

На правах рукописи



Мяснянкин Константин Васильевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ГРЕЧИХИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ФОТОСЕПАРАТОРА**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Воронеж – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ).

Научный руководитель доктор технических наук, доцент
Гиевский Алексей Михайлович

Официальные оппоненты: **Федорова Ольга Алексеевна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»;
Бутовченко Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Проектирование и технический сервис транспортно-технологических систем» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет».

Ведущая организация: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Защита состоится 03 декабря 2020 г. в 13 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 220.010.04, созданного на базе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, учебный корпус агроинженерного факультета (корпус № 3), аудитория 319.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и на сайте www.vsau.ru («Информация о деятельности диссертационных советов» – «Защиты» – «Д 220.010.04»), а также по ссылке: <http://ds.vsau.ru/?p=8066>.

Автореферат разослан 02 октября 2020 г.

Учёный секретарь

диссертационного совета



Афоничев Дмитрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Ключевой задачей АПК является наращивание производства зерна. При этом очень важную роль имеет посевной материал. Качество подготавливаемых семян зависит от многих факторов, поэтому к данному вопросу необходимо подходить комплексно, начиная с уборки семенного материала и заканчивая реализацией готовой продукции.

Одной из причин снижения урожайности является плохое качество семян, обусловленное несоответствием технологического и технического обеспечения их производства. Современные технологические линии послеуборочной обработки включают в себя множество зерноочистительных машин, которые позволяют получать достаточно чистый готовый продукт. При этом существует проблема чрезмерного травмирования обрабатываемого материала, что негативно сказывается на посевных качествах семян. На травмирование семян оказывает влияние не только количество машин, но и тип рабочих органов зерноочистительных машин и вспомогательного оборудования. Особенно важно снизить травмирование обрабатываемого материала при подготовке семян гречихи. Зерновки гречихи хрупкие, и даже при незначительных механических воздействиях могут разрушаться. Поэтому при возделывании гречихи особенно на семена необходимо минимизировать механические воздействия на зерновки.

Стабилизация производства гречихи на необходимом уровне зависит от повышения её урожайности и снижения затрат на всех этапах производства. Поэтому, мы считаем, что создание или подбор перспективных технических средств должны базироваться на принципах, обеспечивающих обработку зерна и семян гречихи на месте их производства с минимальными механическими воздействиями на обрабатываемый материал.

Таким образом, возникает необходимость совершенствования технологии и технических средств послеуборочной обработки гречихи и в первую очередь при подготовке качественных семян.

Степень разработанности темы. Вопросам совершенствования процесса подготовки семян гречихи и других крупяных культур посвящены работы многих учёных: А.П. Тарасенко, В.В. Троценко, В.В. Усенко, В.И. Белоусова, В.И. Орбинского, Д.Я. Ефименко, Е.Е. Разореновой, И.Н. Елагина, К.А. Савицкого, М.Э. Мерчаловой, Н.И. Орехова, Ю.В. Каргальцева и других. Однако некоторые вопросы требуют дополнительных исследований. В литературных источниках нами не было обнаружено описание применения фотосепаратора для очистки гречихи на семенные цели, а также обоснование рациональных режимных и конструктивных параметров работы фотосепаратора при очистке гречихи на семена. Также мы не нашли информации о закономерности влияния состава обрабатываемого материала на качество и количество получаемых на фотосепараторе семян.

На основании проведённого анализа существующих технологических линий производства семян и конструкций различных зерноочистительных машин с оборудованием транспортировки и хранения зерна были выявлены их преимущества и недостатки, а также влияние на посевные качества семян.

Цель исследования: повышение качества семян гречихи путём совер-

шенствования технологического процесса их подготовки с применением фотосепаратора.

Задачи исследования:

- усовершенствовать математическую модель движения обрабатываемого материала в фотосепараторе;
- обосновать требования к качеству зерновой массы гречихи, направляемой для окончательной её очистки на фотосепаратор и разработать рекомендации по комплектованию и настройке воздушно-решётной машины для подготовки гречихи к её фотосепарированию;
- получить зависимости качества семян гречихи от производительности фотосепаратора, состава обрабатываемого материала и конструктивных параметров скатного лотка;
- разработать технологическую линию очистки семян гречихи с использованием воздушно-решётной зерноочистительной машины и фотосепаратора.

Объектом исследования является технологический процесс фотосепарирования гречихи для получения семян.

Предметом исследований являются закономерности изменения посевных качеств семян и степени их травмирования при обработке гречихи.

Научную новизну работы составляют:

- аналитические зависимости интервалов между предыдущей и последующей частицами в конце скатного лотка фотосепаратора и в месте выбраковки примесей, отличающиеся учётом размеров и фрикционных свойств обрабатываемых частиц;
- закономерности изменения эффективности фотосепарирования семян гречихи от производительности фотосепаратора и конструктивных параметров скатного лотка, отличающиеся учётом свойств зернового вороха гречихи;
- регрессионные зависимости чистоты и выхода семенной фракции при фотосепарировании гречихи от содержания обрубленных зерновок и примесей в исходной зерновой массе;
- технологическая линия семяочистительного агрегата, отличающаяся минимальным воздействием на семена гречихи.

Теоретическую значимость работы составляет усовершенствованная математическая модель, позволяющая определить длину скатной поверхности лотка фотосепаратора, при которой нарушения распознавания дефектов и потери годного продукта при выбраковке примесей будут минимальны. Данная математическая модель может быть использована при разработке новых и совершенствовании существующих конструкций фотосепараторов.

Практическую значимость работы составляют:

- семяочистительный агрегат, включающий минимально-необходимое количество зерноочистительных машин (воздушно-решётную машину первичной очистки и фотосепаратор для окончательной обработки семян) и вспомогательного оборудования для подготовки кондиционных семян;
- параметры и режимы работы воздушно-решётной машины и фотосепаратора при подготовке семян гречихи.

Результаты проведённых исследований также могут быть использованы

при совершенствовании конструкций фотосепараторов и семяочистительных агрегатов.

Методология и методы исследования. Теоретическую часть исследований проводили на основе методов математического моделирования, классической механики и физики. Экспериментальные исследования были проведены на основе общепринятых и частных методик с использованием методов статистики. В исследованиях применялись современные приборы, оборудование и вычислительная техника.

Результаты исследований обрабатывали при помощи программ: Mathcad, SMath Studio, Statistica, Kompas, Microsoft Excel, ACDSee.

Положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованная математическая модель движения обрабатываемого материала в фотосепараторе, позволяющая обосновать параметры и режимы работы фотосепаратора для минимизирования потерь годного продукта при выбраковке примесей;

- закономерности изменения эффективности фотосепарирования семян гречихи от производительности фотосепаратора и конструктивных параметров скатного лотка, позволяющие обосновать требования к технологической линии подготовки семян гречихи;

- регрессионные зависимости чистоты и выхода семенной фракции при фотосепарировании гречихи от содержания обрубленных зерновок и примесей в исходной зерновой массе, позволяющие обосновать требования к исходному материалу, направляемому на фотосепаратор;

- технологическая линия семяочистительного агрегата, позволяющая получать семена гречихи требуемого качества.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается экспериментальными исследованиями, проведёнными с достаточным количеством повторностей опытов и аппаратурой, обеспечивающей требуемую точность измерений, обработкой результатов с применением современных средств вычислительной техники, а также высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Материалы исследований докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях, включая конференции профессорско-преподавательского состава Воронежского ГАУ (2014...2017 гг.), а также в финале конкурса по программе «Участник молодёжного научно-инновационного конкурса» (У.М.Н.И.К.) (Воронеж, 2015 г.).

Результаты проведённых исследований были переданы для использования в ООО «Техника Сервис Агро» и в ООО «Смарт Грэйд».

Личный вклад соискателя заключается в постановке цели, задач и выборе методов исследований, усовершенствовании и реализации математической модели движения обрабатываемого материала в фотосепараторе и проверке её адекватности, выполнении экспериментальных исследований, обработке, анализе и оформлении полученных результатов, подготовке научных публикаций.

Публикации. Результаты проведённых исследований опубликованы в 20 научных статьях, четыре из которых – в изданиях, включённых в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций, и одной монографии. По результатам диссертационной работы получены два патента РФ на изобретение.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, включающих 25 рисунков и 20 таблиц, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 149 наименований, а также одиннадцати приложений. Объём диссертационной работы – 153 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, приведена степень её разработанности, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, изложены теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, указан личный вклад соискателя, его публикации, структура и объём диссертационной работы.

В первом разделе «Обзор технологических процессов и технических средств производства семян гречихи» описана высокая народно-хозяйственная значимость гречихи, приведены требования к качеству семян гречихи и проанализировано изменение качества гречихи при производстве семян: уборке, послеуборочной обработке и хранении, а также при использовании различного рода транспортирующего оборудования (норий, шнеков и т. п.). Также в первом разделе описан принцип фотоэлектронного сепарирования, рассмотрен мировой опыт производства фотосепараторов и их применение в сельском хозяйстве.

Во втором разделе «Теоретические исследования процесса фотосепарирования гречихи» рассмотрен принцип дозирования семян и их движение в фотосепараторе. Обрабатываемый материал посредством вибропитателя 1 (рис. 1) подаётся из загрузочного бункера на скатный лоток 2. Электрическим вибратором изменяют амплитуду колебаний горизонтального лотка вибропитателя, таким образом, изменяют производительность фотосепаратора, т. е. количество частиц, подаваемых в единицу времени на скатный лоток. При этом скорость падения частиц на скатный лоток 2 (V_n) остаётся неизменной.

Скатный лоток 2 предназначен для разгона и рассредоточения обрабатываемых частиц. Со скатного лотка 2 обрабатываемый материал попадает в зону распознавания дефектов, где сканируется камерами с двух сторон, и направляется в зону выбраковки примесей. Очевидно, что для обеспечения наивысшего качества очистки компоненты обрабатываемого материала должны сходиться со скатного лотка 2 только однослойным потоком с некоторым интервалом. Для этого необходимым условием является однослойная подача обрабатываемого материала вибропитателем 1 на скатный лоток 2. В противном случае однослойность и тем более разреженность схода со скатного лотка 2 не могут быть

гарантированы. При этом наибольшая производительность фотосепаратора будет наблюдаться при сплошной однослойной подаче материала на скатный лоток 2.

Во втором разделе также изложено математическое описание движения обрабатываемых частиц с момента их подачи на скатный лоток фотосепаратора до места выбраковки примесей. Также обоснована длина скатного лотка, при которой помехи компонентов при распознавании дефектов и выбраковке примесей должны быть минимальными. Для упрощения расчётов сопротивлением воздуха пришлось пренебречь. Также были приняты допущения, что зерновки – абсолютно твёрдые тела, одинаковы по размеру и массе.

Движение частиц можно условно разделить на движение по наклонной плоскости и свободное падение от скатного лотка до места выбраковки примесей. В ходе математического описания определили, что, если предыдущая и последующая за ней частицы имеют одинаковый коэффициент трения по скатной поверхности или предыдущая частица будет иметь меньший коэффициент трения, чем последующая, то интервал между ними в ходе их движения по скатному лотку будет увеличиваться. Если предыдущая частица будет иметь больший коэффициент трения по скатной поверхности, чем последующая, интервал между частицами на лотке может уменьшаться, следовательно, возможно нарушение распознавания дефектов и увеличение потерь годного продукта при выбраковке примесей. Поэтому в работе рассматривали случай, когда предыдущая частица имеет больший коэффициент трения по скатной поверхности, чем последующая за ней частица – худший

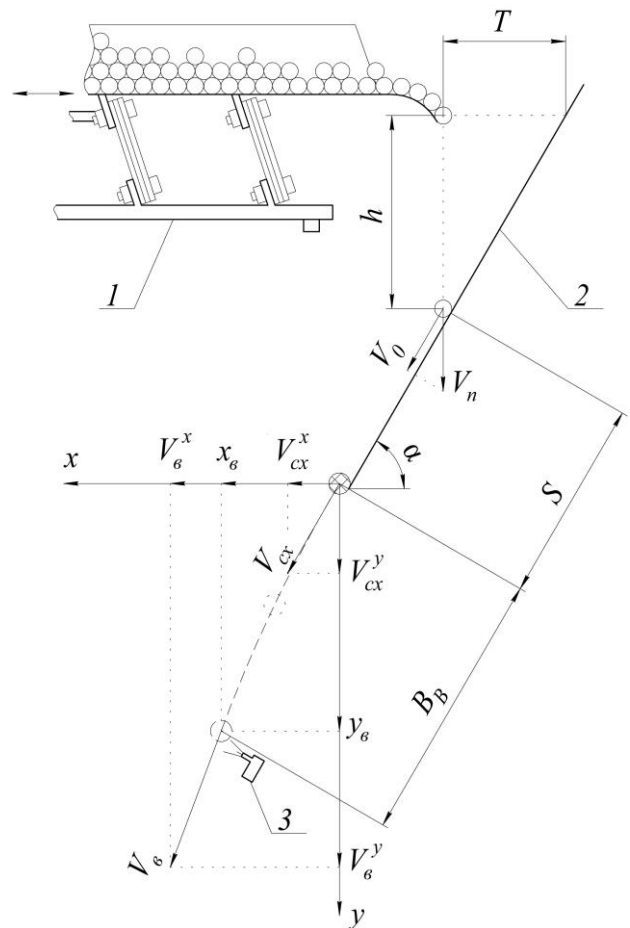


Рисунок 1 – Движение частиц в фотосепараторе: 1 – вибропитатель; 2 – скатный лоток; 3 – пневмоэжектор; α – угол установки скатного лотка, °; T – расстояние от края горизонтального лотка вибропитателя до скатного лотка в горизонтальной плоскости, м; h – высота падения частиц на скатный лоток, м; V_n – скорость падения частиц на скатный лоток, м/с; V_0 – начальная скорость движения частиц по скатному лотку, м/с; S – путь частиц по скатному лотку, м; x, y – оси координат; V_{cx} – скорость схода частиц со скатного лотка, м/с; V_{cx}^x, V_{cx}^y – скорость схода частиц со скатного лотка, спроецированная на ось x и y соответственно, м/с; x_B, y_B – координаты частиц по оси x и y соответственно в месте выбраковки примесей, м; V_B – скорость движения частиц в месте выбраковки примесей, м/с; V_B^x, V_B^y – скорость движения частиц в месте выбраковки примесей, спроецированная на ось x и y соответственно, м/с; B_B – расстояние от скатного лотка до места выбраковки примесей в плоскости скатного лотка, м

из возможных вариантов.

Кратко движение частиц можно описать следующими уравнениями:

$$\frac{dV}{dt} = g \cdot (\sin \alpha - f \cdot \cos \alpha); \quad (1)$$

$$g \cdot \sin \alpha - g \cdot f_1 \cdot \cos \alpha = A_1; \quad (2)$$

$$g \cdot \sin \alpha - g \cdot f_2 \cdot \cos \alpha = A_2; \quad (3)$$

$$V_1 = V_0 + A_1 \cdot t_1; \quad (4)$$

$$V_2 = V_0 + A_2 \cdot (t_1 - t_0^{mp}); \quad (5)$$

$$t_0^{mp} = \frac{\sqrt{V_0^2 + 2 \cdot A_1 \cdot r} - V_0}{A_1}; \quad (6)$$

$$S = V_0 \cdot t_1^{mp} + \frac{A_1 \cdot t_1^{mp^2}}{2}; \quad (7)$$

$$S = V_0 \cdot t_2^{mp} + \frac{A_2 \cdot t_2^{mp^2}}{2}; \quad (8)$$

$$V_{cx_1} = V_0 + A_1 \cdot t_1^{mp}; \quad (9)$$

$$V_{cx_2} = V_0 + A_2 \cdot t_2^{mp}, \quad (10)$$

где V – скорость движения частиц по скатному лотку, м/с; g – ускорение свободного падения ($g \approx 9,81$), м/с²; f – коэффициент трения частиц по скатной поверхности; f_1, f_2 – коэффициенты трения предыдущей и последующей частиц по скатной поверхности соответственно; V_1 и V_2 – скорость движения предыдущей и последующей частиц соответственно по лотку, м/с; V_0 – начальная скорость движения частиц на скатном лотке, м/с; t_1 – время движения предыдущей частицы по лотку, с; t_0^{mp} – время, через которое на лоток поступает последующая частица, с; S – путь частиц по скатному лотку, м; t_1^{mp}, t_2^{mp} – время движения предыдущей и последующей частиц соответственно с момента их попадания на скатный лоток до его края, с; V_{cx_1} и V_{cx_2} – скорость схода предыдущей и последующей частиц с лотка соответственно, м/с.

Окончательные уравнения математического описания имеют вид:

$$S_{int}^{mp} = V_0 \cdot t_0^{mp} + \frac{A_1 \cdot t_1^{mp^2}}{2} - \frac{A_2 \cdot (t_1^{mp} - t_0^{mp})^2}{2}; \quad (11)$$

$$S_{int_B}^{min'} = \frac{V_{n_B} + V_2'}{2} \cdot t_{gu}; \quad (12)$$

$$V_{n_B} = \sqrt{(V_{cx_2} \cdot \cos \alpha)^2 + (V_{cx_2} \cdot \sin \alpha + g \cdot t_{cn_2})^2}; \quad (13)$$

$$V_2' = \sqrt{(V_{cx_2} \cdot \cos \alpha)^2 + (V_{cx_2} \cdot \sin \alpha + g \cdot [t_{cn_2} - t_0^{mp} + (t_1^{mp} - t_2^{mp})])^2}; \quad (14)$$

$$S_{int_B}^{mp} = B_B - \frac{x_n^{mp}}{\cos \alpha} - r; \quad (15)$$

$$x_n^{mp} = V_{cx_2} \cdot \cos \alpha \cdot [t_{cn_2} - t_0^{mp} + (t_1^{mp} - t_2^{mp})], \quad (16)$$

где S_{int}^{mp} – интервал между предыдущей и последующей частицами в конце лотка, м; $S_{int_B}^{min'}$ – минимальный интервал между частицами в момент попадания предыдущей частицы в место выбраковки примесей, который обеспечивает воздействие воздушного факела только на одну частицу, м; V_{n_B} – скорость последующей частицы в месте выбраковки примесей, м/с; t_{cn_2} – время свободного падения последующей частицы от лотка до места выбраковки примесей, с; V_2' – скорость последующей частицы в момент попадания предыдущей частицы в место выбраковки примесей, м/с; t_{gu} – длительность воздушного импульса при выбраковке примеси, с; $S_{int_B}^{mp}$ – расчётный интервал между частицами в момент попадания предыдущей

частицы в место выбраковки примесей, м; x_n^{mp} – координата последующей частицы по оси x в момент попадания предыдущей частицы в место выбраковки примесей, м; r – размер частицы обрабатываемого материала, м.

В ходе моделирования определили закономерность изменения интервала между частицами в конце скатного лотка (S_{int}^{mp}) от разницы в коэффициентах трения предыдущей и последующей частиц по скатной поверхности ($\Delta f = f_1 - f_2$). Для этого приняли следующие значения показателей: $\alpha = 60^\circ$; $r = 0,005$ м; $B_B = 0,038$ м; $t_{su} = 0,001$ с; $V_0 = 0,95$ м/с; $S = 1$ м, а также три фиксированных значения коэффициента трения предыдущей частицы по скатной поверхности: $f_{1.1} = 0,43$; $f_{1.2} = 0,39$ и $f_{1.3} = 0,36$. Для нахождения значений коэффициента трения последующей частицы (f_2) разницу коэффициентов трения частиц (Δf), которую принимали равной от 0 до 0,045 через каждые 0,005, вычитали из соответствующего коэффициента трения предыдущей частицы. Полученные значения подставляли в полученную математическую модель и определяли интервал между частицами в конце скатного лотка (S_{int}^{mp}). Данная зависимость представлена на рисунке 2.

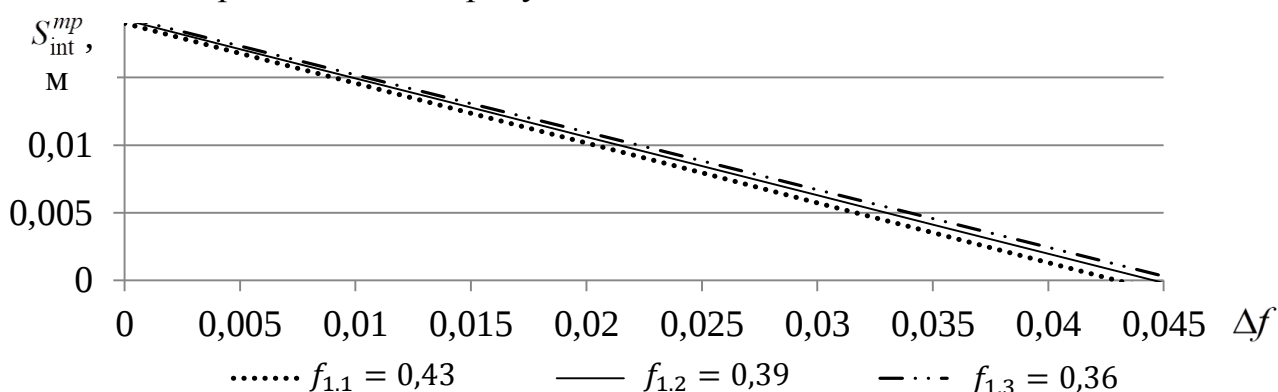


Рисунок 2 – Зависимость интервала между частицами в конце скатного лотка от разницы коэффициентов трения частиц по скатной поверхности: S_{int}^{mp} – интервал между предыдущей и последующими частицами в конце скатного лотка, м; Δf – разница коэффициентов трения предыдущей и последующей частиц по скатной поверхности

Анализируя графики на рисунке 2, можно сказать, что чем больше разница в коэффициентах трения обрабатываемых частиц по скатной поверхности (Δf), тем меньший интервал будет между ними в конце скатного лотка. Причём, если $\Delta f > 0,04$, то значение интервала S_{int}^{mp} приближается к нулю, т. е. возрастает вероятность того, что последующая частица «догонит» предыдущую частицу к концу скатной поверхности, следовательно, возможны потери при выбраковке примесей и помехи при распознавании дефектов. Чем меньше значения коэффициентов трения обрабатываемых частиц по скатной поверхности, тем бóльший будет интервал между частицами в конце лотка при равных прочих условиях (рис. 2).

Анализ графиков рисунка 2, позволяет сделать вывод, что для сокращения помех при распознавании дефектов и минимизирования потерь при выбра-

ковке примесей необходимо, чтобы частицы обрабатываемого на фотосепараторе материала имели как можно меньшую разницу в коэффициентах трения по скатной поверхности, особенно, если коэффициент трения примесей по скатной поверхности выше коэффициента трения годного продукта.

В ходе моделирования также был определён характер зависимости расчётного интервала между предыдущей и последующей частицами в момент попадания предыдущей частицы в поле действия воздушного факела ($S_{\text{int}_B}^{mp}$) от размера обрабатываемых частиц (r), который изображён на рисунке 3.

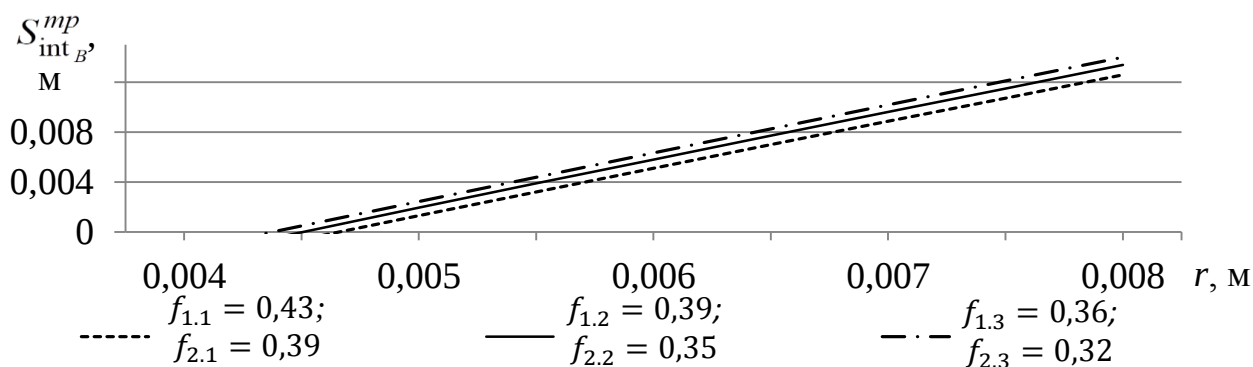


Рисунок 3 – Зависимость интервала между частицами в момент попадания предыдущей частицы в место выбраковки примесей от размера частиц:

$S_{\text{int}_B}^{mp}$ – расчётный интервал между частицами в момент попадания предыдущей частицы в место выбраковки примесей, м; r – размер частиц обрабатываемого материала, м

Анализируя графики рисунка 3, можно сказать, что с увеличением размера обрабатываемых частиц (r) увеличивается и интервал между ними в месте выбраковки примесей ($S_{\text{int}_B}^{mp}$) и наоборот. Причём чем ниже коэффициенты трения частиц по скатной поверхности, тем больший интервал между ними будет в месте выбраковки примесей при одинаковых прочих условиях.

Реальный обрабатываемый на фотосепараторе материал содержит частицы разного размера. Если предположить, что на скатный лоток частицы последовательно поступают разного размера: сначала большего размера, потом меньшего, затем снова большего, то, даже при неизменной разнице в их коэффициентах трения по скатной поверхности (Δf), интервал между частицами в месте выбраковки примесей ($S_{\text{int}_B}^{mp}$) будет изменяться то в большую, то в меньшую сторону и может привести к увеличению потерь годного продукта при выбраковке примесей. Это ещё раз подтверждает необходимость фракционирования материала по размерам для его обработки на фотосепараторе.

При установке сплошной подачи материала на скатный лоток крайне сложно контролировать однослойность подачи. Поэтому при обосновании рациональной длины скатной поверхности пришли к выводу, что её следует принимать максимального значения, при котором будут выполняться следующие два условия:

$$S_{\text{int}}^{mp} > 0; \quad (17)$$

$$S_{\text{int}_B}^{mp} \geq S_{\text{int}_B}^{\min}. \quad (18)$$

Максимальная длина скатной поверхности, при которой выполняются вышеприведённые условия, необходима для обеспечения возможности выравнивания материала в один слой на скатном лотке при случайном кратковременном нарушении однослойности его подачи. При этом нарушения распознавания дефектов и потери при выбраковке примесей должны быть минимальными.

В третьем разделе «Программа и методика экспериментальных исследований» приведена программа экспериментальных исследований, описаны объект исследований, применяемые машины и приборы, а также изложена методика проведения экспериментальных исследований и обработки результатов.

Исследования фотосепарирования гречихи проводили на фотосепараторах Ф10.1 и СВ-4, задействовав при этом только один скатный лоток. Фотосепаратор Ф10.1 был оборудован скатными лотками длиной 1,1 м, установленными под углом 60° к горизонту. На фотосепараторе СВ-4 были установлены скатные лотки длиной 1,3 м, установленные под углом 70° к горизонту. Скатные лотки фотосепараторов выполнены в виде двух полулотков с рабочей шириной 180 мм каждый. На каждый скатный лоток, состоящий из двух полулотков, обрабатываемый материал подаётся одним вибропитателем. Фотосепаратор Ф10.1 был оборудован одной камерой с каждой стороны скатного лотка. Фотосепаратор СВ-4 был оснащён четырьмя камерами на каждый лоток (по две с каждой стороны лотка). При этом камеры фотосепаратора СВ-4 настраивали попарно на работу в разных диапазонах световых волн. Две из них (по одной с каждой стороны лотка) работали в ближнем инфракрасном диапазоне световых волн (длина волны 850 ± 30 нм), другие две (по одной с каждой стороны лотка) – в красном цвете (длина волны 650 ± 30 нм).

Для проверки адекватности разработанной математической модели экспериментально определили коэффициент трения полноценных зерновок гречихи по скатной поверхности: $f_2 = 0,338$. В каждом i -ом опыте изменяли начальную скорость зерновок на скатном лотке (V_{0_i}), меняя высоту падения частиц с лотка вибропитателя на скатный лоток путём перемещения вибропитателя в горизонтальной плоскости относительно скатного лотка. При изменении начальной скорости частиц на скатном лотке менялась скорость схода гречихи со скатного лотка, которую определяли экспериментально (V_{cx_i}) и рассчитывали при помощи разработанной математической модели ($V_{cx_i}^m$), подставляя в неё значения показателей конкретного зернового вороха гречихи. Расхождение экспериментальных и расчётных значений скорости схода зерновок со скатного лотка определяли при помощи уравнения:

$$\delta = \frac{|V_{cx_i} - V_{cx_i}^m|}{V_{cx_i}} \cdot 100. \quad (19)$$

В четвертой главе «Экспериментальные исследования процесса послеуборочной обработки гречихи» изложены результаты проведённых экспериментов. Для определения рациональных параметров и режимов работы воздушно-решётной машины при подготовке гречихи к её очистке на фотосепара-

торе образец бункерного вороха обрабатывали на парусном и решётном классификаторах. Результаты исследований показали, что аспирацией и на решётах с минимальными потерями семенного материала возможно выделить лишь малую долю обрушенных зерновок гречихи. Для наиболее эффективной обработки данного бункерного вороха гречихи скорость воздушного потока первой аспирации следует установить (4,8...5,0) м/с; второй аспирации – (5,5...5,7) м/с; колосовые решёта должны иметь отверстия диаметром не менее (7,0...7,5) мм; сортировальные решёта – 4,0 мм, а подсевные – (3,0...3,5) мм.

Для обоснования адекватности математической модели определяли экспериментальные (V_{cx_i}) и теоретические значения скорости схода зерновок гречихи со скатного лотка ($V_{cx_i}^m$), которые приведены в виде графиков на рисунке 4 в зависимости от начальной скорости зерновок на скатном лотке (V_{0_i}).

Графики рисунка 4 наглядно отображают, что максимальное расхождение экспериментальных и теоретических значений скорости схода зерновок гречихи со скатного лотка составляет 3,83%, что подтверждает адекватность разработанной математической модели.

При определении рациональной длины скатной поверхности лотка фотосепаратора воспользовались разработанной математической моделью. Подставив значения показателей конкретного зернового вороха, подобрали максимальную длину скатной поверхности $S_{\max} = 1,04$ м, при которой выполняются условия, описанные уравнениями (17) и (18).

Минимальную длину скатной поверхности определили экспериментально по ухудшению качества фотосепарирования подготовленной зерновой массы гречихи. При этом изменяли только длину скатной поверхности фотосепаратора, влияние которой на чистоту и потери семян приведено на рисунке 5. Из графиков рисунка 5 видно, что при увеличении длины скатной поверхности свыше $S_{\max} = 1,04$ м, наблюдается увеличение потерь годных семян в отходы и незначительное снижение чистоты очищенной фракции. При сокращении длины лотка ниже значения $S_{\max} = 1,04$ м наблюдается более значительное снижение чистоты семенной фракции и увеличение потерь семян в отходы. Существенное увеличение потерь наблюдается при $S \leq 0,95$ м. Исследования не проводили при длине скатного лотка менее 0,9 м, т. к. при этом чистота семенной

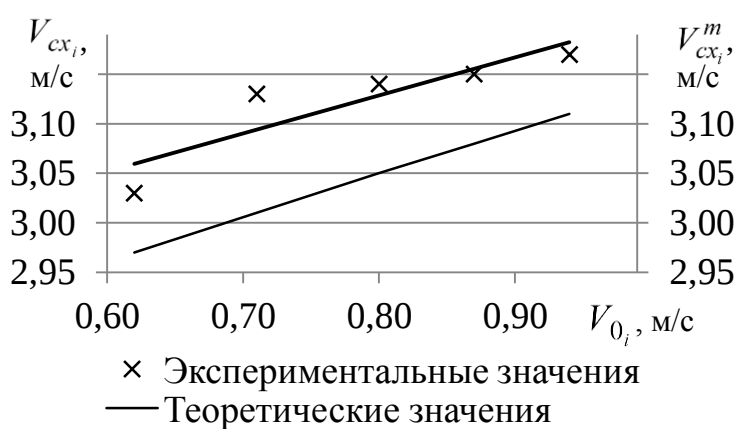


Рисунок 4 – Экспериментальные и теоретические значения скорости схода семян гречихи со скатного лотка: $V_{cx_i}^m$ – теоретическая (расчётная) скорость схода зерновок гречихи со скатного лотка, м/с; V_{cx_i} – скорость схода зерновок гречихи со скатного лотка, определённая экспериментально, м/с; V_{0_i} – начальная скорость зерновок гречихи на скатном лотке, м/с

фракции несущественно отличалась от исходного вороха, т. е. очистка не происходила. Чистота обрабатываемого материала составляла 98,5%.

Анализ графиков рисунка 5 показывает, что для фотосепарирования данного зернового вороха гречихи предпочтительной является длина скатной поверхности от 1,0 до 1,1 м. Наилучшим является её значение $S_{\max} = 1,04$ м, определённое при помощи разработанной математической модели.

Для исследования влияния состава зернового вороха гречихи на качество его фотосепарирования образцы гречихи различные по составу очищали при одинаковых режимах работы фотосепаратора. Результаты исследований позволили оценить травмирование семян, путём определения изменения содержания обрушенных зерновок гречихи в результате фотосепарирования, которое рассчитывали следующим уравнением:

$$\Delta_{O1} = O_1^{cp} + O_2^{cp} - Co = \frac{Co_1 \cdot K_1}{100} + \frac{Co_2 \cdot K_2}{100} - Co, \quad (20)$$

где Δ_{O1} – увеличение количества обрушенных зерновок гречихи в результате фотосепарирования, %; O_1^{cp} , O_2^{cp} – средневзвешенное содержание обрушенных зерновок гречихи в семенной и товарной фракциях соответственно, %; Co , Co_1 и Co_2 – содержание обрушенных зерновок гречихи в исходном ворохе, семенной и товарной фракциях соответственно, %; K_1, K_2 – доля семенной и товарной фракций соответственно от исходного вороха образца, %.

Расчёты показали, что в результате фотосепарирования увеличение содержания обрушенных зерновок в среднем составило 0,03%. Очень важно отметить, что увеличение количества обрушенных зерновок происходило не в семенной фракции, а в товарной. Это объясняется тем, что недозревшие и частично обрушенные зерновки гречихи, которые выделяет фотосепаратор, могут травмироваться при сообщении им импульса воздушной струей, ударяясь о стенки приёмника товарной фракции. Зерновки, травмированные ранее, могут при этом обрушиваться. Семенная фракция не подвергается воздействию воздушной струи и в свободном падении движется в приёмник для сбора очищенной фракции, поэтому семенной материал не травмируется.

Также в ходе исследований была определена зависимость чистоты получаемых семян ($Ч_1$) от состава обрабатываемого материала, которую после исключения незначимых коэффициентов регрессии можно записать следующим равенством:

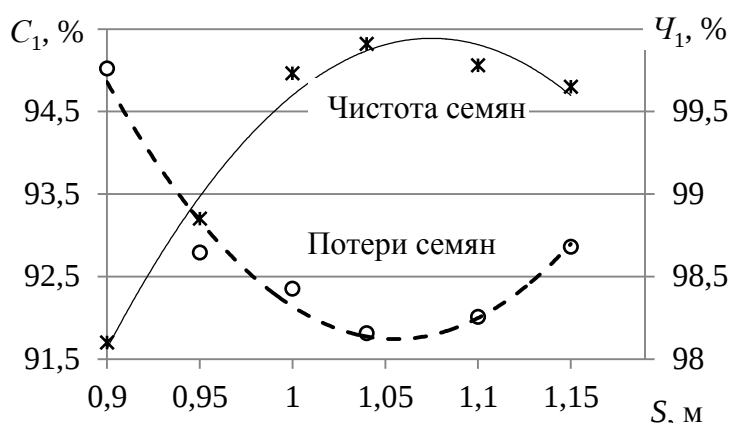


Рисунок 5 – Результаты фотосепарирования гречихи при разной длине скатной поверхности: C_1 – содержание семян гречихи в товарной фракции, %; S – путь обрабатываемых частиц по скатному лотку, м; $Ч_1$ – содержание целых зерновок гречихи в семенах (чистота семян), %

$$Ч_1 = 99,8924 - 0,2107 \cdot П - 0,2973 \cdot Со - 0,0761 \cdot П \cdot Со - 0,1303 \cdot Со^2, \quad (21)$$

где $П$ – содержание примесей в исходном ворохе, %.

Зависимость, описанная уравнением (21), более наглядно представлена в виде графика на рисунке 6, из которого видно, что при полном отсутствии или низком содержании примесей в исходном ворохе содержание в нём обрубленных зерновок гречихи до 1,4% будет незначительно влиять на чистоту получаемых семян. В этом случае чистота семенной фракции будет близка к 100%. Если же процент примесей

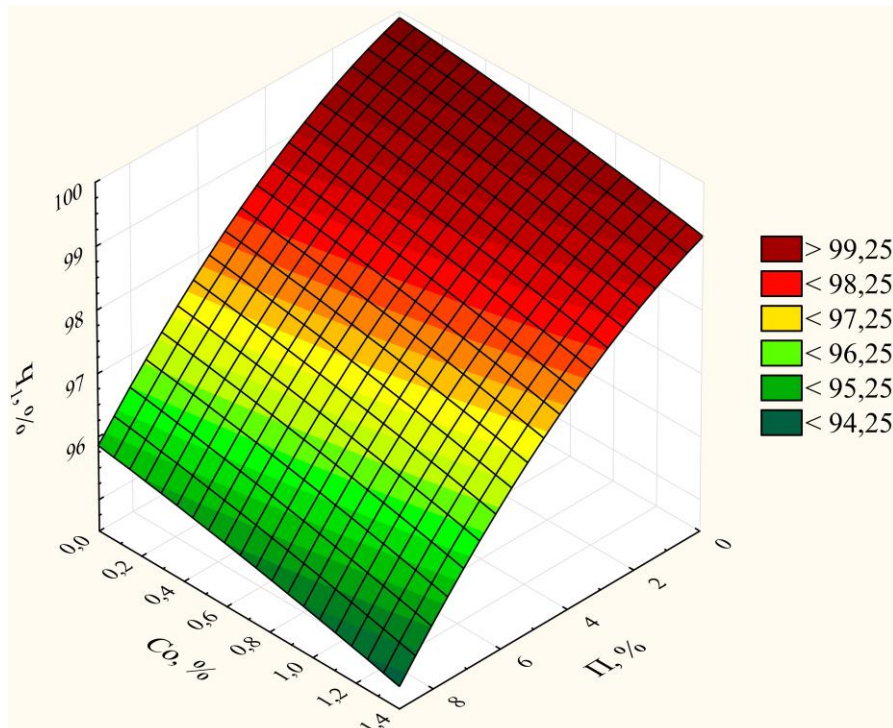


Рисунок 6 – Зависимость чистоты семян от состава исходного вороха: $Ч_1$ – содержание целых зерновок гречихи в очищенных семенах (чистота семян), %; $П$ – содержание примесей в исходном ворохе, %; $Со$ – содержание обрубленных зерновок гречихи в исходном ворохе, %

в исходном ворохе высок, то даже отсутствие в нём обрубленных зерновок гречихи не позволит достичь высоких результатов очистки семян.

Пользуясь уравнением (21), можно рассчитать, что при фотосепарировании зернового вороха гречихи с содержанием обрубленных зёрен до 1,4% и наличии в нём примесей до 3,3% возможно получить семенную фракцию с чистотой около 98%, что соответствует требованиям ГОСТ Р 52325-2005 к репродукционным семенам.

Зависимость количества семенной фракции ($К_1$) от состава исходного материала, которая была определена в ходе исследований, после исключения незначимых коэффициентов регрессии описывается следующим уравнением:

$$К_1 = 95,2818 - 2,8664 \cdot Со - 5,195 \cdot П - 0,5116 \cdot Со \cdot П + 0,2869 \cdot П^2. \quad (22)$$

Зависимость, описываемая уравнением (22), приведена на рисунке 7. Анализируя график, изображённый на рисунке 7, можно сделать вывод, что на выход семенной фракции значительное влияние оказывает содержание примесей в исходном ворохе. При низком содержании или полном отсутствии примесей в исходном ворохе, количество получаемых семян будет максимально высоким. Это ещё раз доказывает необходимость очистки зернового вороха перед фотосепарированием.

Уравнение (22) позволяет рассчитать, что фотосепарирование зернового вороха гречихи, содержащего обрубленных зерновок гречихи до 1,4%, может

позволить получать около 85% очищенных семян от массы исходного вороха, если в исходном материале содержание примесей не будет превышать 1,15%.

Среднее значение лабораторной всхожести исходного вороха образцов составляло 91%, что отвечает требованиям ГОСТа к репродукционным семенам, предназначенным для товарных целей (РСт). Лабораторная всхожесть очищенных на фотосепараторе семян, которая в среднем составила 97%, превышает требования ГОСТа к элитным и оригинальным семенам (92%).

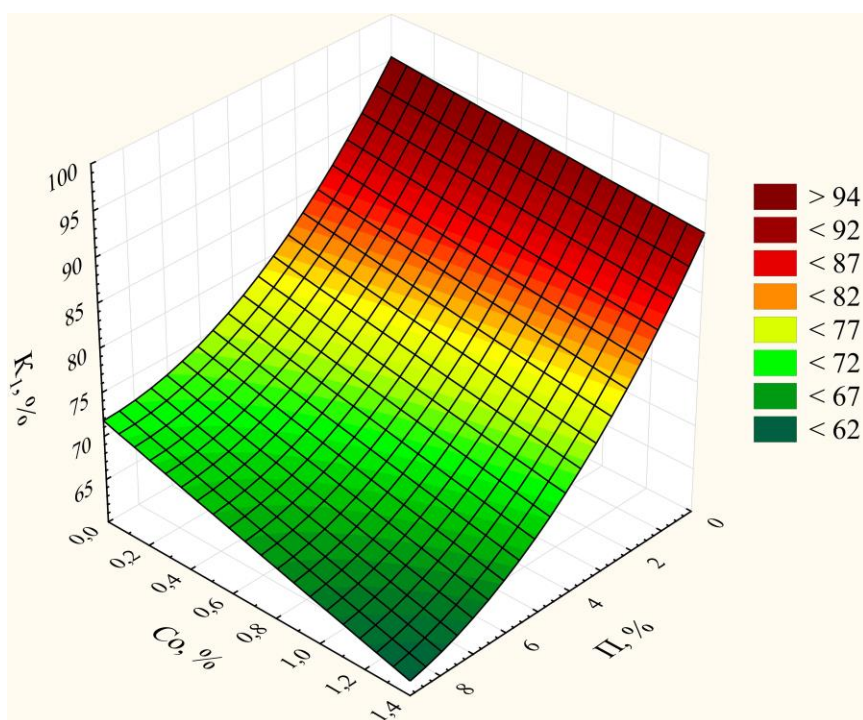


Рисунок 7 – Зависимость количества семян от состава исходного вороха: K_1 – доля (количество) семенной фракции от исходного вороха (выход семян), %; P – содержание примесей в исходном ворохе, %; Co – содержание обрубленных зерновок гречихи в исходном ворохе, %

Анализ результатов исследований говорит о том, что фотосепарирование позволяет повысить всхожесть семенного материала и может улучшить их сохранность, существенно снизив содержание обрубленных зерновок, наличие которых является благоприятной средой обитания и размножения микроорганизмов. Травмирования при этом семенного материала практически не происходит, т. к. воздействие воздушной струи направлено только на товарную фракцию.

Для обоснования конструктивных параметров скатного лотка фотосепаратора исследовали четыре типа скатных лотков для очистки семян гречихи при неизменных настройках работы фотосепаратора. Некоторые технические характеристики исследуемых лотков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры исследуемых лотков

Наименование параметра	Значение параметра лотков			
	Гладкий	Мелко-рифлёный	Широко-рифлёный	Глубоко-рифлёный
Ширина лотка, мм	360	360	360	360
Длина лотка, мм	1100	1100	1100	1100
Высота рифов, мм	–	2,5	2,7	12,8
Шаг желобов, мм	–	5	15	10

Длина и ширина исследуемых скатных лотков были одинаковы (табл. 1), а ширина и глубина желобов рифлёных лотков различались. Скатные поверхности рифлёных лотков выполнены из алюминиевого сплава с анодирующим покрытием, а гладкого лотка – из шлифованного стекла, поэтому коэффициент

трения зернового вороха гречихи по стеклянной скатной поверхности ниже, чем по рифлёным скатным лоткам.

Соотношение фракций, полученных при использовании разных скатных лотов и качественные показатели данных фракций приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты фотосепарирования гречихи на различных скатных лотках

Наименование фракции	Используемые лотки	Процентное соотношение компонентов, %			Соотношение фракций, %
		целое зерно	обрушенное зерно	примеси	
Исходный ворох		98,73	0,90	0,37	100
Семена	гладкий	99,92	0,01	0,07	94,32
	мелкорифлённый	99,79	0,03	0,18	92,50
	широкорифлённый	99,77	0,03	0,20	91,38
	глубокорифлённый	99,78	0,07	0,15	87,34
Товарная фракция	гладкий	82,97	15,04	1,99	5,68
	мелкорифлённый	85,45	13,28	1,27	7,50
	широкорифлённый	87,85	11,23	0,92	8,62
	глубокорифлённый	92,71	6,56	0,73	12,66

Анализируя данные таблицы 2, можно сказать, что максимальное количество семенной фракции (94,32%) было получено при использовании гладкого скатного лотка со стеклянной скатной поверхностью. Применение гладкого лотка также позволило получить наиболее чистую семенную фракцию и сократить потери семян в товарную фракцию.

Таким образом, результаты проведённых исследований показали, что применение гладкого скатного лотка фотосепаратора позволяет увеличить чистоту получаемых семян на 0,13...0,15% и выход семенной фракции на 1,82...6,98% по сравнению с рифлёными скатными лотками. При этом наблюдается сокращение потерь семян гречихи на 2,48...9,74%.

Для определения влияния производительности на качество фотосепарирования семян гречихи образцы зернового вороха одинакового качества обрабатывали на фотосепараторе при 5-ти различных значениях производительности фотосепаратора. Остальные настройки фотосепаратора были неизменными.

Результаты показали, что с увеличением подачи обрабатываемого материала на один скатный лоток фотосепаратора с 0,1 до 4 т/ч доля целых зёрен гречихи в получаемых семенах снижается с 98,50 до 97,52%, сокращается количество семенной фракции с 89,16% до 85,27%, а масса 1000 зёрен семенной фракции снижается с 29,87 до 29,70 гр. (рис. 8). При этом масса 1000 зёрен товарной фракции возрастает. Т. е. с увеличением производительности фотосепаратора наиболее зрелые, выполненные зерновки гречихи в большей мере направляются в товарную фракцию, снижая тем самым качество семенной

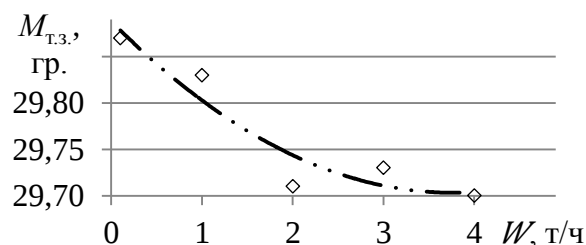


Рисунок 8 – Изменение массы 1000 зёрен семенной фракции от производительности фотосепаратора:

$M_{т.з.}$ – масса 1000 зёрен семенной фракции, гр.; W – подача обрабатываемого материала на скатный лоток фотосепаратора, т/ч

фракции и увеличивая потери годного продукта.

Из этого следует, что производительность фотосепаратора имеет прямое влияние на качество и количество получаемой семенной фракции, а также на потери ценных семян. Поэтому производительность фотосепаратора следует устанавливать таким образом, чтобы обеспечивалось необходимое качество получаемой продукции, не допуская потерь ценных семян.

В пятом разделе «Совершенствование семяочистительного агрегата и оценка его экономической эффективности» изложены направления совершенствования семяочистительных агрегатов, где описана предлагаемая схема семяочистительного агрегата для небольших (семеноводческих) хозяйств (рисунок 9), которая включает минимально-необходимое количество зерноочистительных машин для поточной подготовки семян требуемого качества. Тип машин и транспортирующего оборудования подобран таким образом, чтобы минимизировать количество и интенсивность механических воздействий на семена, с целью максимального сохранения их посевных качеств.

Также в работе рассматривается технологическая линия универсального зерно- и семяочистительного агрегата, которая подходит для подготовки зерна и семян различных с/х культур на предприятиях с большими объёмами производства. Отличается данная линия от вышеописанной схемы (рис. 9) наличием отделения временного хранения материала, прошедшего первичную очистку, с возможностью его вентилирования и/или озонирования. Также данная линия допускает одновременное использование нескольких воздушно-решётных машин первичной очистки, установленных параллельно. При этом в отделении первичной очистки целесообразно применять систему резервных трубопроводов с направляющими клапанами, которая повысит надёжность работы агрегата.

В пятом разделе также изложена технико-экономическая оценка эффективности работы предлагаемого семяочистительного агрегата (рис. 9) при подготовке семян гречихи в сравнении с типовым зерно- и семяочистительным аг-

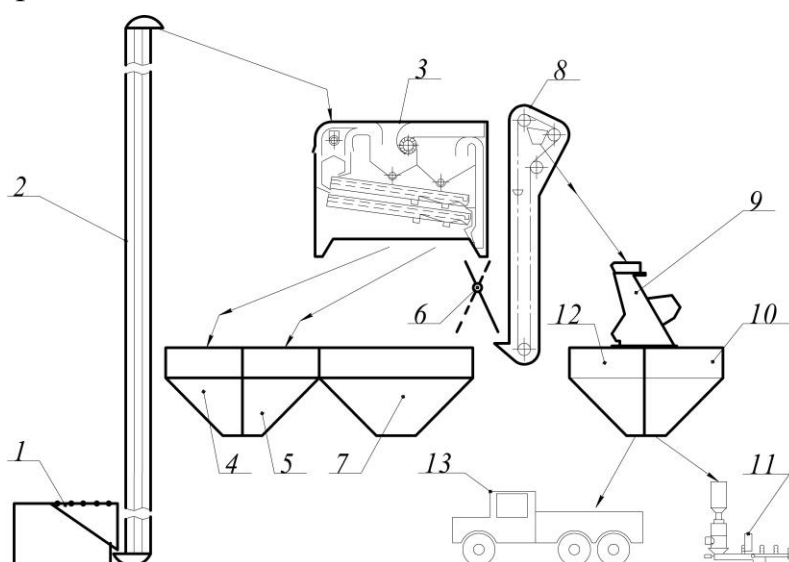


Рисунок 9 – Технологическая линия семяочистительного агрегата: 1 – приёмное устройство (завальная яма); 2 – нория; 3 – двухаспирационная воздушно-решётная фракционная зерноочистительная машина; 4 – бункер для сбора неиспользуемых отходов; 5 – бункер для сбора фуражной фракции; 6 – направляющий клапан; 7 – бункер для сбора товарного зерна; 8 – тихоходная нория; 9 – фотосепаратор; 10 – бункер для сбора семян; 11 – пункт затаривания семян; 12 – бункер для сбора товарной фракции, полученной в результате фотосепарирования; 13 – транспортное средство

регатом ЗАВ-20Т.

Расчёты показали, что годовой экономический эффект от использования предлагаемого агрегата составит 384 461 руб.; экономический эффект за срок службы предлагаемого агрегата (9 лет) составит 6 184 194 руб.; а срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в проект составит менее четырёх с половиной лет (4,42 года).

При этом предлагаемый семяочистительный агрегат может позволить сократить травмирование семян на 6,5% по сравнению с типовым ЗАВ-20Т.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для наиболее эффективной очистки бункерного вороха гречихи без потерь ценных семян скорость воздушного потока первой аспирации воздушно-решётной машины необходимо устанавливать (4,8...5,0) м/с, второй аспирации – (5,5... 5,7) м/с, колосовые решёта необходимо использовать с диаметром отверстий не менее (7,0...7,5) мм, подсевные решёта – с диаметром отверстий (3,0...3,5) мм, а сортировальные – 4,0 мм.

2. В ходе математического моделирования выявили влияние различий в размерных и фрикционных свойствах частиц зерновой массы гречихи на качество её фотосепарирования и определили максимальную длину скатного лотка $S_{\max} = 1,04$ м.

3. Адекватность усовершенствованной математической модели была подтверждена высокой сходимостью (свыше 96%) результатов экспериментальных и теоретических исследований. Экспериментально определена рациональная длина скатного лотка в пределах (1,0...1,1) м. Наилучшим является её значение $S_{\max} = 1,04$ м, определённое при помощи усовершенствованной математической модели.

4. Репродуктивные семена гречихи с выходом до 75% можно получить в результате фотосепарирования зерновой массы, предварительно очищенной на воздушно-решетной машине и содержащей обрубленных зерновок не более 1,4%, примесей не более 3,3%. Для получения элитных семян с выходом до 85% содержание примесей в подаваемом на фотосепаратор материале не должно превышать 1,15% и обрубленных зерновок – 1,4%.

5. Для получения семян гречихи фотосепаратор рекомендуется оборудовать гладким лотком со стеклянной скатной поверхностью, что позволит увеличить выход семенной фракции на 1,82...6,98%, чистоту получаемых семян на 0,13...0,15% при сокращении потерь семян гречихи на 2,48...9,74% по сравнению с рифлёными скатными лотками.

6. Увеличение подачи обрабатываемого материала на скатный лоток фотосепаратора с 0,1 до 4 т/ч уменьшает выход семенной фракции с 89,16 до 85,27% и снижает чистоту семенной фракции с 98,50 до 97,44%. Поэтому при очистке зерновой массы гречихи с чистотой 97,62%, с содержанием обрубленных зерновок 0,93% и примесей 1,30% подачу обрабатываемого материала на скатный лоток фотосепаратора следует устанавливать не более 2 т/ч, чтобы получить репродукционные семена.

7. Разработана технологическая линия семяочистительного агрегата, включающая двухаспирационную фракционную воздушно-решётную зерноочистительную машину первичной очистки и фотосепаратор для окончательной очистки семян. Данная технологическая линия позволяет сократить травмирование обрабатываемого материала на 6,5% в сравнении с базовым вариантом. Годовой экономический эффект от использования разработанной линии, в сравнении с типовым ЗАВ-20Т, составит 384 461 руб., экономический эффект за срок эксплуатации – 6 184 194 руб. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при этом составит 4,42 года.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих рецензируемых научных изданиях

1. Гиевский А.М. Влияние фрикционных свойств обрабатываемых частиц на их фотосепарирование / А.М. Гиевский, К.В. Мяснянкин // Вестник Воронежского ГАУ. – 2020. – Т13, №2 (65). – С. 32-38.
2. Мяснянкин К.В. Совершенствование процесса послеуборочной обработки гречихи / К.В. Мяснянкин, А. П. Тарасенко, Р.А. Путенко, А.А. Агеев // Вестник Воронежского ГАУ. – 2016. – №2(49). – С. 118-124.
3. Мяснянкин К.В. Влияние уровня вибрации вибропитателя фотосепаратора на качество очистки гречихи / К.В. Мяснянкин, А.П. Тарасенко // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №12. – С. 26-28.
4. Мяснянкин К.В. Обоснование применения фотосепаратора для второго цикла обработки зернового вороха гречихи / К.В. Мяснянкин // Вестник Воронежского ГАУ. – 2015. – №3(46). – С. 126-131.

Патенты

5. Пат. RU 2624670 С1, МПК В07В 4/02 Отделение первичной очистки семян / А.П. Тарасенко, К.В. Мяснянкин, М.С. Анненков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ. – №2016108334; заявл. 09.03.2016; опубл. 05.07.2017 Бюл. №19, 6с.: 1 ил.
6. Пат. RU 2580359 С1, МПК В07В 9/00 Семяочистительный агрегат / А.П. Тарасенко, К.В. Мяснянкин, М.Э. Мерчалова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Воронеж. ГАУ. – №2015107411/13; заявл. 03.03.2015; опубл. 10.04.2016 Бюл. №10, 9с.: 2 ил.

Статьи в других изданиях

7. Гиевский А.М. Обоснование адекватности математической модели движения обрабатываемых частиц в фотосепараторе / А.М. Гиевский, К.В. Мяснянкин // Актуальные направления научных исследований для эффективного развития АПК: мат. маждунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 27 марта 2020 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ, 2020. – Ч. II. – С. 281-286.
8. Мерчалова М.Э. Семяочистительные агрегаты для получения качественных семян / М.Э. Мерчалова, К.В. Мяснянкин, В.Н. Ожерельев // Повышение эффективности использования мобил. энергет. средств в различ. режи-

мах движения: мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 115 годовщине со дня рождения проф. Харитончика Ефима Мироновича. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ, 2017. – С. 79-84.

9. Мерчалова М.Э. Семяочистительный агрегат нового поколения / Мерчалова М.Э., Тарасенко А.П., Мяснянкин К.В. // Современ. тенденции развития технологий и технич. средств в сельском хозяйстве: мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию А.П. Тарасенко, д. т. н., заслуж. деятеля науки и техники РФ, проф. каф. с.-х. машин Воронеж. гос. аграр. ун-та им. императора Петра I (Россия, Воронеж, 10 янв. 2017 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ, 2017. – Ч. II. – С. 164-171.

10. Путенко Р.А. Инновационные направления вторичной обработки семян гречихи / Р.А. Путенко, К.В. Мяснянкин, В.Н. Солнцев // Инновац. технологии и технич. средства для АПК: мат. междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ. – 2016. – С. 29-32.

11. Мяснянкин К.В. Повышение качества семян гречихи / К.В. Мяснянкин, А.П. Тарасенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – №9. – С. 26-28.

12. Miasnianskin K.V. Preparation des graines de sarrasin a l'aide du photoséparateur / K.V. Miasnianskin, A.P. Tarassenko // Актуал. проблемы аграр. науки, производства и образования: мат. заочн. междунар. науч.-пр. конф. молодых учёных и специалистов на иностран. языках. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронеж. ГАУ, 2015. – С. 122-125.

13. Мяснянкин К.В. Влияние типа лотков на качество очистки гречихи фотосепаратором / К.В. Мяснянкин, А.А. Агеев, А.П. Тарасенко // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – №6. – С. 5-7.

14. Мяснянкин К.В. Влияние фотосепаратора на качество семян гречихи // Инновац. технологии и технич. средства для АПК: мат. междунар. науч.-практич. конф. молодых учёных и специалистов (Россия, Воронеж, 27-28 марта 2014 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ, 2014. – Ч. III. – С. 54-60.

15. Тарасенко А.П. Исследование качества уборки гречихи / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, М.Э. Мерчалова, К.В. Мяснянкин, Е.С. Щербак // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №1. – С. 25.

Монография

16. Тарасенко А.П. Инновационные направления совершенствования механизации производства семян гречихи: монография / А.П. Тарасенко, К.В. Мяснянкин. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронеж. ГАУ, 2016. – 115 с.

Просим принять участие в работе диссертационного совета Д 220.010.04 или выслать Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, учёному секретарю. Телефон +7(473)224-39-39, e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Подписано в печать 29.09.2020 г. Формат 60х84 1/16.

Бумага кн.-журн. П. л. 1,0. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз. Заказ № 93.

Копицентр «ФотоДом».

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 12Б.