

На правах рукописи



Опиев Олег Иванович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ПРОТРАВЛИВАНИЯ ПОСЕВНОГО ЗЕРНА
В УСТРОЙСТВАХ КАМЕРНОГО ТИПА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Зерноград
2011

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГБОУ ВПО АЧГАА).

Научный руководитель – доктор технических наук профессор
Богомягих Владимир Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук
ведущий научный сотрудник
Тищенко Михаил Алексеевич

доктор технических наук профессор
Забродин Виктор Петрович

Ведущая организация – Федеральное государственное учреждение
«Северо-Кавказская государственная зональная машиноиспытательная станция»,
г.Зерноград

Защита состоится « 21 » марта 2012 г. в 10 час. на заседании диссертационного совета ДМ 220.00101, созданного при Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии (АЧГАА) по адресу: г.Зерноград Ростовской области, ул.им.Ленина, 21, ауд. 201, корпус 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО АЧГАА.

Автореферат разослан « 24 » ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук
профессор



Н.И.Шабанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Известно, что семена зерновых культур являются продуктом питания не только для человека, но и для всевозможных болезней, грызунов и различного рода вредителей сельскохозяйственных культур. Поэтому перед посевом они должны протравливаться.

Протравливание посевного материала должно быть экономически выгодным и экологически безопасным.

Одной из основных задач протравливания зерна является улучшение его всхожести.

Протравливание зерна осуществляется специальными машинами или устройствами. Однако они недостаточно обеспечивают равномерное распределение средств защиты по поверхности семян и сложны по конструкции, а также допускают травмирование семян.

На сегодняшний день существует проблема разрешения противоречия между необходимостью в совершенствовании процесса протравливания семян зерновых культур и уровнем научных знаний о нем и его реализации в сельском хозяйстве.

Поэтому тема диссертационной работы актуальна как с теоретической, так и практической точек зрения.

Цель работы - повышение качества посевного зерна путем совершенствования процесса его протравливания в устройствах камерного (закрытого) типа.

Объект исследования – процесс подачи зерна в камеру смешивания и равномерное нанесение на его поверхность средств защиты.

Предмет исследования - закономерности изменения взаимосвязей факторов, влияющих на качество зерновок при их протравливании защитными препаратами в устройствах камерного типа.

Методы исследования включали аналитическое описание процесса, экспериментальные исследования. Использовались методы математической статистики, основные положения механики сыпучих тел, многофакторный эксперимент, современные методы оценки качества посевного материала.

Научную новизну работы представляют: математическая модель бессводообразующего истечения семян из бункера-дозатора на распределительный конус устройства; зависимости распределения семян в камере протравливания от величины их подачи и параметров распределительного (конусного) устройства; зависимости качества протравливания и полноты протравливания семян от параметров распределительного устройства и производительности протравливателя камерного типа.

Практическую ценность представляют: технологическая схема процесса протравливания семян, его параметры и режимы протекания; методика инженерного расчета протравливателя камерного типа.

Реализация результатов исследования. Результаты исследования внедрены в хозяйствах: СПК «Новая победа» Яшалтинского района республики Калмыкия, ОАО «Племзавод Сухотинский».

Апробация работы: Результаты исследований докладывались на научно-технических конференциях ФГБОУ ВПО АЧГАА (г.Зерноград, 2009-2011 гг.).

Публикация результатов: Результаты исследования опубликованы в одной монографии (в соавторстве) и шести статьях объемом 1,6 п.л., из них две статьи в научных сборниках, рекомендованных ВАК.

На защиту выносятся:

- технологическая схема, параметры и режимы работы протравливателя семян зерновых культур камерного типа;
- теоретические предпосылки процесса протравливания зерна в устройстве камерного типа в зависимости от формы образующей бункера-дозатора, угла наклона распределительного конуса и взаимного их расположения;
- методика инженерного расчета протравливателя семян камерного типа.

Объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, пять глав, общие выводы, список литературы из 118 наименований, таблиц – 11, рисунков – 46 и два приложения.

Основной текст диссертации изложен на 114 страницах машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена актуальность темы, цель, объект и предмет исследований, а также научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Протравливание посевного зерна в свете существующих теорий, технологий и систем машин. Задачи исследований» приведен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых: Агафонова З.Б., Белоконь А.П., Возняковской Ю.М., Груздева Г.С., Маслова Г.Г., Мечкало А.Л. и др., а также изобретений и патентов глубиной в 30 лет за период с 1980 по 2010 годы. Из этого анализа следует, что наиболее приемлемыми протравливателями семян зерновых культур (как с экономической, так и экологической точек зрения) являются протравливающие устройства камерного (закрытого) типа (рис. 1). Однако, из этого анализа также следует и то, что эти устройства требуют усовершен-

ствования как с точки зрения протекания технологического процесса, так и с точки зрения определения их параметров и режимов работы.

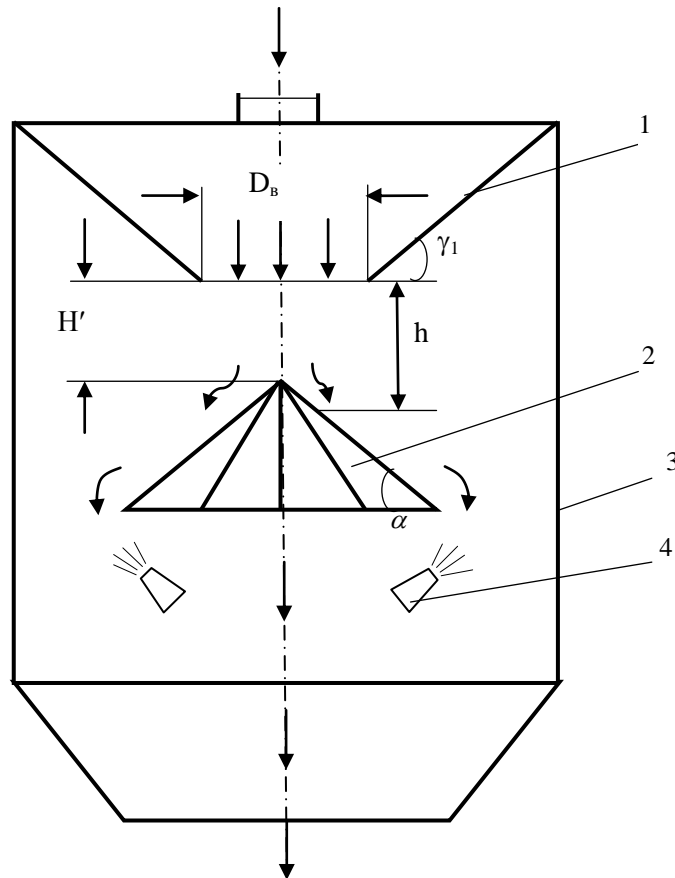


Рисунок 1 – Схема устройства для протравливания зерновок:
 1 – бункер-дозатор; 2 – распределительный конус; 3 – корпус (камера);
 4 – распылитель (форсунка) рабочей жидкости

Исходя из этого, в диссертационной работе решаются следующие задачи:

- обосновать технологическую схему, параметры и режимы работы протравливателя семян зерновых культур камерного типа;
- разработать теоретические предпосылки процесса протравливания зерновок в устройствах камерного типа;
- разработать методику инженерного расчета протравливателя семян камерного типа;
- дать экономическую оценку результатов исследования.

В основу решения указанных задач положены следующие научная и рабочая гипотезы.

Научная гипотеза. Наиболее полная обработка всей поверхности зерновок может быть осуществлена путем сообщения им вращательного движения при их сходе с распределительного конуса устройства во встречный поток протравителя, создаваемый распылителями.

Рабочая гипотеза. Вращательное движение зерновок при их сходе с распределительного конуса устройства может быть получено за счет периферийной части поверхности распределительного конуса устройства, выполненной в форме логисты с повышенным коэффициентом внешнего трения.

Во второй главе «Теоретические исследования процесса протравливания зерновок в устройствах камерного типа» на основании известной комбинированной механической модели сыпучего тела профессоров Л.В.Гячева и В.А. Богомягих определена рациональная форма образующей стенки бункера-дозатора семян.

$$H_i = \varepsilon_i \cdot \ln \left[\operatorname{tg} \frac{\arcsin \left(\frac{R_0 - R_i}{\varepsilon_i} \right)}{2} \right], \quad (1)$$

где R_0 - входное отверстие бункера-дозатора; ε_i - эксцентриситет центра тяжести зерновки; R_i - текущий радиус выпускного отверстия бункера-дозатора; H_i - текущая высота бункера-дозатора.

Предельные производительность и скорость истечения из него семян

$$q_{np} = \pi \left(\frac{g}{2 \operatorname{tg} \gamma_1} \right)^{0,5} \cdot (R_{н.св.}^{2,5} - R_b^{2,5}) (1 - C); \quad (2)$$

$$v_{np} = \frac{q_{np}}{R_b^2}, \quad (3)$$

где γ_1 - угол наклона образующей стенки бункера-дозатора к горизонту в плоскости его выпускного отверстия; C - скважность потока семян в долях единицы; $R_{н.св.}$ - наибольший сводообразующий размер выпускного отверстия бункера-дозатора; R_b - радиус его выпускного отверстия.

При этом возможны два варианта функционирования системы «емкость дозатора (1) - распределительный конус (2)» - независимое их функционирование и зависимое их функционирование.

При первом варианте расположения бункера-дозатора и распределительного конуса относительно друг друга производительность бункера-дозатора не связана с пропускной способностью распределительного конуса. В этом случае (см. рис. 1)

$$H' \geq 0,5D \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 \quad \text{и} \quad H' \geq 0,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad \text{при} \quad \alpha = \gamma_1. \quad (4)$$

При втором же варианте (зависимом функционировании, $H'=0$) пропускная способность системы увеличивается по мере возрастания угла α и при некотором его значении расход q_{np} будет равен расходу при свободном истечении семян, что также нежелательно.

Нормальное функционирование системы будет иметь место при условии $q_{np.k} \geq q_{np\delta}$, где, соответственно, предельные производительности распределительного конуса ($q_{np.k}$) и бункера-дозатора ($q_{np\delta}$), то есть, когда $\alpha \geq \gamma_1$.

При этом уравнение образующей распределительного конуса высотой H_k имеет вид

$$y_i = H_k \cdot e^{-x} - \text{экспонента.} \quad (5)$$

С целью интенсификации вращения зерновок при их сходе с распределительного конуса периферийную часть последнего (логисту) необходимо выполнять из материала с повышенным коэффициентом трения. Нисходящий поток вращающихся зерновок лучше протравливается рабочей жидкостью, которая распыляется форсунками 4 (см. рис. 1) навстречу потоку зерновок.

При этом, относительная скважность этого потока зерновок выразится зависимостью

$$C = 1 - \frac{\rho}{\eta}. \quad (6)$$

где ρ - насыпная плотность зернового материала;

η - плотность зерновок.

Окончательно производительность устройства

$$W = \frac{m}{t} = \pi \cdot \sqrt{\frac{g}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma_1}} (R_{\epsilon}^{2,5} - R_{н.св.}^{2,5}) (1 - C) \cdot \rho, \quad (7)$$

где m - масса зерна, поступающего из бункера-дозатора на распределительный конус устройства;

t - время, за которое поступила эта масса на распределительный конус.

С целью исключения травмирования зерновок о поверхность распределительного конуса скорость его истечения из бункера-дозатора не должна превышать значения, определяемого формулой

$$v_{np.з} = \frac{\sqrt{\frac{g}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma_1} \cdot (R_{\epsilon}^{2,5} - R_{н.св.}^{2,5}) \cdot (1 - C)}}{R_{\epsilon}^2}.$$

В третьей главе «Программа и методики экспериментальных исследований» приведены технические средства, использованные при проведении экспериментальных исследований: экспериментальная установка для обоснования параметров и режимов работы протравливания семян; типы конусов для распределения семян; компрессор КВ-7,0; секундомер СОП-ГГР2А-ТУ-25-1819-021-90; весы лабораторные ВЛР-20 ГОСТ-19491;

гири ГОСТ-7328-82 2-й класс; линейка ГОСТ-427-75 ± 1 мм; редуктор воздушный с датчиком.

Для определения качества протравливания семян использовались газовый хроматограф «Цвет 500М»; аппарат для встряхивания АБУ-1 (ТУ 64-1-1001-73); весы лабораторные ВЛКТ -500 (ГОСТ 19491-74); азот особой чистоты в баллонах с редуктором (ГОСТ 9293-74); ацетон (ГОСТ 2603-79); тритикопазол; воронки для фильтрования стеклянные (ГОСТ 8613-75); колбы конические плоскодонные на 250 мл (ГОСТ 10394-72); колбы мерные на 100 мл (ГОСТ 1770-74); фильтры бумажные «белая лента» (ТУ 6-09-1678-77); цилиндры мерные на 50-100 мл (ГОСТ 1770-74); колонка набивная стеклянная длиной 1 м с внутренним диаметром 2 мм, заполненная неподвижной фазой 5% ОУ-17.

Приведены частные методики по определению производительности установки и распределения семян на распределительном конусе; скважности потока семян; углов наклона образующих стенок бункера-дозатора и распределительного конуса; производительности форсунок (распылителей рабочей жидкости); качества протравливания семян; обработки экспериментальных данных.

Кроме того, приведена методика выбора и проведения 2-х факторного эксперимента с целью определения численных значений тех параметров, которые невозможно было проанализировать аналитически – это угол распределительного конуса (α) и производительность установки по зерну (W).

В четвертой главе «Анализ результатов экспериментальных исследований процесса протравливания посевного зерна в устройстве камерного типа» дан анализ результатов конструктивных и режимных параметров протравливателя камерного типа. В качестве критерия оптимизации (отклика функции) принята полнота протравливания семян, которая зависит от нормы расхода препарата и обрабатываемого материала.

Получено уравнение регрессии для оценки качества протравливания семян

$$Y_1 = 97,27 - 2x_1 - 3x_2 - 7,24x_1^2 - 4,24x_2^2,$$

где Y_1 - процентное значение действующего вещества (полнота протравливания) от заданной нормы, %; x_1 – угол распределительного конуса (α); x_2 – производительность установки по зерну (W), т/ч.

В результате получено, что максимальная степень обработки семян происходит при угле распределительного конуса $\alpha=45^\circ$ и производительности установки $W=3$ т/ч.

График зависимости производительности установки от величины зазора (h) между конусом и стенкой бункера-дозатора показан на рисунке 2.

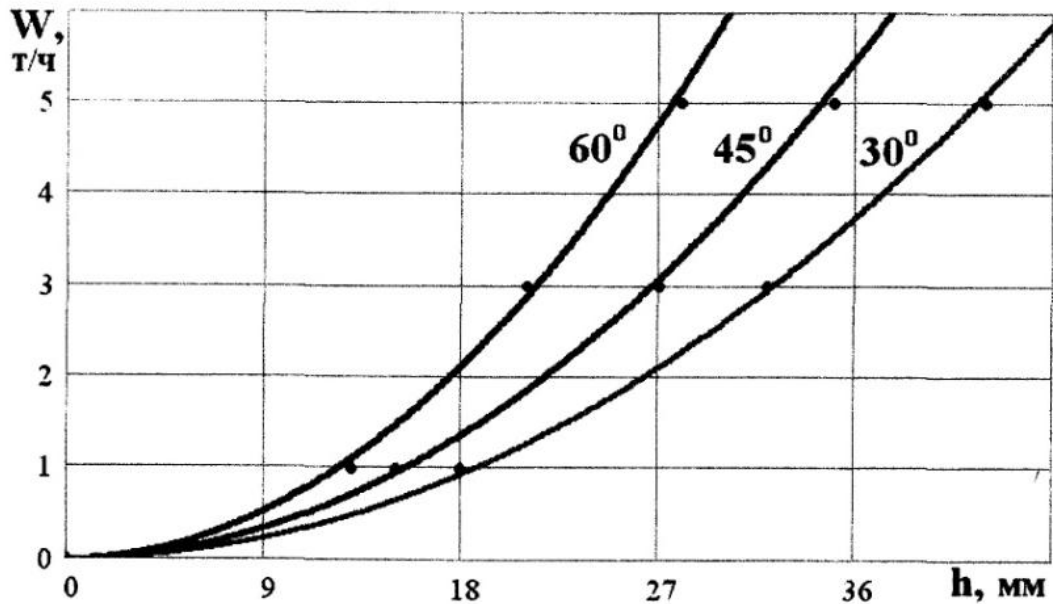


Рисунок 2 - График функции $W_i=f(h_i)$ при $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ (пшеница)

Из графика следует, что проектная производительность установки в 5 т/ч может быть достигнута с использованием распределительных конусов, у которых α находится в диапазоне от 60° до 30° при величине зазора h от 15 до 30 мм.

Результаты исследований показывают, что площадь распределения конуса увеличивается с увеличением угла его образующей (рис. 3) по параболе.

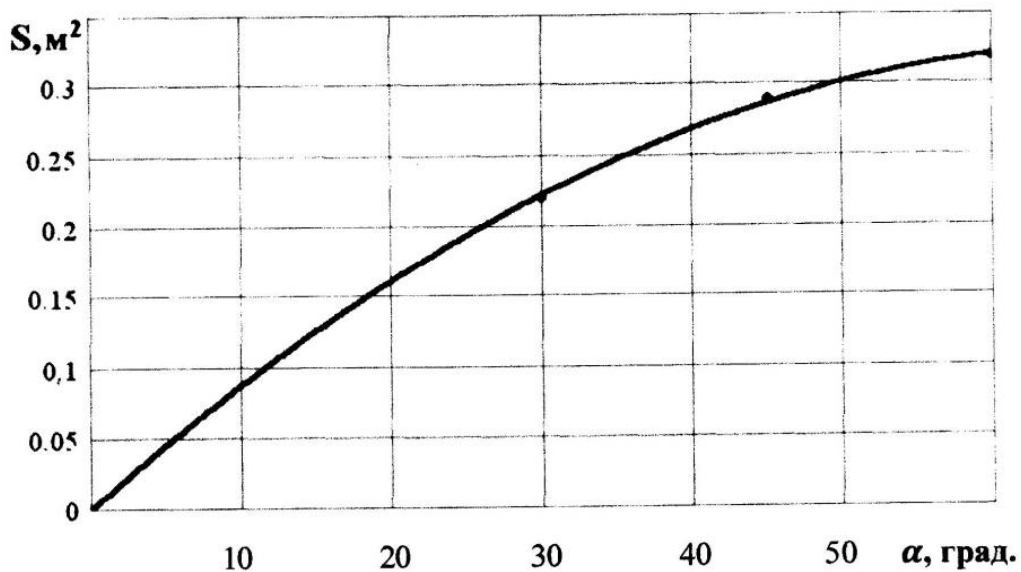


Рисунок 3 - Зависимость площади распределения (S) от α распределительного конуса

Из графика также следует, что изменение площади распределения и, соответственно, скважности сходящего с конуса потока семян можно осуществлять изменением угла α конуса при постоянных параметрах бункера-дозатора и постоянном расстоянии h от него. С увеличением угла α конуса среднестатистическая скважность потока семян равна $\sim 28-30\%$.

При угле конуса 30° сходящий поток семян с конуса практически стабилен и имеет плотность, например, по пшенице $\rho = 770 \text{ кг/м}^3$ со скважностью $C \approx 23\%$.

Анализ данных позволяет отдать предпочтение углу распределительного конуса $\alpha = 45^\circ$. При этом угле все показатели для обеспечения качества процесса протравливания наиболее благоприятны. Так, скважность потока зерновок при $\alpha = 45^\circ$ на $19,4\%$ лучше, чем при $\alpha = 30^\circ$. При угле распределительного конуса в 60° все показатели процесса не уступают оптимальному значению угла $\alpha = 45^\circ$, но повышение скорости скатывания зерновок с поверхности конуса снижает качество протравливания семян (полноту их протравливания), примерно, на $25-35\%$.

Таким образом, наиболее оптимальные значения углов: $\gamma_1=45^\circ-50^\circ$; $\alpha=45^\circ$ при h от 15 до 30 мм.

Качество протравливания семян также зависит от типа распылителей рабочей жидкости и их установки в камере протравливателя. В исследованиях использован эжекционно-щелевой распылитель. На рисунке 4 показан график зависимости производительности распылителей ($W_{\text{расп}}$) при $0,15 \text{ МПа}$ от высоты (H) питательной емкости.

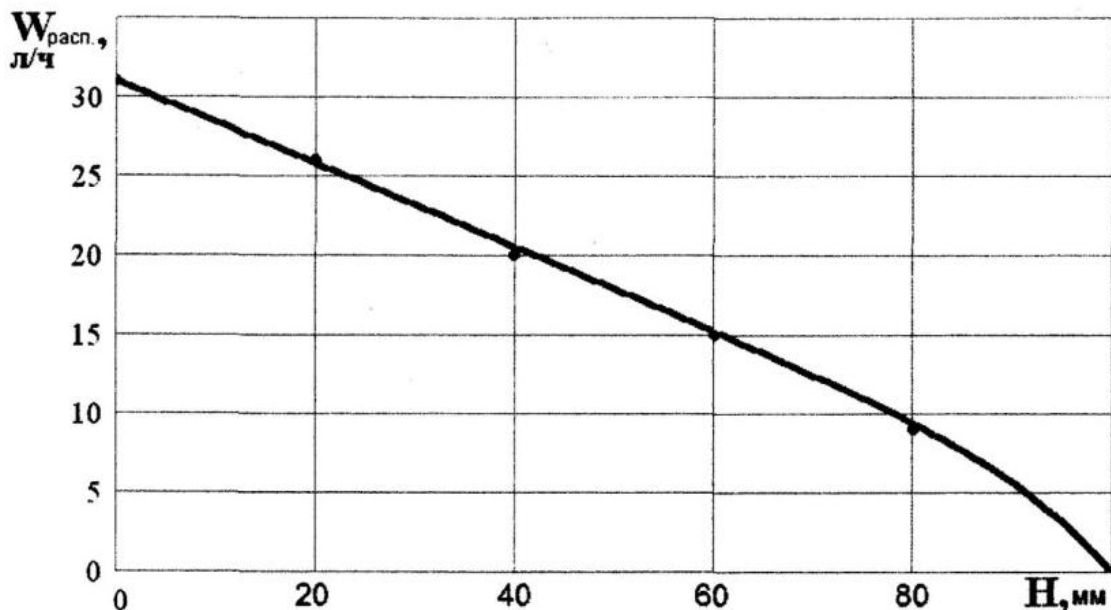


Рисунок 4 - График функции $W_{\text{расп}} = f(H)$ при $0,15 \text{ МПа}$

Следует отметить, что во всем диапазоне H изменения качества распыла не наблюдалось, то есть, высота H геометрического расположения питательной емкости рабочей жидкости относительно распылителей (форсунок) не играет никакой роли.

Зависимость производительности распылителей ($W_{\text{расп}}$) от давления воздуха (P) при их одинаковой высоте относительно питательной емкости показана на рис. 5.

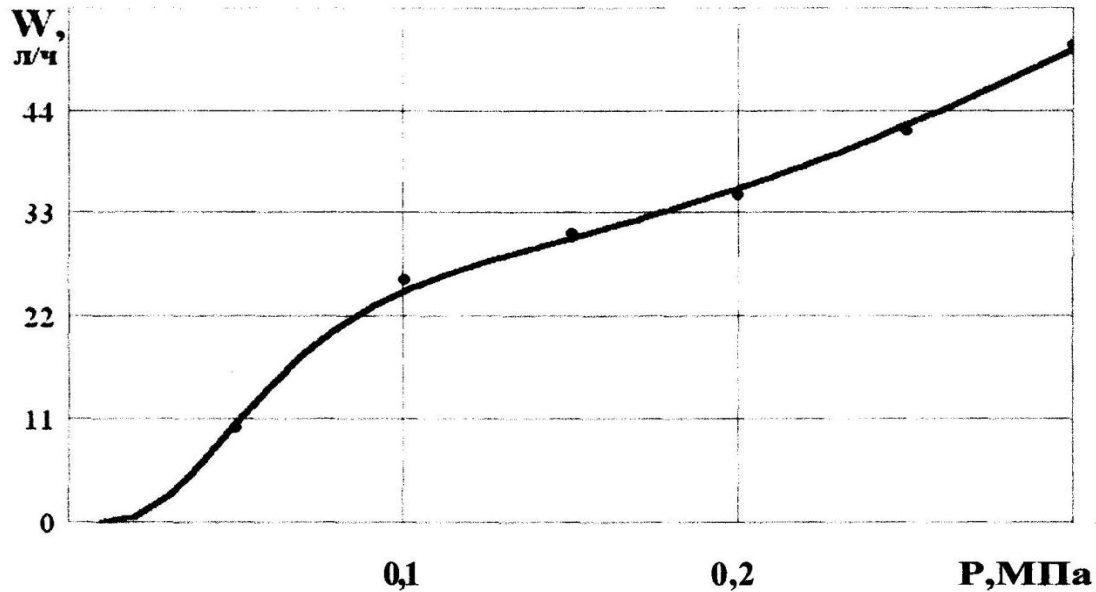


Рисунок 5 – График функции $W_{\text{расп}} = f(P)$ при $H = \text{const}$ относительно питательной емкости

Из графика следует, что в диапазоне давлений от нуля до 0,1 МПа тенденция изменения производительности имеет характер отличный, чем при давлениях от 0,1 до 0,3 МПа. Проведенная оценка качества распыла на давлениях до 0,1 МПа дала неудовлетворительный результат. С увеличением давления улучшается качество распыла и длина его конуса и, следовательно, повышается качество обработки зерновок рабочей жидкости. То есть, диапазон давлений от 0,1 до 0,3 МПа является наиболее приемлемым при обработке зерновок, сходящих с логисты конуса в относительном своем вращении.

Таким образом, функции исследуемых параметров в достаточно высоком интервале варьирования имеют четко выраженные линейные зависимости, позволяющие разработать достоверные практические рекомендации по регулировке и настройке протравливающей установки на стадии ее производственной эксплуатации, что позволяет обеспечить ее высокую эффективность работы и снизить интеллектуальную нагрузку на потребителя.

В таблице приведены данные, показывающие влияние конструктивных и режимных параметров протравителя камерного типа на полноту нанесения рабочей жидкости (препарата) на поверхность зерновок, сходящих с логисты распределительного конуса.

Полнота протравливания семян пшеницы
в протравливающем устройстве камерного типа

Конструктивные и режимные параметры установки	Показатель качества обработки семян	Количество семян, обработанных при данной полноте в относительном объеме, шт.
	Полнота нанесения препарата, %	
Угол распределительного конуса $\alpha = 45^\circ$, $W = 3$ т/ч	97	100
Угол $\alpha = 30^\circ$, $W = 3$ т/ч	95	67
Угол $\alpha = 60^\circ$, $W = 3$ т/ч	96	79

Из таблицы следует, что % полноты обработки оболочки зерновок удовлетворяет агрономическим требованиям посевного материала.

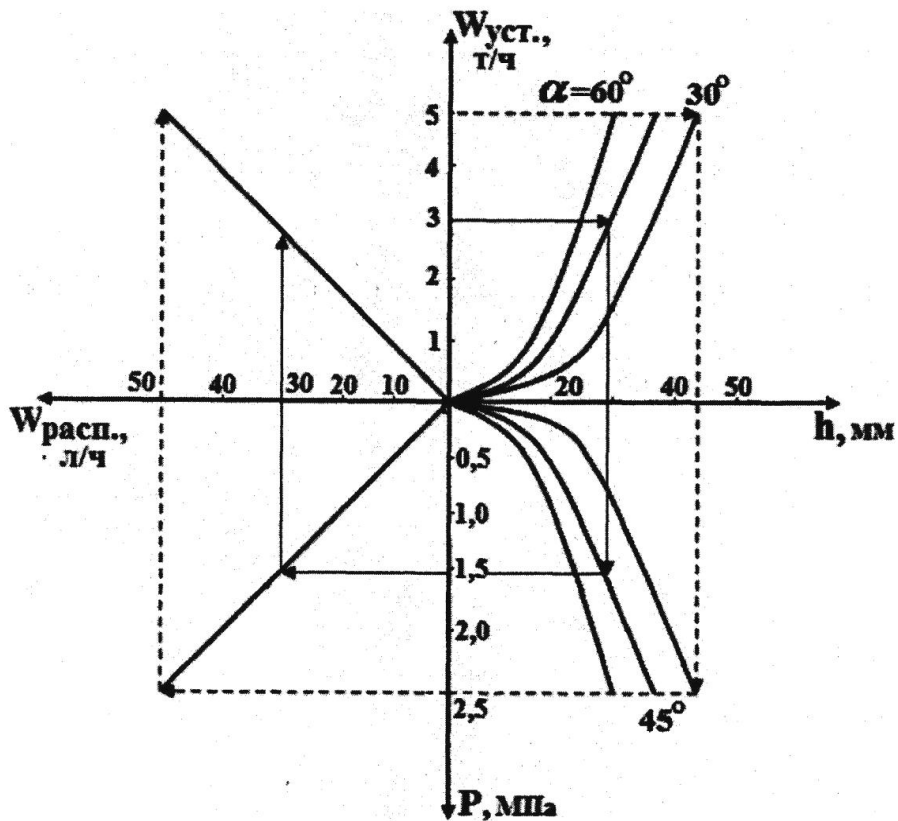


Рисунок 6 - Номограмма для настройки в работу протравливателя камерного типа

На основании результатов исследования в работе предложена методика инженерного расчета устройства для протравливания посевного материала камерного типа. Последовательность этого расчета следующая:

1. Определяется количество распылителей.
2. Определяется производительность установки.
3. Определяется высота бункера-дозатора относительно распределительного конуса.
4. Определяется диаметр камеры протравливания и ее высота.
5. Определяется производительность распылителя.

Для настройки протравливающей установки в работу следует пользоваться разработанной номограммой (рис. 6).

В пятой главе «Экономическая эффективность внедрения в производство протравливателя зерна камерного типа» показано, что при производительности установки 0,67 т/ч, чистый дисконтированный доход составляет 994,5 тыс.рублей, а срок ее окупаемости не превышает 0,4 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено следующее.

1. Технологическая схема протравливателя семян с конусным распределителем потока и эжекционно-щелевыми распылителями рабочей жидкости обеспечивает надежность процесса и, в среднем, 96% равномерность протравливания зерна при 8 распылителях.

2. Оптимальная скважность потока в 28÷30% обеспечивается поверхностью распределительного конуса с углом раствора $\alpha=45\div50^\circ$.

3. Оптимальные параметры полноты и равномерности протравливания семян получены при давлении воздуха в системе, равном 0,15 МПа; расходе раствора рабочей жидкости каждым распылителем 0,67 л/мин при производительности устройства 3 т/ч.

4. Для осуществления бессводовобразующего («мягкого») истечения зерна из бункера-дозатора на распределительный конус необходимо, чтобы углы α и γ_1 находились в пределах значений 45÷50°.

5. Экспериментальные значения показателей скважности в пересчете на м² поверхности распределительного конуса согласуются с теоретическими с разницей, не превышающей 5 %, и составили при угле $\alpha=30^\circ$ - 0,22 м² (площадь рассева семян по поверхности конуса); при угле $\alpha=45^\circ$ - 0,26 м² и при $\alpha=60^\circ$ - 0,32 м².

6. Основной качественный показатель – полнота протравливания семян – соответствует исходным агротребованиям при производительности установки в 3 т/ч; норме расхода раствора - 10 л/т и угле распределитель-

ного конуса 45°. При этом, 100 % пропускаемого объема семян обрабатывается с полнотой протравливания равной 96 %.

7. Разработана методика инженерного расчета протравливателя семян камерного типа, основой которой является номограмма, позволяющая определить расход рабочей жидкости, давление воздуха в системе и положение уравнильной емкости распылителей относительно логисты распределительного конуса.

8. Протравливатель семян камерного типа обеспечивает снижение эксплуатационных затрат на 5,65 %, получение чистого дисконтированного дохода 994,5 тыс.руб. при сезонной нагрузке 170 тыс.т обрабатываемых семян при сроке окупаемости 0,4 года.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Опиев О.И. Определение формы образующей стенки дозатора устройства для обработки семян / О.И.Опиев, А.А.Серегин // Международный технико-экономический журнал. - Москва: ООО «Спектр».- 2011. - №3.- 2 с.

2. Опиев О.И. О рациональной форме образующей распределительного конуса устройства для обработки семян / О.И.Опиев, А.А.Серегин // Международный технико-экономический журнал.- Москва: ООО «Спектр». 2011. - №4.- 3 с.

Публикации в других изданиях:

3. Опиев О.И. Устройство для обработки семян защитно- стимулирующими веществами / О.И.Опиев, А.А.Серёгин // Вестник аграрной науки Дона. - Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. - Вып.1.- 2 с.

4. Опиев О.И. К определению формы образующей стенки дозатора устройства для обработки семян защитно-стимулирующими веществами / О.И.Опиев, А.А.Серёгин, В.В.Серегина // Вестник аграрной науки Дона. - Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010.- Вып.1.- 2 с.

5. Опиев О.И. Влияние скважности сыпучего тела на расходную характеристику дозатора устройства для обработки семян защитно- стимулирующими веществами / О.И.Опиев, В.А.Богомягких, А.А.Серёгин // Вестник аграрной науки Дона. - Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. - Вып.2.- 3 с.

6. Опиев О.И. Экспериментальное определение конструктивных и режимных параметров протравителя семян / О.И.Опиев, В.А.Богомягких,

А.А.Серёгин // Вестник аграрной науки Дона. - зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2011. - Вып.3.- 2 с.

7. Опиев О.И. Устройство камерного типа для обработки зерна / О.И.Опиев, В.А.Богомягих, А.М.Бондаренко, А.А.Серёгин.- зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА.- 2011.- 135 с.

ЛР 65-13 от 15.02.99. Подписано в печать 24.11.11.
Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 433

РИО ФГБОУ ФПО АЧГАА
347740, зерноград Ростовской области, ул.Советская, 15.