03 : заявл. 21.09.2005 : опубл.

10.06.2007, Бюл. № 16 / Б. Т. Тарасов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, И. А. Зиновьев.

144. Патент № 2385775 Российская Федерация, МПК B07B 1/22, B07B 9/00. Центробежно-решетный сепаратор : № 2009106625/03 : заявл. 25.02.2009 : опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10 / Б. Т. Тарасов, Н. И. Стрикунов, А. А. Хижников, С. В. Леканов.

145. Патент № 2675607 Российская Федерация, МПК B07B 7/083. Центробежно-воздушный сепаратор : № 2017146182 : заявл. 26.12.2017 : опубл. 20.12.2018, Бюл. № 35 / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. А. Черкашин.

146. Патент № 2749395 Российская Федерация, МПК B07B 9/00. Мобильный зерноочистительный агрегат : № 2020132603 : заявл. 01.10.2020 : опубл. 09.06.2021, Бюл. № 16 / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. А. Черкашин [и др.].

147. Патент № 2753865 Российская Федерация, МПК B07B 1/26, B07B 9/00. Центробежно-решетный сепаратор : № 2020144068 : заявл. 29.12.2020 : опубл. 24.08.2021, Бюл. № 24 / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк.

148. Патент № 2759788 Российская Федерация, МПК B07B 9/00. Мобильный зерноочистительный агрегат : № 2020135095 : заявл. 26.10.2020 : опубл. 17.11.2021, Бюл. № 32 / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов.

149. Патент № 2777102 Российская Федерация, МПК A01F 12/44. Способ послеуборочной обработки зерна : № 2021140025 : заявл. 30.12.2021 : опубл. 01.08.2022, Бюл. № 22 / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк.

150. Патент № 2804079 Российская Федерация, МПК B07B 1/22. Цилиндрическое щелевое решето : № 2023106632 : заявл. 20.03.2023 : опубл. 26.09.2023, Бюл. № 27 / Н. М. Иванов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, М. Е. Микитюк.

151. Патент № 2819285 Российская Федерация, МПК B07B 1/22, B07B 9/00. Подсевной блок центробежно-решетного сепаратора : № 2023134570 : заявл.

20.12.2023 : опубл. 16.05.2024, Бюл. № 14 / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов, С. Ф. Сороченко [и др.].

152. Патент № 2846686 Российская Федерация, МПК B07B 7/083. Центробежно-воздушный сепаратор : № 2024137923 : заявл. 16.12.2024 : опубл. 11.09.2024, Бюл. № 26 / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Бауер, Д. П. Гребенюк.

153. Патент № 2854683 Российская Федерация, МПК B07B 9/00, A01F 12/44. Мобильный зерно-семяочистительный агрегат : № 2025100359 : заявл. 09.01.2025 : опубл. 15.01.2026, Бюл. № 2 / С. В. Леканов, С. Ф. Сороченко, Н. И. Стрикунов.

154. Патент № 2861525 Российская Федерация, МПК B07B 9/00. Зерно-семяочистительный мобильный агрегат : № 2025113183 : заявл. 19.05.2025 : опубл. 05.05.2026, Бюл. № 13 / С. В. Леканов, С. Ф. Сороченко, Н. И. Стрикунов.

155. Патрин, А. В. Обоснование процесса сегрегации при инерционном сдвиговом течении зернового вороха в горизонтальном цилиндрическом решете : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / А. В. Патрин. – Новосибирск, 2004. – 19 с.

156. Патрин, В. А. Определение оптимальных режимов работы вертикальных цилиндрических виброрешет графическим способом / В. А. Патрин, А. В. Патрин, В. А. Крум // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 8. – С. 11–12.

157. Патрин, В. А. Разработка теории взаимодействия обрабатываемого зерна с рабочими органами зерноочистительных машин с позиции синергетики : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Патрин Василий Александрович. – Новосибирск, 2015. – 354 с.

158. Перекопский, А. Н. Технико-технологические решения в проектировании пунктов послеуборочной обработки семян трав в семхозах // Сельское хозяйство – драйвер российской экономики (для обсуждения и выработки решений) : материалы международной агропромышленной выставки-ярмарки «Агрорусь-2016» / Оргкомитет выставки. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 257–258.

159. Полуэктов, Н. И. К вопросу сепарирования семенных смесей центрифугированием // Труды Благовещенского сельскохозяйственного института. – Благовещенск, 1961. – Т. 2. – С. 145–153.

160. Прохоров, В. А. К вопросу классификации аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения / В. А. Прохоров, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Молодежь – Барнаулу : материалы XVIII городской научно-практической конференции молодых ученых / под главной редакцией Ю. В. Анохина. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного университета, 2017. – С. 13–16.

161. Резниченко, М. Я. Вопросы теории цилиндрических барабанов зерноочистительных машин // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ). – Москва, 1958. – Вып. 18. – С. 57.

162. Романов, И. А. Обоснование режимов сепарации зерна при продольных прямолинейных и поперечных крутильных колебаниях плоских решет : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / И. А. Романов. – Челябинск, 2002. – 19 с.

163. Сабиев, У. К. Сепарирование зерна, движущегося по плоскому решету, совершающему поперечные колебания / У. К. Сабиев, А. Н. Яцунов, И. В. Скусанов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3 (47). – С. 97–101.

164. Саитов, В. Е. Повышение эффективности функционирования зерноочистительных машин путем совершенствования их основных рабочих органов и пневмосистем с фракционной сепарацией : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / В. Е. Саитов. – Чебоксары, 2014. – 40 с.

165. Семенов, В. А. Процесс сепарирования в центробежном сепараторе с пульсирующим изменением скорости : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.18.12 / Семенов Виктор Александрович. – Краснодар, 2012. – 147 с.

166. Слепов, А. П. Исследование процесса разделения зерновой смеси центрифугированием в сочетании с потоком воздуха (пневмоцентрифугированием) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. П. Слепов. – Волгоград, 1984. – 19 с.

167. Смирнов, П. А. Повышение эффективности возделывания хмеля путем совершенствования технологии и разработки трансформируемых машин : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Смирнов Петр Алексеевич. – Чебоксары, 2024. – 432 с.

168. Тарасенко, А. П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян : учебное пособие для вузов / А. П. Тарасенко. – Москва : Издательство «КолосС», 2008. – 232 с.

169. Сороченко, С. Ф. Применение центробежно-воздушного сепаратора для модернизации стационарной технологической линии очистки зерна / С. Ф. Сороченко, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (223). – С. 78–85.

170. Степаненко, С. П. Особенности моделирования процессов сепарации зерна в условиях зернотока хозяйства / С. П. Степаненко // MOTROL. – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 148–157.

171. Стрикунов, Н. И. Материально-техническая база по производству семян – основа семеноводства / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Агровестник Алтая. – 2008. – № 6 (48). – С. 20–21.

172. Стрикунов, Н. И. Классификация аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Молодой ученый. – 2016. – № 26. – С. 90–93.

173. Стрикунов, Н. И. Модернизация зерно-семяочистительного сушильного комплекса ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, И. Н. Стрикунов, С. А. Черкашин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9 (143). – С. 168–173.

174. Стрикунов, Н. И. Техническое состояние мехтоков и перспективы их совершенствования / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Агровестник Алтая. – 2009. – Вып. № 6 (60). – С. 16.

175. Стрикунов, Н. И. Пути повышения эффективности послеуборочной обработки семян с применением машин и оборудования производства АО «Мельинвест» / Н. И. Стрикунов, А. П. Ломакин, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (197). – С. 106–113.

176. Стрикунов, Н. И. Интенсификация послеуборочной обработки зерна на основе центробежно-решетного сепарирования / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов // Современные проблемы и достижения аграрной науки в животноводстве и растениеводстве : материалы Юбилейной международной научно-практической конференции. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2003. – Ч. 1. – С. 148–150.

177. Стрикунов, Н. И. Интенсификация послеуборочной обработки зерна с применением блочно-модульных систем сепарирования / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2002. – Вып. № 2. – С. 79–83.

178. Стрикунов, Н. И. Испытания воздушного центробежно-решетного ворохоочистителя с подсевным решетом в хозяйственных условиях / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов международной научно-практической конференции : в 3 кн. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2006. – Кн. 2. – С. 290–293.

179. Стрикунов, Н. И. Исследование аспирационной системы зерноочистительной машины СВУ-60 / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, П. В. Вилков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (159). – С. 159–162.

180. Стрикунов, Н. И. К вопросу забиваемости отверстий центробежных решет / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2003. – Вып. № 1 (9). – С. 34–35.

181. Стрикунов, Н. И. К вопросу разделения зерна по длине на цилиндрическом решете с внутренним пластинчатым барабаном / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, Д. В. Степанец // Молодой ученый. – 2016. – № 11. – С. 482–485.

182. Стрикунов, Н. И. К обоснованию параметров зернового решета центробежно-решетного сепаратора при работе в режиме овсюгоотборника / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Бауер // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 11 (241). – С. 61–65.

183. Стрикунов, Н. И. К обоснованию параметров пластинчатого барабана центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (210). – С. 107–112.

184. Стрикунов, Н. И. Кинематические и энергетические характеристики центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (188). – С. 150–156.

185. Стрикунов, Н. И. Классификация сепарирующих поверхностей зерноочистительных машин / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Молодой ученый. – 2016. – № 11. – С. 406–409.

186. Стрикунов, Н. И. Материально-техническая база по производству семян – основа семеноводства / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Агровестник Алтая. – 2008. – Вып. № 6 (48). – С. 20–21.

187. Стрикунов, Н. И. Мобильный монтируемый семяочистительный агрегат / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XX Международной научно-практической конференции (Барнаул, 6 февраля 2025 г.) : в 2 кн. –Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2025. – Кн. 1. – С. 146–148.

188. Стрикунов, Н. И. Моделирование блочно-модульной технологии очистки зерна на основе центробежно-решётного сепарирования / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Бауер // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 5 (235). – С. 95–102.

189. Стрикунов, Н. И. Модернизация зерно-семяочистительного агрегата в ООО «Радуга» Косихинского района / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 11 (145). – С. 147– 151.

190. Стрикунов, Н. И. О влиянии скорости движения зерна по питателю и в кольцевом зазоре на пропускную способность делительного решета / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, В. Н. Петухов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 10 (216). – С. 117–122.

191. Стрикунов, Н. И. Обоснование основных параметров пластинчатого барабана центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Черкашин // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2017. – № 2 (65). – С. 47–51.

192. Стрикунов, Н. И. Обоснование основных параметров пневмо-центробежно-вихревого сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 7 (188). – С. 115–121.

193. Стрикунов, Н. И. Обоснование основных параметров центробежно-воздушного сепаратора с кольцевым каналом для зернового материала / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Бауер [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 3 (245). – С. 86–92.

194. Стрикунов, Н. И. Обоснование параметров кольцевого канала выхода очищенного зерна центробежного воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Черкашин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 168–172.

195. Степанец, Д. В. Обоснование параметров устройства для предварительной подготовки зернового материала / Д. В. Степанец, Н. И.

Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2016. – № 2. – С. 32–34.

196. Стрикунов, Н. И. Особенности сепарации зерновой смеси на цилиндрическом подсевном решете с пластинчатым барабаном / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов, С. А. Павлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 5. – С. 31–33.

197. Стрикунов, Н. И. Очистка зерна центробежно-решетным сепаратором с предварительной подготовкой на делительном решете : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Н. И. Стрикунов. – Новосибирск, 1989. – 188 с.

198. Стрикунов, Н. И. Параметры кольцевого пневмосепарирующего канала центробежно-воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. А. Хижников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (200). – С. 117–121.

199. Стрикунов, Н. И. Параметры разгрузочных устройств центробежно-воздушного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 7 (213). – С. 97–102.

200. Стрикунов, Н. И. Перспективный семяочистительно-сушильный комплекс на базе зерноочистительного агрегата ЗАВ-25 / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Агровестник Алтая. – 2009. – Вып. № 7 (61). – С. 18.

201. Стрикунов, Н. И. Перспективы послеуборочной очистки зерна и семян в Алтайском крае / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Черкашин // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 15–16 февраля 2018 г.) : в 2 кн. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2018. – Кн. 2. – С. 198–200.

202. Стрикунов, Н. И. Повышение пропускной способности делительного решета центробежно-решетного ворохоочистителя / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5 (115). – С. 150–153.

203. Стрикунов, Н. И. Повышение эффективности работы сортировального отделения семяочистительной линии с применением фотосепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, Д. С. Арапов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (158). – С. 147–151.

204. Стрикунов, Н. И. Повышение эффективности работы сортировальных отделений семяочистительных линий / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7 (153). – С. 154–158.

205. Стрикунов, Н. И. Поточная линия для послеуборочной обработки зерна и семян / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, А. В. Ровенских // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2003. – Вып. № 1 (9). – С. 37–39.

206. Стрикунов, Н. И. Поточные линии для послеуборочной обработки зерна : учебное пособие / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, Б. Т. Тарасов. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2010. – 92 с.

207. Стрикунов, Н. И. Пути повышения эффективности работы центробежно-решётного сепаратора в режиме овсюгоотборника / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Черкашин [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (186). – С. 167–173.

208. Стрикунов, Н. И. Пути совершенствования подсевного решета центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, Б. Т. Тарасов, С. В. Леканов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов международной научно-практической конференции : в 3 кн. – Барнаул : Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2006. – Кн. 2. – С. 293–296.

209. Стрикунов, Н. И. Развитие инновационных технологий послеуборочной обработки зерна и семян и принятие решений на стадиях их проектирования / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Аграрная наука – сельскому

хозяйству : сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции (Барнаул, 8–9 февраля 2024 г.) : в 2 кн. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2024. – Кн. 1. – С. 130–132.

210. Стрикунов, Н. И. Расчет основных параметров и режимов работы блока цилиндрических решет центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (195). – С. 96–101.

211. Стрикунов, Н. И. Семяочистительно-сушильный комплекс / Н. И. Стрикунов, А. А. Хижников, С. В. Леканов, И. Н. Стрикунов // Сельский механизатор. – 2012. – № 2. – С. 8.

212. Стрикунов, Н. И. Современные машины в технологиях послеуборочной обработки зерна / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, М. Е. Микитюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2026. – № 1 (255). – С. 83–88.

213. Стрикунов, Н. И. Технологические основы компоновки оборудования семяочистительных линий / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (207). – С. 99–104.

214. Стрикунов, Н. И. Технологическое обеспечение производства семян / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Молодой ученый. – 2016. – № 11. – С. 485–487.

215. Стрикунов, Н. И. Технология очистки зерна на основе центробежно-решетного сепарирования / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. С. Щербаков, М. Е. Микитюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9 (215). – С. 93–97.

216. Стрикунов, Н. И. Цифровизация послеуборочной обработки зерна / Н. И. Стрикунов, А. С. Руденок, С. В. Леканов [и др.] // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2020. – № 1. – С. 85–89.

217. Стрикунов, Н. И. Эффективность послеуборочной обработки семян на модернизированном агрегате / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, И. Н. Стрикунов //

Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – Вып. № 5 (43). – С. 53–56.

218. Стрикунов, Н. И. К вопросу окончательной очистки семян / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Агровестник Алтая. – 2009. – Вып. № 8 (62). – С. 20.

219. Стрикунов, Н. И. Методика расчета устройства для предварительной подготовки зернового материала центробежно-решетного сепаратора / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Черкашин [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5 (187). – С. 153–159.

220. Стрикунов, Н. И. О перспективном направлении исследований разделения зерна по длине / Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, М. Е. Микитюк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 5 (247). – С. 75–79.

221. Стружкин, Н. И. Технологические и технические решения интенсификации уборки и послеуборочной обработки зерна как единого производственного процесса : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Н. И. Стружкин. – Пенза, 2006. – 447 с.

222. Сухопаров, А. А. Интенсификация обработки зернового вороха в мобильных зерноочистительных машинах / А. А. Сухопаров // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых : материалы VIII Международной научно-практической конференции (р.п. Краснообск, 24 марта 2021 г.) / Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН ; под редакцией Н. Г. Власенко, К. С. Голохваста. – Новосибирск : СФНЦА РАН, 2021. – С. 285–292.

223. Сычугов, Н. П. Повышение эффективности функционирования семяочистительных машин путем совершенствования рабочих органов пневмосистем / Н. П. Сычугов, В. Е. Саитов, Р. Г. Гатауллин. – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. – 193 с.

224. Сычугов, Ю. В. Модернизация объектов послеуборочной обработки зерна : монография / Ю. В. Сычугов ; Вятская государственная сельскохозяйственная академия. – Киров : Вятская ГСХА, 2015. – 188 с.

225. Сычугов, Ю. В. Энергосберегающие технологические линии и технические средства для обработки продукции зерновых культур на Северо-Востоке европейской части Российской Федерации : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Сычугов Юрий Вячеславович. – Киров, 2011. – 404 с.

226. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей : справочное издание / В. З. Бродский, Л. И. Бродский, Т. И. Голиков. – Москва : Металлургия, 1982. – 752 с.

227. Тарасенко, Р. А. Снижение травмирования семян путем совершенствования процесса их послеуборочной обработки : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Тарасенко Роман Александрович. – Воронеж, 2006. – 21 с.

228. Тарасов, Б. Т. Исследование процесса сепарации зерна по длине вертикальными цилиндрическими решетами при ориентации зерен в активном слое : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Б. Т. Тарасов. – Барнаул, 1970. – 164 с.

229. Тарасов, Б. Т. Математическая модель сепарации зерновой смеси на подсевном решете с пластинчатым барабаном / Б. Т. Тарасов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов, С. А. Павлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 6. – С. 41–43.

230. Тарасов, Б. Т. Основные параметры процесса сепарирования зерна на подсевном решете в центробежно-решетном сепараторе / Б. Т. Тарасов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – Вып. № 2 (14). – С. 143–147.

231. Тарасов, Б. Т. Процесс сепарации на подсевном решете с пластинчатым барабаном центробежно-решетного сепаратора с вертикальной осью вращения / Б. Т. Тарасов, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 7. – С. 69–77.

232. Тиц, З. Л. Машины для послеуборочной поточной обработки семян. Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов / З. Л. Тиц. – Москва : Машиностроение, 1967. – 448 с.

233. Тищенко, Л. Н. Моделирование процессов зерновых сепараторов : монография / Л. Н. Тищенко, Д. И. Мазоренко, М. В. Пивень [и др.] ; Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко. – Харьков : Міськдрук, 2010. – 359 с.

234. Тищенко, Л. Н. Результаты производственных испытаний зернового сепаратора А1-БЦСМ-100 с разработанными решетами / Л. Н. Тищенко, М. В. Пивень, С. А. Харченко, В. В. Бредихин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – 2013. – Вип. 135 : Механізація с.-г. вир-ва. – С. 9–15.

235. Торопов, В. Р. Послеуборочная обработка зерна и семян на сельскохозяйственных предприятиях Сибири с различным ресурсным обеспечением / В.Р. Торопов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. - Т.1. – С. 176–179.

236. Торопов, В. Р. Исследование работы цилиндрического решета планетарной сортировки // Труды Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства (ВИМ). – Москва, 1974. – Т. 65. – С. 111–118.

237. Торопов, В. Р. Послеуборочная обработка зерна и семян на сельскохозяйственных предприятиях Сибири с различным ресурсным обеспечением / В. Р. Торопов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 19–21 октября 2016 г.)

: в 2 т. – Минск : Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – Т. 1. – С. 176–179.

238. Торопов, В. Р. Типизация зерноочистительных агрегатов и зерноочистительно-сушильных комплексов для сельскохозяйственных предприятий Сибири / В. Р. Торопов, В. А. Сабашкин // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири : материалы Международной научно-технической конференции (Краснообск, 07–09 июня 2017 г.) : в 2 т. – Краснообск : Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2017. – Т. 1. – С. 223–229.

239. Торопов, В. Р. Формирование системы технологий и технических средств для послеуборочной обработки зерна / В. Р. Торопов, В. А. Сабашкин // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции (Барнаул, 07–08 февраля 2019 г.) : в 2 кн. – Барнаул : Алтайский государственный аграрный университет, 2019. – Кн. 2. – С. 71–72.

240. Ульрих, Н. N. У истоков механизации предпосевной подготовки семян и послеуборочной обработки зерна / Н. Н. Ульрих // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – № 4. – С. 19–26.

241. Ульянов, А. Ф. Вибрационное центрифугование зерна / А. Ф. Ульянов, А. Н. Бочкарев, Г. Ф. Кулаков // Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов : труды Всесоюзного научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ). – Москва, 1963. – Вып. 42. – С. 153–166.

242. Урханов, Н. А. Эффективность фракционной обработки зерна в сепараторах // Научно-технический бюллетень / ВАСХНИЛ, Сибирское отделение. – Новосибирск, 1986. – Вып. 26 : Повышение эффективности процессов послеуборочной обработки зерна и переработки кормов. – С. 10– 16.

243. Федоренко, И. Я. К вопросу классификации центробежных сепараторов для очистки зерна / И. Я. Федоренко, С. В. Леканов, А. А. Хижников // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник статей V Международной научно-практической конференции (Барнаул, 17–18 марта 2010 г.) : в 3 кн. – Барнаул :

Издательство Алтайского государственного аграрного университета, 2010. – Кн. 2. – С. 535–538.

244. Фоминых, А. В. Повышение эффективности сепарирования зерна и сои на основе совершенствования фракционных технологий и машин : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / А. В. Фоминых. – Челябинск, 2006. – 41 с.

245. Халанский, В. М. Разработка процессов и средств пневмоцентробежного сепарирования зернового вороха : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Халанский Валентин Михайлович. – Москва, 1997. – 60 с.

246. Ханхасаев, Г. Ф. Разработка и внедрение технологии и машин для послеуборочной обработки зерна в условиях Сибири : научный доклад на соискание ученой степени доктора технических наук / Ханхасаев Георгий Федорович ; Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства. – Москва, 1996. – 58 с.

247. Харченко, С. А. Энергоемкость и металлоемкость процесса очистки запылённого воздушного потока модернизированным сепаратором СВС-25М / С. А. Харченко, Е. А. Гаек // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – 2019. – Вип. 199 : Механізація с.-г. вир-ва. – С. 351–358.

248. Хижников, А. А. Интенсификация процесса очистки зерна на цилиндрическом подсевном решете : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Хижников Алексей Александрович. – Барнаул, 2011. – 163 с.

249. Хижников, А. А. Центробежно-решетный ворохоочиститель / А. А. Хижников, Н. И. Стрикунов, С. В. Леканов // Сельский механизатор. – 2011. – № 4. – С. 6.

250. Хилько, В. И. Блочно-модульный принцип проектирования зерноочистительно-сушильных комплексов послеуборочной обработки сои и зерновых / В. И. Хилько, А. В. Козлов, Ю. Н. Смолянинов // Ресурсосберегающие

технологии и техническое обеспечение производства зерна : сборник научных докладов Международной научно-технической конференции (Москва, 05–06 октября 2010 г.) / Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – Москва : ВИМ, 2010. – С. 293–296.

251. Холодилин, А. Н. Вибрационное решетное сепарирование зернопродуктов в поле центробежных сил : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. Н. Холодилин. – Москва, 1985. – 150 с.

253. Чеботарев, В. П. Системный анализ поточных технологических линий послеуборочной обработки зерна / В. П. Чеботарев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 181–184.

254. Чумаков, В. Г. Совершенствование технологии и технических средств для послеуборочной обработки зерна на основе дифференцирования потоков зернового вороха : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Чумаков Владимир Геннадьевич. – Челябинск, 2012. – 333 с.

255. Шафоростов, В. Д. Технология и технические средства для подготовки семян подсолнечника : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / В. Д. Шафоростов. – Краснодар, 1999. – 50 с.

256. Шелков, М. В. Интенсификация процесса сепарации зерна в отделении очистки зерноочистительного агрегата : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Шелков Михаил Валерьевич. – Ростов-на-Дону, 2001. – 28 с.

257. Шепелев, С. Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Шепелев Сергей Дмитриевич. – Челябинск, 2010. – 37 с.

258. Шестаев, А. В. Мобильные технологии послеуборочной обработки зерна и семян / А. В. Шестаев, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2016. – № 2. – С. 34–36.

259. Шилин, В. В. Повышение эффективности очистки зерна виброцентробежным сепаратором путем разработки пневмосистемы с вертикальным кольцевым аспирационным каналом : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Шилин Владимир Владимирович. – Киров, 2004. – 23 с.

261. Шилин, В. В. Повышение эффективности технологии очистки зерна путем применения виброцентробежных сепараторов / В. В. Шилин // Инновации и достижения в сельском хозяйстве : материалы II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Киров, 22 декабря 2020 г.). – Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 114–118.

262. Шмидт, А. В. Обоснование состава и структуры универсальной поточной линии послеуборочной обработки зерна : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Шмидт Андрей Владимирович. – Воронеж, 1998. – 20 с.

263. Щербаков, С. С. Исследование процесса самосортирования зернового материала / С. С. Щербаков, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (188). – С. 156–162.

264. Щербаков, С. С. Мобильная технология очистки семян для хозяйств Алтайского края / С. С. Щербаков, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2016. – № 2. – С. 36–38.

265. Щербаков, С. С. Параметры и режимы работы центробежно-решетного сепаратора с радиальными пластинами барабана : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Щербаков Сергей Сергеевич ; [Место защиты: Алтайский государственный аграрный университет]. – Барнаул, 2022. – 165 с.

266. Щербаков, С. С. Современное состояние систем обеспыливания мобильных зерноочистительных агрегатов / С. С. Щербаков, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного

университета : сборник научных трудов. – Барнаул : РИО Алтайского государственного аграрного университета, 2018. – № 1. – С. 95–97.

267. Эрдынеева, Е. Ц.-Д. Модернизация технологий и оборудования поточных линий по послеуборочной обработке зерна : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Эрдынеева Елена Цырен-Доржиевна. – Москва, 2001. – 129 с.

268. Якимов, А. В. Повышение эффективности функционирования сепаратора зернового материала путём совершенствования технологического процесса и параметров цилиндрических решёт : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / Якимов Андрей Викторович. – Киров, 2017. – 22 с.

269. Яковлев, В. Т. Исследование движения зернового материала в вертикальных цилиндрических решетах с винтовым ротором : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.20.01 / В. Т. Яковлев. – Ростов-на-Дону, 1988. – 174 с.

270. Ямпилов, С. С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.20.01 / Ямпилов Сэнгэ Самбуевич. – Москва, 1999. – 413 с.

271. Ямпилов, С. С. Технологические и технические решения проблемы очистки зерна решетами / С. С. Ямпилов ; Восточно-Сибирский государственный технологический университет. – Улан-Удэ : Издательство ВСГТУ, 2004. – 165 с.

272. Абдуєва, Ф. М. Обгрунтування параметрів процесу і розробка решіт для вібровідцентрового сепарування насіння кукурудзи : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / Ф. М. Абдуєва ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2010. – 20 с.

273. Борщ, Ю. П. Обгрунтування параметрів процесу і розробка пневмосепарувального каналу зернових сепараторів : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / Ю. П. Борщ. – Харків, 2019. – 20 с.

274. Бредихін, В. В. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом : монографія / В. В. Бредихін, О. В. Богомолов, М. В. Сліпченко [та ін.]. – Харків : Діса+, 2023. – 408 с.

275. Бредихін, В. В. Обгрунтування параметрів процесу вібропневмовідцентрового розділення насіннєвих сумішей за густиною насіння : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / В. В. Бредихін ; Харківський державний технічний університет сільського господарства. – Харків, 2003. – 20 с.

276. Васильковський, О. М. Розробка конструкції та обгрунтування параметрів відцентрового решітного сепаратора зерна : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / О. М. Васильковський ; Кіровоградський державний технічний університет. – Кіровоград, 2001. – 21 с.

277. Гаєк, Є. А. Обґрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку ротаційним циклоном пересувних зернових сепараторів : автореферат диссертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / Євген Анатолійович Гаєк ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2020. – 20 с.

278. Гончаров, Е. С. Новий відцентрово-вібраційний пневматичний зерновий сепаратор / Е. С. Гончаров, М. Т. Махинько // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 1992. – Вип. 76. – С. 3–5.

279. Дерев’янко, Д. А. Механіко-технологічне обґрунтування процесів зниження травмування насіння зернових культур технічними засобами : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.05.11 / Д. А. Дерев’янко. – Тернопіль, 2018. – 42 с.

280. Дюндик, С. М. Дослідження процесу очищення плоских решіт зерноочисних машин та обгрунтування параметрів очисників з комбінованими робочими органами : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.20.01 / С. М. Дюндик ; Харківський державний технічний університет сільського господарства. – Харків, 1998. – 18 с.

281. Днесь, В. І. Системне обґрунтування структури та використання технологічних комплексів машин для збирання й післязбиральної обробки врожаю зернових культур : монографія / В. І. Днесь, Р. В. Кудринецький, В. І. Скібчик, С. П. Степаненко ; Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН. – Ніжин : Лисенко М. М., 2023. – 198 с.

282. Завгородній, О. І. Наукові основи процесів очищення отворів решіт зерно-очисних машин : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.20.01 / О. І. Завгородній ; Харківський державний технічний ун-т сільського господарства. – Харків, 2001. – 36 с.

283. Котов, Б. І. Моделювання технологічних процесів в типових об’єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження) : монографія / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, С. П. Степаненко [та ін.]. – Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. – 552 с.

284. Котов, Б. І. Сепаратор-ворохоочищувач пересувний / Б. І. Котов ; Українська академія аграрних наук. – Київ : Аграрна наука, 1999. – 154 с.

285. Лузан, П. Г. Обгрунтування параметрів та режимів роботи інерційно-гравітаційного решітчастого сепаратора зерна : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / П. Г. Лузан ; Кіровоградський державний технічний ун-т. – Кіровоград, 2001. – 19 с.

286. Мандрика, О. В. Підвищення ефективності процесу очистки циліндричних решіт вібраційно-відцентрових сепараторів : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / О. В. Мандрика ; Харківський державний технічний ун-т сільського господарства. – Харків, 2001. – 17 с.

287. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання врожаю / за редакцією С. В. Халіна, С. А. Лебедєва ; Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2023. – 323 с.

288. Мокар, І. О. Напрямок інтенсифікації ефективності роботи повітряної системи зерноочисної машини / І. О. Мокар, С. М. Лещенко, М. О. Свірень // Підвищення надійності машин і обладнання : тези доповідей ІІІ Всеукраїнської студентської науково–практичної конференції (Кіровоград, 15 квітня 2009 р.). – Кіровоград : КДТУ, 2009. – С. 177–178.

289. Ольшанський, В. П. Теорія сепарування зерна / В. П. Ольшанський, В. В. Бредихін, В. М. Лук'яненко [та ін.]. – Харків : ХНТУСГ, 2017. – 803 с.

289. Паламарчук, І. П. Розвиток конструктивних схем вібровідцентрових схем технологічних машин для реалізації процесів механічної обробки сільськогосподарської сировини / І. П. Паламарчук, І. Г. Липовий, В. П. Янович // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 2 (54). – С. 105–115.

290. Паламарчук, І. П. Тенденції розвитку конструктивних та технологічних схем вібраційних машин для реалізації механічних процесів переробки сільськогосподарської продукції / І. П. Паламарчук // Вібрації в техніці та технологіях. – 2006. – № 5 (43). – С. 160–167.

291. Паунов, И. Машина за предварително и основно почистване на зърното // Механизация на селското стопанство. – 1989. – Т. 39, № 4. – С. 11–12.

292. Півень, М. В. Обгрунтування параметрів процесу решітного сепарування зернових сумісей : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / М. В. Півень ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2006. – 20 с.

293. Прилуцький, А. Н. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми зерноочисного модуля універсальних сепараторів зерна нового покоління / А. Н. Прилуцький // Механізація і електрифікація сільського господарства. – 2014. – Вип. 99 (1). – С. 341–350.

294. Слипченко, М. В. К производственным испытаниям ворохоочистителя СВС-15 с разработанным пневмосепарирующим устройством / М. В. Слипченко // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв : вісник Харківського національного технічного університету

сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2009. – Вип. 88. – С. 88–95.

295. Сліпченко, М. В. Обґрунтування параметрів процесу і розробка пневмосепаруючого пристрою вібровідцентрових зернових сепараторів : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.05.11 / М. В. Сліпченко ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2012. – 20 с.

296. Тищенко, Л. Н. Научные основы процессов виброцентробежного сепарирования зерновых смесей : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.05.11 / Л. Н. Тищенко ; Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко. – Харьков, 2004. – 403 с.

297. Фадєєв, Л. В. Мобільні насіннєві заводи – якісне насінництво в своєму господарстві / Л. В. Фадєєв // AgroONE. – 2020. – № 6 (55). – С. 24–26.

298. Харченко, С. О. Концепція інтенсифікації процесів віброрешітного просіювання зернових сумішей : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук : 05.05.11 / Харченко Сергій Олександрович ; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2018. – 38 с.

299. Akase, A. Studies on the vertical rotating screen separator of brown rice. 1. On the screening performance and its affecting factors / A. Akase, M. Tsuchiya // Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery. – 1989. – Vol. 51, № 1. – P. 89–96.

300. Amuthan, G. Modifications made on centrifugal paddy sheller for sunflower seed shelling / G. Amuthan, P. T. Palaniswamy, P. Subramanian // Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2001. – Vol. 32, № 3. – P. 51–53.

301. Andreev, V. L. Development of the pneumatic system with an annular aspiration channel for vibrating and rotation grain separator / V. L. Andreev, V. V. Shilin, V. V. Ilichev, T. S. Holodenina // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 42. – Art. 01012. – 6 p.

302. Anon. New machinery // Power Farming. – 1990. – Vol. 100, № 2. – P. 21.

303. Desai, B. B. Seeds Handbook: Processing and Storage / Babasaheb B. Desai. – 2nd ed. – New York : CRC Press, 2004. – 800 p.

304. Gregg, B. Seed Conditioning, Volume 2: Technology-Parts A & B / Bill Gregg, Gary Billups. – Boca Raton : CRC Press, 2016. – 1000 p.

305. Downs, C. Millers super-size their custom grain cleaning operation / C. Downs // The Kenmare News. – 2007. – № 109 (12). – P. 15–22. *(*

306. Collings, A. Mobile seed processing for the 21st century / Andy Collings // Farmers Weekly. – 2012. – Vol. 158, Issue 9. – P. 66–67.

307. Drincha, V. M. Fundamentals and Prospects for the Technologies Development for Post-Harvest Grain Processing and Seed Preparation / V. M. Drincha, Yu. S. Tsench // Agricultural Machinery and Technologies. – 2020. – Vol. 14, № 4. – P. 17–25.

308. Funk, J. Seed Cleaning “To Go” / J. Funk // Seed Today. – 2005. – Vol. 23, № 2. – P. 32–34.

309. Global Grain and Seed Cleaning Equipment Market Research Report 2024 // QYResearch Group. – 2024. – 117 p.

310. Goto, K. New technology of machinery and facilities for drying, processing and storage of grain. New technology for drying, processing and storage of rice / K. Goto // Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery. – 1998. – Vol. 60, № 1. – P. 149–152.

311. Graeme, R. Q. Remarkable Australian Farm Machines: Ingenuity on the Land / Graeme R. Quick. – Sydney : Rosenberg Publishing, 2007. – 160 p.

312. Grain and Seed Cleaning Equipment - Global Market Outlook (2016-2022) // Stratistics Market Research Consulting Pvt Ltd. – 2017. – 171 p.

313. Holečková, M. Nová generace nárazových třídičů pro ochranu životního prostředí / M. Holečková // Mechanizace Zemědělství. – 1990. – Roč. 40, № 1. – S. 19–20.

314. Hurburgh, C. R. Jr. Efficiency of rotary grain cleaners in dry corn / C. R. Hurburgh Jr., C. J. Bern, T. J. Brumm // Transactions of the ASAE. – St. Joseph, Mich., 1989. – Vol. 32, № 6. – P. 2073–2077.

315. Kachru, R. P. Development and testing of pedal-cum-power operated air screen grain cleaner / R. P. Kachru, K. M. Sahay // Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 1990. – Vol. 21, № 4. – P. 29–32.

316. Kastenmüller, S. Neue Anforderungen und Entwicklungen in der Getreidereinigung / S. Kastenmüller // Mühle + Mischfuttertechnik. – 1990. – Jg. 127, № 9. – S. 97–98.

317. Klembalska, K. Shortened results of researches of innovative mobile technological line for preparation of cereals seed-grain / K. Klembalska, A. Lubiński // Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. – 2008. – Vol. 53 (2). – P. 31–34.

318. Kudrynetskyy, R. Methodical bases for selecting parameters of post-harvest grain processing points based on statistical simulation / R. Kudrynetskyy, V. Dnes, V. Skibchyk // Scientific Proceedings of the II International Scientific Conference «Conserving Soils and Water». – Sofia, 2017. – Vol. 1. – P. 109–112.

319. Hart, L. Mobile Grain Cleaner Catches FHB and Ergot / Lee Hart // Farming Smarter. – 2015. – Vol. 5, № 1. – P. 22–23.

320. Moveable Seed Plants: Think Inside the Box // Seed World. International Edition. – 2018. – Vol. 136, № 4. – P. 77.

321. Owners Report On McLeod Harvest System // Farm Show. – 2003. – Vol. 27, № 5. – P. 32.

322. Paliwal, J. Feasibility of a Machine-Vision-Based Grain Cleaner / J. Paliwal, D. S. Jayas, N. S. Visen [et al.] // Applied Engineering in Agriculture. – 2004. – Vol. 20, № 2. – P. 245–248.

323. Philpott, W. L. The "silent" revolution in materials processing / W. L. Philpott // Agricultural Engineer. – 1989. – Vol. 44, № 2. – P. 44–47.

324. Crop Post-Harvest: Science and Technology, Volume 1: Principles and Practice / edited by P. Golob, G. Farrell, J. E. Orchard. – Oxford : John Wiley & Sons, 2008. – 568 p.

325. Prototype system brings “dirty” grain from field to a cleaner back at the bins «Work Going Great» On Revolutionary Harvest Idea // Farm Show. – 1998. – Vol. 22, № 6. – P. 2.

326. Patent № US 4534859 USA, IPC B07B 1/26. Cleaning machine with a vertical cylinder screen : № 553721 : filed 21.11.1983 ; publ. 13.08.1985 / Ingmar Andren. – 9 p.

327. Patent № US 2011/0250038 A1 USA, IPC B65G 67/04. Drive over Bulkweigher Transload system : № 13/083120 : filed 08.04.2011 ; publ. 13.10.2011 / Sheldon Affleck. – 13 p.

328. Patent № US 3062375 USA, IPC B07B 1/22. Rotary screening apparatus for separating different kinds of materials in mixtures : № 767664 : filed 16.10.1958 ; publ. 06.11.1962 / E. P. Palm. – 6 p.

329. Patent № US 7537122 B2 USA, IPC B65G 33/14. Method and apparatus for moving agricultural commodities : № 11/315998 : filed 21.12.2005 ; publ. 26.05.2009 / Sheldon Affleck, Lavern Affleck. – 15 p.

330. Patent № US 6422937 B1 USA, IPC A01D 91/04. Method and apparatus for harvesting crops wherein crops are cleaned at a remote site : № 09/591605 : filed 09.06.2000 ; publ. 23.07.2002 / Robert H. McLeod, Wilfried Oswald. – 21 p.

331. Patent № US 4785761 A1 USA, IPC B07B 1/00. Mobile seed cleaning apparatus : № 06/936894 : filed 02.12.1986 ; publ. 22.11.1988 / N. J. Greenbank. – 21 p.

332. Patent № US 4645590 USA, IPC B07B 1/26. Vertical type screening machine for granular material : № 06/746401 : filed 19.06.1985 ; publ. 24.02.1987 / Toshihiko Satake. – 11 p.

333. Patent № US 4280900 A1 USA, IPC B07B 1/22. Rotary seed cleaner : № 06/124196 : filed 25.02.1980 ; publ. 28.07.1981 / J. H. Gjesdal. – 13 p.

334. Johnson, D. D. Wheat cleaning decisions at country elevators / D. D. Johnson, D. J. Scherping, W. W. Wilson ; North Dakota State University, Agricultural Experiment Station. – Fargo, 1992. – 30 p. – (Agricultural Economics Report ; № 280).

ПРИЛОЖЕНИЯ

СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ

№ п-п	Наименование	
А	Документы, подтверждающие техническую новизну способов, технологических линий, машин послеуборочной обработки зерна и семян и их основных рабочих органов…….....	387
А.1	Патент России № 2300426. Центробежно-решетный сепаратор.....	387
А.2	Патент России № 2385775. Центробежно-решетный сепаратор.....	387
А.3	Патент России № 2675607. Центробежно-воздушный сепаратор.....	388
А.4	Патент России № 2749395. Мобильный зерноочистительный агрегат.....	388
А.5	Патент России № 2753865. Центробежно-решетный сепаратор.....	389
А.6	Патент России № 2759788. Мобильный зерноочистительный агрегат.....	389
А.7	Патент России № 2777102. Способ послеуборочной обработки зерна.....	390
А.8	Патент России № 2804079. Цилиндрическое щелевое решето.....	390
А.9	Патент России № 2819285. Подсевной блок центробежно-решетного сепаратора.....	391
А.10	Патент России № 2846686. Центробежно-воздушный сепаратор....	391
А.11	Патент России № 2854683. Мобильный зерно-семяочистительный агрегат.....	392
А.12	Патент России № 2861525 Зерно-семяочистительный мобильный агрегат.....	392
Б	Документы о внедрении результатов выполненных научных исследований.....	393
Б.1	ООО «Лео» Калманского района». Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 12.10.2005.....	394
Б.2	Главное управление сельского хозяйства Алтайского края. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 27.10.2005.....	395
Б.3	ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН. г. Барнаул. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 15.11.2005.....	397
Б.4	ЗАО «Колыванское» Павловского района. Акт внедрения модернизированного зерноочистительного агрегата в ЗАО «Колыванское» Павловского района. 26.08.2014.....	399
Б.5	ОАО «Победа» Шелаболихинского района. Акт выполнения проектной документации на зерно-семяочистительный комплекс в ОАО «Победа» Шелаболихинского района. 18.05.2015.....	401
Б.6	ОАО «Кипринское» Шелаболихинского района. Акт выполнения проектной документации зерно-семяочистительного сушильного комплекса в ОАО «Кипринское». 16.05.2015.....	402

Б.7 ОАО «Кипринское» Шелаболихинского района. Акт выполнения монтажа сушильного отделения семяочистительно-сушильного комплекса в АО «Кипринское». 16.05.2015..... 403
Б.8 ИП «Волженин Николай Гаврилович» г. Горняк. Акт выполнения проектной документации зерно-семяочистительного сушильного комплекса в ИП «Волженин Николай Гаврилович» г. Горняк. 10.04.2015..... 404
Б.9 ООО «Лео» Калманского района. Акт выполнения монтажа сушильного отделения семяочистительно-сушильного комплекса в ООО «Лео». 17.12.2015..... 405
Б.10 ООО ГСКБ «Зерноочистка». Воронеж. Акт внедрения по совершенствованию конструкций зерно-семяочистительных машин производства ООО ГСКБ «Зерноочистка». 05.02.2016..... 406
Б.11 ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. Акт внедрения модернизированного зерно-семяочистительного комплекса в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. 01.09.2016..... 407
Б.12 ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. Акт внедрения реконструированного зерно-семяочистительного комплекса в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. 01.10.2016..... 408
Б.13 ООО «Радуга» Косихинского района Акт внедрения реконструированного зерноочистительного агрегата в ООО «Радуга» Косихинского района. 23.09.2016..... 409
Б.14 ООО «Дон-1» Локтевского района. Акт выполнения проектной документации зерно-семяочистительного сушильного комплекса в ООО «Дон-1» Локтевского района.06.07.2016..... 410
Б.15 ООО «Русское поле» Новичихинского района. Акт выполнения проектной документации реконструированного зерноочистительного агрегата в ООО «Русское поле» Новичихинского района. 01.05.2016 г..... 411
Б.16 ООО «Алтай-Зерноочистка» г. Барнаул. ООО «Мобильные зерноочистительные технологии» г. Барнаул. Акт выполнения проектной документации по разработке электронных геометрических моделей (3D моделей) сборочных единиц и деталей воздушного центробежного сепаратора. 13.11.2017 г..... 412
Б.17 ЗАО «Кулундинское» Кулундинского района. Акт выполнения модернизации зерноочистительного агрегата в ЗАО «Кулундинское» Кулундинского района. 02.08.2017 г..... 413
Б.18 ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. Акт внедрения отделения оптической сортировки модернизированного зерно-семяочистительного сушильного комплекса в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. 25.08.2017 г..... 414

Б.19 ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района. Акт выполнения проектной документации зерно-семяочистительного сушильного комплекса в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района». 11.01.2017 г..... 415
Б.20 Министерство сельского хозяйства Алтайского края. Акт о внедрении в производство. г. Барнаул. 2019 г..... 416
Б.21 ООО «Лео» Калманского района. Акт о хозяйственных испытаниях центробежно-решетного сепаратора с подсевным щелевым решетом для очистки зерна в ООО «Лео» Калманского района. 2019 г..... 417
Б.22 ООО «Алтайская СПМК СЭММ». Акт внедрения научно-исследовательских работ. г. Барнаул. 06.05.2019 г..... 418
Б.23 ООО «Лео» Калманского района Акт о хозяйственных испытаниях центробежно-решетного ворохоочистителя ВЦР-50 в ООО «Лео» Калманского района 30.10.2019 г..... 419
Б.24 ИП Глава К(Ф)Х «Бородин Сергей Николаевич.» Акт выполнения проектной документации «Модернизированная многофункциональная зерно-семяочистительная линия» в ИП Глава К(Ф)Х «Бородин Сергей Николаевич» Алейского района 21.05.2020 г..... 420
Б.25 ИП Глава К(Ф)Х «Бородин Сергей Николаевич» Акт внедрения реконструкции зерно-семяочистительной линии в ИП Глава К(Ф)Х «Бородин Сергей Николаевич» Алейского района 26.08.2021 г..... 421
Б.26 ООО «Шипуново». Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. Спроектирован модернизированный зерно-семяочистительный агрегат. 29.09.2021 г..... 422
Б.27 ООО «Шипуново». Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. Спроектирован зерноочистительный комплекс. 29.09.2021 г..... 423
Б.28 ИП Глава К(Ф)Х «Никулин Александр Викторович» Каменского района. Акт выполнения проектной документации «Зерноочистительный комплекс» в ИП Глава К(Ф)Х «Никулин Александр Викторович» Каменского района. 12.10.2021..... 424
Б.29 ООО «ЦСТ-22» (г. Барнаул), СПК «Дружба» Алейского района. Акт о передачи конструкторской документации для изготовления промышленного образца центробежно-воздушного сепаратора. 27.09.2022 г..... 425
Б.30 ИП КФХ «Щербаков С.Г.» Акт о хозяйственных испытаниях центробежно-решетного сепаратора с подсевным щелевым решетом для очистки зерна в ИП КФХ «Щербаков С.Г.» Заринского района. 15.11.2022..... 426

Б.31 ИП КФХ «Щербаков С.Г.». Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. ИП КФХ «Щербаков С.Г.» Заринского района. 23.11.2022... 427
Б.32 ООО «Трансхим» (г. Алейск). Акт внедрения реконструированного зерноочистительно-сушильного комплекса в ООО «Трансхим» г. Алейск. 22.09.2022 г..... 429
Б.33 ООО «Чуклин инжиниринг» (г. Барнаул). Акт о передачи конструкторской документации для изготовления промышленного образца центробежно-воздушного сепаратора. 25.12.2022 г..... 430
Б.34 ООО «ЦСТ-22» (г. Барнаул). Акт внедрения научно-исследовательских работ. Об изготовлении промышленного образца центробежно-воздушного сепаратора. 13.01.2023 г..... 431
Б.35 ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт» (г. Барнаул). Акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы. По разработке мобильной технологии послеуборочной обработки семян и изготовлении мобильного зерноочистительного агрегата, выполненного по монтируемой технологии для ООО «ГЛАВАГРОСНАБ АЛТАЙ» г. Барнаул. 13.05.2024 г..... 432
Б.36 ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт» (г. Барнаул). Акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы. По разработке мобильной технологии послеуборочной обработки семян на основе фотосепаратора и решении о внедрении семяочистительного агрегата в производство г. Барнаул. 15.01.2025 г..... 433
Б.37 КФХ «СибГрейн». Акт внедрения научно-исследовательских работ. О разработке проектной документации мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования. Омская область. Азовский немецкий национальный район. 24.01.2025 г..... 434
Б.38 Министерство сельского хозяйства Алтайского края. Рекомендация к печати монографии авторов Стрикунова Н.И. и Леканова С.В. «Стационарная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян». 18.02.2018 г..... 435
Б.39 Сертификат участника в VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы». г. Рубцовск. 27-28.10.2017 г..... 436
Б.40 Сертификат участника семинара «Актуальные вопросы послеуборочной обработки зерна в Сибири» с темой доклада: «Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна» на Межрегиональном агропромышленном форуме «День Сибирского поля – 2019». Алтайский край. 19-20.06.2019 г..... 436
Б.41 Сертификат участника международного аграрного бизнес-форума «ProAgroTalk 1.0: Новый технологический уклад в сельском хозяйстве. Опыт Италии и России». 11.03.2021 г..... 436

Б.42 Сертификат участника в международной научно-технической конференции «Научно-техническое обеспечение АПК Сибири». г. Краснообск. 07-08.10.2021 г..... 436
Б.43 Сертификат участника в международной научно-практической конференции «Современное состояние, проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса». г. Сыктывкар. 29.10.2021 г..... 437
Б.44 Сертификат участника в XVII международной научно-практической конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству. г. Барнаул. 09-10.02.2022 г..... 437
Б.45 Сертификат участника в XVIII международной научно-практической конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству. г. Барнаул. 09-10.02.2023 г..... 437
Б.46 Сертификат участника в XIX международной научно-практической конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству. г. Барнаул. 8-9 февраля 2024 г..... 437
Б.47 Сертификат участника в международной научно-технической конференции, посвященной 65-летию образования СибИМЭ СФНЦА РАН «Роль цифровизации в научно-техническом обеспечении АПК Сибири», г. Краснообск,03-04.10.2024 г..... 438
Б.48 Сертификат участника в I Международной научно-практической конференции «Инженерное обеспечение сельского хозяйства: проблемы, достижения, перспективы», посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель в Алтайском крае, г. Барнаул, 22-23 октября 2024 г..... 438
Б.49 Сертификат участника в II Международной научно-практической конференции «Инженерное обеспечение сельского хозяйства: проблемы, достижения, перспективы», посвященной 75-летию инженерного факультета Алтайского ГАУ, г. Барнаул, 29-30 октября 2025 г..... 338
Б.50 Медаль и диплом III степени крупнейшей агропромышленной выставки Сибири «Алтайская Нива 2007» в номинации «Техника, оборудование и технологии в растениеводстве» за разработку и внедрение новых технологий послеуборочной обработки зерна и семян на основе перспективных машин ГСКБ «Зерноочистка»..... 438
Б.51 Диплом лауреата XVIII ежегодной премии Алтайского края в области науки и техники (2017 год) за работу: «Разработка, проектирование и внедрение современных зерноочистительно-сушильных комплексов и семяочистительных линий»..... 439
Б.52 Диплом II степени V Всероссийского конкурса изданий учреждений (структурных подразделений вузов) ДПО, подведомственных Минсельхозу России, «Новые знания – практикам» в номинации Лучшее производственно-практическое издание по агрономии» за издание Леканов С.В., Стрикунов Н.И.

«Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян». г. Барнаул. 15.07.2020 г..... 439
Б.53 Диплом и бронзовая медаль на XXIII Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень 2021» за разработку технологии, обеспечивающей эффективную очистку зерна и технические средства для ее реализации на основе мобильных и стационарных технологий. 2021 г..... 439
Б.54 Диплом I степени VI Всероссийского конкурса изданий учреждений (структурных подразделений вузов) ДПО, подведомственных Минсельхозу России, «Новые знания – практикам» в номинации Лучшее издание по техническим наукам» за издание Леканов С.В., Стрикунов Н.И., Чуклин Н.М., Микитюк М.Е. «Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян». Самопередвижные зерноочистительные машины. г. Барнаул 28.06.2022 г..... 439
Б.55 ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ». Акт об использовании (внедрении) научно-исследовательской работы в учебный процесс. 2025 г..... 440
Б.56 ФГБОУ ВО «Алтайский ГТУ имени И.И. Ползунова». Акт об использовании (внедрении) научно-исследовательской работы в учебный процесс. 2025 г..... 442
Б.57 ФГБОУ ДПО АИПКРС АПК. Акт о внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в учебный процесс. 2025 г..... 444
Б.58 ФГБОУ ВО «Университет биотехнологий». Акт о внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в учебный процесс. 2026 г..... 445
В.1 Список фирм-производителей мобильных зерноочистительных агрегатов..... 447
В.2 Классификация технологий послеуборочной обработки зерна..... 452
В.3 Классификация компоновочных решений семяочистительных линий..... 453
В.4 Классификация решет зерноочистительных машин..... 454
В.5 Классификация отверстий зерноочистительных машин..... 455
В.6 Классификация способов очистки решет..... 456
В.7 Классификация центробежных сепараторов..... 457
В.8 Компоновка решет центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения..... 458
В.9 Классификация способов предварительной подготовки зернового материала центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения..... 459
В.10 Классификация аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения..... 460
В.11 Классификация решет центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения..... 461

В.12 Классификация способов применения центробежно-воздушного сепаратора..... 463
Г.1 Отсеивающие эксперименты по плану Плакетта-Бермана..... 464
Г.2 Матрица плана №60 факторного эксперимента..... 465
Д Расчет технико-экономической эффективности мобильных зерноочистительных агрегатов..... 466

Приложения А

Документы, подтверждающие техническую новизну способов, технологических линий, машин послеуборочной обработки зерна и семян и их основных рабочих органов

Приложение А.1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2300426

ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫЙ СЕПАРАТОР

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Алтайский государственный аграрный университет" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2005129439

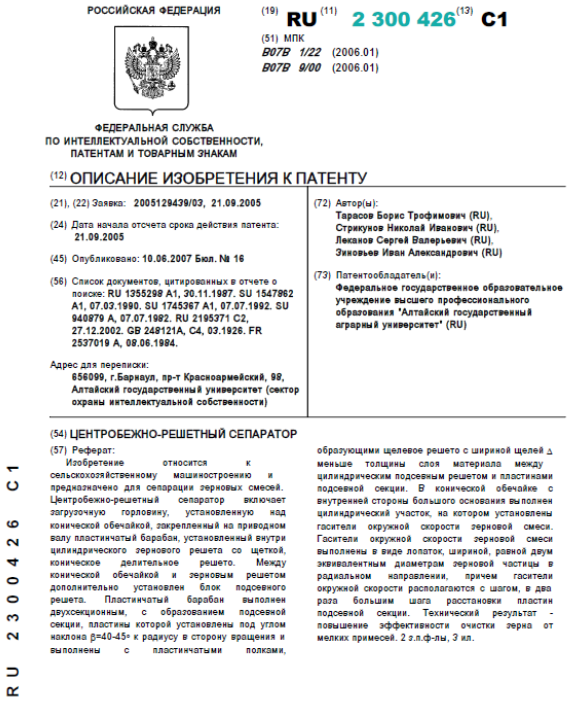
Приоритет изобретения 21 сентября 2005 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации *10 июня 2007 г.*

Срок действия патента истекает 21 сентября 2025 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (19) **RU** (11) **2 300 426** (13) **C1**

(51) МПК
B07B 1/22 (2006.01)
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21), (22) Заявка: **2005129439/03, 21.09.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.09.2005

(45) Опубликовано: **10.06.2007 Бюл. № 16**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 1355298 A1, 30.11.1987. SU 1547862 A1, 07.03.1990. SU 1745367 A1, 07.07.1992. SU 940879 A, 07.07.1982. RU 2195371 C2, 27.12.2002. GB 248121A, C4, 03.1926. FR 2537019 A, 08.06.1984.**

Адрес для переписки:
656099, г.Барнаул, пр-т Красноармейский, 99, Алтайский государственный университет (сектор охраны интеллектуальной собственности)

(72) Автор(ы):
Тарасов Борис Трофимович (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Зиновьев Иван Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Алтайский государственный аграрный университет" (RU)

(54) **ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫЙ СЕПАРАТОР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и предназначено для сепарации зерновых смесей. Центробежно-решетный сепаратор включает загрузочную горловину, установленную над конической обечайкой, закрепленный на приводном валу пластинчатый барабан, установленный внутри цилиндрического зернового решета со щеткой, коническое делительное решето. Между конической обечайкой и зерновым решетом дополнительно установлен блок подсевного решета. Пластинчатый барабан выполнен двухсекционным, с образованием подсевной секции, пластины которой установлены под углом наклона β=40-45° к радиусу в сторону вращения и выполнены с пластинчатыми полками, образующими целевое решето с шириной щелей Δ меньше толщины слоя материала между цилиндрическим подсевным решетом и пластинами подсевной секции. В конической обечайке с внутренней стороны большого основания выполнен цилиндрический участок, на котором установлены гасители окружной скорости зерновой смеси. Гасители окружной скорости зерновой смеси выполнены в виде лопаток, шириной, равной двум эквивалентным диаметрам зерновой частицы в радиальном направлении, причем гасители окружной скорости располагаются с шагом, в два раза большим шага расстановки пластин подсевной секции. Технический результат - повышение эффективности очистки зерна от мелких примесей. 2 з.п.ф-лы, 3 ил.

RU 2300426 C1

RU 2300426 C1

Приложение А.2



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2385775

ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫЙ СЕПАРАТОР

Патентообладатель(ли): *Стрикунов Николай Иванович (RU)*

Автор(ы): *Тарасов Борис Трофимович (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU), Хижников Алексей Александрович (RU), Леканов Сергей Валерьевич (RU)*

Заявка № 2009106625

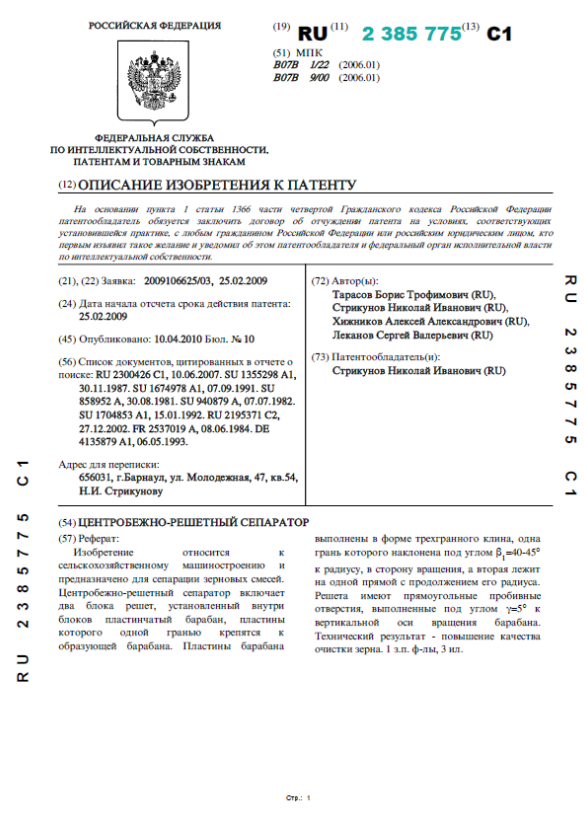
Приоритет изобретения 25 февраля 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации *10 апреля 2010 г.*

Срок действия патента истекает 25 февраля 2029 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ (19) **RU** (11) **2 385 775** (13) **C1**

(51) МПК
B07B 1/22 (2006.01)
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ, ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21), (22) Заявка: **2009106625/03, 25.02.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.02.2009

(45) Опубликовано: 10.04.2010 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2300426 C1, 10.06.2007. SU 1355298 A1, 30.11.1987. SU 1674978 A1, 07.09.1991. SU 858952 A, 30.08.1981. SU 940879 A, 07.07.1982. SU 1704853 A1, 15.01.1992. RU 2195371 C2, 27.12.2002. FR 2537019 A, 08.06.1984. DE 4135879 A1, 06.05.1993.**

Адрес для переписки:
656031, г.Барнаул, ул. Молодежная, 47, кв.54, Н.И. Стрикунову

(72) Автор(ы):
Тарасов Борис Трофимович (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Хижников Алексей Александрович (RU),
Леканов Сергей Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Стрикунов Николай Иванович (RU)

(54) **ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫЙ СЕПАРАТОР**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и предназначено для сепарации зерновых смесей. Центробежно-решетный сепаратор включает два блока решет, установленный внутри блоков пластинчатый барабан, пластины которого одной гранью крепятся к образующей барабана. Пластины барабана выполнены в форме трехгранного клина, одна грань которого наклонена под углом β_1=40-45° к радиусу, в сторону вращения, а вторая лежит на одной прямой с продолжением его радиуса. Решета имеют прямоугольные пробивные отверстия, выполненные под углом γ=5° к вертикальной оси вращения барабана. Технический результат - повышение качества очистки зерна. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

Стр.: 1

RU 2385775 C1

RU 2385775 C1

Приложение А.3



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2675607

Центробежно-воздушный сепаратор

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Леканов Сергей Валерьевич (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU), Черкашин Сергей Анатольевич (RU)*

Заявка № **2017146182**
Приоритет изобретения **26 декабря 2017 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **20 декабря 2018 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **26 декабря 2037 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 675 607**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 7/083 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 7/083 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017146182, 26.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.12.2017

Дата регистрации:
20.12.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 26.12.2017

(45) Опубликовано: 20.12.2018 Бюл. № 35

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ, Научно-организационный отдел

(72) Автор(ы):
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Черкашин Сергей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 889142 A1, 15.12.1981. SU 1459737 A1, 23.02.1989. SU 1355298 A1, 30.11.1987. SU 882661 A1, 23.11.1981. UA 25405 U, 10.08.2007. UA 12609 U, 15.02.2006. **СТРИКУНОВ Н.И. и др. "Классификация аспирационных систем центробежно-решетных сепараторов с вертикальной осью вращения", "Молодые ученые", N26(130), декабрь 2016, с. 90-92.**

RU 2675607 C1

RU 2675607 C1

(54) **Центробежно-воздушный сепаратор**

(57) Реферат:

Изобретение относится к устройствам для очистки воздушным потоком различных зерновых материалов и может быть использовано для разделения различных сыпучих материалов. Центробежно-воздушный сепаратор содержит цилиндрический корпус с всасывающими окнами, загрузочную горловину, конический отражатель с кольцевым пневмосепарирующим каналом, направляющий конус, размещенный под загрузочной горловиной на днище чаши разбрасывателя, плоские разгонные лопатки, привод разбрасывателя, вспомогательный конус для сбора отсепарированного зерна со скребками, выгрузной патрубок, патрубок вывода легких примесей, отличающийся тем, что разгонные лопатки разбрасывателя выполнены по меньшей мере двух различных величин длины и установлены чередующимися относительно друг друга, концы лопаток большей длины заходят на боковину чаши разбрасывателя и изогнуты в противоположную сторону относительно возможного направления вращения разбрасывателя, при этом радиус изгиба концов лопаток определяется из выражения $R_2 \geq 1{,}5R_1$, где R_1 - радиус концов длинных лопаток; R_2 - радиус изгиба концов длинных лопаток. Кромка чаши разбрасывателя отогнута наружу. Конический отражатель выполнен в виде полого усеченного конуса и направлен большим основанием в сторону чаши разбрасывателя. Конический отражатель со стороны большого основания имеет обратный конус меньшей длины

Стр. 1

Приложение А.4



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2749395

Мобильный зерноочистительный агрегат

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Леканов Сергей Валерьевич (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU), Черкашин Сергей Анатольевич (RU), Щербаков Сергей Сергеевич (RU), Микитюк Максим Евгеньевич (RU)*

Заявка № **2020132603**
Приоритет изобретения **01 октября 2020 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **09 июня 2021 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **01 октября 2040 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 749 395**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 9/00 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020132603, 01.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.10.2020

Дата регистрации:
09.06.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 01.10.2020

(45) Опубликовано: 09.06.2021 Бюл. № 16

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ

(72) Автор(ы):
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Черкашин Сергей Анатольевич (RU),
Щербаков Сергей Сергеевич (RU),
Микитюк Максим Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 4785761 A1, 22.11.1988. RU 2452588 C1, 10.06.2012. RU 2577482 C1, 20.03.2016. RU 2364449 C1, 20.08.2009. RU 165084 U1, 10.10.2016. US 1809701 A, 09.06.1931. **СТРИКУНОВ Н.И. и др. "Модернизация зерно-семяочистительного агрегата в ООО "Радуга" Косихинского района", Вестник Алтайского государственного аграрного университета", N11(145), 2016,** (см. прод.)

RU 2749395 C1

RU 2749395 C1

(54) **Мобильный зерноочистительный агрегат**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к мобильному устройству очистки зерна и семян, в частности к устройству для использования на очистке семян зерновых, зернобобовых и технических культур. Мобильный зерноочистительный агрегат включает приемный бункер со скребковым транспортером, загрузочную норию с устройством для выделения грубых и крупных примесей, центробежно-воздушный сепаратор с кольцевым пневмосепарирующим каналом, промежуточную норию и машину вторичной очистки МВУ-1500, содержащую воздушно-очистительную часть с первым и вторым пневмоканалами с клапанами дорешетной и послерешетной аспирации, три осадочные камеры, два решетных стана, работающих последовательно, и вентилятор, заключительную норию, машину окончательной очистки МОС-9Н. Вентилятор машины вторичной очистки зерна МВУ-1500 соединен с ней посредством патрубка в верхней части торцевой стенки канала второй аспирации. Клапан послерешетной аспирации устроен в рабочей зоне второго канала и третьей осадочной камеры. Выход фракции зерна из третьей осадочной камеры машины вторичной очистки МВУ-1500 соединен зернопроводом с клапаном-распределителем. Один из выходов клапана-распределителя последовательно соединен через промежуточный шнек и заключительную норию

Стр. 1

Приложение А.5



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2753865

Центробежно-решетный сепаратор

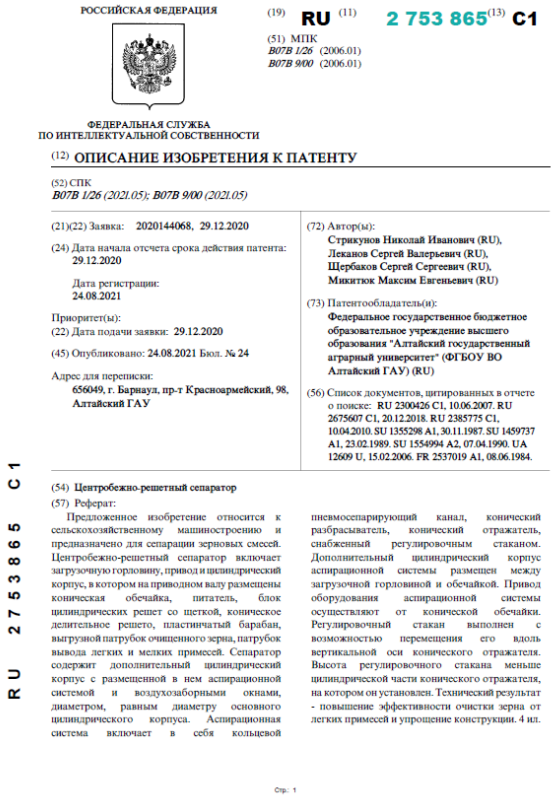
Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Стрикунов Николай Иванович (RU), Леканов Сергей Валерьевич (RU), Щербаков Сергей Сергеевич (RU), Микитюк Максим Евгеньевич (RU)*

Заявка № **2020144068**
Приоритет изобретения **29 декабря 2020 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **24 августа 2021 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **29 декабря 2040 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 753 865**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 1/26 (2006.01)
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 1/26 (2021.05); B07B 9/00 (2021.05)

(21)(22) Заявка: **2020144068, 29.12.2020**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2020

Дата регистрации:
24.08.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **29.12.2020**

(45) Опубликовано: **24.08.2021 Бюл. № 24**

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ

(72) Автор(ы):
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Щербаков Сергей Сергеевич (RU),
Микитюк Максим Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2300426 C1, 10.06.2007. RU 2675607 C1, 20.12.2018. RU 2385775 C1, 10.04.2010. SU 1355298 A1, 30.11.1987. SU 1459737 A1, 23.02.1989. SU 1554994 A2, 07.04.1990. UA 12609 U, 15.02.2006. FR 2537019 A1, 08.06.1984.**

(54) **Центробежно-решетный сепаратор**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и предназначено для сепарации зерновых смесей. Центробежно-решетный сепаратор включает загрузочную горловину, привод и цилиндрический корпус, в котором на приводном валу размещены коническая обечайка, питатель, блок цилиндрических решет со щеткой, коническое делительное решето, пластинчатый барабан, выгрузной патрубок очищенного зерна, патрубок вывода легких и мелких примесей. Сепаратор содержит дополнительный цилиндрический корпус с размещенной в нем аспирационной системой и воздухозаборными окнами, диаметром, равным диаметру основного цилиндрического корпуса. Аспирационная система включает в себя кольцевой пневмосепарирующий канал, конический разбрасыватель, конический отражатель, снабженный регулировочным стаканом. Дополнительный цилиндрический корпус аспирационной системы размещен между загрузочной горловиной и обечайкой. Привод оборудования аспирационной системы осуществляют от конической обечайки. Регулировочный стакан выполнен с возможностью перемещения его вдоль вертикальной оси конического отражателя. Высота регулировочного стакана меньше цилиндрической части конического отражателя, на котором он установлен. Технический результат - повышение эффективности очистки зерна от легких примесей и упрощение конструкции. 4 ил.

Стр. 1

RU 2753865 C1

RU 2753865 C1

Приложение А.6



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2759788

Мобильный зерноочистительный агрегат

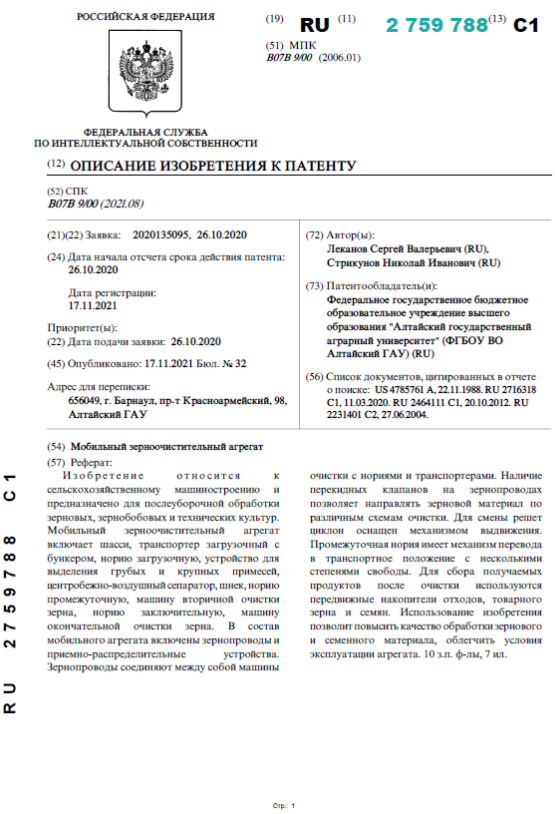
Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Леканов Сергей Валерьевич (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU)*

Заявка № **2020135095**
Приоритет изобретения **26 октября 2020 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **17 ноября 2021 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **26 октября 2040 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 759 788**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 9/00 (2021.08)

(21)(22) Заявка: **2020135095, 26.10.2020**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.10.2020

Дата регистрации:
17.11.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **26.10.2020**

(45) Опубликовано: **17.11.2021 Бюл. № 32**

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ

(72) Автор(ы):
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 4785761 A, 22.11.1988. RU 2716318 C1, 11.03.2020. RU 2464111 C1, 20.10.2012. RU 2231401 C2, 27.06.2004.**

(54) **Мобильный зерноочистительный агрегат**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и предназначено для послеуборочной обработки зерновых, зернобобовых и технических культур. Мобильный зерноочистительный агрегат включает шасси, транспортер загрузочный с бункером, норию загрузочную, устройство для выделения грубых и крупных примесей, центробежно-воздушный сепаратор, шнек, норию промежуточную, машину вторичной очистки зерна, норию заключительную, машину окончательной очистки зерна. В состав мобильного агрегата включены зерноприводы и приемно-распределительные устройства. Зерноприводы соединяют между собой машины очистки с нориями и транспортерами. Наличие перекидных клапанов на зерноприводах позволяет направлять зерновой материал по различным схемам очистки. Для смены решет циклон оснащен механизмом выдвижения. Промежуточная нория имеет механизм перевода в транспортное положение с несколькими степенями свободы. Для сбора получаемых продуктов после очистки используются передвижные накопители отходов, товарного зерна и семян. Использование изобретения позволит повысить качество обработки зернового и семенного материала, облегчить условия эксплуатации агрегата. 10 з.п. ф-лы, 7 ил.

Стр. 1

RU 2759788 C1

RU 2759788 C1

Приложение А.7



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2777102

Способ послеуборочной обработки зерна

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Стрикунов Николай Иванович (RU), Леканов Сергей Валерьевич (RU), Щербаков Сергей Сергеевич (RU), Микитюк Максим Евгеньевич (RU)*

Заявка № **2021140025**
Приоритет изобретения **30 декабря 2021 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **01 августа 2022 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **30 декабря 2041 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 777 102**(13) **C1**

(51) МПК
A01F 12/44 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A01F 12/44 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2021140025, 30.12.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2021

Дата регистрации:
01.08.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 30.12.2021

(45) Опубликовано: 01.08.2022 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ

(72) Автор(ы):
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Щербаков Сергей Сергеевич (RU),
Микитюк Максим Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2191639 C2, 27.10.2002. RU 2352099 C1, 20.04.2009. US 5860531 A, 19.06.1999.**

(54) **Способ послеуборочной обработки зерна**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству и может быть использовано для послеуборочной обработки зерновых культур. Способ включает предварительную очистку и выделение мелких сорных примесей на последовательно установленных друг за другом двух центробежно-решетных сепараторах с двумя ярусами цилиндрических решет с дальнейшей подачей зерна на триерную очистку. На первом сепараторе на верхнем ярусе устанавливают решета с продолговатыми отверстиями величиной 2,0-2,2 мм, а на нижнем ярусе с круглыми отверстиями диаметром 6,5-8,0 мм. На втором центробежно-решетном сепараторе на верхнем ярусе устанавливают решета с круглыми отверстиями диаметром 3,6-4,0 мм, а на нижнем ярусе - решето с круглыми отверстиями диаметром 5,0-5,25 мм. Изобретение обеспечивает повышение эффективности очистки зерна от трудноотделимых примесей. 2 ил.

RU 2777102 C1

RU 2777102 C1

Стр. 1

Приложение А.8



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2804079

Цилиндрическое щелевое решето

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Иванов Николай Михайлович (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU), Леканов Сергей Валерьевич (RU), Микитюк Максим Евгеньевич (RU)*

Заявка № **2023106632**
Приоритет изобретения **20 марта 2023 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **26 сентября 2023 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **20 марта 2043 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 804 079**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 1/22 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 1/22 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023106632, 20.03.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2023

Дата регистрации:
26.09.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 20.03.2023

(45) Опубликовано: 26.09.2023 Бюл. № 27

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ

(72) Автор(ы):
Иванов Николай Михайлович (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Микитюк Максим Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2385775 C1, 10.04.2010. SU 544476 A1, 30.01.1977. RU 2424068 C2, 20.07.2011. US 4534859 A, 13.08.1985. UA 41180 U, 12.05.2009. ЛЕКАНОВ С.В. и др. "Новое цилиндрическое решето для сепарации семян", "Сельский механизатор", N11, 2019, с.20-21.**

(54) **Цилиндрическое щелевое решето**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению, предназначено для очистки зерна от мелких примесей и выполняет функции подсевного решета. Цилиндрическое щелевое решето содержит два полуцилиндра с решетной рабочей поверхностью, верхнее и нижнее полукольца, стойки, верхнюю и нижнюю обечайки. Рабочая поверхность щелевых решет образована круглыми продольными и поперечными перемычками. Поперечные перемычки имеют четырехрядное вплетение. Стойки решета соединены одним концом с нижней обечайкой, а другим, посредством кольца, с верхней обечайкой, образуя каркас решета. В стойках выполнены боковые пазы вдоль образующей по высоте полуцилиндров, обеспечивающие возможность свободного входа в них образующих полуцилиндров. Продольные перемычки выполнены диаметром три четверти ширины отверстий щели. Диаметр поперечных перемычек в два раза меньше, чем продольных. Технический результат – повышение качества очистки от мелких примесей, а также повышение производительности. 2 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2804079 C1

RU 2804079 C1

Стр. 1

Приложение А.9



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2819285

Подсевной блок центробежно-решетного сепаратора

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Леканов Сергей Валерьевич (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU), Сороченко Сергей Федорович (RU), Родин Роман Владимирович (RU), Бауер Андрей Андреевич (RU)*

Заявка № **2023134570**
Приоритет изобретения **20 декабря 2023 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **16 мая 2024 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **20 декабря 2043 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Ю.С. Зубов

RU 2819285 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 819 285**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 1/22 (2006.01)
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 1/22 (2024.01); B07B 9/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: **2023134570, 20.12.2023**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.12.2023

Дата регистрации:
16.05.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **20.12.2023**

(45) Опубликовано: **16.05.2024** Бюл. № 14

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ, отдел сопровождения научной и инновационной деятельности

(72) Автор(ы):
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Сороченко Сергей Федорович (RU),
Родин Роман Владимирович (RU),
Бауер Андрей Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2385775 C1, 10.04.2010. RU 2300426 C1, 10.06.2007. SU 1355298 A1, 30.11.1987. RU 2753865 C1, 24.08.2021. FR 2537019 A1, 08.06.1984. ЩЕРБАКОВ С.С. "Параметры и режимы работы центробежно-решетного сепаратора с радиальными пластинами барабана", Барнаул, 2022.**

(54) **Подсевной блок центробежно-решетного сепаратора**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к сельскохозяйственному машиностроению и предназначено для сепарации зерновых смесей. Подсевной блок центробежно-решетного сепаратора включает вертикально размещенное цилиндрическое решето, установленный внутри решета барабан с верхней и нижней обечайками, пошагово соединенными направителями зернового потока, размещенными с наклоном к образующей барабана. Поверхность направителей зернового потока выполнена по винтовой линии с увеличивающейся величиной перекрытия шагового расстояния по мере приближения к нижней обечайке и составляет в месте крепления к ней 0,3-0,6 шага их расстановки. На верхнем конце направителей зернового потока параллельно образующей барабана установлены дополнительные плоские пластины, выступающие за пределы верхней обечайки, конец которых выполнен со скошенной кромкой. Технический результат - повышение эффективности выделения подсевным решетом мелких примесей. 4 ил.

RU 2819285 C1

Приложение А.10



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2846686

Центробежно-воздушный сепаратор

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Стрикунов Николай Иванович (RU), Леканов Сергей Валерьевич (RU), Бауер Андрей Андреевич (RU), Гребенюк Данил Петрович (RU)*

Заявка № **2024137923**
Приоритет изобретения **16 декабря 2024 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **11 сентября 2025 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **16 декабря 2044 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности
Ю.С. Зубов

RU 2846686 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 846 686**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 7/083 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 7/083 (2025.05)

(21)(22) Заявка: **2024137923, 16.12.2024**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.12.2024

Дата регистрации:
11.09.2025

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **16.12.2024**

(45) Опубликовано: **11.09.2025** Бюл. № **26**

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-кт Красноармейский, 98, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, отдел сопровождения научной и инновационной деятельности

(72) Автор(ы):
Стрикунов Николай Иванович (RU),
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Бауер Андрей Андреевич (RU),
Гребенюк Данил Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2675607 C1, 20.12.2018. SU 55237 A1, 31.07.1939. SU 844058 A1, 07.07.1981. RU 2392067 C1, 20.06.2010. RU 2471578 C1, 10.01.2013. US 3647135 A, 07.03.1972. GB 830680 A, 16.03.1960.**

(54) **Центробежно-воздушный сепаратор**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к устройствам для очистки зерна воздушным потоком и может быть использовано для разделения по аэродинамическим свойствам различных сыпучих материалов. Центробежно-воздушный сепаратор содержит цилиндрический корпус со всасывающими окнами с встроенными в них направителями, загрузочную горловину с неподвижным и подвижным цилиндрами, конический отражатель с кольцевым пневмосепарирующим каналом, конический питатель, размещенный под загрузочной горловиной, приводной вал питателя, вспомогательный конус для сбора и вывода отсепарированного зерна, патрубок вывода легких примесей. Подвижный цилиндр загрузочной горловины оканчивается усеченным конусом с углом раскрытия, меньшим, чем угол конуса питателя, и размещен соосно с ним. Образующая конуса питателя оканчивается диском с отогнутыми вверх краями. Направители всасывающих окон размещены по периметру цилиндрического корпуса под углом β=27-33° в сторону, противоположную относительно возможного направления вращения конического питателя. Технический результат - повышение эффективности очистки зерна от легких примесей. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2846686 C1

Приложение А.11



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2854683

Мобильный зерно-семяочистительный агрегат

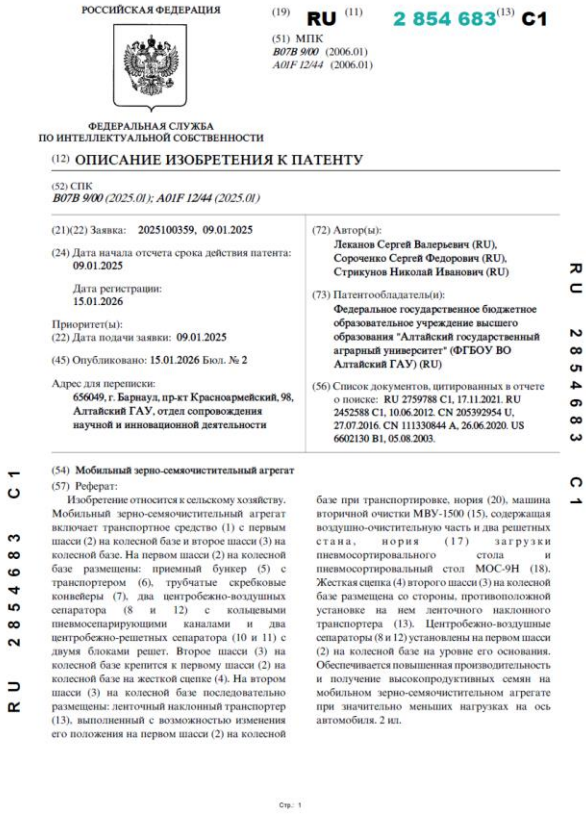
Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Леканов Сергей Валерьевич (RU), Сороченко Сергей Федорович (RU), Стрикунов Николай Иванович (RU)*

Заявка № **2025100359**
Приоритет изобретения **09 января 2025 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **15 января 2026 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **09 января 2045 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 854 683**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 9/00 (2006.01)
A01F 12/44 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 9/00 (2025.01); A01F 12/44 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2025100359, 09.01.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2025

Дата регистрации:
15.01.2026

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 09.01.2025

(45) Опубликовано: 15.01.2026 Бюл. № 2

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-кт Красноармейский, 98, Алтайский ГАУ, отдел сопровождения научной и инновационной деятельности

(72) Автор(ы):
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Сороченко Сергей Федорович (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2759788 C1, 17.11.2021. RU 2452588 C1, 10.06.2012. CN 205392954 U, 27.07.2016. CN 111330844 A, 26.06.2020. US 6602130 B1, 05.08.2003.

RU 2854683 C1

(54) **Мобильный зерно-семяочистительный агрегат**

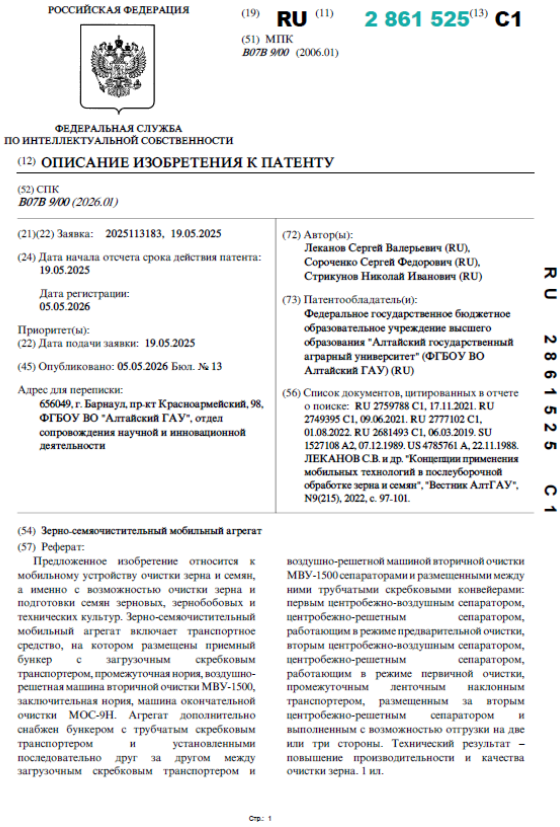
(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству. Мобильный зерно-семяочистительный агрегат включает транспортное средство (1) с первым шасси (2) на колесной базе и второе шасси (3) на колесной базе. На первом шасси (2) на колесной базе размещены: приемный бункер (5) с транспортером (6), трубчатые скребковые конвейеры (7), два центробежно-воздушных сепаратора (8 и 12) с кольцевыми пневмосепарирующими каналами и два центробежно-решетных сепаратора (10 и 11) с двумя блоками решет. Второе шасси (3) на колесной базе крепится к первому шасси (2) на колесной базе на жесткой сцепке (4). На втором шасси (3) на колесной базе последовательно размещены: ленточный наклонный транспортер (13), выполненный с возможностью изменения его положения на первом шасси (2) на колесной базе при транспортировке, нория (20), машина вторичной очистки МВУ-1500 (15), содержащая воздушно-очистительную часть и два решетных стана, нория (17) загрузки пневмосортировального стола и пневмосортировальный стол МОС-9Н (18). Жесткая сцепка (4) второго шасси (3) на колесной базе размещена со стороны, противоположной установке на нем ленточного наклонного транспортера (13). Центробежно-воздушные сепараторы (8 и 12) установлены на первом шасси (2) на колесной базе на уровне его основания. Обеспечивается повышенная производительность и получение высокопродуктивных семян на мобильном зерно-семяочистительном агрегате при значительно меньших нагрузках на ось автомобиля. 2 ил.

RU 2854683 C1

Стр.: 1

Приложение А.12



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 861 525**(13) **C1**

(51) МПК
B07B 9/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
B07B 9/00 (2026.01)

(21)(22) Заявка: 2025113183, 19.05.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.05.2025

Дата регистрации:
05.05.2026

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 19.05.2025

(45) Опубликовано: 05.05.2026 Бюл. № 13

Адрес для переписки:
656049, г. Барнаул, пр-кт Красноармейский, 98, ФГБОУ ВО "Алтайский ГАУ", отдел сопровождения научной и инновационной деятельности

(72) Автор(ы):
Леканов Сергей Валерьевич (RU),
Сороченко Сергей Федорович (RU),
Стрикунов Николай Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2759788 C1, 17.11.2021. RU 2749395 C1, 09.06.2021. RU 2777102 C1, 01.08.2022. RU 2681493 C1, 06.03.2019. SU 1527108 A2, 07.12.1989. US 4785761 A, 22.11.1988. ЛЕКАНОВ С.В. и др. "Концепции применения мобильных технологий в послеуборочной обработке зерна и семян", "Вестник АлтГАУ", N9(215), 2022, с. 97-101.**

RU 2861525 C1

(54) **Зерно-семяочистительный мобильный агрегат**

(57) Реферат:

Предложенное изобретение относится к мобильному устройству очистки зерна и семян, а именно с возможностью очистки зерна и подготовки семян зерновых, зернобобовых и технических культур. Зерно-семяочистительный мобильный агрегат включает транспортное средство, на котором размещены приемный бункер с загрузочным скребковым транспортером, промежуточная нория, воздушно-решетная машина вторичной очистки МВУ-1500, заключительная нория, машина окончательной очистки МОС-9Н. Агрегат дополнительно снабжен бункером с трубчатым скребковым транспортером и установленными последовательно друг за другом между загрузочным скребковым транспортером и воздушно-решетной машиной вторичной очистки МВУ-1500 сепараторами и размещенными между ними трубчатыми скребковыми конвейерами: первым центробежно-воздушным сепаратором, центробежно-решетным сепаратором, работающим в режиме предварительной очистки, вторым центробежно-воздушным сепаратором, центробежно-решетным сепаратором, работающим в режиме первичной очистки, промежуточным ленточным наклонным транспортером, размещенным за вторым центробежно-решетным сепаратором и выполненным с возможностью отгрузки на две или три стороны. Технический результат – повышение производительности и качества очистки зерна. 1 ил.

RU 2861525 C1

Стр.: 1

Приложение Б
Документы о внедрении результатов выполненных научных исследований

Приложение Б.1

УТВЕРЖДАЮ
Ректор АГАУ,
профессор
Золотарев С.В.
«___»_____2005 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Лео» Калманского района
Рифер А.Л.
«12» октября 2005 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«___»_____2005 г. №___.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Алтайского государственного аграрного университета /АГАУ/ к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Тарасов Б.Т., аспирант Леканов С.В., аспирант Зиновьев И.А., с одной стороны, и представители ООО «Лео» Калманского района Алтайского края ген. директор Рифер А.Л. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в уборочный период 2005 г. в результате проведения научно-исследовательских работ по теме 52 «Разработка ворохоочистителя центробежно-решетного производительностью 50 т/ч для очистки зерна» выполнена производственная оценка эффективности применения центробежно-решетного ворохоочистителя в рамках совершенствования и разработки перспективных технологий послеуборочной обработки зерна.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведена установка центробежно-решетного ворохоочистителя в поточную линию;
2) проведен отбор проб во время работы центробежно-решетного ворохоочистителя на разных подачах и при различной засоренности исходного материала;
3) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в хозяйстве.

Продолжение приложения Б.1

Технико-экономические показатели:

- энергоемкость процесса предварительной очистки зерна центробежно-решетным ворохоочистителем составила 0,15 кВт*ч/т;
- эффективность предварительной очистки зернового материала 70,18 %;
- потери зерна в отходы составили 0,4%.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работы:

- необходимо в дальнейшем разработать проект и внедрить для данного хозяйства блочно-модульную линию очистки зерна на основе разработанного центробежно-решетного ворохоочистителя.

Представители АГАУ:

Н.И. Стрикунов

Б.Т. Тарасов

С.В. Леканов

И.А. Зиновьев

Представители ООО «Лео» Калманского района:

Рифер А.Л.

Приложение Б.2

УТВЕРЖДАЮ
Ректор АГАУ,
профессор
Золотарев С.В.
«___»_____2005 г.

УТВЕРЖДАЮ
Зам. Начальника Главного управления
сельского хозяйства Администрации
Алтайского края
Казанин В.В.
«27» октября 2005 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«___»_____2005 г. №___.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Алтайского государственного аграрного университета /АГАУ/ к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Тарасов Б.Т., аспирант Леканов С.В., аспирант Зиновьев И.А., с одной стороны, и представители Главного управления сельского хозяйства Администрации Алтайского края начальник отдела механизации, электрификации и новой техники Казанцев А.Ф., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что Главному управлению сельского хозяйства Администрации Алтайского края передана техническая документация и результаты исследований на центробежно-решетный ворохоочиститель.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы: авторами к.т.н., доцентом Стрикуновым Н.И., к.т.н., доцентом Тарасовым Б.Т., аспирантом Лекановым С.В., аспирантом Зиновьевым И.А. спроектирован, изготовлен и апробирован в уборочный период 2005 г. центробежно-решетный ворохоочиститель, основные конструктивно-технологические параметры, которого обоснованы теоретически и экспериментально.

2. Технико-экономические показатели:

- энергоемкость процесса предварительной очистки зерна центробежно-решетным ворохоочистителем составила 0,15 кВт*ч/т;
- эффективность предварительной очистки зернового материала 70,18 %;
- потери зерна в отходы составили 0,4%.

Продолжение приложения Б.2

3. Предложения по дальнейшему внедрению результатов работы: Провести государственные испытания центробежно-решетного ворохоочистителя при наличии средств.

Представители АГАУ:

Н.И. Стрикунов

Б.Т. Тарасов

С.В. Леканов

И.А. Зиновьев

Начальник отдела механизации, электрификации и новой техники ГУСХ

Казанцев А.Ф.

Приложение Б.3

УТВЕРЖДАЮ
Ректор АГАУ
профессор

Золотарев С.В.
«___»_____2005 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Государственного
унитарного предприятия
ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН

Голубцов Н.Н..
«15» ноября 2005 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«___»_____2005 г. №___.

Мы, нижеподписавшиеся, представители Алтайского государственного аграрного университета /АГАУ/ к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., ., к.т.н., доцент Тарасов Б.Т., аспирант Леканов С.В., аспирант Зиновьев И.А., с одной стороны, и представители Государственного унитарного предприятия ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН зав. отделом экспериментального проектирования Бельский М.В., зам. директора Колтаков С.А., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2005 г. в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме “Повышение эффективности работы подсевного решета при очистке зерна воздушным центробежно-решетным ворохоочистителем” внедрен центробежно-решетный ворохоочиститель.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Разработана схема центробежно-решетный ворохоочистителя, обоснованы его конструктивно-технологические параметры, разработаны и переданы чертежи.

Технико-экономические показатели:

- энергоемкость процесса предварительной очистки зерна центробежно-решетным ворохоочистителем составила 0,15 кВт*ч/т;

Продолжение приложения Б.3

- эффективность предварительной очистки зернового материала 70,18 %;
- потери зерна в отходы составили 0,4%.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работы: Провести государственные испытания центробежно-решетного ворохоочистителя при наличии средств.

Представители АГАУ:

Н.И. Стрикунов

Б.Т. Тарасов

С.В. Леканов

И.А. Зиновьев

Прсдставители ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН

зав. отделом экспериментального проектирования Бельский М.В.

зам. директора Колтаков С.А.

Приложение Б.4

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО "Алтай-Зерноочистка"
Стрикунов И.Н.
«26» августа 2014 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ЗАО «Колыванское»
Сидякин Н.Н.
«26» августа 2014 г.

АКТ

внедрения модернизированного зерноочистительного агрегата
в ЗАО "Колыванское" Павловского района

«26» августа 2014 г. № 11.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В., к.т.н. Хижников А.А., Салыкин К.Н. с одной стороны, и представители ЗАО "Колыванское" Павловского района Алтайского края главный агроном Калиниченко Н.А., главный инженер Таранов В.А., машинист мехтока Бабыкин В.Н. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2014 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ был введен в эксплуатацию модернизированный зерноочистительный агрегат для очистки зерна.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведена разработка проектно-сметной документации по модернизации существующего зерноочистительного агрегата ЗАВ-40;

2) выполнены строительно-монтажные работы;

3) произведены пуско-наладочные работы оборудования;

4) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в модернизированном агрегате.

Продолжение приложения Б.4

Предложения по дальнейшему совершенствованию модернизированного агрегата:

1) Разработать проект семяочистительной линии на базе данного модернизированного агрегата с использованием пневмосортировальных столов производства ГСКБ «Зерноочистка» (г. Воронеж);

2) Целесообразно установить пневмосортировальные столы на существующем агрегате ЗАВ-20 с привязкой через его завальную яму и внедренного модернизированного агрегата.

3) Провести обоснование необходимости привязки к семяочистительной линии отделений сушки и протравливания семян и дать рекомендации по выбору необходимого оборудования.

Представители	Представители
ООО "Алтай-Зерноочистка"	ЗАО "Колыванское":
Н.И. Стрикунов	Н.А. Калиниченко
С.В. Леканов	В.А. Таранов
А.А. Хижников	В.Н. Бабыкин
К.Н. Салыкин	

Приложение Б.5

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«18» мая 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ОАО «Победа»
Бураков А.В.
«18» мая 2015 г.

АКТ
Выполнения проектной документации
на зерно-семяочистительный комплекс
ОАО «Победа» Шелаболихинского района

«18» мая 2015 г. № 8.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители ОАО «Победа» директор Бураков А.В. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2015 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация зерно-семяочистительного комплекса.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование зерно-семяочистительного комплекса, с определенными составами машин и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ОАО «Победа»:
Бураков А.В.

Приложение Б.6

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«16» мая 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ОАО «Кипринское»
Егоров А.Г.
«16» мая 2015 г.

АКТ
Выполнения проектной документации
зерно-семяочистительного сушильного комплекса
в ОАО «Кипринское»

«16» мая 2015 г. №5.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители ОАО «Кипринское» главный инженер Гладких Ю.В. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2015 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация зерно-семяочистительного сушильного комплекса.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование зерно-семяочистительного сушильного комплекса, с определенными составами машин и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ОАО «Кипринское»:
Ю.В. Гладких

Приложение Б.7

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«17» апреля 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
АО «Кипринское»
Егоров А.Г.
«17» апреля 2015 г.

АКТ
Выполнения монтажа сушильного отделения
семяочистительно-сушильного комплекса
в АО «Кипринское»

«17» апреля 2015 г. № 4.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В., ген.директор Стрикунов И.Н. с одной стороны, и представители АО «Кипринское» директор Егоров А.Г. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2015 г. в результате выполнения работ был выполнен монтаж сушильного отделения семяочистительно-сушильного комплекса.

По результатам производственной работы отделения сушки были выявлены недостатки:

1) Изменить положение самотечной трубы.

2) Изменить расположение дозирующего бункера на сушилке.

3) Обеспечить герметизацию самотечного оборудования и норий по сушильному отделению.

Отмеченные замечания были устранены.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов
И.Н. Стрикунов

Представители
АО «Кипринское»:
А.Г. Егоров

Приложение Б.8

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«10» апреля 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ИП «Волженин Николай Гаврилович»
Волженин Н.Г.
«10» апреля 2015 г.

Общество с ограниченной ответственностью «Алтай-Зерноочистка» ИНН 2221171572, ОГРН 1062221030401 Россия, Алтайский край, г. Барнаул

АКТ
Выполнения проектной документации
зерно-семяочистительного сушильного комплекса
в ИП «Волженин Николай Гаврилович» г. Горняк

«10» апреля 2015 г. № 6.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители ИП «Волженин Николай Гаврилович» г. Горняк Волженин А.Н. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2015 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация зерно-семяочистительного сушильного комплекса.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование зерно-семяочистительного сушильного комплекса, с определенными составами машин и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ИП «Волженин Николай Гаврилович» г. Горняк:
А.Н. Волженин

Приложение Б.9

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«17» 12 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «ЛЕО»
Рифер Д.А.
«17» 12 2015 г.

АКТ

Выполнения монтажа сушильного отделения
семяочистительно-сушильного комплекса
в ООО «ЛЕО»

«17» 12 2015 г. № 7

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В., ген.директор Стрикунов И.Н. с одной стороны, и представители ООО «ЛЕО» директор Рифер Д.А. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2015 г. в результате выполнения работ был выполнен монтаж сушильного отделения семяочистительно-сушильного комплекса.

По результатам производственной работы отделения сушки были выявлены недостатки:

1) Изменить положение самотечной трубы на накопительный бункер.

2) Обеспечить герметизацию транспортного оборудования по сушильному отделению.

Отмеченные замечания были устранены.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов
И.Н. Стрикунов

Представители
ООО «ЛЕО»:
Д.А. Рифер

Приложение Б.10

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО ГСКБ «Зерноочистка»
Бобров А.М.
«5» февраля 2016 г.

АКТ

внедрения по совершенствованию конструкций зерно-семяочистительных машин производства ООО ГСКБ «Зерноочистка»

«4» февраля 2016 г. № 2

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В., генеральный директор ООО «Алтай-Зерноочистка» Стрикунов И.Н. с одной стороны, и представители ООО ГСКБ «Зерноочистка» город Воронеж генеральный директор Бобров А.М., технический директор Перелюбский А.З. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2011-2016 годах в результате проведения проектно-монтажных работ и технологических испытаний машин и оборудования производства ГСКБ «Зерноочистка» были разработаны рекомендации по совершенствованию конструкций и расширению технологических возможностей зерно-семяочистительных машин.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведены испытания машин МПО-50С, МПР-50С, МПУ-70, МВУ-1500, МОС-9Н, БТЦ-700;
2) разработаны рекомендации для производства.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н.Стрикунов
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ООО ГСКБ «Зерноочистка»
Бобров А.М.
Перелюбский А.З.

Приложение Б.11

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«1» сентября 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
ВРИО директора
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
Бух В.П.
«1» сентября 2016 г.

АКТ
внедрения модернизированного
зерно-семяочистительного сушильного комплекса
в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района

«1» сентября 2016г. №3

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" директор Стрикунов И.Н., к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители ФГУП ПЗ «Комсомольское» ВРИО директора Бух В.П., главный агроном Матус А.Э., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2016 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ был введен в эксплуатацию модернизированный зерно-семяочистительный сушильный комплекс.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведена разработка проектно-сметной документации по модернизации существующего зерно-семяочистительного сушильного комплекса;

2) выполнены строительно-монтажные работы;

3) произведены пуско-наладочные работы оборудования;

4) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в модернизированном агрегате.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н.Стрикунов
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
В.П. Бух
А.Э. Матус

Приложение Б.12

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«1» октября 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
ВРИО директора
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
Бух В.П.
«1» октября 2016 г.

АКТ
внедрения реконструированного
зерноочистительного агрегата
в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района

«1» октября 2016г. №4

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" директор Стрикунов И.Н., к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители ФГУП ПЗ «Комсомольское» ВРИО директора Бух В.П., главный агроном Матус А.Э., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2016 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ был введен в эксплуатацию реконструированный зерноочистительный агрегат.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) выполнены строительно-монтажные работы;
2) произведены пуско-наладочные работы оборудования;
3) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в модернизированном агрегате.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н.Стрикунов
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
В.П. Бух
А.Э. Матус

Приложение Б.13

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«23» 09 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Радуга»
Куранаков И.А.
«23» 09 2016 г.

АКТ
внедрения реконструированного зерноочистительного агрегата
в ООО «Радуга» Косихинского района

«23» 09 2016г. №14.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представитель ООО «Радуга» директор Куранаков И.А. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2016 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ был введен в эксплуатацию реконструированный зерноочистительный агрегат для очистки зерна.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведена разработка проектно-сметной документации по реконструкции существующего зерноочистительного агрегата;

2) выполнены строительно-монтажные работы;

3) произведены пуско-наладочные работы оборудования;

4) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в модернизированном агрегате.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ООО «Радуга»
И.А. Куранаков

Приложение Б.14

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов Н.И.
«6» июля 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Дон-1»
Чурилов А.Ю.
«__» _____ 2016 г.

АКТ
выполнения проектной документации
зерно-семяочистительного сушильного комплекса
в ООО «Дон-1» Локтевского района

«6» июля 2016г. №___.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представитель ООО «Радуга» директор Чурилов А.Ю. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2016 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация зерно-семяочистительного сушильного комплекса.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование зерно-семяочистительного сушильного комплекса, с определенными машинами и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
_____ Н.И. Стрикунов
_____ С.В. Леканов

Представители
ООО «Дон-1»:
_____ Чурилов А.Ю.

Приложение Б.15

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«___» _____ 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Русское поле»
Коломеец А.Н.
«01» мая 2016 г.

АКТ
выполнения проектной документации
реконструированного зерноочистительного агрегата
в ООО «Русское поле» Новичихинского района

«1» мая 2016 г. №5

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представитель ООО «Русское поле» Коломеец А.Н. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2016 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация реконструированного зерноочистительного агрегата.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование реконструированного зерноочистительного агрегата, с определенными составами машин и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
_____Н.И. Стрикунов
_____С.В. Леканов

Представители
ООО «Русское поле»:
_____Коломеец А.Н.

Приложение Б.16

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Мобильные
зерноочистительные технологии»
Леканов С.В.
«13» 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«13» 2017 г.

АКТ
выполнения проектной документации
по разработке электронных геометрических моделей (3D моделей) сборочных единиц и деталей воздушного центробежного сепаратора

«13» ноября 2017 г. № 2

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" генеральный директор Стрикунов И.Н, с одной стороны, и представитель ООО «Мобильные зерноочистительные технологии» генеральный директор Леканов С.В. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2017 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация по разработке электронных геометрических моделей (3D моделей) сборочных единиц и деталей воздушного центробежного сепаратора.

В проектной документации отражены следующие разделы (расширение файлов .m3d):

– кольцевой пневмосепарирующий канал;
– осадочная камера;
– механизм регулировки воздушного потока;
– разбрасывающая тарелка;
– привод разбрасывающей тарелки.

Представители
ООО «Мобильные
зерноочистительные технологии»
С.В. Леканов

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н. Стрикунов

Приложение Б.17

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«02» августа 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ЗАО «Кулундинское»
Морозов В.П.
«02» августа 2017 г.

АКТ
Выполнения модернизации
зерноочистительного агрегата
в ЗАО «Кулундинское» Кулундинского района

«02»августа2017 г. №3 .

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В., ген. директор Стрикунов И.Н. с одной стороны, и представители ЗАО «Кулундинское» директор Морозов В.П.с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2017 г. в результате выполнения работ была выполнена модернизация зерноочистительного агрегата.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) выполнены строительно-монтажные работы;
2) произведены пуско-наладочные работы оборудования;
3) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в модернизированном зерноочистительном агрегате.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов
И.Н. Стрикунов

Представители
ЗАО «Кулундинское»:
В.П. Морозов

Приложение Б.18

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«25» августа 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
ВРИО директора
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
Бух В.П.
«25» августа 2017 г.

АКТ

внедрения отделения оптической сортировки модернизированногозерно-семяочистительного сушильного комплекса

в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района

«25» августа 2017г. №2/17М

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" директор Стрикунов И.Н., к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители ФГУП ПЗ «Комсомольское» ВРИО директора Бух В.П., главный агроном Маттус А.Э., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2017 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ было введено в эксплуатацию отделение оптической сортировки модернизированного зерно-семяочистительного сушильного комплекса.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) выполнены строительно-монтажные работы;
2) произведены пуско-наладочные работы оборудования;
3) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в модернизированном агрегате.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н.Стрикунов
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
В.П. Бух
А.Э. Маттус

Приложение Б.19

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«11» января 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
ВРИО директора
ФГУП ПЗ «Комсомольское»
Бух В.П.
«11» января 2017 г.

АКТ
выполнения проектной документации
зерно-семяочистительного сушильного комплекса
в ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района

«11» января 2017 г. №1

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО "Алтай-Зерноочистка" к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представитель ФГУП ПЗ «Комсомольское» ВРИО директора Бух В.П. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2017 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация зерно-семяочистительного сушильного комплекса.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование зерно-семяочистительного сушильного комплекса, с определенными составами машин и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ФГУП ПЗ «Комсомольское»:
Бух В.П.

Приложение Б.20

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА АЛТАЙСКОГО КРАЯ
(Минсельхоз Алтайского края)

ул. Никитина, д. 90, г. Барнаул, 656043, http://www.altagro22.ru
Тел. (3852) 65-82-01, 65-82-03, факс 63-38-63, e-mail: post@altagro22.ru

АКТ
о внедрении в производство

Министерство сельского хозяйства Алтайского края подтверждает, что результаты научной работы С.А. Черкашина «Повышение эффективности очистки зерна на подсевном щелевом решете центробежно-решетного сепаратора» внедрены в мобильный зерноочистительный агрегат.

Решением технического совета отраслевой секции механизации и электрификации АПК центробежно-воздушный сепаратор (патент РФ №2675607, авторы: Стрикунов Н.И., Леканов С.В., Черкашин С.А.), разработанный в Алтайском государственном аграрном университете рекомендован к производственным испытаниям в составе мобильного зерноочистительного агрегата. Опытный образец центробежно-воздушного сепаратора производительностью 50 т/ч был изготовлен на «Алтайской специализированной передвижной механизированной колонне спецэлеватормельмонтаж (СПМК СЭММ) и прошел предварительные заводские испытания.

После производственных испытаний и конструкторских доработок планируется размещение заказа на несколько образцов сепаратора на этом предприятии, для нужд сельскохозяйственных предприятий Алтайского края согласно их заявкам.

Заместитель министра сельского хозяйства, начальник отдела технической политики — Ю.С. Лукьянов

Калужский Алексей Сергеевич,
(3852) 65-81-57

Приложение Б.21

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ,
доктор сельскохозяйственных наук,
доцент

Колпаков Н.А._____

«___» _____2019 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Лео» Калманского района

Рифер Д.А._____

«___» _____2019 г.

АКТ

о хозяйственных испытаниях центробежно-решетного сепаратора с подсевным щелевым решетом для очистки зерна в ООО «Лео» Калманского района

Результаты испытания центробежно-решетного сепаратора, в котором имеется подсевное щелевое решето с параметрами $D_р$=300 мм, H=500 мм для очистки зерна от мелких примесей конструкции кафедры сельскохозяйственной техники и технологий Алтайского государственного аграрного университета при работе сепаратора в режиме предварительной очистки показали:

1. Удельная подача исходного зернового материала составляла до 25,5 т/ч*м^2 при влажности 14,4%.

2. При обработке зернового материала (пшеницы) эффективность очистки от мелких примесей составила 85,4% при допустимых ГОСТом потерях зерна в отходы.

3. Центробежно-решетный сепаратор с подсевным щелевым решетом можно использовать как ворохоочиститель в сочетании с кольцевым пневмосепарирующим каналом, как отдельную стационарную машину в технологических линиях агрегатов и семяочистительно-сушильных комплексов.

Научный руководитель к.т.н.,
доцент Стрикунов Н.И._____

к.т.н., доцент Леканов С.В._____

аспирант кафедры СХТиТ
Черкашин С.А._____

Генеральный директор ООО «Лео»
Рифер Д.А._____

Главный агроном ООО «Лео»
Рифер А.Л._____

Приложение Б.22

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«АЛТАЙСКАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ПЕРЕДВИЖНАЯ
МЕХАНИЗИРОВАННАЯ КОЛОННА СПЕЦЭЛЕВАТОРМЕЛЬМОНТАЖ»
656064, Алтайский край, город Барнаул, Павловский тракт, 60 Б
Тел. (83852) 461040

Утверждаю
Генеральный директор ООО Алтайская СПМК СЭММ
_____ Климов А.В.
«06» мая 2019 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов научно-исследовательских работ

Настоящим актом подтверждается, что техническим отделом ООО Алтайская СПМК СЭММ приняты результаты научных исследований доцента, к.т.н. Леканова С.В., доцента, к.т.н. Стрикунова Н.И. и аспиранта АГАУ Черкашина С.А. по разработке мобильной технологии послеуборочной обработки зерна и семян, выполненной по теме: «Технологическое и техническое обеспечение эффективности очистки зерна на основе стационарных и мобильных агрегатов».

По рабочей документации, выполненной Черкашиным С.А. был изготовлен центробежно-воздушный сепаратор. Центробежно-воздушный сепаратор может применяться в технологических линиях, как отдельная машина, так и в составе воздушного центробежно-решётного сепаратора. Испытания, проведенные в заводских условиях, показали работоспособность центробежно-воздушного сепаратора (патент №2675607).

Разрабатываемый центробежно-воздушный сепаратор предназначен для применения в мобильном зерноочистительном агрегате для послеуборочной обработки зерна и семян ООО «Мобильные зерноочистительные технологии», а также в составе стационарных технологических линиях мехтоков.

Начальник производственного цеха Долженков В.Г.

Механик Владимиров В.И.

Приложение Б.23

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Мобильные зерноочистительные технологии»
Леканов С.В.
«30» октября 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор
ООО «Лео» Калманского района
Рифер Д.А.
«30» октября 2019 г.

АКТ

о хозяйственных испытаниях центробежно-решетного ворохоочистителя ВЦР-50 в ООО «Лео» Калманского района

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Алтайского государственного аграрного университета «(Алтайский ГАУ) к.т.н., доцент, доцент кафедры «Сельскохозяйственной техники и технологий» Стрикунов Н.И. и к.т.н., доцент, доцент кафедры «Растениеводства, переработки и механизации», генеральный директор ООО «Мобильные зерноочистительные технологии» Леканов С.В. с одной стороны, и представитель ООО «Лео» Калманского района директор Рифер Д.А. с другой, составили настоящий акт о том, что в октябре 2019 года в результате проведения научно-исследовательских работ, опытно-конструкторских и технологических работ проведены испытания центробежно-решетного ворохоочистителя ВЦР-50 в хозяйственных условиях на зерноочистительно-сушильном комплексе в ООО «Лео» Калманского района Алтайского края.

Центробежно-решетный ворохоочиститель ВЦР-50 удобен и безопасен в обслуживании, надежен в эксплуатации, качество работы его удовлетворяет агротехническим требованиям, предъявляемым к машинам предварительной очистки зернового вороха. При очистке различных культур (с удельной нагрузкой 11,342 кг/с*м^2) эффективность очистки составлял 65…72%, потери полноценного зерна в отходы не превышали значение 0,02%.

Технологическая схема машины защищена охранными документами Российской Федерации на изобретение № 2300426 (авторы: Б.Т. Тарасов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов, И.А. Зиновьев), № 2385775 (авторы: Тарасов Б.Т., Стрикунов Н.И., Хижников А.А., Леканов С.В.), № 2675607 (авторы: Леканов С.В., Стрикунов Н.И., Черкашин С.А.). Патентообладатели: ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

к.т.н., доцент
Стрикунов Н.И.
к.т.н., доцент
Леканов С.В.

Директор ООО «Лео»
Рифер Д.А.
Главный агроном ООО «Лео»
Рифер А.Л.

Приложение Б.24

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Мобильные зерноочистительные технологии»
Леканов С.В.
«__» _____ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ
ИП Глава
КФХ «Бородин С.Н.»
Бородин С.Н.
«21» Мая 2020 г.

АКТ
выполнения проектной документации
«Модернизированная многофункциональная зерно-семяочистительная линия»
ИП Глава КФХ «Бородин С.Н.» Алейского района Алтайского края

«21» Мая 2020 г. №1.

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «Мобильные зерноочистительные технологии» к.т.н., доцент Леканов С.В., к.т.н., доцент Стрикунов Н.И. с одной стороны, и представитель ИП Глава КФХ Бородин С.Н. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2020 г. в результате выполнения работ была разработана проектная документация модернизации зерно-семяочистительная линии.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование модернизации зерно-семяочистительная линии, с определенными составами машин и оборудованием;
2) Технологическая часть;
3) Архитектурно-строительная часть;
4) Конструкторская часть.

Представители
ООО «Мобильные зерноочистительные технологии»
_____С.В. Леканов
_____Н.И. Стрикунов

Представители
ИП Глава КФХ «Бородин С.Н.»:
_____ Бородин С.Н.

Приложение Б.25

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«26» августа 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Индивидуальный предприниматель
глава крестьянского (фермерского)
хозяйства Бородин Сергей
Николаевич
«26» августа 2021 г.

АКТ
внедрения реконструкции зерно-семяочистительной линии
в К(Ф)Х Бородин С.Н. Алейского района

«26» августа 2021 г. №А-21/1

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «Алтай-Зерноочистка» директор Стрикунов И.Н., к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и представители К(Ф)Х «Бородин С.Н.» Алейского района глава крестьянского (фермерского) хозяйства Бородин С.Н., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2021 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ была введена в эксплуатацию реконструированная зерно-семяочистительная линия.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведена разработка проектно-сметной документации по модернизации существующей зерно-семяочистительной линии;

2) выполнены строительно-монтажные работы;

3) произведены пуско-наладочные работы оборудования;

4) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в реконструированном агрегате.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н.Стрикунов
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
К(Ф)Х «Бородин С.Н.»
С.Н. Бородин

Приложение Б.26

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ»
_____ Н.А. Колпаков
«30» сентября 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «Шипуново»
_____ Ху Мин-Хва
«30» сентября 2021 г.

А К Т
внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«29» сентября 2021 г. № 1

Мы, нижеподписавшиеся, представители: ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет доцент кафедры «Сельскохозяйственная техника и технологии» Стрикунов Николай Иванович, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», Генеральный директор ООО «Алтай-Зерноочистка» Стрикунов Иван Николаевич с одной стороны, и представитель общества с ограниченной ответственностью «Шипуново» директор с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в период с июня 2021 года по сентябрь 2021 года в результате проведения экспертизы объекта, технологических, проектно-конструкторских работ по теме: «Модернизация зерно-семяочистительного агрегата в ООО «Шипуново» согласно договора от 03.07.2021 №03-07/21 в ООО «Шипуново» спроектирован модернизированный зерно-семяочистительный агрегат в соответствии с разработанным техническим заданием и внесенными корректировками заказчика.

В процессе внедрения выполнены следующие работы: проведена привязка конструкции линии и технологии к условиям хозяйства, разработана техническая документация.

Расчетные показатели технико-экономического эффекта (в рублях и других показателях)

1. Снижение объема капитальных вложений с 45,2 млн. руб. до 28,2 млн. руб. (прототип семяочистительный агрегат фирмы ООО «Сохрани Зерно» той же производительности) Экономия 17,0 млн. руб.

2. Снижение расхода эл. энергии со 123 кВт до 100,8 кВт. Экономия эл. энергии за сезон 63714 руб.

3. Экономия заработной платы (min 1 чел) – год фонд з/платы =360000 руб.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ: авторское сопровождение работы линии, исследование надежности, повышение производительности.

Акт составлен в четырех экземплярах:

Представитель:
АГАУ Стрикунов Н.И._____
АлтГТУ Леканов С.В._____
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н._____

Представитель
ООО «Шипуново» Ху Мин-Хва
_____

Приложение Б.27

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ»
_____ Н.А. Колпаков
«__» сентября 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Шипуново»
_____ Ху Мин-Хва
«30» сентября 2021 г.

А К Т
внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«29» сентября 2021 г. № 2

Мы, нижеподписавшиеся, представители: ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет доцент кафедры «Сельскохозяйственная техника и технологии» Стрикунов Николай Иванович, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», Генеральный директор ООО «Алтай-Зерноочистка» Стрикунов Иван Николаевич с одной стороны, и представитель общества с ограниченной ответственностью «Шипуново» директор с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в период с июня 2021 года по сентябрь 2021 года в результате проведения экспертизы объекта, технологических, проектно-конструкторских работ по теме: «Разработка технологии зерноочистительно-сушильного комплекса в ООО «Шипуново» согласно договора от 03.07.2021 №03-07/21 в ООО «Шипуново» спроектирована технология зерноочистительно-сушильного комплекса в соответствии с разработанным техническим заданием и внесенными корректировками заказчика.

В процессе внедрения выполнены следующие работы: проведена привязка конструкции линии и технологии к условиям хозяйства, разработана техническая документация.

Расчетные показатели технико-экономического эффекта (в рублях и других показателях)

1. Снижение объема капитальных вложений с 48,2 млн. руб. до 36,8 млн. руб. (прототип зерноочистительно-сушильный комплекс фирмы ООО «Сохрани Зерно» той же производительности) Экономия 11,4 млн. руб.

2. Повышение производительности от внедрения технологии 25%.

3. Экономия заработной платы (min 1 чел) – год фонд з/платы =460000 руб.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ: авторское сопровождение работы комплекса, исследование надежности, повышение производительности.

Акт составлен в четырех экземплярах:

Представитель:
АГАУ Стрикунов Н.И._____
АлтГТУ Леканов С.В._____
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н._____

Представитель
ООО «Шипуново» Ху Мин-Хва
_____

Приложение Б28

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО
«Алтайский ГАУ»
_____ Н.А. Колпаков
«12» октября 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

ИП Глава К(Ф)Х
«Никулин Александр Николаевич»
_____ Н.А. Никулин
«12» октября 2021 г.

А К Т
внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«12» октября 2021 г. № 1

Мы, нижеподписавшиеся, представители: ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет доцент кафедры «Сельскохозяйственная техника и технологии» Стрикунов Николай Иванович, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», Генеральный директор ООО «Алтай-Зерноочистка» Стрикунов Иван Николаевич с одной стороны, и представитель К(Ф)Х «Никулин Александр Николаевич» ИП Глава К(Ф)Х Никулин Александр Николаевич с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в период с июня 2021 года по сентябрь 2021 года в результате проведения экспертизы места расположения объекта, технологических, проектно-конструкторских работ по теме: «Зерноочистительный комплекс» согласно договора от 15.06.21 №05-05121 в К(Ф)Х «Никулин Александр Николаевич» спроектирован зерноочистительный комплекс в соответствии с разработанным техническим заданием и внесенными корректировками заказчика.

В процессе внедрения выполнены следующие работы: проведена привязка конструкции линии и технологии к условиям хозяйства, разработана техническая документация.

Расчетные показатели технико-экономического эффекта (в рублях и других показателях)

1. Снижение объема капитальных вложений составило 15%. (прототип семяочистительный агрегат фирмы ООО «Сохрани Зерно» той же производительности).

2. Снижение расхода эл. энергии со 123 кВт до 108,8 кВт. Экономия эл. энергии за сезон 63900 руб.

3. Экономия заработной платы (min 1 чел) – год фонд з/платы =360000 руб.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов работ: авторское сопровождение работы линии, исследование надежности, повышение производительности.

Акт составлен в четырех экземплярах:

Представитель:
АГАУ Стрикунов Н.И. _____
АлтГТУ Леканов С.В. _____
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н. _____

Представитель
К(Ф)Х «Никулин Александр Николаевич»
Никулин А.Н. _____

Приложение Б.29

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «ЦСТ-22»,
г. Барнаул

Федоренко С.С. _____

«17» сентября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Председатель
СПК «Дружба» Алейского района

Выходцев А.П. _____

«__» _____ 2022 г.

АКТ

о передачи конструкторской документации для изготовления промышленного образца центробежно-воздушного сепаратора

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ФГБОУ ВО «Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова» к.т.н., доцент Леканов С.В., представитель ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ» к.т.н., доцент Стрикунов Н.И. с одной стороны, и представители ООО «ЦСТ-22» инженер-конструктор Минин А.М., инженер-конструктор Житанер Н.В., составили настоящий акт о передаче конструкторской документации «Центробежно-воздушный сепаратор» (по патенту № 2675607): пространственные модели, общий вид, сборочные чертежи и спецификации сборочных единиц, рабочие чертежи деталей, описание сепаратора) с целью использования на предприятии для изготовления опытного образца.

Прилагаемые документы

1. ООО «Лео» Калманского района. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 12.10.2005 г.
2. ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. г. Барнаул, 15.11.2005 г.
3. Главное управление сельского хозяйства Администрации Алтайского края. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 27.10.2005 г.
4. ООО «Мобильные зерноочистительные технологии», ООО «Алтай-Зерноочистка». Акт выполнения проектной документации по разработке электронных геометрических моделей (3D моделей) сборочных единиц и деталей воздушного центробежного сепаратора от 13.11.2017 г.
5. Патент России № 2675607 C1 МПК B07B 7/083 (2006.01). Центробежно-воздушный сепаратор / Леканов С.В., Стрикунов Н.И., Черкашин С.А. 2017146182; заявл. 26.12.2017; опубл. 20.12.2018, Бюл. №35.
6. Министерство сельского хозяйства Алтайского края. Акт о внедрении в производство. 2018 г.
7. ООО «Алтайская СПМК СЭММ» Акт внедрения научно-исследовательских работ. г. Барнаул. 06.05.2019.

Представитель
ФГБОУ ВО
«Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова»
к.т.н., доцент Леканов С.В. _____

ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ
к.т.н., доцент Стрикунов Н.И. _____

Представитель
ООО «ЦСТ-22»
инженер-конструктор
Минин А.М. _____

инженер-конструктор
Житанер Н.В. _____

Приложение Б.30

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Колпаков Н.А.
«25» 11 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
ИП, КФХ Щербаков С.Г.
Щербаков С.Г.
«15» 11 2022 г.

АКТ

о хозяйственных испытаниях центробежно-решетного сепаратора с подсевным щелевым решетом для очистки зерна в КФХ Щербаков С.Г. Заринского района

Результаты испытания центробежно-решетного сепаратора, в котором имеется подсевное щелевое решето с параметрами D_p=300 мм, H=500 мм для очистки зерна от мелких примесей конструкции кафедры сельскохозяйственной техники и технологий Алтайского государственного аграрного университета при работе сепаратора в режиме предварительной очистки показали:

1. Удельная подача исходного зернового материала составляла до 25,5 т/ч*м^2 при влажности 14,4%.
2. При обработке зернового материала (пшеницы) эффективность очистки от мелких примесей составила 85,4% при допустимых ГОСТом потерях зерна в отходы.
3. Центробежно-решетный сепаратор с подсевным щелевым решетом можно использовать как ворохоочиститель в сочетании с кольцевым пневмосепарирующим каналом, как отдельную стационарную машину в технологических линиях агрегатов и семяочистительно-сушильных комплексов.

Научный руководитель, к.т.н.,
доцент Стрикунов Н.И.
к.т.н., доцент Хижников А.А.
к.т.н., доцент Леканов С.В.
аспирант кафедры СХТиТ
Микитюк М.Е.

ИП, КФХ Щербаков С.Г.
Щербаков С.Г.

Приложение Б.31

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Колокина Н.А.
«22» 11 2022 г.

АКТ
внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

«22» 11 2022 г. №126

Мы, нижеподписавшиеся, представители Алтайского государственного аграрного университета к.т.н., доценты кафедры «Сельскохозяйственной техники и технологий» Стрикунов Н.И. и Хижников А.А., аспирант кафедры «Сельскохозяйственной техники и технологий» Микипок М.Е., к.т.н., доцент кафедры «Наземные транспортно-технологические системы» факультета энергомашиностроения и автомобильного транспорта, Алтайского государственного технического университета ИМ. И. И. Ползунова Леканов С.В., с одной стороны, и представитель ИП, КФХ Щербаков С.Г. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в уборочный период 2022 г. в результате научно-исследовательской работы по теме: «Повышение эффективности очистки зерна на цилиндрическом подсевном щелевом решете центробежно-решетного сепаратора» выполнена производственная оценка эффективности применения центробежно-решетного сепаратора с подсевным щелевым решетом и пластинчатым барабаном с радиальными пластинами в рамках совершенствования перспективных технологий и машин для послеуборочной обработки зерна.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

Продолжение приложения Б.31

1) Проведена установка центробежно-решетного сепаратора в поточную линию.

2) Проведен отбор проб во время работы центробежно-решетного сепаратора с подсевным щелевым решетом.

3) Разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в хозяйстве.

Технико-экономические показатели:

- удельная производительность на очистке зерна пшеницы составляла – 12,3 т/ ч · м^2;
- эффективность очистки зерна от мелких примесей составляла – 84,2%;
- потери зерна в отходы – 0,82%.

Предложения по дальнейшему внедрению результатов исследований:

- центробежно-решетный сепаратор с подсевным щелевым решетом можно использовать как ворохоочиститель в сочетании с кольцевым пневмосепарирующим каналом, как отдельную стационарную машину в технологических линиях агрегатов и семяочистительно-сушильных комплексов.

Научный руководитель, к.т.н., доцент Стрикунов Н.И.

к.т.н., доцент Хижников А.А.

к.т.н., доцент Леканов С.В.

аспирант кафедры СХТиТ Микитюк М.Е.

ИП, КФХ Щербаков С.Г.

Щербаков С.Г.

Приложение Б.32

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Алтай-Зерноочистка»
Стрикунов И.Н.
«22» сентября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Председатель
ООО «Трансхим»
Фатеев А.В.
«22» сентября 2022 г.

АКТ

внедрения реконструированного зерноочистительно-сушильного комплекса в ООО «Трансхим» г. Алейск

«22» сентября 2022 г. № 3/22

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «Алтай-Зерноочистка» директор Стрикунов И.Н., к.т.н., доцент Стрикунов Н.И., к.т.н., доцент Леканов С.В. с одной стороны, и директор ООО «Трансхим» г. Алейск, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в 2022 г. в результате проведения проектно-монтажных и строительных работ был введен в эксплуатацию реконструированный зерноочистительно-сушильный комплекс.

В процессе внедрения выполнены следующие работы:

1) проведена разработка технологической документации по реконструкции зерноочистительно-сушильного комплекса;

2) выполнены строительно-монтажные работы;

3) произведены пуско-наладочные работы оборудования;

4) разработаны практические рекомендации по рациональному использованию зерноочистительных машин в реконструированном комплексе.

Представители
ООО «Алтай-Зерноочистка»
И.Н.Стрикунов
Н.И. Стрикунов
С.В. Леканов

Представители
ООО «Трансхим»
Фатеев А.В.

Приложение Б.33

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный Директор ООО «Чуклин инжиниринг»,
г. Барнаул
Чуклин Н.М. _____
«25» 12 2022 г.

АКТ

о передачи конструкторской документации для изготовления промышленного образца центробежно-воздушного сепаратора

Мы, нижеподписавшиеся, представитель ФГБОУ ВО «Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова» к.т.н., доцент Леканов С.В., представитель ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ» к.т.н., доцент Стрикунов Н.И. с одной стороны, и представитель ООО «Чуклин инжиниринг» генеральный директор Чуклин Н.М., составили настоящий акт о передаче конструкторской документации «Центробежно-воздушный сепаратор» (по патенту № 2675607): пространственные модели, общий вид, сборочные чертежи и спецификации сборочных единиц, рабочие чертежи деталей, описание сепаратора) с целью использования на предприятии для изготовления опытного образца.

Прилагаемые документы

1. ООО «Лео» Калманского района. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 12.10.2005 г.
2. ОПКБ АНИИЗиС СО РАСХН. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. г. Барнаул, 15.11.2005 г.
3. Главное управление сельского хозяйства Администрации Алтайского края. Акт внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. 27.10.2005 г.
4. Стрикунов Н.И. Испытания воздушного центробежно-решетного ворохоочистителя с подсевным решетом в хозяйственных условиях / Н.И. Стрикунов, Б.Т. Тарасов, С.В. Леканов // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сб. тр. междунар. науч.- практ. конф.сборник статей: в 3 кн. - Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006.- Кн. 2. – С. 290-293.
5. ООО «Мобильные зерноочистительные технологии», ООО «Алтай-Зерноочистка». Акт выполнения проектной документации по разработке электронных геометрических моделей (3D моделей) сборочных единиц и деталей воздушного центробежного сепаратора от 13.11.2017 г.
6. Патент России № 2675607 C1 МПК B07B 7/083 (2006.01). Центробежно-воздушный сепаратор / Леканов С.В., Стрикунов Н.И., Черкашин С.А. 2017146182; заявл. 26.12.2017; опубл. 20.12.2018, Бюл. №35.
7. Министерство сельского хозяйства Алтайского края. Акт о внедрении в производство. 2018 г.
8. ООО «Алтайская СПМК СЭММ» Акт внедрения научно-исследовательских работ. г. Барнаул. 06.05.2019.

Представитель
ФГБОУ ВО
«Алтайский ГТУ им. И.И. Ползунова»
к.т.н., доцент Леканов С.В. _____

ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ
к.т.н., доцент Стрикунов Н.И. _____

Представитель
ООО «Чуклин инжиниринг»
Генеральный директор

Чуклин Н.М. _____

Приложение Б.34

ООО «Центр Строительных Технологий-22»

ИНН 2224118757
КПП 222401001
ОГРН 1072224021891
Адрес: 656036 г. Барнаул ул. Чудненко, 81

Алтайское отделение №8644
ПАО Сбербанк г. Барнаул
БИК 040173604
р/с 40702810902000015029

Утверждаю
Директор ООО «ЦСТ – 22»
_____Федоренко С.С.
13.01.2023 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов научно-исследовательских работ

Настоящим актом подтверждается, что техническим отделом ООО «Центр строительных технологий – 22» приняты результаты научных исследований доцента, к.т.н. Леканова С.В., доцента, к.т.н. Стрикунова Н.И. и аспиранта АГАУ Микитюка М.Е. по разработке технологии послеуборочной обработки зерна и семян, выполненной по теме: «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов».

По рабочей документации, выполненной Лекановым С.В., был изготовлен центробежно-воздушный сепаратор. Центробежно-воздушный сепаратор может применяться в технологических линиях, как отдельная машина, так и в составе воздушного центробежно-решетного сепаратора. Испытания, проведенные в заводских условиях, показали работоспособность центробежно-воздушного сепаратора (патент №2675607).

Разрабатываемый центробежно-воздушный сепаратор предназначен для применения в стационарном зерноочистительном агрегате для послеуборочной обработки зерна в СПК «Дружба» Алейского района, а также в составе мобильных зерноочистительных агрегатов.

Инженер-конструктор Житанер Н.В.
Начальник производственного цеха Масликов П.П.

Приложение Б.35

Общество с ограниченной ответственностью
«Агро Промышленная Корпорация «Алтай ЭКО сорт»

ОГРН 1212200030811 **ИНН** 2222895941 **КПП** 222201001
Адрес: 656067, Алтайский край, г. Барнаул, проезд Северный Власихинский, д. 76
Тел.: 8 (3852) 56-06-26, +7 983-186-6626
www.apkaes.ru E-mail: **zip@altaiecosort.com**

Утверждаю
Генеральный директор
ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт»
_____ Лугачев Е.В.
13.05.2024 г.

Акт о внедрении результатов
научно-исследовательской работы

Настоящим актом подтверждается, что техническим отделом ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт» приняты результаты научных исследований доцента, к.т.н. Леканова С.В. по разработке мобильной технологии послеуборочной обработки семян, выполненной по теме: «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов».

По рабочей документации, выполненной Лекановым С.В., был изготовлен мобильный зерноочистительный агрегат, выполненный по монтируемой технологии. Мобильный зерноочистительный агрегат может применяться как в монтируемых мобильных технологических линиях, так и выступать в роли самостоятельной технологической линии при подготовке семян зерновых, зернобобовых и технических культур.

Мобильный зерноочистительный агрегат разработан для ООО «ГЛАВАГРОСНАБ АЛТАЙ» г. Барнаул и предназначен для применения в монтируемом исполнении для оказания услуг по послеуборочной обработке зерна в различных хозяйствах.

От разработчика

К.т.н., доцент, докторант
АлтГТУ им. ИИ. Ползунова
_____ Леканов С.В.

От ООО «АПК «Алтай ЭКО сорт»

Технический директор
_____ Чередниченко Э.И.
Начальник проектного отдела
_____ Селехин Р.О.
Руководитель отдела
металлообработки
_____ Ушков А.В.

Приложение Б.36

Общество с ограниченной ответственностью
«Агро Промышленная Корпорация «Алтай ЭКО сорт»

ОГРН 1212200030811 **ИНН** 2222895941 **КПП** 222201001
Адрес: 656067, Алтайский край, г. Барнаул, проезд Северный Власихинский, д. 76
Тел.: 8 (3852) 56-06-26, +7 983-186-6626
www.apkaes.ru E-mail: **zip@altaiecosort.com**

Утверждаю
Генеральный директор
ООО «АПК «АлтайЭКОсорт»
_____ Лукичев Е.В.

Акт о внедрении результатов
научно-исследовательской работы

Настоящим актом подтверждается, что техническим отделом ООО «АПК «АлтайЭКОсорт» приняты результаты научных исследований доцента, к.т.н. Леканова С.В. по разработке мобильной технологии послеуборочной обработки семян, выполненной по теме: «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов».

Разработанная технология включает в себя воздушно-решетную машину 5XFS-10C с разработанной аспирационной системой и пневмосортировальный стол 5XZ-8Y с наклонной норией фирмы «Julite» (Китай), а также фотосепаратор «Observation» фирмы «Taiho» (Китай). Разработанный агрегат выполнен на базе прицепа длинной 16,6 м, включает в себя транспортно-технологическое оборудование и дизельный электрогенератор. В транспортном положении предусмотрена трансформация транспортно-технологического оборудования для транспортировки мобильного семяочистительного агрегата по дорогам общего пользования.

По рабочей документации, выполненной Лекановым С.В. принято решение о внедрении в производство предложенной технологии мобильного семяочистительного агрегата.

От разработчика
к.т.н., доцент, докторант
АлтГТУ им.И.И. Ползунова
_____ Леканов С.В.

От ООО «АПК «АлтайЭКОсорт»
Технический директор
_____ Чередниченко Э.И.
Руководитель отдела металлообработки
_____ Гудков А.В.

Приложение Б.37

Общество с ограниченной ответственностью
«Агро Промышленная Корпорация «Алтай ЭКО сорт»

ОГРН 1212200030811 **ИНН** 2222895941 **КПП** 222201001
Адрес: 656067, Алтайский край, г. Барнаул, проезд Северный Власихинский, д. 76
Тел.: 8 (3852) 56-06-26, +7 983-186-6626
www.apkaes.ru E-mail: **zip@altaiecosort.com**

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «АПК «АлтайЭКОсорт»
_____ Лугачев Е.В.
_____ 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ
Глава
КФХ «СибГрейн»
_____ Вагнер С.В.
«24» января 2025 г.

Акт о внедрении результатов
научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «АПК «АлтайЭКОсорт» технический директор Чередниченко Э.И., руководитель отдела металлообработки Гудков А.В., с одной стороны, и представитель КФХ «СибГрейн» (с. Березовка, Азовский НННМР, Омская область) глава Вагнер Сергей Викторович, составили настоящий акт о том, что в 2025 г. в результате работы проектного отдела в основе которой были положены результаты научно-исследовательской работы к.т.н. Леканова С.В., выполненной по теме: «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов», была разработана проектная документация мобильного зерно-семяочистительного агрегата для внутрихозяйственного использования.

В проектной документации отражены следующие разделы:

1) Утверждено техническое задание на проектирование мобильного зерно-семяочистительного агрегата, с определенными составами машин и оборудованием;

2) Технологическая часть (построена технологическая схема, 3d-модель агрегата, выполнены габаритные чертежи);

3) Конструкторская часть.

Представители
ООО «АПК «АлтайЭКОсорт»
Технический директор
_____ Э.И. Чередниченко
Руководитель отдела металлообработки
_____ А.В. Гудков
Докторант, к.т.н., доцент,
АлтГТУ им.И.И. Ползунова
_____ С.В. Леканов

Представители
КФХ «СибГрейн»
_____ С.В. Вагнер

Приложение Б.38

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА АЛТАЙСКОГО КРАЯ
(Минсельхоз Алтайского края)

ул. Никитина, д. 90, г. Барнаул, 656043, http://www.altagro22.ru
Тел. (3852) 65-82-01, 65-82-03, факс 63-38-63, e-mail: post@altagro22.ru

Рекомендация

В представленной монографии авторов Стрикунова Н.И. и Леканова С.В. обобщён и систематизирован материал по использованию стационарных технологий зерноочистительных агрегатов и зерноочистительно-сушильных комплексов в Алтайском крае. Рассмотрены принципы работы зерно-семяочистительных машин, даны рекомендации по повышению эффективности их работы. Приведены сведения по проектированию стационарных технологических линий мехтоков за длительный период времени.

Монография предназначена для студентов инженерных специальностей сельскохозяйственных вузов и может быть использована при курсовом и дипломном проектировании. Издание будет также весьма полезно инженерно-техническим работникам и агрономам сельскохозяйственных предприятий, занятых производством зерна и семян.

Министерство сельского хозяйства Алтайского края рекомендует монографию авторов Стрикунова Н.И. и Леканова С.В. «Стационарная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян» к печати.

Заместитель министра сельского хозяйства, начальник отдела технической политики — Ю.С. Лукьянов

Калужский Алексей Сергеевич,
(3852) 65-81-57

18.02.2018

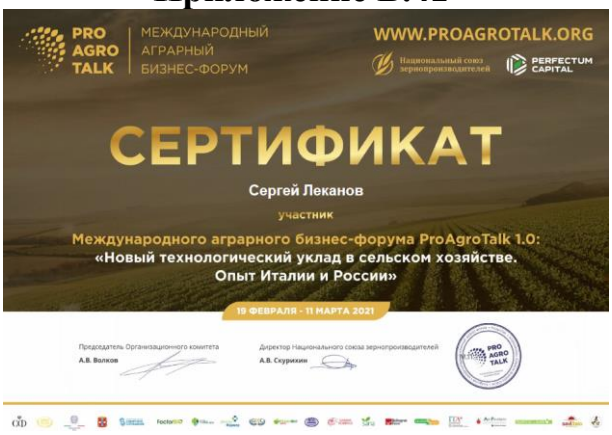
Приложение Б.39



Приложение Б.40



Приложение Б.41



Приложение Б.42



Приложение Б.43



Приложение Б.44



Приложение Б.45



Приложение Б.46



Приложение Б.47

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН

СЕРТИФИКАТ

CERTIFICATE

НАСТОЯЩИМ УДОСТОВЕРЯЕТСЯ, ЧТО
THIS IS TO CERTIFY THAT

Леканов Сергей Валерьевич

принял(а) участие в работе
Международной научно-технической конференции,
посвященной 65-летию образования СибИМЭ СФНЦА РАН

«Роль цифровизации в научно-техническом обеспечении АПК Сибири»,

took part in the work
International Scientific and Technical Conference dedicated to the 65th anniversary of the SibIME SFSCA RAS

"The role of digitalization in the scientific and technical support of the agro-industrial complex of Siberia"

Выступил(а) с докладом:

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОВЕРКИ ЦЕНТРОБЕЖНО-ВОЗДУШНОГО СЕПАРАТОРА С КОЛЬЦЕВЫМ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩЕМ КАНАЛОМ

Директор СФНЦА РАН,
чл.-корр. РАО, профессор РАН К.С. Голохваст

Краснообск, 3-4 октября 2024 г.



Приложение Б.48

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА АЛТАЙСКОГО КРАЯ
АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СЕРТИФИКАТ

Подтверждает, что

ЛЕКАНОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ

принял участие в I Международной научно-практической конференции
«ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ПРОБЛЕМЫ, ДОСТИЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ»,
посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель в Алтайском крае

Ректор
ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ» Н.А. Коппаков

Барнаул
22-23 октября 2024 г.

Приложение Б.49

Министерство сельского хозяйства Алтайского края
Алтайский Государственный Аграрный Университет

СЕРТИФИКАТ

подтверждает, что

ЛЕКАНОВ СЕРГЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ

принял участие во II Международной научно-практической конференции
«ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА:
ПРОБЛЕМЫ, ДОСТИЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ»,
посвященной 75-летию инженерного факультета Алтайского ГАУ

Врио ректора В. А. Плешаков

Барнаул
29-30 октября 2025 г.

Приложение Б.50



Приложение Б51



ГУБЕРНАТОР АЛТАЙСКОГО КРАЯ

ДИПЛОМ

ЛАУРЕАТА
ПРЕМИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ
В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ 2017 ГОДА

в р у ч а е т с я

Леканову
Сергею Валерьевичу,

за большой личный вклад
в развитие науки и техники.

Губернатор Алтайского края А.Б. Карлин

16 ноября 2017 года № 158

Приложение Б52



ДИПЛОМ

II степени

V Всероссийский конкурс изданий
учреждений (структурных подразделений вузов) ДПО,
подведомственных Минсельхозу России,
«Новые знания – практикам»

В номинации
«Лучшее производственно-практическое издание по агрономии»

награждается
ФГБОУ ДПО «Алтайский институт повышения квалификации
руководителей и специалистов агропромышленного комплекса»

за издание

Леканов С.В., Стрикунов И.И.
Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян

Председатель оргкомитета Ю. В. Пьянова

Ректор В. Н. Чижов

15 июля 2020 года, г. Барнаул

АИК

Приложение Б53



ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ 2021

XXIII ВСЕРОССИЙСКАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ
БРОНЗОВОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»

За разработку технологии, обеспечивающей эффективную очистку зерна и технические средства для ее реализации на основе мобильных и стационарных технологий

МИНИСТР СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Д.Н. ПАТРУШЕВ

Приложение Б54



ДИПЛОМ

I степени

VI Всероссийский конкурс изданий
учреждений (структурных подразделений вузов) ДПО,
подведомственных Минсельхозу России,
«Новые знания – практикам»

В номинации
«Лучшее издание по техническим наукам»

награждается
ФГБОУ ДПО «Алтайский институт повышения квалификации АПК»

за издание

С.В. Леканов, И.И. Стрикунов, Н.М. Чуклин, М.Е. Микитюк
«Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Самоходные вихревые зерноочистительные машины»

Председатель оргкомитета Ю. В. Пьянова

Ректор института В. Н. Чижов

28 июня 2022 года, г. Барнаул

АИК

Приложение Б.55

УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора ФГБОУ ВО
Алтайского ГАУ
кандидат сельскохозяйственных
наук
_____ В.А. Плешаков
_____ 2025 г.

АКТ
об использовании (внедрении) научно-исследовательской работы в учебный процесс

Мы, декан инженерного факультета, доктор технических наук, доцент Садов В.В. с одной стороны и заведующий кафедрой «Сельскохозяйственная техника и технологии» доктор технических наук, профессор Беляев В.И. и кандидат технических наук, доцент Стрикунов Н.И. с другой, составили настоящий акт о том, что результаты научных исследований кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «Алтайский ГТУ имени И.И. Ползунова» Леканова С.В., полученные в ходе выполнения научно-исследовательской работы на тему «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов» используются в учебном процессе при обучении по направлению «Агроинженерия» (уровень подготовки бакалавриат и магистратура) при изложении лекционного материала, а также в ходе выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ. Для ведения учебных занятий имеются издания:

Серия книг «Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян»:

1. Иванов Н.М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. История развития: учебно-методическое пособие / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов // РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибИМЭ; научн.ред. Н.М. Иванов- Новосибирск. - 2012. - 106 с.

2. Леканов, С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зернопогрузчики, зернометатели и протравливатели: учеб.пособие / С.В. Леканов, А.А. Хижников, Н.И. Стрикунов. - Барнаул: Изд-во АГАУ. - 2013. - 117 с.

3. Иванов, Н.М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерноочистительные машины: учебное пособие / Н.М. Иванов, С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов // РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибИМЭ; научн.ред. Н.М. Иванов- Новосибирск. - 2013. - 326 с.

4. Леканов С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерносушилки: учеб.пособие / С.В.

Продолжение приложения Б.55

Леканов, Н.И. Стрикунов, Старцева В.В. - Барнаул: Изд-во АГАУ. - 2016.- 142 с.

5. Леканов С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Самопередвижные зерноочистительные машины: учебное пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Н.М. Чуклин, М.Е. Микитюк - Барнаул: Алт. ИПК АПК. - 2021. – 207 с.

Монографии, рекомендации:

6. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов; СФНЦА РАН. - Новосибирск: СФНЦА РАН. - 2021. - 277 с.

7. Леканов С.В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов. - Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК. - 2019. - 74 с.

Представленные материалы научных исследований охраноспособны, новизна которых защищена патентами Российской Федерации на изобретения. Патентообладатель - ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

Декан инженерного факультета,
д.т.н., доцент В.В. Садов

Заведующий кафедрой СХТиТ,
д.т.н., профессор В.И. Беляев

к.т.н., доцент Н.И. Стрикунов

Приложение Б.56

СОГЛАСОВАНО

Проректор по НИР
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
к.х.н., доцент
Беушев Александр Анатольевич

12 марта 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

Ректор
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
д.т.н., профессор
Марков Андрей Михайлович

12 [illegible] 2026 г.

АКТ
об использовании (внедрении) научно-исследовательской работы
в учебный процесс

Мы, декан факультета энергомашиностроения и автомобильного транспорта, кандидат технических наук, доцент Баранов А.С. с одной стороны и исполняющий обязанности заведующего кафедрой «Автомобильный транспорт и наземные технологические системы» доктор технических наук, доцент С.Ф. Сороченко с другой, составили настоящий акт о том, что результаты научных исследований кандидата технических наук, доцента ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» Леканова Сергея Валерьевича, полученные в ходе выполнения научно-исследовательской работы на тему «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов» используются в учебном процессе при обучении по направлению «Наземные транспортно-технологические средства» (уровень подготовки специалитет) при изложении лекционного материала, а также в ходе выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ. Для ведения учебных занятий имеются издания:

Серия книг «Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян»:

1. Иванов, Н.М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. История развития: учебно-методическое пособие / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов // РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибИМЭ; научн.ред. Н.М. Иванов. – Новосибирск. – 2012. – 106 с.
2. Леканов, С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зернопогрузчики, зернометатели и протравливатели: учебное пособие / С.В. Леканов, А.А. Хижников, Н.И. Стрикунов. – Барнаул : Изд-во АГАУ. – 2013. – 117 с.

Продолжение приложения Б.56

3. Иванов, Н.М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерноочистительные машины: учебное пособие / Н.М. Иванов, С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов // РАСХН. Сиб. Отдние. СибИМЭ; научн.ред. Н.М. Иванов. – Новосибирск. – 2013. – 326 с.

4. Леканов, С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерносушилки: учебное пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Старцева В.В. – Барнаул : Изд-во АГАУ. – 2016. – 142 с.

5. Леканов, С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Самопередвижные зерноочистительные машины: учебное пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Н.М. Чуклин, М.Е. Микитюк – Барнаул : Алт. ИПК АПК. – 2021. – 207 с.

Монографии, рекомендации:

6. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов; СФНЦА РАН. – Новосибирск : СФНЦА РАН. – 2021. – 277 с.

7. Леканов, С.В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян : рекомендации / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов. – Барнаул : Изд-во Алт. ИПК АПК. – 2019. – 74 с.

Представленные материалы научных исследований охраноспособны, новизна которых защищена патентами Российской Федерации на изобретения. Патентообладатель - ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

Декан ФЭАТ,
к.т.н., доцент А.С. Баранов

И.о. заведующего кафедрой АТиНТС,
д.т.н., доцент С.Ф. Сороченко

Приложение Б.57

УТВЕРЖДАЮ:
Врио ректора ФГБОУ ДПО
АИПКРС АПК
_____ 2025 г.
_____ Мерш М.В.

Акт

о внедрения результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в учебный процесс

ФГБОУ ДПО «Алтайский институт повышения квалификации руководителей и специалистов агропромышленного комплекса» подтверждает, что результаты исследований, выполненных к.т.н., доцентом Лекановым С.В. по теме диссертационной работы «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов» под руководством д.т.н., ведущего научного сотрудника Научного управления, руководителя СКБ АлтГТУ Сороченко С.Ф., внедрены в учебный процесс при подготовке слушателей кафедры растениеводства, переработки и механизации.

Результаты научных исследований используются при чтении лекций и в ходе выполнения выпускных квалификационных работ на кафедре растениеводства, переработки и механизации.

Лекановым С.В. в 2019 году подготовлены программы: повышения квалификации «Машинист-оператор зерно-семяочистительного сушильного комплекса» в объеме 40 и 72 часов, а также программа по профессиональной переподготовке «Машинист-оператор зерно-семяочистительного сушильного комплекса» (Аппаратчик обработки зерна 3 разряда) в объеме 128 часов. В институте выпущены три учебных пособия: 1) Леканов С.В. Охрана труда на зерно-семяочистительных сушильных комплексах: методическое пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Н.В. Абашев, А.С. Руденок. - Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК.- 2020. - 64 с. 2) Леканов С.В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов.- Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК. - 2019.- 74 с. 3) Леканов С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Самопередвижные зерноочистительные машины: учебное пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Н.М. Чуклин, М.Е. Микитюк - Барнаул: Алт. ИПК АПК.- 2022. - 207 с.

Представленные материалы научных исследований охраноспособны, новизна которых защищена патентами Российской Федерации на изобретения. Патентообладатель - ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

Использование представленных результатов научных исследований в учебном процессе способствует повышению качества образования и совершенствованию профессиональной подготовки инженеров АПК Алтайского края.

Проректор
по учебно-методической работе, к.э.н.
_____ Рыжкова Н.А.

Приложение Б.58

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Университет биотехнологий
канд. техн. наук, доцент
_____ В.Н. Бабин
« 20 » мая 2026 г.

АКТ

о внедрении в образовательный процесс ФГБОУ ВО Университет биотехнологий результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования на соискание учёной степени доктора технических наук Леканова Сергея Валерьевича на тему «Структурно-параметрический синтез мобильных зерноочистительных агрегатов» внедрены в учебный процесс для студентов Инженерного института, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия и 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при чтении лекций, проведения лабораторно-практических занятий, а также при подготовке курсовых и выпускных квалификационных работ.

Материалы исследования, используемые в учебном процессе, изложены в серии книг «Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян», соавтором которых является соискатель.

Комплект вышеуказанной серии книг передан в инженерный институт и включает:

1. Иванов Н.М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. История развития: учебно-методическое пособие / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов // РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибИМЭ; научн.ред. Н.М. Иванов- Новосибирск. - 2012. - 106 с.

2. Леканов, С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зернопогрузчики, зернометатели и протравливатели: учеб.пособие / С.В. Леканов, А.А. Хижников, Н.И. Стрикунов. - Барнаул: Изд-во АГАУ. - 2013. - 117 с.

3. Иванов, Н.М. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерноочистительные машины: учебное пособие / Н.М. Иванов, С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов // РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибИМЭ; научн.ред. Н.М. Иванов- Новосибирск. - 2013. - 326 с.

Продолжение приложения Б.59

4. Леканов С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерносушилки: учеб.пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Старцева В.В. - Барнаул: Изд-во АГАУ. - 2016.- 142 с.

5. Леканов С.В. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Самопередвижные зерноочистительные машины: учебное пособие / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов, Н.М. Чуклин, М.Е. Микитюк - Барнаул: Алт. ИПК АПК. - 2021. – 207 с.

Монографии, рекомендации:

6. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов; СФНЦА РАН. - Новосибирск: СФНЦА РАН. - 2021. - 277 с.

7. Леканов С.В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов. - Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК. - 2019. - 74 с.

Представленные материалы научных исследований охраноспособны, новизна которых защищена патентами Российской Федерации на изобретения. Патентообладатель - ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет».

И.о. директора Инженерного института
ФГБОУ ВО Университет биотехнологий
канд. техн. наук, доцент _____ А.А. Мезенов

ПОДПИСЬ Мезенова А.А.
УДОСТОВЕРЯЮ
Начальник отдела кадров
_____ Руднева А.С.

Приложение В1

Список фирм-производителей мобильных зерноочистительных агрегатов

№ п-п	Наименование	Страна-производитель
1	Carrs' Seeds	Австралия
2	Dunn-Ezy	Австралия
3	Edmonds Engineering Manufacturers	Австралия
4	Elders Real Estate Mildura	Австралия
5	Ellerton Seed Cleaning	Австралия
6	Norrish Service Group	Австралия
7	Dempster's Seed Grading	Австралия
8	DE Seed cleaner	Австралия
9	Evans and Pearce	Австралия
10	FRAHN Grain Cleaning	Австралия
11	Gebert	Австралия
12	Graintech Engineering	Австралия
13	Grainland Moree	Австралия
14	Gundill Grain Cleaning	Австралия
15	Hannaford	Австралия
16	Harvest clean	Австралия
17	Hervest Clean	Австралия
18	Inland Sales&Service	Австралия
19	J.W.Nell Holdigs Ltd	Австралия
20	Kimseed Grain Cleaner	Австралия
21	Luke Maffescioni Seed Grading	Австралия
22	Macquarie Seed Cleaning	Австралия
23	McDougall Weldments	Австралия
24	McKinnon Seed Cleaning	Австралия
25	Midwest Mobile Grain Cleaners	Австралия
26	Mobile Goornong	Австралия
27	Nufab Industries Pty Ltd	Австралия
28	Obsty Seed serves	Австралия
29	Rotary Seed Cleanere	Австралия
30	Shmik Engineering	Австралия
31	Seedtech	Австралия
32	Sow Good Seed Grading	Австралия
33	Statewide Grain Cleaning	Австралия
34	Townrow Quality Seed Grading Service	Австралия
35	Trufab Farm Machinery	Австралия
36	VK Logic Pty Ltd	Австралия
37	Walco Seed Cleaning Pty Ltd	Австралия
38	Westgate Seeds	Австралия
39	Dempster’s Seed Grading	Австралия
40	Antonio Burattini e Hijos S.A.	Аргентина
41	Bec-Car S.A.	Аргентина

42	BLOMAR	Аргентина
43	Chamena	Аргентина
44	Dascanio	Аргентина
45	DONOFRIO	Аргентина
46	Fabrinor S.A.	Аргентина
47	GESSI	Аргентина
48	Golondrin	Аргентина
49	Imegar Pergamino S.A.	Аргентина
50	Industria D`Ascanio S.R.L.	Аргентина
51	Industrias Scatena	Аргентина
52	Ruly	Аргентина
53	Амкодор-Агро	Белоруссия
54	Ets Michel Mazy	Бельгия
55	MARKOV NM EOOD	Болгария
56	Vema Company Ltd	Болгария
57	Agrii	Великобритания
58	Agrovista UK Limited	Великобритания
59	Alvan Blanch	Великобритания
60	Anglia Grain Services	Великобритания
61	Bleier Engineering	Великобритания
62	CYO Seed Service	Великобритания
63	EBM Manufacturing Inc.	Великобритания
64	G F P Agricultural Ltd	Великобритания
65	Goldingham Contracts	Великобритания
66	Harlow Agricultural Merchants	Великобритания
67	Kongskilde	Великобритания
68	McArthur	Великобритания
69	Mobile Seed Dressing Ltd	Великобритания
70	Murraus Seed Cleaning	Великобритания
71	Reso Seed	Великобритания
72	BPR Engineering Corowa	Великобритания
73	South West Seeds (Cornwall) Limited	Великобритания
74	Satake Europe	Великобритания
75	T Denne & Sons	Великобритания
76	CanAgro	Германия
77	Dieter Cwalinna	Германия
78	HDT - Haus der Technik Handelsgesellschaft mbH	Германия
79	Maschinenbau Jacobs	Германия
80	MSA Mobile Saatguataufberreitung	Германия
81	NEURO	Германия
82	Petkus	Германия
83	Raiffeisen Agrar	Германия
84	Riela	Германия
85	Saat-Gut Services Deutschland	Германия

86	Cimbria	Дания
87	Damas	Дания
88	Gl. Buurholt Hovedgaard	Дания
89	Westrup	Дания
90	Dichwe Implements	Зимбабве
91	Agrosaw	Индия
92	G. V. AGROTECH PVT LTD	Индия
93	Osaw Agro Industries Pvt Ltd	Индия
94	Radiant Equipment Company	Индия
95	Suman Group Of Industries	Индия
96	PSD AGRI	Ирландия
97	Metaga	Испания
98	Agrex	Италия
99	Zannin	Италия
100	MOBILE SEEDS (BORDERS) LTD	Италия
101	AMS Bjerke Corporation	Канада
102	Bench Industries	Канада
103	Bleier Farms Ltd	Канада
104	Butler Mobile Grain Cleaning	Канада
105	Carter Day	Канада
106	Circle Two Farms Mobile Seed Cleaning	Канада
107	Crippen Northland Superior Supply Co	Канада
108	Farm Yard Mafia Seed Cleaning	Канада
109	Forever	Канада
110	Flaman	Канада
111	Garratt Industries	Канада
112	Gjesdal	Канада
113	Grand Falls Milling CO.LTD	Канада
114	Grainland Seeds Ltd	Канада
115	Crippen Northland Superior Supply Co	Канада
116	Lewis M. Carter Manufacturing	Канада
117	McLeod Harvest	Канада
118	Meyers Agricultural Services	Канада
119	LMS	Канада
120	Mobil Grain	Канада
121	Northeast Grain Cleaning	Канада
122	R&D Seed Cleaning	Канада
123	Phoenixbilt Industries ltd	Канада
124	Silver Wings Farm & Seed Cleaning Ltd	Канада
125	SMS Manufacturing	Канада
126	Southland Grain Services	Канада
127	Triple G Mobile Grain Cleaning	Канада
128	W.R. Ventures Ltd	Канада
129	Zollinger Farms	Канада

130	McCracken Grain Solutions Ltd	Канада
131	Cheagda Fengyan Seed Machine	Китай
132	Cangzhou Zhongzhi Grain Machinery Manufacturing Co	Китай
133	Gansu Jiuquan OK Seed Machinery Co	Китай
134	Hebei Maoheng Machinery	Китай
135	Hebei Ruixue Grain Selecting Machinery Company	Китай
136	Hengshui Xinyuanlong Grain Machinery Co., Ltd	Китай
137	Julite	Китай
138	Kaifeng Hyde Machinery Co	Китай
139	Keyou	Китай
140	SYNMEC	Китай
141	Taobo Machinery	Китай
142	Hebei Haide AuPu Machinery Engineering Co	Китай
143	Hengshui Xinyuanlong Grain Machinery Co., Ltd	Китай
144	Shijiazhuang Keyou Machinery Co., Ltd	Китай
145	Cripesa Equipos	Мексика
146	GRUPO ONE	Мексика
147	Manufacturera Froes	Мексика
148	Agrocompany	Польша
149	AgrAlex	Польша
150	FONTIS	Польша
151	SAS POLSKA	Польша
152	Serafin	Польша
153	GM Agrotechnic Proiect	Румыния
154	Derbas group	Сирия
155	Neco	США
156	American Milling Group LLC	США
157	Bjerke Brothers	США
158	Camas	США
159	Clark Seed	США
160	Crossley Seed Cleaning LLC	США
161	C&C Farms	США
162	EBM Manufacturing	США
163	Farm King	США
164	Ferda portable seed cleaning LLC	США
165	General Grain Cleaning co	США
166	GOLDEN WAVES LLC	США
167	Greenbank mobile wheat cleaning	США
168	Horton Seed Services	США
169	Jonathan Spear Mobile Seed Processing	США
170	Knutson Farm Service custom grain cleaning	США
171	Koehn Seed Cleaning	США
172	Norwood Sales	США
173	Knutson Farm Service custom grain cleaning	США

174	Mid-Continent Industries, Inc	США
175	Miller Grain Cleaning, Inc.	США
176	NDSU Agronomy Seed Farm	США
177	Northwest Seed Cleaning Service Inc	США
178	Paulson Premium Seed	США
179	Phoenix	США
180	Porter Seed Cleaning Farms	США
181	SCV Mobile Grain Cleaning	США
182	Schieber Farms	США
183	Solomon Rapids Seed	США
184	Yoder Seed Cleaning	США
185	Akyurek	Турция
186	Basay Machinery Ltd	Турция
187	Cift kartal	Турция
188	KARTAL MILL MACHINES AND MILLSTONES IND. TRADE. CO. LTD	Турция
189	Muzaffer Kagitcioglu Tarim Makineleri San. ve Dis Tic. Ltd	Турция
190	Saat Technologe	Турция
191	SERKAMAR	Турция
192	Fadeev agro	Украина
193	Soufflet Agro Ukraine	Украина
194	ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»	Украина
195	ABCDE GRAIN	Франция
196	Agro67	Франция
197	Cap Semences	Франция
198	Ci2t	Франция
199	Denis	Франция
200	Dorez	Франция
201	FEMAG industries	Франция
202	Hervé Silo	Франция
203	Levron Services	Франция
204	Perrein	Франция
205	SAS Salmon Lebateux	Франция
206	SATIM Exploitation	Франция
207	SCS Hoste	Франция
208	Wit	Франция
209	AGRICO	Чехия
210	Jk machinery	Чехия
211	Facet Engineering	ЮАР
212	HAVCO Manufacturing Company	ЮАР
213	JW Neill Mobile Seed Cleaning and Screening’s	Новая Зеландия
214	Mepu	Финляндия

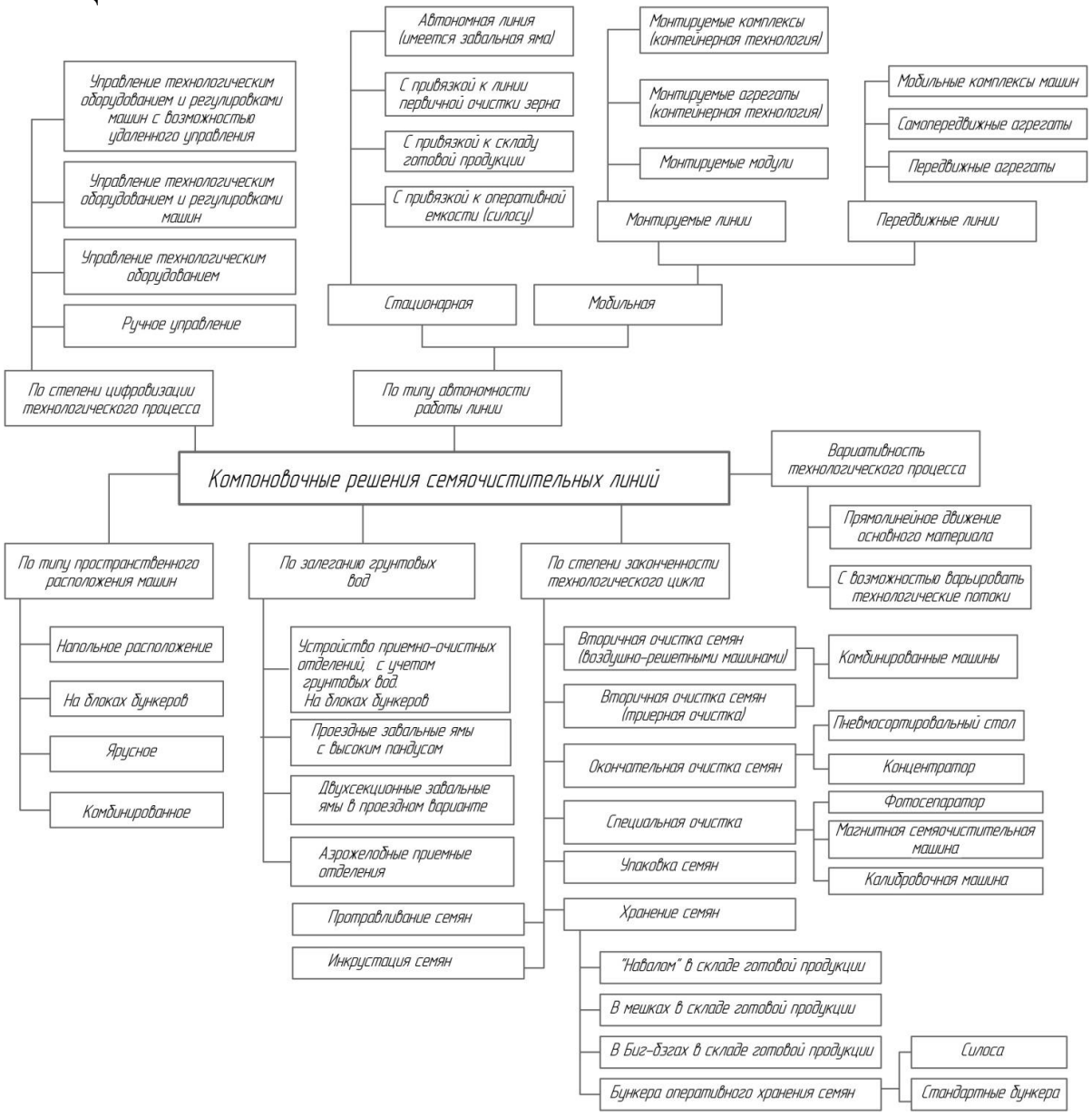
Приложение В2

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА



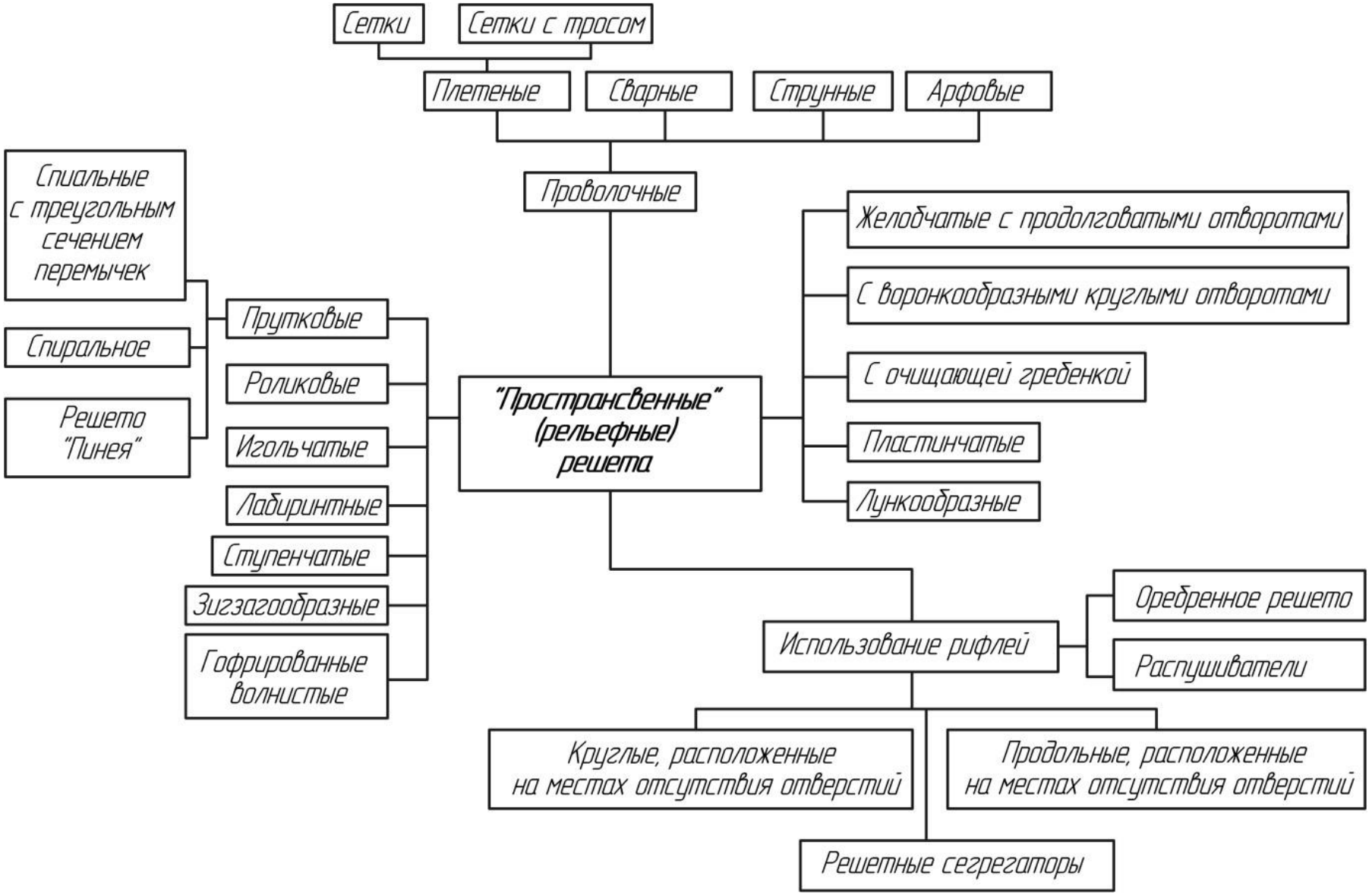
Приложение В3

КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ СЕМЯОЧИСТИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ



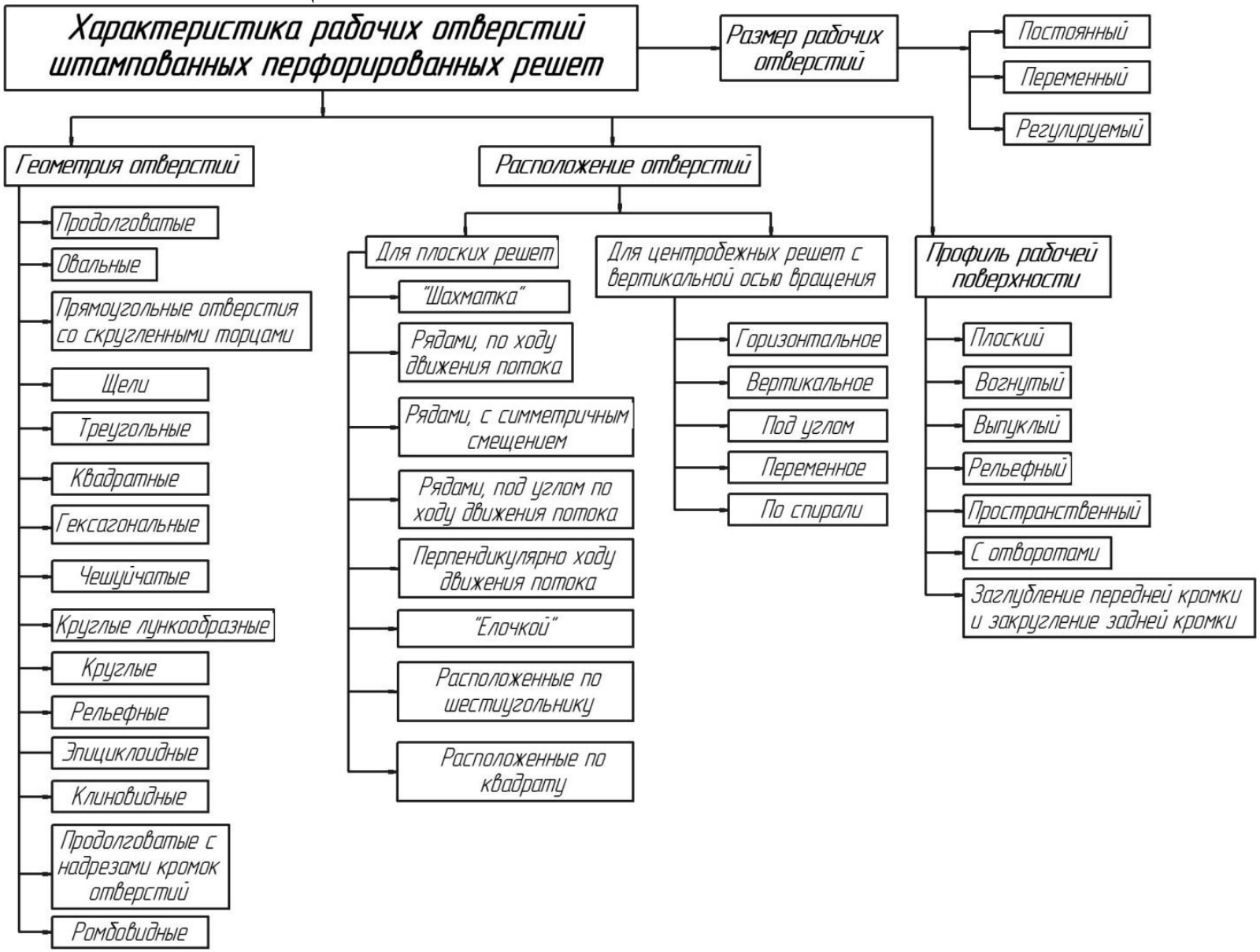
Приложение В4

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕШЕТ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН



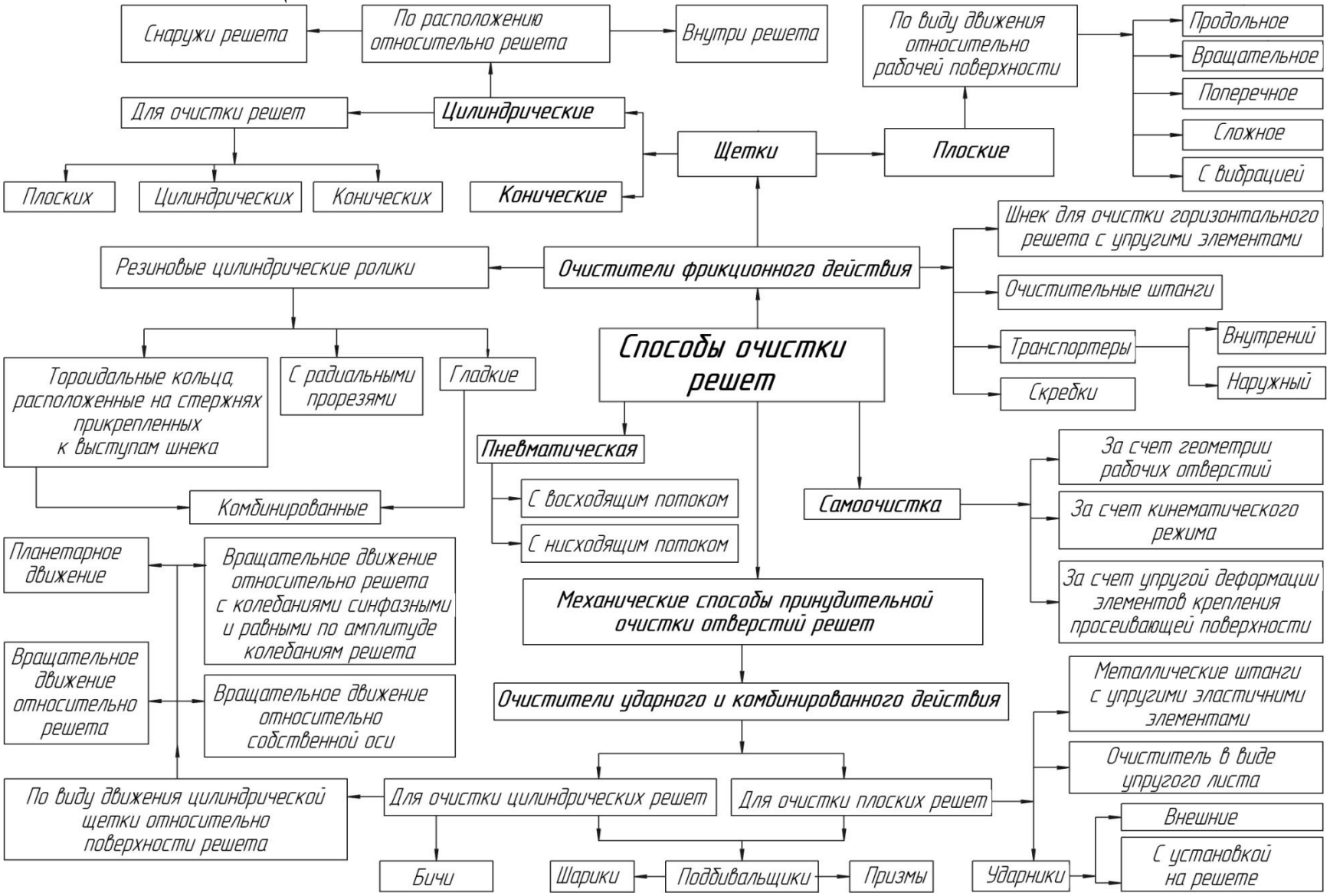
Приложение В5

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТВЕРСТИЙ РЕШЕТ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН



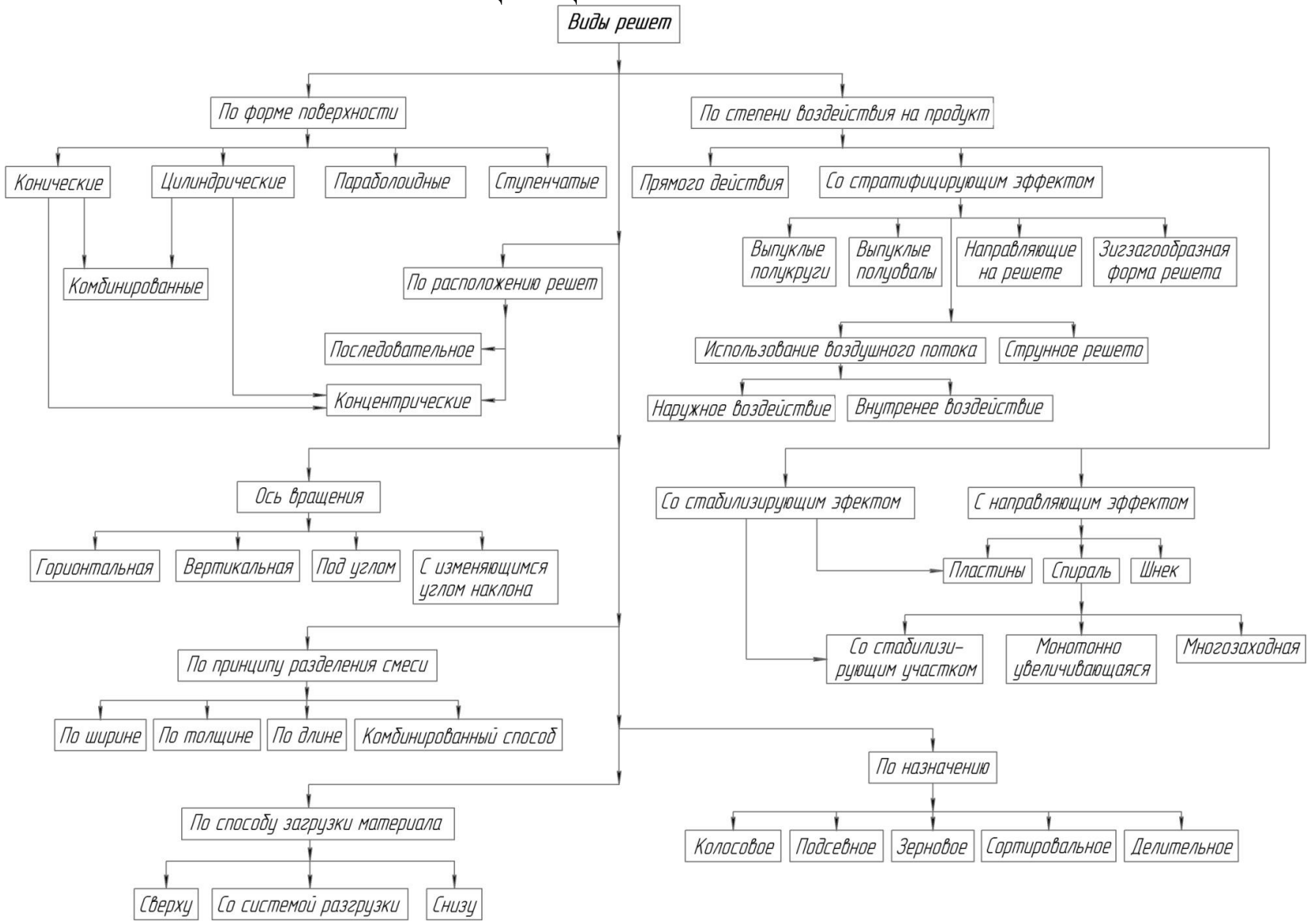
Приложение В6

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ РЕШЕТ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН



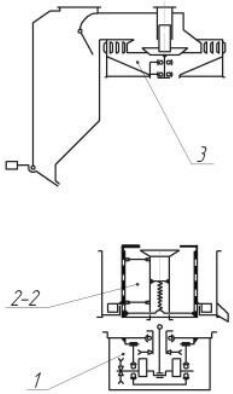
Приложение В7

КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СЕПАРАТОРОВ

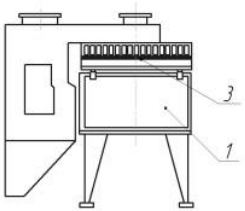


Приложение В8

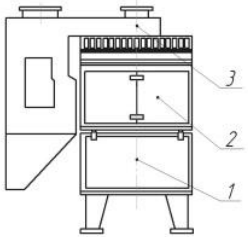
КОМПОНОВКА РЕШЕТ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫХ СЕПАРАТОРОВ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ

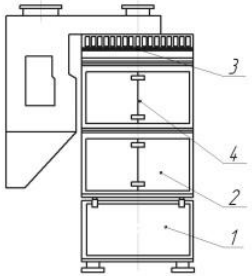


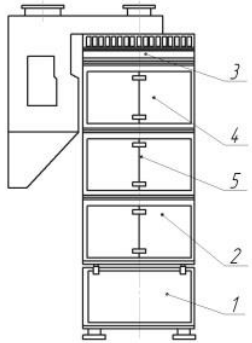
1- привод;
2-2- решетный блок;
2- зерновой блок;
3- воздушный сепаратор;
4- подсевной блок;
4-4- фракционный блок;
5- сортировальный блок.

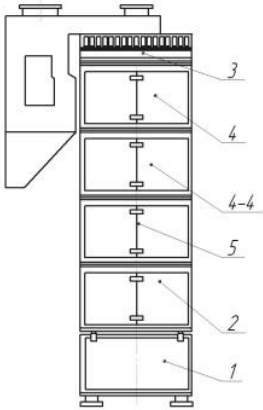


Патент Украины
UA 84893 U

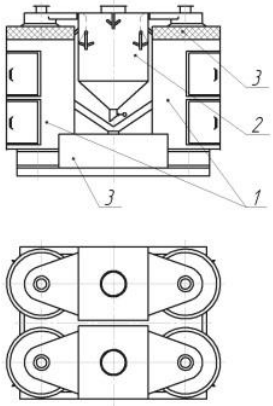






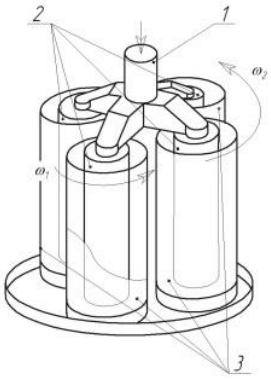


А.с. №506439



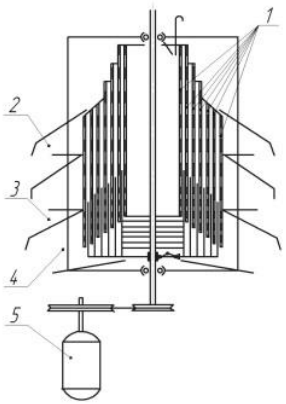
1- решетный блок;
2- воздушный сепаратор;
3- привод.

Патент Дании
DK 122790



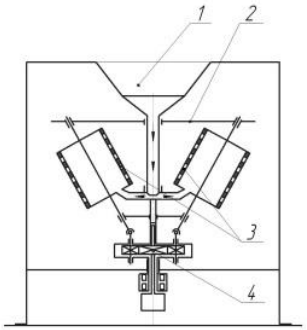
1- загрузочный патрубок;
2- зерновое решето;
3- подсевное решето.

Патент РФ
RU 2341339 C2



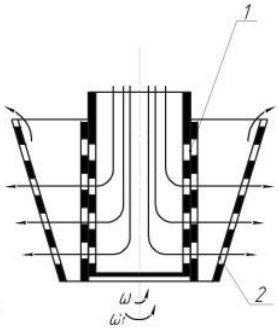
1- решето;
2- приемник мелкой фракции;
3- приемник основной фракции;
4- приемник длинной фракции;
5- привод.

А.с. 76188



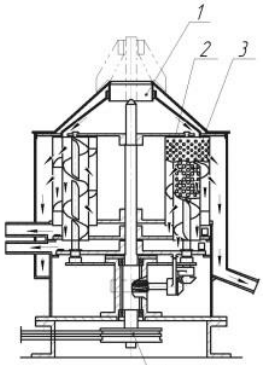
1- загрузочный бункер;
2- тяга регулировочная;
3- решето;
4- привод.

А.с. 1371717



1- цилиндрическое решето с регулируемым размером отверстий;
2- коническое решето.

Патент США
US 3062375



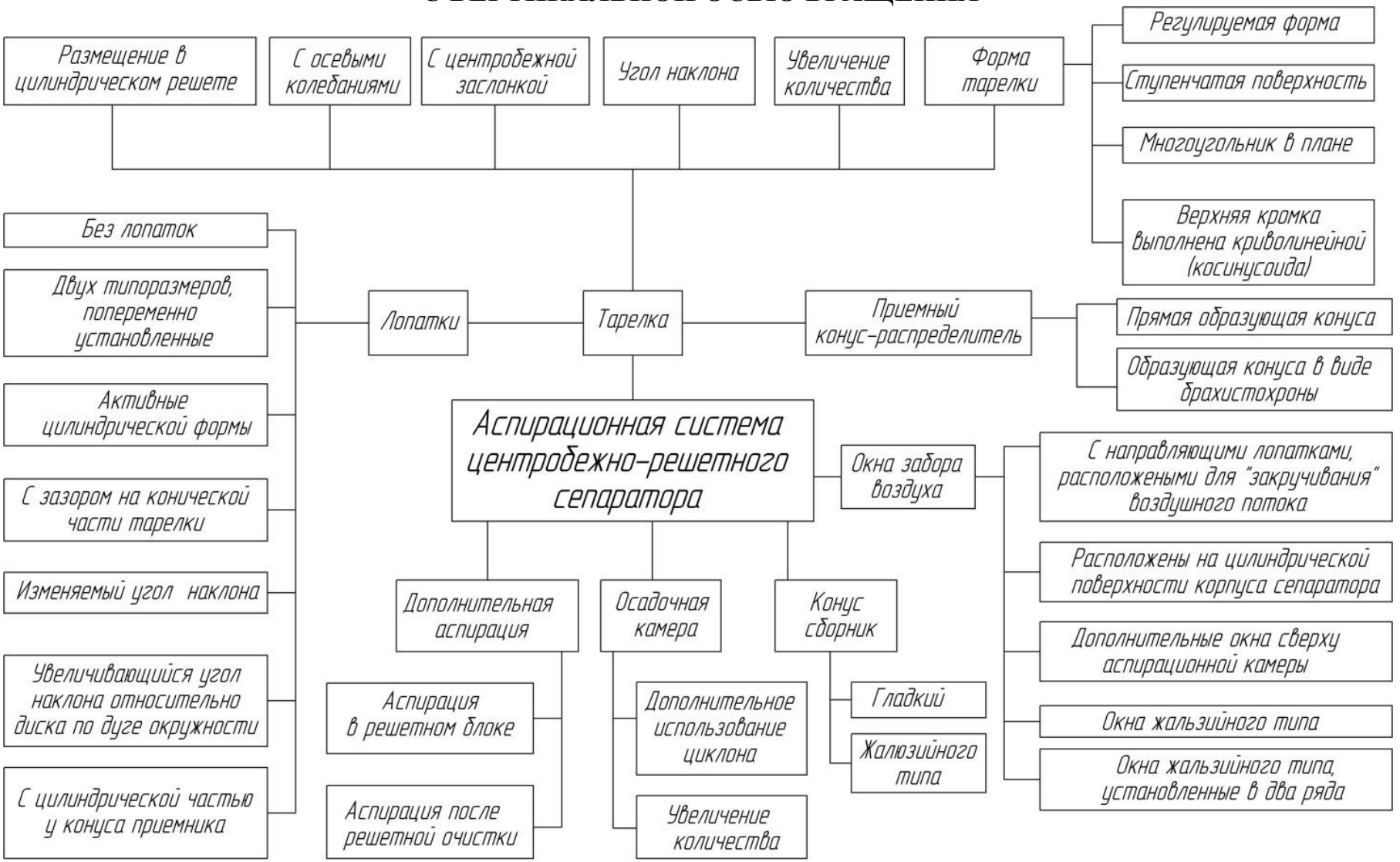
1- загрузочный патрубок;
2- подсевное решето.
3- зерновое решето;
4- привод.

Приложение В9



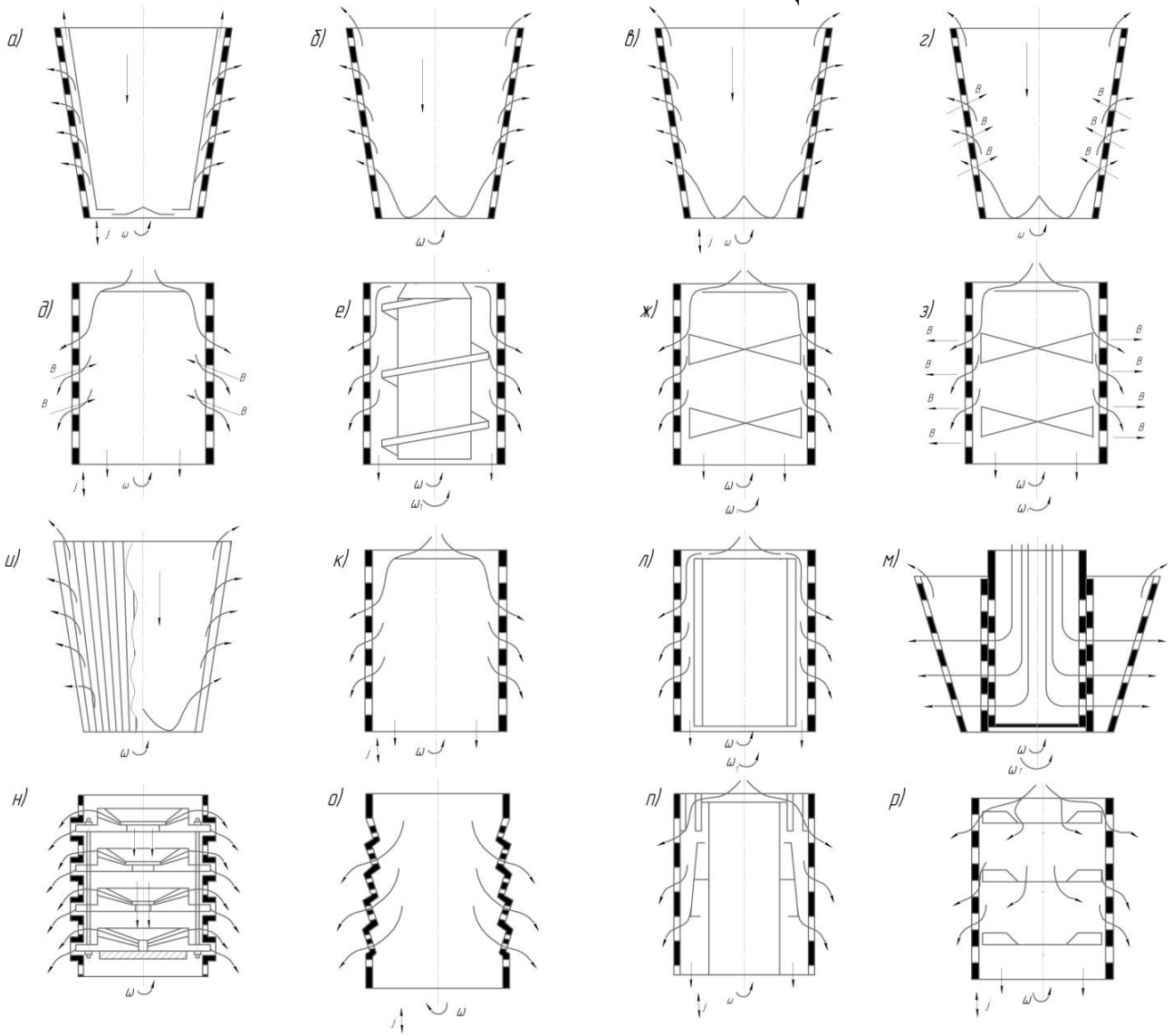
Приложение В10

КЛАССИФИКАЦИЯ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫХ СЕПАРАТОРОВ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ



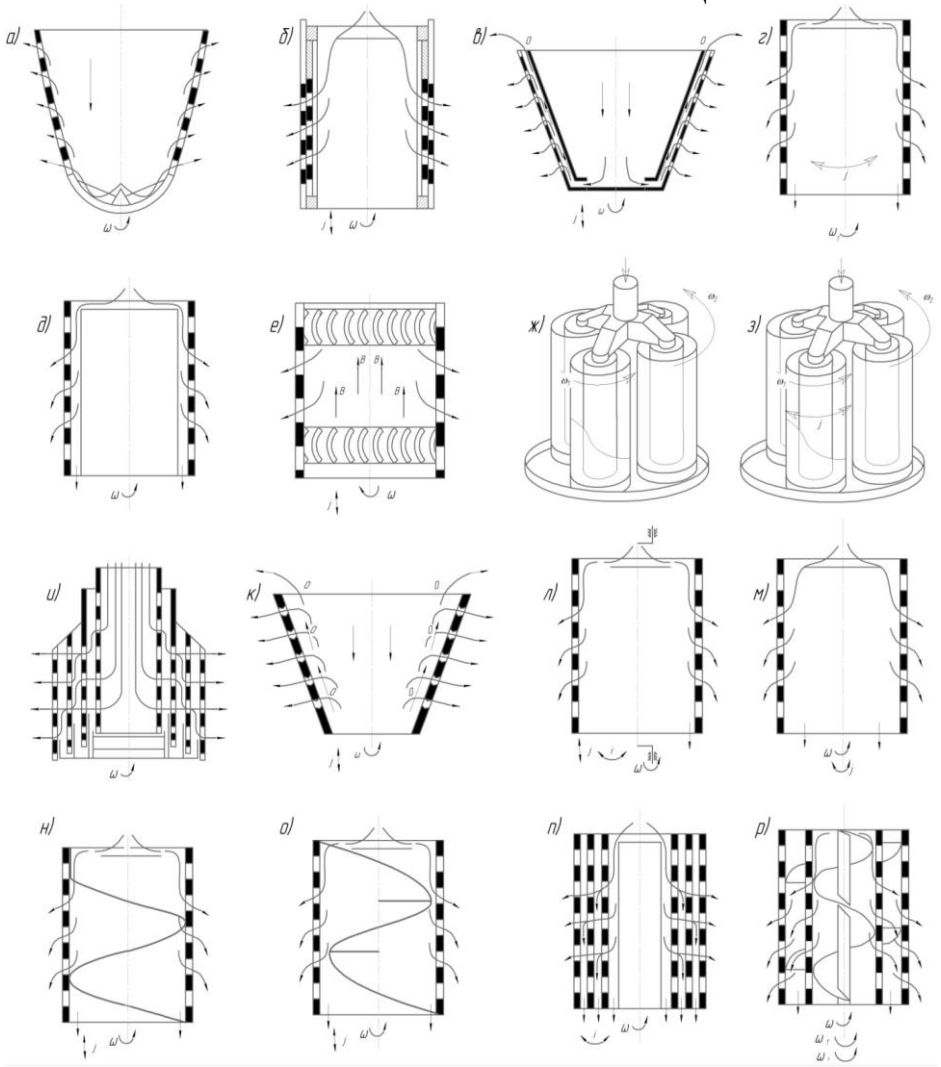
Приложение В11

КЛАССИФИКАЦИЯ ВНУТРЕННИХ УСТРОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫХ СЕПАРАТОРОВ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ



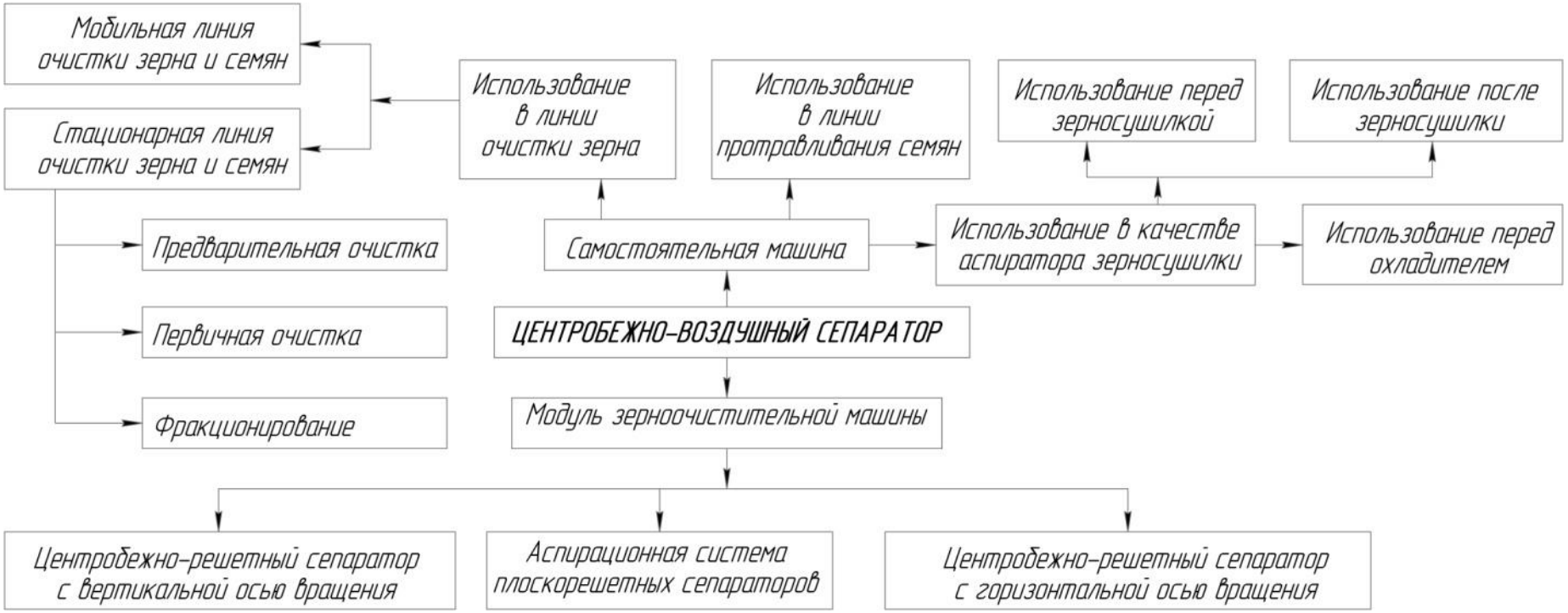
Продолжение приложения В11

КЛАССИФИКАЦИЯ ВНУТРЕННИХ УСТРОЙСТВ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНЫХ СЕПАРАТОРОВ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ



Приложение В12

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНО-ВОЗДУШНОГО СЕПАРАТОРА



Приложение Г.1

Таблица Г.1 - Отсеивающие эксперименты по плану Плакетта-Бермана

	x1(C_0)	x2(ω_P)	x3(S)	x4(β_1)	x5(Q)	x6(α)	x7(h_A)	x8(d)	x9(W)	x10	x11
1	+	+	-	+	+	+	-	-	-	(+)	(-)
2	-	+	+	-	+	+	+	-	-	(-)	(+)
3	+	-	+	+	-	+	+	+	-	(-)	(-)
4	-	+	-	+	+	-	+	+	+	(-)	(-)
5	-	-	+	-	+	+	-	+	+	(+)	(-)
6	-	-	-	+	-	+	+	-	+	(+)	(+)
7	+	-	-	-	+	-	+	+	-	(+)	(+)
8	+	+	-	-	-	+	-	+	+	(-)	(+)
9	+	+	+	-	-	-	+	-	+	(+)	(-)
10	-	+	+	+	-	-	-	+	-	(+)	(+)
11	+	-	+	+	+	-	-	-	+	(-)	(+)
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	(-)
b_i	5,530 +	7,715 +	0,178 -	4,665 +	-2,258 -	2,655 -	1,287 -	3,665 -	8,600 +	-0,202 -	-4,617 -
b_j	0,266	0,161	-0,009	0,031	-0,234	0,484	-0,029	0,433	0,114	-0,303	-0,123
a_i	2,765	3,858	0,089	2,333	1,129	1,328	0,643	1,833	4,3	-0,101	-2,309
a_j	0,133	0,081	-004	0,015	-0,117	0,242	--0,014	0,216	0,057	-0,151	0,061

При $|\hat{a}_i| = 2{,}181$ $|\hat{a}_j| = 0{,}27$

Приложение Г.2

Таблица Г.2 - Матрица плана №60 факторного эксперимента

№№ опыта	Варьируемые факторы в новом обозначении			
	X_1 (C_0)	X_2 (ω_P)	X_3 (β)	X_4 (W)
1	+	+	+	+
2	-	+	+	+
3	+	-	+	+
4	-	-	+	+
5	+	+	-	+
6	-	+	-	+
7	+	-	-	+
8	-	-	-	+
9	+	+	+	-
10	-	+	+	-
11	+	-	+	-
12	-	-	+	-
13	+	+	-	-
14	-	+	-	-
15	+	-	-	-
16	-	-	-	-
17	-	0	0	0
18	+	0	0	0
19	0	-	0	0
20	0	+	0	0
21	0	0	-	0
22	0	0	+	0
23	0	0	0	-
24	0	0	0	+

Приложение Д

Расчет технико-экономической эффективности мобильных зерноочистительных агрегатов

Таблица Д.1 - Исходные параметры (очистка товарного зерна)

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов		
		I	VI	АгроЛад
1	Ставка дисконтирования, %			
2	Ставки переменных расходов в расчете на 1т. подработанной продукции	20	20	20
2.1	Расходные материалы, доставка, запасные части	5,95	5,76	24,3
2.2	Электроэнергия	14,4	9,345	26,15
2.3	Заработная плата обслуживающего персонала, в том числе взносы с ФОТ	20	20	20
3	Количество объектов обслуживания, шт.	25		1
4	Среднее расстояние до объекта, км	100	100	-
5	Стоимость дизельного топлива, руб./л	72,5	72,5	-
6	Расход топлива на 100 км., л/100 км	25	25	-
7	Тариф на доставку, руб./км	60	60	-
8	Балансовая стоимость МЗА, тыс.руб.	10000	11750	42597
9	Значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены i-й техники на 100 ч работы, %	1,5	1,5	1,5
10	Амортизационный ресурс, ч	3600	3600	3600
11	Время смены, ч	12,13	10,48	
12	Количество рабочих дней в сезоне, дней/сезон	244	244	
13	Производительность МЗА, т/ч	30	30	
14	Количество смен в сезон, смен/сезон	108,57	106,49	
15	Количество операторов МЗА, чел.	1	1	1
16	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	9	9	9

Таблица Д.2 - Смета затрат

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов		
		I	VI	АгроЛад
1.	Капитальные затраты, тыс.руб.			
1.1.	Стоимость прицепа / материалы на сооружение здания зерноочистительного комплекса	3000	2500	23500
1.2.	Оборудование и его доставка	6150	6920	10706
1.3.	Монтажные работы	500	1533	6841
1.4.	Транспорт для обслуживания зерноочистительного агрегата	100	547	1300
1.5.	Прочие капитальные затраты	250	250	250
	Итого капитальные затраты, тыс. руб.	10000	11750	42597

Таблица Д.3 - Прогноз доходов

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов		
		I	VI	АгроЛад
1	Доходы от реализации услуг			
1.1	Сезонная выработка, т.	33221,02	34162,97	35000
1.2	Прогнозная рыночная цена подработки зерна, руб./кг.	2	2	2
1.3	Выручка от оказания услуг по зерноочистке, тыс. руб.	66442,04	68325,94	70000

Таблица Д.4 - Финансовый результат

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов		
		I	VI	АгроЛад
1	Выручка от оказания услуг по зерноочистке, тыс. руб.	66442,04	68325,94	70000
2	Себестоимость услуг по зерноочистке, тыс. руб.	2386	2420	6725
3.	Прибыль от продаж, тыс. руб.	64056	65906	63651
4.	Коммерческие и управленческие расходы, тыс. руб.	624	624	624
5.	Валовая прибыль, тыс. руб.	63432	65282	62651
6.	Прочие доходы и расходы (сальдо), тыс. руб.	100	100	100
7.	Прибыль от текущей деятельности, тыс. руб.	63332	65182	62551
8.	Налог на прибыль и прочие платежи, тыс. руб. (20%)	12666	13036	12510
9.	Чистая прибыль, тыс. руб.	50666	52146	50041

Таблица Д.5 - Экономическая эффективность

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов		
		I	VI	АгроЛад
1	Технические характеристики МЗА			
1.1	Расчетная мощность, т	33221,02	34162,97	35000
1.2	Расчетная энергоемкость, квт/ч	48	31,15	87,15
1.3	Расчетная численность обслуживающего персонала, чел.	1	1	1
2.	Показатели экономической эффективности в расчете на заданный объем подработки зерна			
2.1	Объем подработки зерна, т	33221,02	34162,97	35000
2.2	Себестоимость 1т подработанной продукции, руб./т	72	71	192
2.3	Совокупные затраты (произв. себестоимость, коммерческие, управленческие, прочие расходы, налоги) на 1т переработанной продукции, руб.	475	474	570
2.4	Прибыль от оказания услуги на 1т подработанной продукции, руб./т	1928	1929	1808
2.5	Чистая прибыль на 1т подработанной продукции, руб./т	1525	1526	1430
2.6	Рентабельность продаж, %	96,4	96,5	90,4
2.7	Рентабельность деятельности (чистая прибыль к совокупным затратам), %	321,2	322,3	250,7

Таблица Д.6 - Анализ безубыточности

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов		
		I	VI	АгроЛад
1	Классическая методика анализа безубыточности			
1.1	Выручка от оказания услуг по зерноочистке, тыс. руб.	66442,04	68325,94	70000
1.2	Итого текущие переменные затраты, тыс. руб. VC	1385,656	1244,52	2465,575
1.3	Итого текущие постоянные затраты, тыс. руб. FC	1724	1899	4983,7
1.4	Точка безубыточности (выручка от продажи продукции, необходимая для нулевого финансового результата), тыс. руб.	1761	1934	5166
1.5	Объем подработки зерна, необходимый для нулевого финансового результата, тн	880	967	2583
2.	Доработанная методика анализа безубыточности с точки зрения покрытия капитальных затрат (инвестиций) за пятилетний период			
2.1	Капитальные затраты (инвестиции) за 1 год из расчета 5 лет, тыс. руб.	2000	2350	8519,4
2.2	Приведенные постоянные затраты, тыс. руб. FC	2724	3074	924,4
2.3	Общие (совокупные затраты), тыс.руб. TC	4110	4319	11709
2.4	Точка безубыточности (выручка от продажи продукции, необходимая для нулевого финансового результата), тыс. руб.	2782	3131	9581
2.5	Объем подработки зерна, необходимый для нулевого финансового результата, тн	1391	1566	4790

Таблица Д.7 - Исходные параметры (очистка семенного зерна)

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов								
		II	III	IV	IVдиз.	V	Vдиз.	VI	VII	АгроМельник
1	Ставка дисконтирования, %	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2	Ставки переменных расходов в расчете на 1т. подработанной продукции									
2.1	Расходные материалы, доставка, запасные части, руб./т	41,48	79,13	123,71	123,71	190,79	190,79	12,35	12,55	24,3
2.2	Электроэнергия, руб./т	75,75	139,65	151,24	319	242,32	507,5	35,044	37,148	104,00
2.3	Заработная плата обслуживающего персонала, в том числе взносы с ФОТ, руб./т	80	80	80	80	80	80	80	80	80
3	Количество объектов обслуживания, шт.	25	25	25	25	25	25	25	25	25
4	Среднее расстояние до объекта, км	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	Стоимость дизельного топлива, руб./л	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5
6	Расход топлива на 100 км., л/100 км	25	25	25	25	25	25	25	25	25
7	Тариф на доставку, руб./км	60	60	60	60	60	60	60	60	60
8	Балансовая стоимость МЗА, тыс.руб.	12550	22000	34640	34640	44640	44640	11750	6610	44966
9	Значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены і-й техники на 100 ч работы, %	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
10	Амортизационный ресурс, ч	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
11	Время смены, ч	13,18	14,09	12,13	12,13	12,13	12,13	10,48	9,64	
12	Количество рабочих дней в сезоне, дней/сезон	244	244	244	244	244	244	244	244	
13	Производительность МЗА, т/ч	6	6	5	5	5	5	8	8	5
14	Количество смен в сезон, смен/сезон	231,67	224,48	230,6	230,6	255,98	255,98	228,49	206,4	
15	Количество операторов МЗА, чел.	2	2	2	2	3	3	2	2	1
16	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Таблица Д.8 - Смета затрат

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов								
		II	III	IV	IVдиз.	V	Vдиз.	VI	VII	АгроМельник
1.	Капитальные затраты, тыс.руб.									
1.1	Стоимость прицепа / материалы на сооружение здания зерноочистительного комплекса	7000	9000	7500	7500	12000	12000	2500	0	23500
1.2.	Оборудование и его доставка	3000	9450	19810	19810	25890	25890	6920	5760	12680
1.3.	Монтажные работы	1000	2000	6533	6533	6000	6000	1533	500	7236
1.4.	Транспорт для обслуживания зерноочистительного агрегата	1300	1300	547	547	500	500	547	100	1300
1.5.	Прочие капитальные затраты	250	250	250	250	250	250	250	250	250
	Итого капитальные затраты, тыс. руб.	12550	22000	34640	34640	44640	44640	11750	6610	44966

Таблица Д.9 - Прогноз доходов

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов								
		II	III	IV	IVдиз.	V	Vдиз.	VI	VII	АгроМельник
1	Доходы от реализации услуг									
1.1	Сезонная выработка, т.	13858,8	13190,54	11748,32	11748,32	10897,57	10897,57	34162,97	15717,28	10000
1.2	Прогнозная рыночная цена подработки зерна, руб./кг.	6	8	7	7	9	9	2	3	4
1.3	Выручка от оказания услуг по зерноочистке, тыс. руб.	83152,8	105524,3	82238,24	82238,24	98078,13	98078,13	68325,94	47151,84	40000

Таблица Д.10 - Финансовый результат

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов								
		II	III	IV	IVдиз.	V	Vдиз.	VI	VII	АгроМельник
1	Выручка от оказания услуг по зерноочистке, тыс. руб.	83152,8	105524,3	82238,24	82238,24	98078,13	98078,13	68325,94	47151,84	40000
2	Себестоимость услуг по зерноочистке, тыс. руб.	5247	7242	8619	10590	11845	14734	8306	4002	6580
3.	Прибыль от продаж, тыс. руб.	77906	98283	73619	71648	86234	83344	60020	43150	33420
4.	Коммерческие и управленческие расходы, тыс. руб.	624	624	624	624	624	624	624	624	624
5.	Валовая прибыль, тыс. руб.	77282	97659	72995	71024	85610	82720	59396	42526	32796
6.	Прочие доходы и расходы (сальдо), тыс. руб.	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7.	Прибыль от текущей деятельности, тыс. руб.	77182	97559	72895	70924	85510	82620	59296	42426	32696
8.	Налог на прибыль и прочие платежи, тыс. руб. (20%)	15436	19512	14579	14185	17102	16524	11859	8485	6539
9.	Чистая прибыль, тыс. руб.	61745	78047	58316	56739	68408	66096	47437	33941	26157

Таблица Д.11 - Экономическая эффективность

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов								
		II	III	IV	IVдиз.	V	Vдиз.	VI	VII	АгроМельник
1	Технические характеристики МЗА									
1.1	Расчетная мощность, т	13858,8	13190,54	11748,32	11748,32	10897,57	10897,57	19540	15717,28	10000
1.2	Расчетная энергоемкость, кВт/ч/ (расход диз.топлива, л/ч)	50,5	93,1	84,02	22	134,62	35	31,15	33,02	57,78
1.3	Расчетная численность обслуживающего персонала, чел.	2	2	2	2	3	3	2	2	1
2.	Показатели экономической эффективности в расчете на заданный объем подработки зерна									
2.1	Объем подработки зерна, т	13858,8	13190,54	11748,32	11748,32	10897,57	10897,57	34162,97	15717,28	10000
2.2	Себестоимость 1т подработанной продукции, руб./т	379	549	734	901	1087	1352	243	255	658
2.3	Совокупные затраты (произв. себестоимость, коммерческие, управленческие, прочие расходы, налоги) на 1т переработанной продукции, руб.	1545	2083	2036	2170	2723	2935	611	841	1384
2.4	Прибыль от оказания услуги на 1т подработанной продукции, руб./т	5621	7451	6266	6099	7913	7648	1757	2745	3342
2.5	Чистая прибыль на 1т подработанной продукции, руб./т	4455	5917	4964	4830	6277	6065	1389	2159	2616
2.6	Рентабельность продаж, %	93,7	93,1	89,5	87,1	87,9	85,0	87,8	91,5	83,6
2.7	Рентабельность деятельности (чистая прибыль к совокупным затратам), %	288,4	284,0	243,8	222,5	230,6	206,7	227,1	256,9	189,0

Таблица Д.12 - Анализ безубыточности

№ п-п.	Наименование показателя	Значение показателей по схемам зерноочистительных агрегатов								
		II	III	IV	IVдиз.	V	Vдиз.	VI	VII	АгроМельник
1	Классическая методика анализа безубыточности									
1.1	Выручка от оказания услуг по зерноочистке, тыс. руб.	83152,8	105524,3	82238,24	82238,24	98078,13	98078,13	68325,94	47151,84	40000
1.2	Итого текущие переменные затраты, тыс. руб. VC	3992,02	5041,62	5155,224	7126,169	7380,515	10270,38	7130,628	3341,211	2083,04
1.3	Итого текущие постоянные затраты, тыс. руб. FC	1979	2924	4188	4188	5188	5188	1899	1385	5220,6
1.4	Точка безубыточности (выручка от продажи продукции, необходимая для нулевого финансового результата), тыс. руб.	2079	3071	4468	4585	5610	5795	2120	1491	5507
1.5	Объем подработки зерна, необходимый для нулевого финансового результата, т	346	384	638	655	623	644	1060	497	1377
2.	Доработанная методика анализа безубыточности с точки зрения покрытия капитальных затрат (инвестиций) за пятилетний период									
2.1	Капитальные затраты (инвестиции) за 1 год из расчета 5 лет, тыс. руб.	2510	4400	6928	6928	8928	8928	2350	1322	
2.2	Приведенные постоянные затраты, тыс. руб. FC	3234	5124	7652	7652	9652	9652	3074	2046	8993,2
2.3	Общие (совокупные затраты), тыс.руб. TC	7226	10166	12807	14778	17033	19922	10205	5387	9717,2
2.4	Точка безубыточности (выручка от продажи продукции, необходимая для нулевого финансового результата), тыс. руб.	3397	5381	8164	8378	10437	10781	3432	2202	11800
2.5	Объем подработки зерна, необходимый для нулевого финансового результата, т	566	673	1166	1197	1160	1198	1716	734	10251