**Сухопаров Александр Александрович. Параметры и режимы работы цилиндрического решета с винтовым распределителем для предварительной очистки зерна: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Сухопаров Александр Александрович;[Место защиты: Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства РАСХН], 2014.- 160 с.**

**Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук**

». ***На правах рукописи***

115012050070

Сухопаров Александр Александрович

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕШЕТА С ВИНТОВЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук

Н.М. Иванов

Новосибирск 2014

Содержание

Введение 5

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ 9

1. Технология послеуборочной обработки зерна 9
2. Характеристика зернового вороха, поступающего на послеуборочную обработку и условия обработки зерна в Сибири 10
3. Требования, предъявляемые к предварительной очистке

зерна 15

1. Технологический процесс сепарации зерна в применяемых машинах предварительной очистки зерна 16
2. Способы повышения производительности цилиндрических

решет 21

1. Технологический процесс сепарации в цилиндрическом решете.. 30
2. Выводы по главе и задачи исследований 35

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА

СЕПАРАЦИИ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КОЛОСОВОМ РЕШЕТЕ С ВИНТОВЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ 37

1. Определение движения зернового вороха по цилиндрическому решету без учета влияния винтового распределителя 40
2. Определение максимального угла подъема зерна во вращающемся решете 40
3. Определение условий относительного движения при абсолютном подъеме зерновки 42
4. Фаза отрыва зерновки от поверхности решета 45
5. Фаза относительного движения зерновки 47
6. Обоснование параметров горизонтального цилиндрического решета с винтовым распределителем 48
7. Исследования движения частицы по внутренней поверхности

з

решета с учетом влияния распределителя 57

1. Определение конструктивных параметров цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем 60
2. Определение положения зерна в решетном цилиндре 62
3. Определение расчетной производительности цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем 66
4. Выводы по главе 73

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 75

1. Программа экспериментальных исследований 75
2. Описание экспериментальной установки 76
3. Методика проведения экспериментальных исследований 81
4. Методика проведения планируемого полнофакторного

эксперимента 83

1. Оценка микроповреждений зерна в цилиндрическом колосо­вом решете с винтовым распределителем 92

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 94

1. Оценка просевания зерна по длине решета 94
2. Влияние зазора между винтовым распределителем и решетной поверхностью на процесс сепарации зерна в цилиндрическом колосовом решете 95
3. Оценка адекватности результатов теоретических

исследований 96

1. Результаты полнофакторного эксперимента 97
2. Производительность цилиндрического колосового решета на различном зерновом ворохе 103
3. Оценка микроповреждений зерна в цилиндрическом колосовом решете с винтовым распределителем 104
4. Выводы по главе 105

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЛОСОВОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕШЕТА С ВИНТОВЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ 106

1. Производственная проверка экспериментального образца колосового цилиндрического решета с винтовым распределителем 106
2. Расчет параметров машины предварительной очистки зерна

ПрОИЗВОДИТеЛЬНОСТЬ 50 т/ч jQg

1. Показатели экономической эффективности применения цилиндрического решета с винтовым распределителем в машине предварительной очистки зерна 109
2. Определение экономической эффективности в стоимостной

форме 111

Общие выводы 117

Список условных обозначений и символов 119

194

Список литературы

1 *пп*

Приложения

Введение

Важнейшей задачей в земледелии является увеличение производства зерна. Реализация мероприятий Государственной программы развития сельского хозяй­ства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продо­вольствия на 2013-2020 годы позволит обеспечить: увеличение производства зер­на-до 115 млн. тонн, его интервенционного фонда - до 8,5 млн. тонн, экспортно­го потенциала зерна - до 30 млн. тонн, муки - до 10,3 млн. тонн, крупы - до 1,4 млн. тонн. [15]

Одной из важнейших проблем в производстве зерна по-прежнему остаётся его послеуборочная обработка. Требуется дальнейшая интенсификация послеубо­рочной обработки зерна и постановка её на промышленную основу. Особенно ак­туальна эта задача для Западной Сибири, где уборка и послеуборочная обработка проводится в сжатые сроки и в большинстве случаев при неблагоприятных усло­виях погоды.

Практика эксплуатации зерноочистительных агрегатов и зерноочиститель­но-сушильных комплексов показала, что средняя производительность и техниче­ская эффективность зерноочистительных машин низкая. Возможности машин ис­пользуются далеко не полностью, причем одной из основных причин, снижающих эффективность этих систем, является их несовершенство.

Эффективность послеуборочной обработки зерна в значительной степени зависит от показателей применяемых машин предварительной очистки. Особен­ность предварительной очистки зерна - высокая интенсивность зернового потока и изменчивость свойств обрабатываемого зерна. Анализ условий работы зерно­очистительно-сушильных комплексов на сельскохозяйственных предприятиях Сибири показал, что для выполнения исходных требований на обработку зерна [33] и требований ГОСТа [14] машина предварительной очистки зерна должна быть оснащена решетной системой для выделения грубых, соломистых примесей и развитой системой воздушной очистки. Из решетных систем для этой машины более предпочтительно цилиндрическое колосовое решето, так как применяемые с давних пор и по настоящее время технологические приемы обработки зернового вороха на плоских решетах исчерпали свои возможности по повышению произво­дительности. Основным фактором в них выступает сила тяжести, а ее ограничен­ность не позволяет интенсифицировать работу машин с плоскими решетами.

Недостаток цилиндрических колосовых решет - потери зерна «сходом» с решета, слабое перераспределение в нем частиц, неполное использования решет­ной поверхности. Для интенсификации процесса сепарации зерна в цилиндриче­ских решетах применяются различные приспособления, такие как скатные доски и материалосъемники, лопастные и ковшевые битеры, закрепленные на решете винтовые элементы и т.д. Нами предлагается оснастить цилиндрическое колосо­вое решето винтовым распределителем, вращающимся в сторону, противополож­ную движению решета. Это позволит значительно повысить удельную произво­дительность решетной поверхности и представит возможность управлять процес­сом сепарации зерна по длине решета. В настоящее время сведений о применении данного типа машин нет. Их оптимальные режимы и параметры не определены.

Научная гипотеза. Повышение эффективности процесса сепарации зерна в цилиндрическом колосовом решете может быть обеспечено за счет изменения па­раметров решета, увеличения площади сепарации и улучшения распределения компонентов зернового вороха.

Объект исследования. Технологический процесс сепарации зернового во­роха в цилиндрическом колосовом решете с винтовым распределителем.

Предмет исследования. Закономерности процесса сепарации зерна в ци­линдрическом колосовом решете с винтовым распределителем.

Методы исследований. Общей методологической основой исследований были методы математической статистики и регрессионного анализа. Теоретиче­ские исследования выполнялись с использованием положений, законов и методов классической механики, математики и математического моделирования. В экспе­риментальных исследованиях применялся метод планирования многофакторного эксперимента. При обработке результатов исследований использовался пакет прикладных программ для персонального компьютера.

Научная новизна:

1. Предложена технологическая схема и установлены закономерности про­цесса сепарации зерна в цилиндрическом колосовом решете с управляемым рас­пределением зерна.
2. Получены зависимости, определяющие основные конструктивно­режимные параметры цилиндрического колосового решета с винтовым распреде­лителем.

Новизна технического решения цилиндрического колосового решета с вин­товым распределителем подтверждена патентом на изобретение РФ № 2429840.

Практическая значимость:

Обоснованы конструктивно-режимные параметры цилиндрического коло­сового решета с винтовым распределителем.

Результаты исследований могут быть использованы проектно­конструкторскими организациями для разработки новых зерноочистительных машин, а также в учебно-методических целях.

Основные положения, выносимые на защиту:

* технологическая схема цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем;
* закономерности процесса сепарации зерна в цилиндрическом колосовом решете с винтовым распределителем;
* конструктивно-режимные параметры цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем.

Реализация результатов работы. Производственная проверка была прове­дена в ГУСП ОПХ «Элитное» СО Россельхозакадемии. Результаты исследований используются в учебном процессе Инженерного института ФГБОУ ВПО НГАУ.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 7 работ, в том числе три статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Апробация работы. Основное содержание отдельных вопросов диссерта­ции докладывалось на:

* V Международной научной конференции молодых ученых СО Россельхо- закадемии (Новосибирск, СО Россельхозакадемии, 2012 г.);
* VII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству», посвященной 70-летию Алтайского государственного аг­рарного университета (Барнаул, АГАУ, 2013 г.);
* Международной научно-практической конференции «Система технологий и машин для инновационного развития АПК России», посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Го­рячкина (Москва, ВИМ, 2013 г.);
* LIII Международной научно-технической конференции «Достижения нау­ки - агропромышленному производству» (Челябинск, ЧГАА, 2014 г.);
* заседаниях ученого совета ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии.

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии на всех

этапах работы: постановка цели и задач исследования, планирование эксперимен­та, выполнение лабораторных экспериментов, формулировка выводов. Автор принимал активное участие в обсуждении и обобщении результатов исследова­ний, а также в подготовке с соавторами основных публикаций по выполненной работе. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю доктору технических наук Иванову Н.М. за помощь на всех этапах работы, кан­дидату технических наук Торопову В.Р. за помощь в интерпретации результатов эксперимента и проведении расчетов. Автор также благодарен ст.н.с. Синицыну В.А. и н.с. Михайлову И.В. за помощь в выполнении экспериментов.

Структура и объем работы. Содержание работы изложено на 160 страни­цах, включает 8 таблиц, 53 рисунка. Библиографический список включает 131 на­именование, в том числе 6 источников на иностранном языке.

Исследования проводились в период с 2010 по 2013 г. в соответствии с за­данием тематического плана ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии 09.01.04.01 «Раз­работать ресурсосберегающие машинные технологии уборки и послеуборочной обработки зерна и семян в условиях Сибири и исходные требования на техниче­ские средства для реализации технологий».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе анализа состояния вопроса установлено, что одним из эф­фективных способов решетной очистки зернового вороха является применение горизонтальных цилиндрических решет. Предложена технологическая схема ци­линдрического колосового решета с регулируемым движением зерна, обеспечи­вающая интенсификацию процесса сепарации зерна за счет уменьшения толщины слоя зернового вороха, увеличения площади его контакта с рабочей поверхностью решета и улучшения перераспределения компонентов зернового вороха.
2. Выявлены закономерности, характеризующие влияние конструктив­но-технологических параметров (влажности зерна, диаметра решета, угла наклона решета) на угловую скорость движения зерновки по решету. Установлены рацио­нальные конструктивно-режимные параметры для экспериментального сепарато­ра: диаметр решета dp=0,3 м., а=2-3,5 град, пр=56 мин'1, при этом определено, что при изменении *dv* от 0,1 до 0,3 м ш увеличивается на 44%, при изменении диамет­ра от 0,3 до 0,7 м - на 16%.
3. Обоснована минимальная длина решета для выделения крупных при­месей при различной подаче зерна. Длина решета должна составлять не менее двух его диаметров.
4. Обоснована величина зазора между решетом и распределителем (h=l 0 мм) при допустимом уровне потерь зерна. На основе анализа уравнения регрессии обоснованы основные конструктивно-режимные параметры цилиндрического ко­лосового решета с винтовым распределителем: угол наклона решета 3,5 град.; по­казатель кинематического режима решета: 0,71; винтового распределителя: 0,39.
5. Выявлено, что при обработке зерна пшеницы удельная производи­тельность цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем со-

*'у*

ставила 4,6 кг/(м с), что в 2,4 раза выше, чем при работе решета без распредели­теля.

1. Определены параметры и режимы работы цилиндрического колосо­вого решета с винтовым распределителем для машины предварительной очистки зерна производительностью 50 т/ч: диаметр решета 0,75 м, длина решета 1,5 м, диаметр распределителя 0,73 м, шаг спирали распределителя 0,6 м, частота вра­щения решета 40 мин1, частота вращения распределителя 31 мин'1.
2. Расчетный годовой экономический эффект при обработке зернового вороха машиной предварительной очистки зерна, оснащенной цилиндрическим решетом с винтовым распределителем, составляет 80800 руб. на одну зерноочи­стительную машину.

Список условных обозначений и символов *а30—* отношение содержания зерна в исходном зерновом ворохе в долях еди­ницы;

*bi* - длина дуги контакта зерна с решетной поверхностью на 1-м участке, м;

*Ь2 -* длина дуги контакта зерна с решетной поверхностью на 2-м расчетном участке, м;

*bj* - длина дуги контакта зерна на і-м элементарном участке,м; *bi* - коэффициенты регрессии соответствующих факторов, учитывающие влияние того или иного фактора на изучаемый объект;

*bjj -* коэффициенты регрессии соответствующих факторов двойного взаимо­действия;

*bL -* функция длины дуги контакта зерна с поверхностью решета от длины решета;

*Ь0* - свободный член;

*с0* - относительное содержание крупных примесей в исходном зерне в долях единицы;

*dv -* диаметр решета, мм.;

*L* - длина решета, м;

а - угол наклона решета, град.;

*dom -* диаметр отверстий решета, мм;

*dB* - диаметр винтового распределяющего устройства, м.;

*В -* ширина спирали распределяющего устройства, мм;

ZB - шаг винта распределяющего устройства, м.;

Со - исходная засоренность зерновой смеси, %;

*W3 -* влажность исходного материала, %;

/- число степеней свободы;

*FgK* - касательная составляющая силы трения зерна по спирали винтового распределителя,Н;

*fe* - коэффициент трения спирали винтового распределителя о зерно;

*Рвк* - касательная составляющая силы действия спирали винтового распреде­лителя, Н;

*f3* - коэффициент внутреннего трения зерна о решето; *fp -* коэффициент трения зерна по решетной поверхности;

*Fp* - сила трения решетной поверхности, Н; g - ускорение силы тяжести, м/с ;

*Gi* - сила тяжести зернового тела на элементарном участке длины решета, Н; *(}2к* - касательная составляющая силы тяжести материальной

точки *О2,* Н;

/ - количество элементарных участков с 1-го по /-й; *і* - порядковый номер элементарного участка;

*Кр -* показатель кинематического режима решета и распределителя;

*Кв* - показатель кинематического режима распределителя; *пм* - число зерноочистительных машины, необходимых для очистки равного объема зерна в равные сроки, шт;

*N -* число опытов;

*п -* число повторностей каждого опыта;

ир - частота вращения решета, мин'1;

*пв* - частота вращения винтового распределителя, мин-1;

*Р]* - масса зерна, просеявшегося на 1-м расчетном участке, кг;

*Р2 -* масса зерна, просеявшегося на 2-м участке, кг;

*Q -* количество исходного зернового материала, г;

*q* - масса зерна, просевающаяся за одну секунду через единицу площади контакта зерна с решетной поверхностью, кг/(м2с);

*Q,K —* масса зерна крупной фракции, г; *q зф -* масса зерновой фракции (проход через решето), г; *q^-* масса фракций крупных примесей (сход с решета), г;

*Q зк -* масса зерна в полученной крупной фракции, г;

*Q2* - масса зерна на 2-м участке, кг;

*S,* - площадь поперечного сечения слоя зерна на *і-м* участке, м ,

*V3 -* скорость движения зерна вдоль цилиндрического решета, м/с;

*W* - подача зерна в цилиндрическое решето, кг/с;

*WH* - номинальная производительность цилиндрического решета с винтовым распределителем, кг/ см;

*W„y-* удельная производительность цилиндрического решета с винтовым;

*W3e* - влажность зернового вороха, %;

Wce3. - сезонная выработка, т;

WЧас. - часовая производительность машины, т/ч;

*Xj -* кодированное значение фактора;

*х, -* натуральное значение фактора;

*xi0 -* натуральное значение фактора на нулевом уровне;

xj; xj - значения факторов;

*W* - производительность решета, кг/с; у- функция отклика;

Z - шаг спирали винтового распределителя, м;

(Хзн - уровень значимости факторов;

*аа, о.а -* центральные углы зерновых сегментов образованных под действием решета и распределителя, град;

*Р -* угол навивки спирали винтового распределителя, град; *у -* отношение длины решетного цилиндра к диаметру;

Smax - максимальное среднее квадратичное отклонение;

*At -* время прохождения зерном элементарного участка, с;

8и - среднее квадратическое отклонение в некоторой точке факторного пространства;

*дн -* допустимый уровень потерь зерна в долях единицы;

А - отношение шага навивки спирали винтового распределителя к диаметру; *р -* объемная масса зерна, кг/ м3;

*(рр -* угол трения зерна по решетной поверхности, град;

*сOp* - частота вращения цилиндрического решета, мин'1; *сов -* частота вращения винтового распределителя, мин'1;

Ам.зд. - амортизационные отчисления здания, руб.;

Ам.об. - амортизационные отчисления оборудования, руб.; *а0* - относительное содержание примесей в исходном зерновом материале в долях единицы;

Бзд. - балансовая стоимость здания, руб.;

Боб. - балансовая стоимость оборудования, руб.;

Ен - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

*ЗВ* - зерновой ворох;

Зпл. - заработная плата с начислениями и надбавками, руб.;

Зпр.с. - приведенные затраты серийной машины, руб/т;

Зцр.э. - приведенные затраты экспериментальной машины, руб/т;

И - эксплуатационные издержки, руб/т;

К - удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб/т;

К] - коэффициент использования времени смены;

К2 - коэффициент, учитывающий начисления и надбавки на зарплату;

К3 - число операторов;

К4 - норма амортизационных отчислений;

Мэ - установленная мощность электродвигателей, кВт;

*Pci* - общая масса просеявшегося зерна, кг; *рж* - потери зерна с крупной фракцией, %;

ТС - тарифная ставка оператора, руб./ч;

Тсез. - продолжительность работы машины за сезон, ч;

Цэ - цена одного кВт ч электроэнергии;

Эн - затраты на электроэнергию, руб.

Список литературы

1. Авдеев, Н.Е. Об интенсификации процессов зерновых материалов. Актуальные вопросы послеуборочной обработки и хранения зерна. /Н.Е. Авдеев. - ВИМ, М.,-1973. - С. 29 - 30.
2. Анискин, В.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и под­готовки семян В.И. Анискин, В.П. Елизаров, А.Н. Зюлин // Техника в сел. хоз-ве.

* 1999. - №6. - С. 43-46.

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин // И.И. Артоболев­ский // 4-е изд., доп. и перераб. - М.: Высшая школа, 1988 . - 640 с.
2. Барилл, А.Б. Влияние направленности колебаний плоского решета на полноту выделения мелкой фракции / А.Б. Барилл, Н.И. Шабанов // Науч. тр. Ле~ нингр. с. х. ин-т. - 1976. - Т 309. - С. 50-52.
3. Белецкий, Я.В. Теория и расчет сит с прямолинейными качаниями // Я.В. Белецкий; - М.: Заготиздат, 1949. - 348 с.
4. Бок, Н.Б. Интенсификация работы цилиндрических решет / Н.Б. Бок // Актуальные вопросы послеуборочной обработки и хранения зерна.,М.: ВИМ, 1973.-С. 25-26.
5. Бурков, А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследова­ние, рассчет и испытание / А.И. Бурков, Н.П. Сычугов - Киров: НИИСХ Северо- востока, 2000. - 261 с.
6. Быков, B.C. Определение кинематических параметров решета / B.C. Быков. - Техника в сельском хозяйстве. - 1997. - №5. - С. 45 - 48.
7. Гладков, Н.Г. Зерноочистительные машины / Н.Г.Гладков; - М., 1961.

* 368 с.

1. Гончаров, Е.С. Исследование процессов сепарации зерновых материа­лов центробежно-вибрационными решетами: Автореф. канд. дис. / Е.С. Гончаров.

* Челябинск, 1963. - 19 с.

1. Горячкин, В.П. Теория просеивания зерен и вороха / В.П. Горячкин // Собр. соч. т. I.-M., «Колос», 1968. - 357 с.
2. ГОСТ 214-83 Полотна решетные. Технические условия. - Введ. с 01.01.85 до 01.01.90.-М, 1984. - 17 с.
3. ГОСТ 23728-88 Техника сельскохозяйственная. Методы экономиче­ской оценки. - Введ. с 01.01.88 до 01.01.94. М, 1988.
4. ГОСТ 5888 - 74. Машины зерноочистительные общего назначения. Типы и основные параметры. - М.: Издательство стандартов, 1975. - 12 с.
5. Государственная программа развития сельского хозяйства до 2020 г. от 23.07.2013 N236^3.
6. Гриньков, Ю.В. Исследование процесса сортирования зерна быстро­ходными цилиндрическими вибрационными решетами: автореф. канд. дисс. Техн. наук / Ю.В. Гриньков; - Ростов-на-дону, 1956. - 19 с.
7. Демин, Г.С. Влияние скорости подачи и толщины слоя зерновой сме­си на эффективность работы сит сепаратора / Г.С. Демин // Тр. ВНИИ зерна и продуктов его перераб. - М, 1957. - Вып. 4. - С. 14-17.