

На правах рукописи



Тетерина Ольга Анатольевна

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ПРЕДПОСЕВНОЙ
ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРЯЧИМ ТУМАНОМ ГУМАТОВ**

Специальность 05.20.01- Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань 2019

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент

Костенко Михаил Юрьевич

Официальные оппоненты:

Дринча Василий Михайлович,

доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»,
профессор кафедры «Технологические системы агропромышленного комплекса»

Бутовченко Андрей Владимирович,

кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», заведующий кафедрой «Проектирование и технический сервис транспортно-технологических систем

Ведущая организация:

федеральное государственное бюджетное научное учреждение

"Федеральный научный

агроинженерный центр ВИМ" (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Защита состоится «10» декабря 2019 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации www.vak.minobrnauki.gov.ru

Автореферат разослан «___»_____19 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, доцент



Юхин И.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие сельского хозяйства предполагает увеличение продуктивности и урожайности сельскохозяйственной культуры. В соответствии с принятой федеральной целевой программой, направленной на развитие агропромышленного комплекса: «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы», одним из направлений которой, является развитие отрасли растениеводства, переработки и реализации продукции растениеводства.

Важным приемом повышения урожайности является предпосевная обработка. Предпосевная обработка предполагает комплексное воздействие на семена зерновых культур, и направлена на защиту и стимулирование физиологических процессов семян после посева. Она позволяет повысить всхожесть семян, устойчивость к болезням, повысить жизнеспособность семян, улучшить качество продукции.

Таким образом, обоснование параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов, создание инновационных машин для её осуществления является актуальной научно-технической задачей.

Степень разработанности темы. Большой вклад в конструкции машин и рабочих органов и разработку теоретических основ для обработки семян зерновых культур гуматами, и изучения вопросов в области предпосевной обработки зерновых культур занимались следующие ученые: Богомягких В.А., Бышов Н.В., Груздев Г.С., Дринча В.М., Жалнин Э.В., Измайлов А.Ю., Костенко М.Ю., Макаров В.А., Маслов Г.Г., Московский М.Н., Сушко И.И., Хасанов Э.Р., и др. Тему движения капель в воздушном потоке изучали ученые Бутовченко А.В., Ишматов А.Н., Федоров В.В. и др. Исследование технологий и конструкций машин для послеуборочной обработки и переработки зерна, пневмомеханические рабочие органы, а также влияния физико-механических и технологических свойств зерна, воздуха, конструктивных параметров и режимов работы на их показатели эффективности изучали следующие ученые Борычев С.Н., Бутовченко А.В., Дмитриева А.В., Дринча В.М., Жалнин Э.В., Маланичев И.В., Московский М.Н., Нуруллин Э.Г., Успенский И.А., Халиуллин Д.Т., и др. Обобщение этих результатов позволило выяснить, что в настоящее время большинство процессов предпосевной обработки осуществляется с помощью зерноочистительных машин ПЗЭС-200, протравливателей ПС - 10 и ПСШ - 5, калибровки, воздушно-теплового обогрева, в основном на открытых площадках, в то же время не

рассматриваются вопросы обработки семян мелкодисперсным аэрозолем, не решены вопросы длительного хранения обработанного зерна.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016...2020 гг. по теме «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве», подраздел 2.2 - Технологические приемы и технические средства применения гуматов в сельскохозяйственном производстве, а также по теме «Совершенствование технологии и средств применения биологических удобрений и биопрепаратов».

Цель исследования – обоснование параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов, способствующих повышению всхожести семян.

Объект исследования – устройство предпосевной обработки семян зерновых культур горячим туманом гуматов.

Предметом исследования – теоретические и экспериментальные зависимости движения зерен, параметры предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов.

Научную новизну составляют:

- теоретические модели движения зерна по наклонным полкам в камере обработки;
- аналитические обоснования параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов.

Теоретическая значимость заключается в теоретически обоснованных рациональных параметрах устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов.

Практическую значимость работы составляют конструкция устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом, практические рекомендации по предпосевной обработке семян горячим туманом гуматов. Новизна технических решений подтверждена патентом РФ №2682885.

Методы исследования. Теоретические исследования выполнены на основе известных положений, законов и методов теоретической механики, термодинамики и математического анализа с использованием прикладных программ MatCad14, Excel. При выполнении экспериментальных исследований применялись как стандартные, так и разработанные методики. Экспериментальные исследования проводились на сертифицированном оборудовании, обработка результатов производилась методом математической статистики Statistica 8. Оценка объектов исследований при проведении полевых

и лабораторно-полевых испытаний производилась согласно ГОСТ Р 53056-2008, ГОСТ Р 52777-2007, ГОСТ Р 52778-2007, ГОСТ 13586.5-2015.

Положения выносимые на защиту:

- теоретически обоснованные и экспериментально уточненные рациональные параметры предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов;
- результаты экспериментальных исследований предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов;
- оценка технико-экономического эффекта применения устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов.

Достоверность результатов исследований. Для осуществления экспериментальных исследований были использованы современные методики, установки и приборы. Выводы, полученные в процессе исследований, обосновываются сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований (расхождение составило 3,6%) при доверительной вероятности 95%. Полученные результаты в процессе диссертационного исследования, согласуются с результатами, которые были опубликованы в независимых источниках по теме исследования, и прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

Реализация результатов исследования. Устройство предпосевной обработки семян горячим туманом применялось в хозяйстве ООО «Церлево», Чуковского района, Рязанской области. Результаты исследования внедрены в учебный процесс РГАТУ.

Вклад автора в решение поставленной задачи состоит в обосновании цели исследований, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обосновании параметров устройства предпосевной обработки семян горячим туманом, обобщении полученных результатов и формулировки выводов и рекомендаций производства.

Апробация результатов. Основные положения диссертации докладывались на 67-ой Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона» (ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ имени П.А. Костычева, 2016 г.), на региональной конференции молодых ученых «Пути инновационного развития экономики Рязанской области» 27 октября 2016 г., г. Рязань; на 68-ой международной научно-практической конференции «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» (ФГБОУ

ВО Рязанский ГАТУ имени П.А. Костычева, 2017 г.); ; на 4-й Международной молодежной научной конференции «Юность и знания – гарантия успеха» 27 – 28 сентября 2017 г., г. Курск ;на 52-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 200-летию со дня рождения профессора Ярослава Альбертовича Линовского, 24-25 октября 2018 г., г. Москва.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в печати в 9 научных работах, из них 4 статьи в источниках, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ. Получен 1 патент РФ на изобретение. Общий объем публикаций составил 3,4 п.л., из них лично соискателю принадлежит 2,35 п.л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения (общих выводов), списка литературы из 114 наименований, 7 приложения, изложена на 142 страницах, включает 47 рисунков и 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель исследования, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе – «Состояние вопроса и задачи исследования» - проанализированы технологии предпосевной обработки зерна, конструкции устройств для предпосевной обработки зерна; проведен анализ выполненных исследований по предпосевной обработке семян. На основании обобщения и анализа научно-производственного опыта сформулированы задачи исследований:

1. Провести анализ и определить перспективное направление в предпосевной обработке зерна.
2. Исследовать теоретически и экспериментально движение зерна по наклонным полкам камеры обработки.
3. Теоретически обосновать и экспериментально уточнить параметры и конструктивно-технологическую схему устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов.
4. Исследовать влияние параметров устройства на технико-

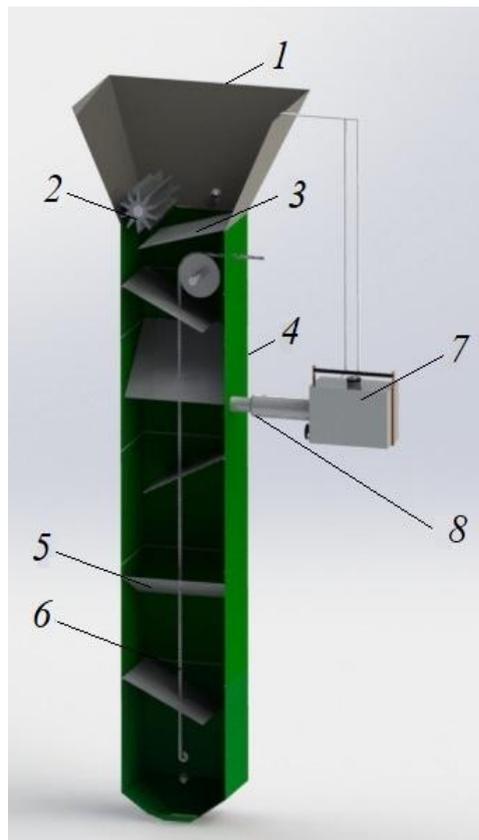
экономический эффект предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов предполагаемым устройством.

Во второй главе - «Теоретические исследования движения зерна в устройстве для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов» – разработана конструктивно-технологическая схема устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов.

Устройство обработки семенного зерна горячим туманом гуматов представляет собой камеру обработки с наклонными полками, и генератора горячего тумана марки ВF -150. Общий вид устройства обработки семенного зерна горячим туманом представлен на рисунке 1.

Генератор горячего тумана включает в себя камеру сгорания, внутри которой находится камера обработки со свечой зажигания и форсункой. Подача воздуха в камеру обработки выполняется по специальным каналам, которые в установленном режиме совершают подогрев воздуха. Нагрев жидкости помогает образованию оптимальных условий для диспергирования. В диспергирующем устройстве находятся распылители 5, которые размещаются по спирали и обладают склоном под углом равным 45° для возникновения завихрений потока топочных газов. В результате испарения образовывается горячий туман. Устройство крепится под бункером. При выгрузке семян из бункера начинает работать генератор горячего тумана, во время ссыпания семян по наклонным полкам осуществляется обработка горячим туманом гуматов температурой $50-60^\circ\text{C}$, в результате разницы температур более холодных семян температуры до 30°C происходит фазовый переход горячего тумана в жидкость на поверхности зерна, в результате чего образуется тонкая равномерная плёнка на поверхности зерна. В результате многократному контакту пара с семенами, при пересыпании семян с полки на полку, эффективность обработки возрастает. Так же при высокой температуре пара осуществляется тепловая обработка семян, которая вызывает активацию физиологических процессов семян и оказывает содействие последующему испарению воды с поверхности семян, что понижает увлажнение во время обработки.

Подача зерна на наклонную полку осуществляется с начальной скоростью v_0 причём зачастую движение зерна по полке будет происходить не с самого края. Определены характеристики движения зерна при скольжении по наклонной плоскости полки. На зерно будут действовать следующие силы: сила тяжести, сила трения скольжения.



1- бункер для семян; 2-дозировочный аппарат с приводным ребристым валиком; 3-подвижное днище; 4- камера обработки; 5- наклонные полки; 6 - тросово-барабанный механизм; 7 –генератор горячего тумана; 8-сопло

Рисунок 1 - Схема устройства для обработки семенного зерна горячим туманом гуматов

На расчетной схеме изображено зерно с приложенными к нему силами, система координат связана с наклонной полкой камеры обработки (рисунок 2).

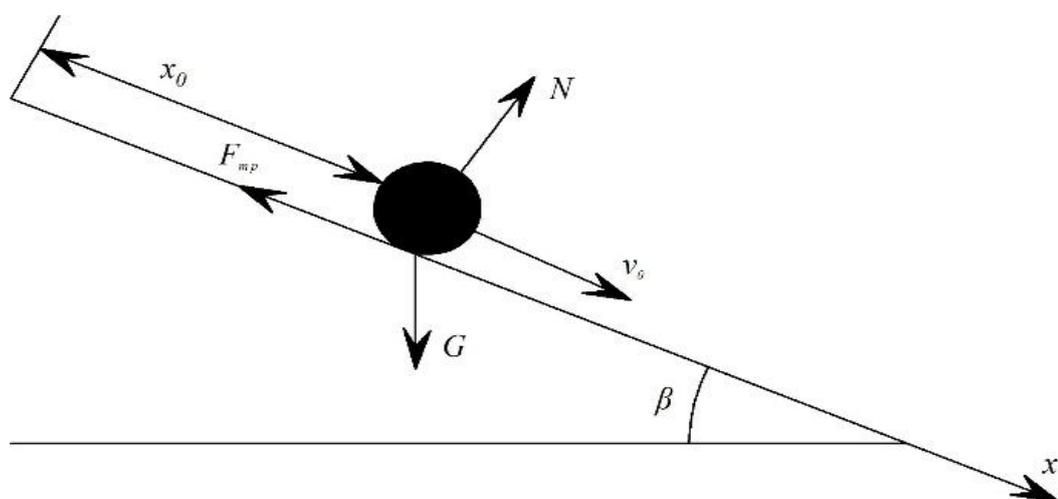


Рисунок 2 – Расчётная схема к определению скорости зерна при движении по наклонной полке

Запишем основное уравнение динамики материальной точки проекции на ось x :

$$m \frac{d^2 x}{d\tau} = \sum F_{xi} \quad (1)$$

где $\sum F_{xi}$ – сумма активных сил приложенных к зерну, Н.

С учётом приложенных сил к зерну, выражение 1 можно записать в виде:

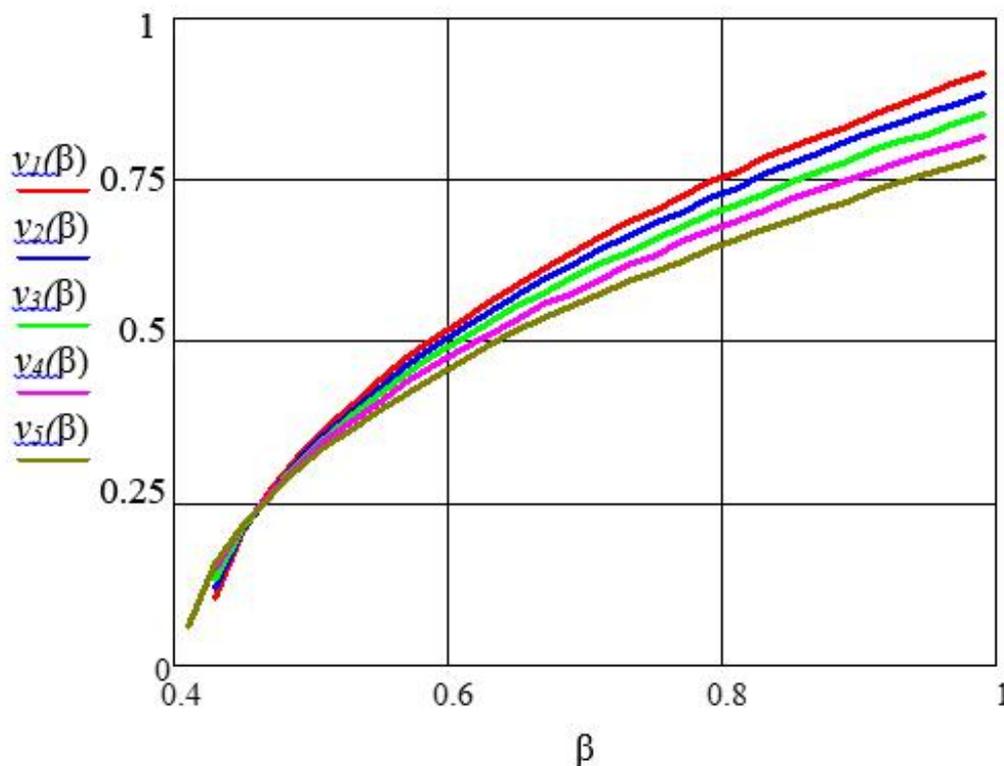
$$m \frac{d^2 x}{d\tau^2} = G \cdot \sin \beta - F_{mp} \quad (2)$$

где G – вес зерна ($m_z \cdot g$), Н; F_{mp} – сила трения зерна о наклонную поверхность ($F_{mp} = f \cdot N = f \cdot m_z \cdot g \cdot \cos \alpha$), Н; m_z – масса зерна, кг; β – угол наклона полки, град.

Окончательно скорость зерна (v_k) при движении по наклонной полке будет выглядеть следующим образом:

$$v_k = g(\sin \beta - f \cos \beta)\tau + v_0 \quad (3)$$

Анализ перемены скорости движения семян по наклонной полке показал, что скорость зерна возрастает с увеличением угла наклона полки. Начальное положение семян на полке имеет меньшее влияние на скорость, в отличие от изменения угла наклона полки.



$$x_{01}=0.02; x_{02}=0.04; x_{03}=0.06; x_{04}=0.08; x_{05}=0.1$$

Рисунок 3 – Зависимость скорости движения зерна при сходе с наклонной полки от угла наклона при различных значениях x_0

Наибольшее изменение скорости зерна по наклонной полке происходит при углах 25° - 35° , последующее увеличение угла имеет практически прямо пропорциональную зависимость между скоростью зерна и углом наклона полки, таким образом, уменьшение скорости зерна в камере обработки возможно за счет уменьшения угла наклона полок, по которым движется.

При сходе с полки зерно обладает начальной скоростью и начальным углом, который равен углу наклона полки. Для определения параметров движения: скорости, времени падения, а так же траектории движения зерна запишем основной закон движения.

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x_1}{d\tau^2} = \sum F_{xli} \\ m \frac{d^2 y_1}{d\tau^2} = \sum F_{yli} \end{cases} \quad (4)$$

где $\sum F_{xli}$ – сумма активных сил, приложенных к зерну, спроецированная на ось OX_1 , Н; $\sum F_{yli}$ – сумма активных сил, приложенных к зерну, спроецированная на ось OY_1 , Н.

На зерно, находящееся в падении, будут действовать: сила тяжести и сила сопротивления воздушного потока. С учётом приложенных сил к зерну, находящемуся в падении, выражение можно записать в виде:

$$\begin{cases} m \frac{dv_{x1}}{d\tau} = -F_{x1comp} \\ m \frac{dv_{y1}}{d\tau} = G - F_{y1comp} \end{cases} \quad (5)$$

где F_{x1comp} – проекция силы сопротивления воздуха на ось x_1 , ($F_{x1comp} = k \cdot S \cdot \rho \cdot v_{x1}^2 / 2$), Н; F_{y1comp} – проекция силы сопротивления воздуха на ось y_1 , ($F_{y1comp} = k \cdot S \cdot \rho \cdot v_{y1}^2 / 2$), Н; k – коэффициент аэродинамического сопротивления; v_{x1}, v_{y1} – проекции скорости зерна на оси x_1 и y_1 соответственно, м/с; S – площадь фронтальной проекции зерна, m^2 ; ρ_e – плотность воздуха, kg/m^3 .

Подставим в выражение значения сил и разделим на величину m :

$$\begin{cases} \frac{dv_{x1}}{d\tau} = - \frac{k \cdot S \cdot \rho \cdot v_{x1}^2}{2m} \\ \frac{dv_{y1}}{d\tau} = g - \frac{k \cdot S \cdot \rho \cdot v_{y1}^2}{2m} \end{cases} \quad (6)$$

Проинтегрировав дважды полученное выражение 6 и выразив переменные одну через другую, получим траекторию движения зерна в полёте:

$$y_1 = -\sqrt{\frac{g}{\varepsilon}} \left(\frac{e^x - 1}{v_{0,x} \varepsilon} \right) + \frac{1}{\varepsilon} \ln \left| \frac{\sigma - e^{2\sqrt{\frac{g}{\varepsilon}} \frac{e^x - 1}{v_{0,x} \varepsilon}}}{\sigma - 1} \right|, \quad (7)$$

где

$$\sigma = \frac{v_{0,y1} - \sqrt{\frac{g}{\varepsilon}}}{v_{0,y1} + \sqrt{\frac{g}{\varepsilon}}} \text{ - постоянный коэффициент;}$$

В результате расчета в программе MathCad14 была построена траектория движения зерен в свободном полете (рисунок 4).

Анализ траектории движения зерна в полете позволил определить направление движения зерна и скорость в момент столкновения с полкой, что позволяет оценить дальнейшее движение зерна. Неблагоприятным случаем будет упругий удар зерна о полку, при котором возможно несколько отскоков.

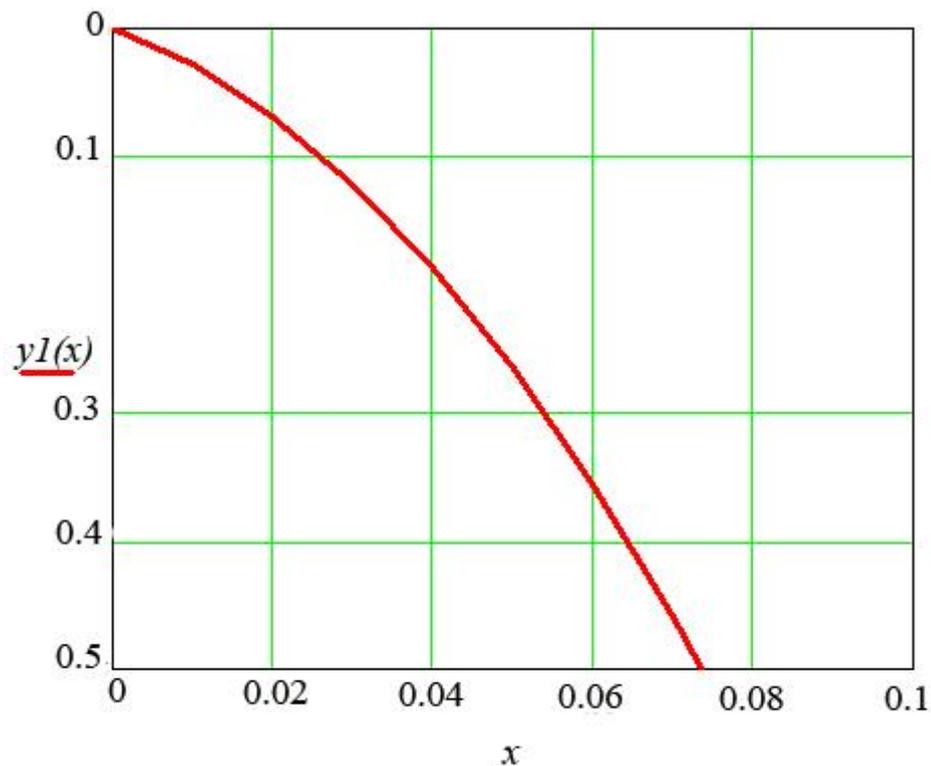


Рисунок 4– Траектория движения зерна в свободном полете

Анализ предложенных математических зависимостей показал, что конечная скорость зерна при движении в камере обработки представляет собой несколько повторяющихся циклов, движение по наклонной полке, падений, отскоков и последующего движения по наклонной полке. При этом в

зависимости от угла наклона полок движение может быть ускоренным в случае, когда угол наклона полки большой, равномерным при переменных углах наклона полок, а также может приводить к остановке движения зерна при малых углах наклона и небольших расстояниях между полками.

При обработке семян гуматами совершаются тепло-массообменные процессы, в следствие которого увеличивается температура обработанных семян, изменяется их влажность, а также меняются параметры горячего тумана.

Представим процесс тепло-массообменного процесса в виде черного ящика. Входными параметрами процесса будут $c_{гор.m1}$ - теплоемкость горячего тумана до обработки, кДж/(кг·К); $Q_{гор.m1}$ - расход горячего тумана до обработки, м³/ч; $\rho_{гор.m1}$ - плотность горячего тумана до обработки, кг/м³; $T_{гор.m1}$ - температура горячего тумана, °С; $c_{з1}$ - теплоемкость зерна до обработки, кДж/(кг·К); $Q_{з1}$ - расход зерна до обработки, кг/ч; $d_{з1}$ - влагосодержание зерна (семян) до обработки кг/кг; $T_{з1}$ - температура зерна до обработки, °С; $i_{гор.m1}$ - энтальпия горячего тумана до обработки, кДж/кг; а выходными параметрами $c_{гор.m2}$ - теплоемкость горячего тумана после обработки, кДж/(кг·К); $Q_{гор.m2}$ - расход горячего тумана после обработки, м³/ч; $c_{з2}$ - теплоемкость зерна после обработки кДж/(кг·К); $T_{гор.m2}$ - температура горячего тумана после обработки, °С; $Q_{з2}$ - расход зерна после обработки, кг/ч; $d_{з2}$ - влагосодержание зерна (семян) после обработки, кг/кг; $\rho_{гор.m2}$ - плотность горячего тумана после обработки, кг/м³; $i_{гор.m2}$ - энтальпия горячего тумана после обработки, кДж/кг; $T_{з2}$ - температура зерна после обработки, °С.

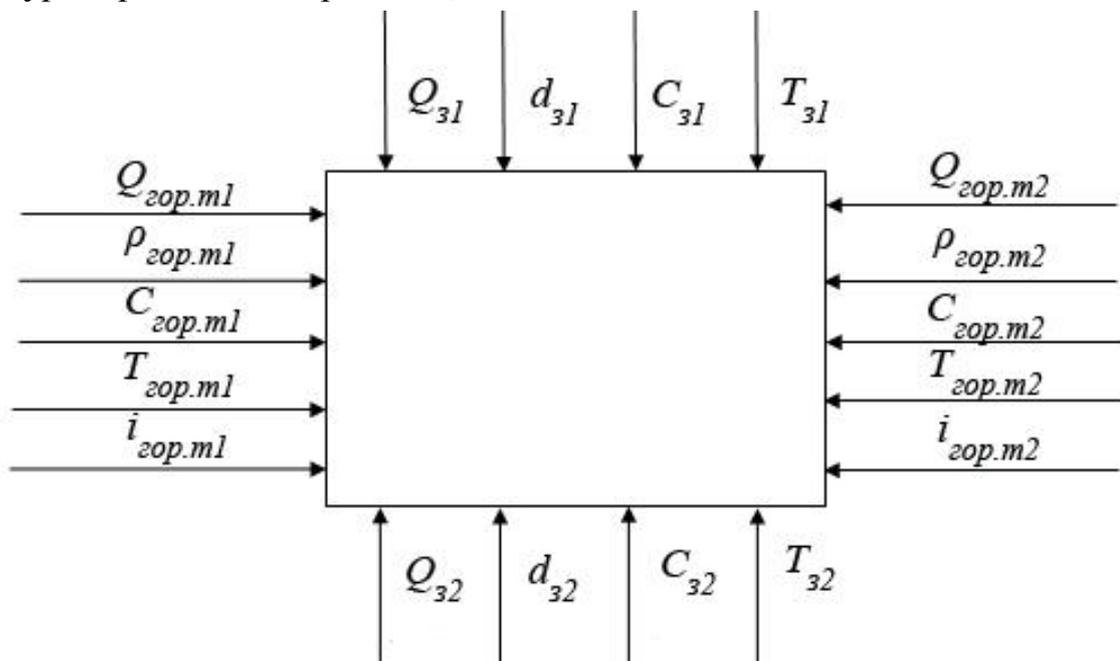


Рисунок 5 – Детерминированная модель процесса обработки семян горячим туманом гуматов

Следует заметить, что во время обработки семян гуматами в камеру обработки будет попадать атмосферный воздух, который будет смешиваться с горячим туманом. Уравнение баланса для определения будет иметь следующий вид

$$\begin{aligned} c_{гор.м0} \cdot \rho_{гор.м0} \cdot Q_{гор.м0} \cdot (T_{гор.м1} - T_{гор.м0}) + c_{ат.в} \cdot \rho_{ат.в0} \cdot Q_{ат.в0} = \\ = c_{гор.м1} \cdot \rho_{гор.м1} \cdot Q_{гор.м1} (T_{гор.м1} - T_{гор.м0}) \end{aligned} \quad (8)$$

где ρ_v - плотность атмосферного воздуха, кг/м³; $Q_{ат.в}$ - расход атмосферного воздуха, м³/ч; $c_{ат.в}$ - теплоемкость атмосферного воздуха, кДж/(кг·К).

На основании соотношения горячего тумана и атмосферного воздуха параметры полученного горячего тумана определяем выражением:

$$\rho_{гор.м1} = \rho_{гор.м0} + k_{a.в} \cdot \rho_{ат.в0} \quad (9)$$

где $k_{a.в}$ - коэффициент поступающего атмосферного воздуха.

Так же будет вычисляться объем полученного горячего тумана:

$$V_{гор.м1} = V_{гор.м0} + k \cdot V_{ат.в0} \quad (10)$$

На основании вышеприведенных формул, температура полученного горячего тумана рассчитывается следующим выражением:

$$\begin{aligned} T_{гор.м1} = \frac{c_{гор.м0} \cdot \rho_{гор.м0} \cdot V_{гор.м0} \cdot (T_1 - T_0) + \\ + c_{ат.в0} \cdot \rho_{ат.в0} \cdot V_{ат.в0}}{c_{гор.м1} \cdot \rho_{гор.м1} \cdot V_{гор.м1}} + T_{гор.м0} \end{aligned} \quad (11)$$

Расход горячего тумана, с учетом нагрева семян, определяется следующим образом:

$$Q_{гор.м1} = \frac{Q_{з1} \cdot [(d_2 - d_1) \cdot (i_{гор.м} - c_{з2} \cdot T_{з1}) + c_{з2} \cdot (T_{з2} - T_{з1})]}{\rho_{гор.м} \cdot (c_{гор.м} \cdot T_{гор.м1} - c_{гор.м2} \cdot T_{гор.м2})} \quad (12)$$

где $i_{гор.м}$ - энтальпия горячего тумана, кДж/кг; $Q_{з1}$ - расход зерна, кг/ч.

Передаваемое горячим туманом семенам в камере обработки количество теплоты, определяется на основании уравнения теплообмена

$$q_T = L \cdot S_з \cdot \Delta T \quad (13)$$

где ΔT - разность средних температур горячего тумана и семян, °С; $S_з$ - площадь поверхности зерна, м²; L - объемный коэффициент теплообмена, Вт/(м³·°С).

На основании рекомендованных зависимостей можно оценить характеристики тепло-массообменного процесса, который происходит при обработке семян горячим туманом.

Показанные формулы достоверны для установления процесса. Анализ выражения (13) показал, что расход горячего тумана гуматов зависит от исходных свойств семян, и определяется скоростью передвижения и расходом семян в камере обработки (производительностью устройства). Так же следует заметить, что эффект обработки семян зависит от разности температур семян и горячего тумана.

В третьей главе «Программы и методики экспериментальных исследований устройства для обработки семян горячим туманом гуматов» описаны программы и методики экспериментальных исследований.

Программа экспериментальных исследований включала методики: исследования скорости зерна при движении по наклонным полкам камеры обработки устройства для обработки семян горячим туманом; экспериментальных исследований теплообменных процессов устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов; исследования размеров капель горячего тумана по солевому остатку, образованному при распылении 20% раствора NaCl; определения эффективности способов предпосевной обработки семян гуминовыми препаратами по влиянию на их посевные качества; производственные исследования устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов; проведения полевых испытаний.

Исследования проводились в ООО «Церлево» Чучковского района, Рязанской области, а также в лабораторных условиях на базе ФГБОУ ВО РГАТУ.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов» приведены результаты экспериментальных исследований.

В качестве материала для исследования использовалось зерно ячменя сорта «Биос -1», влажностью 13%. Нами были получены данные по общей скорости зерна в камере обработки и время обработки зерна. Данные параметры позволяют уточнить производительность устройства для обработки семян горячим туманом и уточнить расход горячего тумана на обработку.

На основе экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, описывающее зависимость скорости зерна от количества полок и их угла наклона.

$$v_{з.к} = 1,7513 - 0,0502 \cdot \beta - 0,1316 \cdot n + 0,0006 \cdot \beta^2 + 0,0028 \cdot \beta \cdot n + 0,0008 \cdot n^2 \quad (14)$$

где $v_{з.к}$ – скорость зерна в камере обработки, м/с; n – количество полок, шт.

По данным уравнения получена поверхность отклика, представленная на рисунке 6.

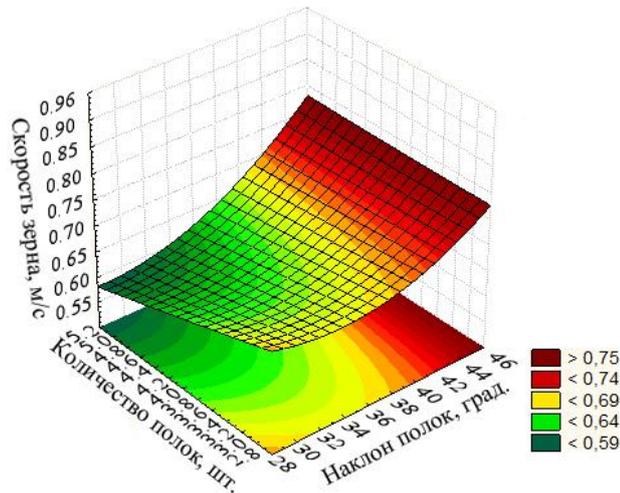


Рисунок 6 – Зависимость скорости зерна в камере обработки от количества полок и их угла наклона

Аналогично было получено уравнение регрессии зависимости времени обработки от количества полок и угла наклона полок (15), по которому была построена поверхность отклика, которая представлена на рисунке 7.

$$\tau_3 = -1,9448 + 0,1543 \cdot \beta + 0,875 \cdot n - 0,0018 \cdot \beta^2 - 0,0112 \cdot \beta \cdot n - 0,0461 \cdot n^2 \quad (15)$$

где τ_3 – время обработки зерна, с.

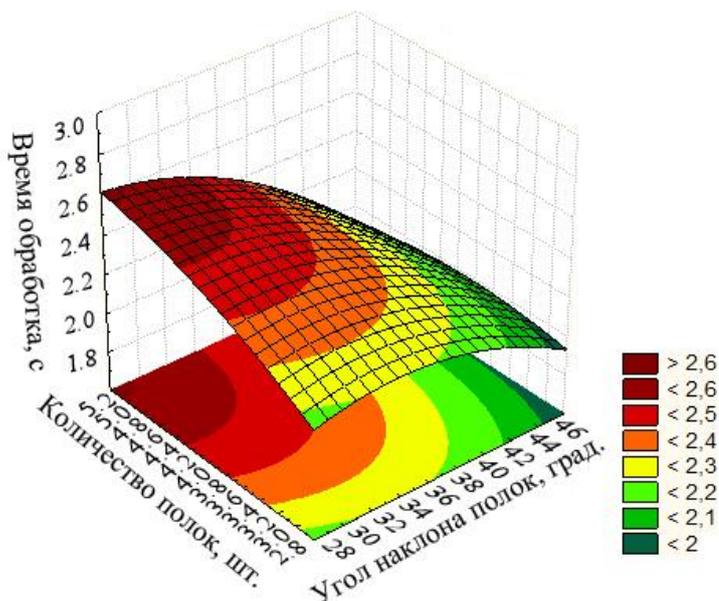


Рисунок 7 – Зависимость времени обработки зерна, количества полок и угла наклона полок

Анализируя полученные зависимости, нами были уточнены рациональные параметры камеры обработки, в которой необходимо установить 5 полок с углом наклона полок 32° . Этим параметрам соответствует скорость движения зерна в камере обработки и среднее время обработки $\tau_{з.ср} = 2,5822$ с.

В результате обработки полученных данных в программе STATISTICA_8 было рассчитано уравнение регрессии для температуры горячего тумана гуматов, причем коэффициент детерминации - 0,98, а коэффициент корреляции - 0,990:

$$T_{н.с} = 81,7824 - 1682,8 \cdot Q_m - 1505,2778 \cdot Q_z + 22222,2222 \cdot Q_m^2 + 5833,3333 \cdot Q_m \cdot Q_z + 11555,5556 \cdot Q_z^2 \quad (16)$$

где $T_{н.с}$ – температура нагрева семян на выходе из камеры обработки; Q_m – расход топлива (бензина), л/мин; Q_z – расход гуматов, л/мин.

Так же был построен график зависимости температуры нагрева семян на выходе из камеры обработки от расхода гуматов и расхода топлива (рисунок 8). Сопоставив результаты экспериментов, можно сделать заключение, что температура семян в большей степени зависит от расхода раствора гуматов. Отмечено, что для данных условий исследований рациональное значение расхода раствора гуматов составляет от 0,058 до 0,06 л/мин, при расходе топлива 0,032 л/мин, на основе этого температура поверхности обработанных семян увеличивается на 1-3 $^\circ\text{C}$, до температуры 13-15 $^\circ\text{C}$.

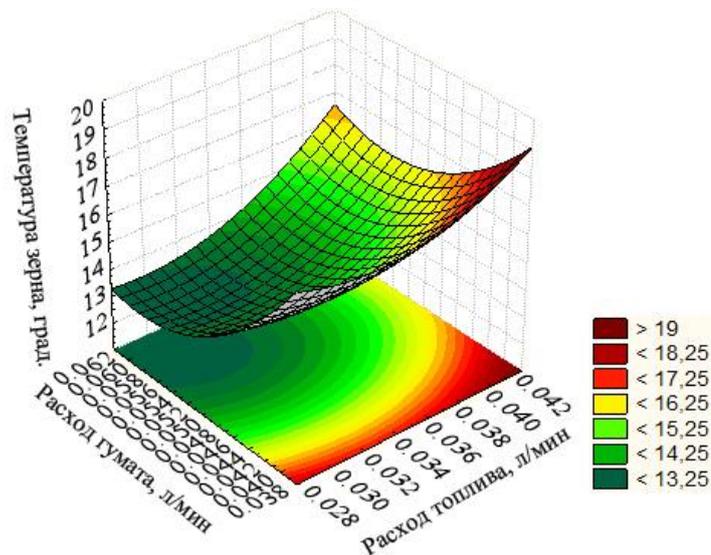


Рисунок 8 – График зависимости температуры нагрева семян на выходе из камеры обработки от расхода гуматов и расхода топлива

Рекомендованные рациональные параметры и режимы работ устройства окончательно устанавливались с учетом климатических условий и свойств зерна во время обработки. На момент испытаний температура окружающего

воздуха составляла 12°C , влажность воздуха 62%, начальная температура зерна 12°C . Производительность по зерну составляла 10 т/час, подача топлива варьировалась от 0,03-0,04 л/мин, расход раствора гуматов варьировалась от 0,058-0,06 л/мин, соотношение «Экорост» и воды в растворе составляло 1:10.

Экспериментальные исследования устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов в полевых условиях проходили с апреля по август 2016 года в ООО «Церлево» Чучковского района, Рязанской области.

Оценка эффективности способа и устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов производилась на семенах ячменя. При испытаниях устройства, оценивались изменения температуры и влажности семян, параметры и режимы работы устройства. Так же оценка эффективности обработки семян горячим туманом гуматов определялась по показателям всхожести и урожайности культуры.

Применение предложенного устройства для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов в хозяйстве в ООО «Церлево» Чучковского района Рязанской области позволило повысить всхожесть семян на 23%, урожайность на 13-14%, с 20 ц/га до 22,7 ц/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Аэрозольная обработка семян представляет собой перспективное направление предпосевной обработки. Предлагается устройство для предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов, которое состоит из камеры обработки с наклонными полками, и генератором горячего тумана марки ВФ -150. В процессе ссыпания семян по наклонным полкам происходит обработка гуматов в виде горячего тумана температурой $50-60^{\circ}\text{C}$. Высокая температура горячего тумана вызывает активацию физиологических процессов семян и способствует последующему испарению воды с поверхности семян.

2. Из анализа теоретических зависимостей определены рациональные параметры камеры обработки, в которой необходимо установить 5 полок с углом наклона полок 32° . Этим параметрам соответствует скорость движения зерна $v_{з,ср} = 0,5693$ м/с в камере обработки и среднее время обработки $\tau_{з,ср} = 2,5822$ с.

3. В результате эксперимента установлено, что равномерность распределения горячего тумана по камере обработки составляет от 87% до 94%. Анализ нагрева семян показал, что значение расхода раствора гуматов составляет приблизительно 0,058 л/мин, и расход топлива 0,032 л/мин при

производительности по зерну 10 т/ч. Исследования размеров и распределения капель горячего тумана показали, что кристаллы соли равномерно распределяются по обрабатываемой поверхности – коэффициент вариации 7,3%, средний размер кристаллов составляет 4,7 мкм, средний диаметр капель горячего тумана составляет около 14 мкм.

4. Сравнительный анализ применения гуматов при предпосевной обработке семян горячим туманом с традиционным полусухим методом показал, что при использовании разработанного устройства с научно-обоснованными параметрами у Экороста повышается всхожесть сорта Зазерский 85 относительно контроля на 15,2%.

5. Применение предложенного устройства предпосевной обработки семян горячим туманом гуматом в ООО «Церлево» Чучковского района, Рязанской области позволило повысить всхожесть семян на 23%, урожайность на 13-14%, с 20 ц/га до 22,7 ц/га, тем самым увеличив выручку с 1 гектара с 16000 руб. до 18500 руб.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Предпосевная обработка семян горячим туманом гуматов обладает высокой дисперсностью, обеспечивает равномерный нагрев семян и минимальный расход рабочего раствора.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ:

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении модернизации устройств предпосевной обработки семян горячим туманом гуматов для крупных хозяйств.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Статьи в ведущих изданиях, рекомендованных ВАК России

1. Тетерина О.А. Установка для нанесения аэрозоля гуматов в потоке сельскохозяйственной продукции [Текст] / О.А. Тетерина, И.Н. Горячкина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 4 (29). С. 124-128.

2. Тетерина О.А. Эффективность аэрозольной обработки семенного зерна защитно-стимулирующими веществами [Текст] / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, В.С. Тетерин //

Известия Юго-Западного государственного университета. 2017 – № 2 (71). С. – 83 – 90.

3. Тетерина О.А., Исследование температурного поля в смесительной камере при аэрозольной обработке семян [Текст] / О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, В.С. Тетерин, Б.А. Нефедов, Д.В. Иванов. // Вестник АПК Ставрополья. 2017. - № 4 (28). – С. 10 – 14.

4. Тетерина, О.А. Тепло-массообменные процессы при аэрозольной обработке семян [Текст] / Б.А. Нефедов, С.Д. Полищук, М.Б. Угланов, М.Ю. Костенко, О.А. Тетерина // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. – № 4 (36). С. – 99 – 103

Патенты РФ

5. Патент на изобретение № 2682885 РФ, А01С 1/06. Устройство для протравливания семян / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, О.А. Тетерина, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, Р.В. Безносюк, В.С. Тетерин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ; заявл. 22.02.2018; опубл. 22.03.2019. Бюл. №9 .

Публикации в сборниках и других научных изданиях

6. Тетерина О.А. Установка для предпосевной обработки семян зерновых культур / О.А. Тетерина // В сборнике: Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства Материалы 52-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 200-летию со дня рождения профессора Ярослава Альбертовича Линовского. Под редакцией В.Г. Сычева. 2018. - С. 191-193.

7. Тетерина, О.А. Аэрозольная обработка семенного зерна стимуляторами на основе гуматов [Текст] / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, М.Ю. Костенко // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". 2016. С. 88-91.

8. Тетерина, О.А. Аэрозольная обработка семян стимуляторами роста [Текст] / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, М.Ю. Костенко // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2016. – № 2 (3). С. 6-10.

9. Тетерина, О.А. Исследование движения зерна по наклонным полкам [Текст] / О.А. Тетерина, В.С. Тетерин, М.Ю. Костенко // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". 2017.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная

Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1434

подписано в печать 08.10.2019 г.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П. А. Костычева»*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1

*Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий*

ФГБОУ ВО РГАТУ

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1