

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе
Направление подготовки –35.04.06 Агроинженерия
Магистерская программа – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

**ТЕМА: Разработка и исследование устройства для шелушения зерна
гречихи**

Студент магистратуры _____ Хасанов Ф.Ф.

Научный руководитель,
к. т. н., доцент _____ Дмитриев А.В.

Рецензент
д.т.н., профессор _____ Адигамов Н.Р.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
Протокол № 4 от 17 «июня» 2019 г.

И.о. заведующего кафедрой машин и
оборудования в агробизнесе _____ Халиуллин Д.Т.

Казань - 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	
1.1 Общие сведения.....	4
1.2 Классификация способов шелушения зерна.....	5
1.3 Анализ конструкций машин для шелушения зерна.....	9
1.4 Анализ теоретических исследований процесса шелушения зерна.....	22
1.5 Краткие выводы. Цели и задачи исследования	31
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕЛУШИТЕЛЯ ЗЕРНА С ВАРИАТИВНОЙ ДЕКОЙ	
2.1 Конструктивно-технологическая схема.....	32
2.2 Технологический и конструктивный расчет.....	34
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	
3.1 План экспериментальных исследований	47
3.2 Методика определения влажности зерна.....	48
3.3 Методика определения показателей эффективности шелушения в зависимости от влажности зерна	52
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	
4.1 Результаты определения влажности зерна.....	56
4.2 Результаты определения показателей эффективности шелушения в зависимости от влажности зерна.....	58
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШЕЛУШИТЕЛЯ	
5.1. Расчёт массы и стоимости конструкции.....	64
5.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение.....	66
ВЫВОДЫ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	77

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития сельскохозяйственного производства большое значение имеет эффективная работа используемых машин и оборудования и повышение этой эффективности – важная задача, поставленная перед конструкторами новых сельскохозяйственных машин.

Крупа является ценным продуктом питания человека, обладая высокими пищевыми и вкусовыми свойствами, хорошей усвояемостью и другими достоинствами.

Важным процессом в производстве и переработки крупяных культур является шелушение. Шелушения зерна – это снятие с его поверхности семенных (цветковых, плодовых) оболочек. От эффективности шелушения в наибольшей степени зависит качество и выход получаемого продукта.

Такая же задача повышения эффективности работы стоит и перед оборудованием, используемым при обработке и переработке сельскохозяйственной продукции, а в частности зерна гречихи. Переработка зерна гречихи в условиях сельскохозяйственного производителя имеет свои особенности. Оборудование, используемое для этого, должно быть недорогим, простым в использовании, экономичным, но при этом обеспечивать получение продукции высокого качества.

Существующие на сегодняшний день машины для шелушения зерна не всегда успевают за тенденциями развития техники и сельского хозяйства, поэтому разработка новых конструкций шелушителей зерна, которые могли бы использоваться не только на заводах по переработке крупы, но и в индивидуальных фермерских хозяйствах, является актуальной темой.

Работа посвящена созданию новой конструкции шелушителя зерна гречихи, эффективно работающего в условиях сельского хозяйства.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Общие сведения

Несмотря на постоянный спрос на гречневую крупу в России, наблюдается постепенное сокращение площадей выращивания гречихи, что происходит по причине ее перепроизводства и последующего обвала цен.

Посевные площади гречихи в России (рисунок 1.1) в 2018 году [1], по данным Росстата, составили 1043,7 тыс. га. Сокращение площадей за год составило 38,3% или 648,3 тыс. га, за 5 лет - 4,7% (51,9 тыс. га), за 10 лет - 6,2% (68,9 тыс. га). По отношению к 1990 году, площади сократились на 18,3% (на 234,0 тыс. га).

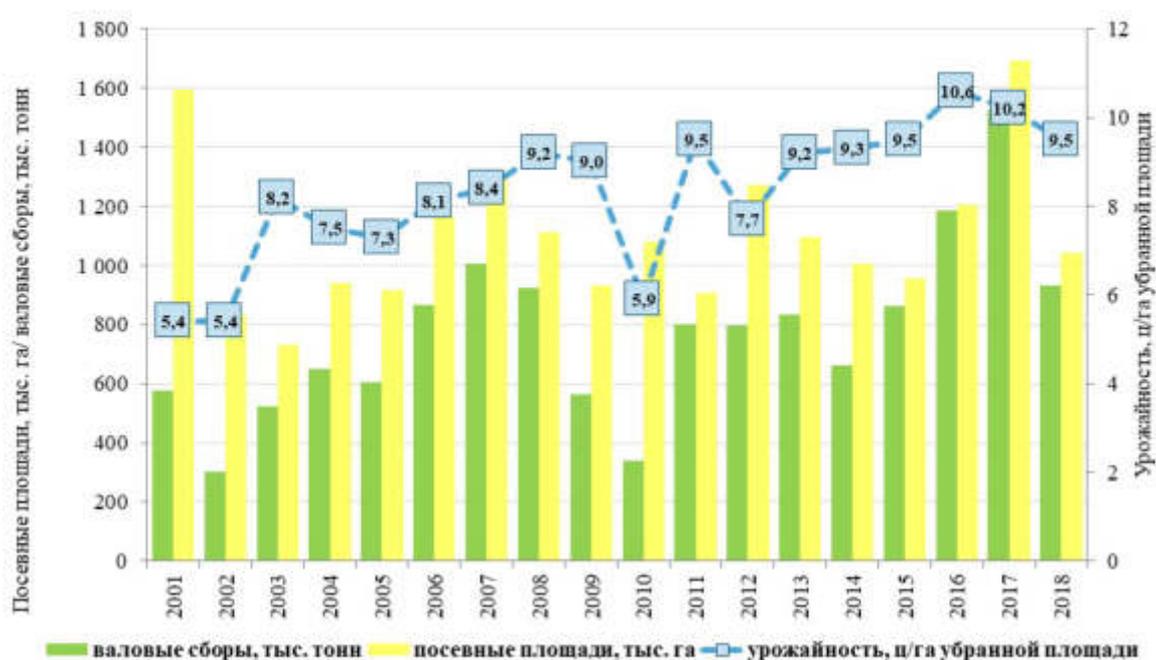


Рисунок 1.1 – Посевные площади гречихи в России

В 2018 году, по данным Росстата, валовые сборы гречихи находились на уровне 930,5 тыс. тонн, что на 39,0% (на 594,4 тыс. тонн) меньше показателей 2017 года. По отношению к 2013 году (за 5 лет), рост составил 11,6% (96,5 тыс. тонн), к 2008 году (за 10 лет) - 0,7% (6,4 тыс. тонн), к 1990 году - 15,0% (121,3 тыс. тонн).

Урожайность гречихи в России в 2018 году составила 9,5 ц/га убранной площади. По отношению к 2017 году, она снизилась на 6,9% (на 0,7 ц/га). За 5 и 10 лет урожайность гречихи выросла на 3,3% (на 0,3 ц/га).

Анализ среднегодовых показателей за длительный период позволяет в значительной степени исключить влияние природно-климатических факторов и определить вклад использования передовых технологий в изменение урожайности гречихи в России.

Среднегодовая урожайность гречихи в России в 1991-2000 гг. составляла 5,6 ц/га, в 2001-2010 гг. - возросла до 7,4 ц/га, в 2011-2018 гг. - достигла 9,4 ц/га.

Исходя из этого, совершенствование технологии и разработка новых технологических средств [11], для производства гречневой крупы в условиях сельскохозяйственного производителя и фермерских хозяйств является актуальной.

1.2. Классификация способов шелушения зерна

Важным процессом в производстве и переработки крупяных культур является шелушение. Шелушения зерна – это снятие с его поверхности семенных (цветковых, плодовых) оболочек. От эффективности шелушения в наибольшей степени зависит качество и выход получаемого продукта.

Способ шелушения зерна, от которого во многом зависит качество получаемой продукции, определяется исходя из анатомического строения зерна и его физико-механических и технологических свойств. По таким свойствам как форма зерна, влажность, пленчатость, и т.п. определяют способ шелушения для обеспечения значительной эффективности переработки зерна.

Способы шелушения можно разделить на три основные группы по воздействию на зерно: шелушение зерна сжатием и сдвигом, шелушение зерна ударом (многократным или однократным), шелушение трением. В свою очередь к шелушению зерна ударом входят: аэродинамическое, пневмомеханическое и пневмогидродинамическое шелушение.

Способ шелушения сжатием и сдвигом осуществляется воздействием на зерно двух или более рабочих поверхностей, расстояние между которыми меньше размера зерна (рисунок 1.2). При таком способе шелушения условием является движение одной рабочей поверхности относительно другой, что происходит когда одна поверхность движется, а другая не подвижна или движется намного медленнее. Данный способ шелушения применяется, если оболочка зерна не срослась с ядром.

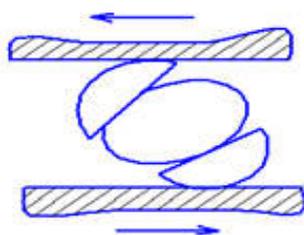


Рисунок 1.2 - Шелушения зерна сжатием и сдвигом

Следующий способ шелушения основан на принципе удара (однократного или многократного) зерна о рабочую поверхность шелушителя (рисунок 1.3). Данный способ приемлем как для случая, когда ядро и оболочка не срослись между собой, так и для случая, когда ядро и оболочка срослись между собой. В первом случае достаточно применять однократный удар, а во втором случае – многократный. Однако при использовании этого способа для шелушения культур с хрупким ядром приводит к образованию большого выхода дробленки. Рекомендуется использовать данный способ, когда ядро нехрупкое или когда необходимо получить дробленую крупу.

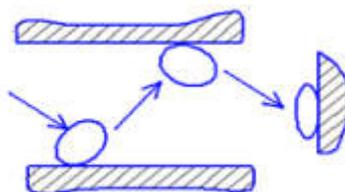


Рисунок 1.3 – Шелушение многократным или однократным ударом

Шелушение однократным ударом применяется чаще всего для овса. Проводят шелушение в центробежных шелушителях. Для шелушения кукурузы, ячменя и пшеницы применяют бичевые и обочные машины, которые работают по принципу многократного удара.

Способ шелушения трением об абразивную поверхность используют, когда оболочка зерна плотно срастается с ядром (рисунок 1.4). Шелушение зерна происходит в рабочей зоне шелушителя, где оболочка подвергается истирающему воздействию абразивной поверхности рабочих органов машины, которые постепенно соскабливают оболочку зерна.



Рисунок 1.4 - Шелушение трением об абразивную поверхность

Аэродинамический способ шелушения основан на воздействии на перерабатываемый продукт струей сжатого воздуха, движущейся с высокой скоростью (рисунок 1.5). Находясь в машине работающей по аэродинамическому способу зерно испытывает ряд разрушающих факторов: трение, перепад давления, удар и др., в результате чего, происходит шелушение.

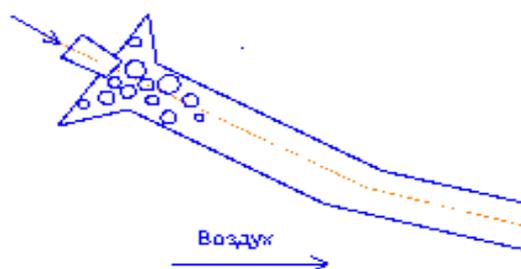


Рисунок 1.5 - Аэродинамическое шелушение

Способ пневмомеханического шелушения заключается в разгоне зерна бросковым вентилятором на лопасти диска, которого подается продукт и его дальнейшее перемещение в потоке воздуха в шелушительную камеру, (рисунок 1.6), где под действием различных разрушающих сил (трения, удара и пр.) происходит шелушение. Пневмомеханический способ шелушения зерна может применяться на малых площадях, без вспомогательного оборудования, т.е. в местах производства сельскохозяйственной продукции.

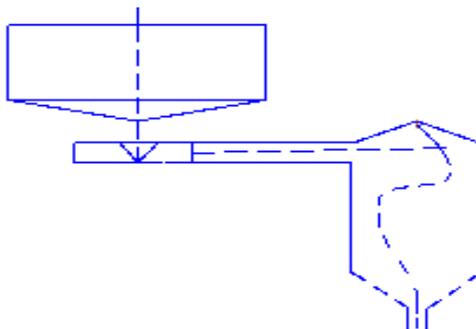


Рисунок 1.6 - Пневмомеханическое шелушение

Пневмогидродинамический способ шелушения заключается в разгоне зерна потоком воздуха до высокой скорости в специальной разгонной трубе (рисунок 1.7). Перемещаясь в разгонной трубе зерно испытывает различные нагрузки, проходя предварительное шелушение. Выходя из разгонной трубы зерно на большой скорости ударяется о жидкую поверхность, где происходит дошелушивание. Данный способ позволяет получить качественную и высоко экологичную продукцию вследствие исключения воздействия на зерно абразивных или обремененных материалов.

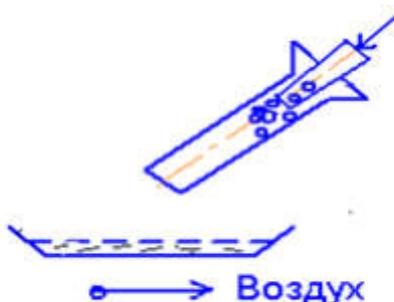


Рисунок 1.7 - Пневмогидродинамическое шелушение

Правильный выбор способа шелушения зерна дает уменьшение металлоемкости конструкций и габаритные размеры. При выборе оптимального способа шелушения зерна учитывалось максимальное воздействие на оболочку зерна, минимальные воздействия на ядро зерна, минимальное нахождение зерна в камере шелушения.

Проведенный анализ способов шелушения позволил определить наиболее рациональный для гречихи способ – пневмомеханический, который позволяет перерабатывать крупу в условиях гречихосеющих хозяйств без потери качества.

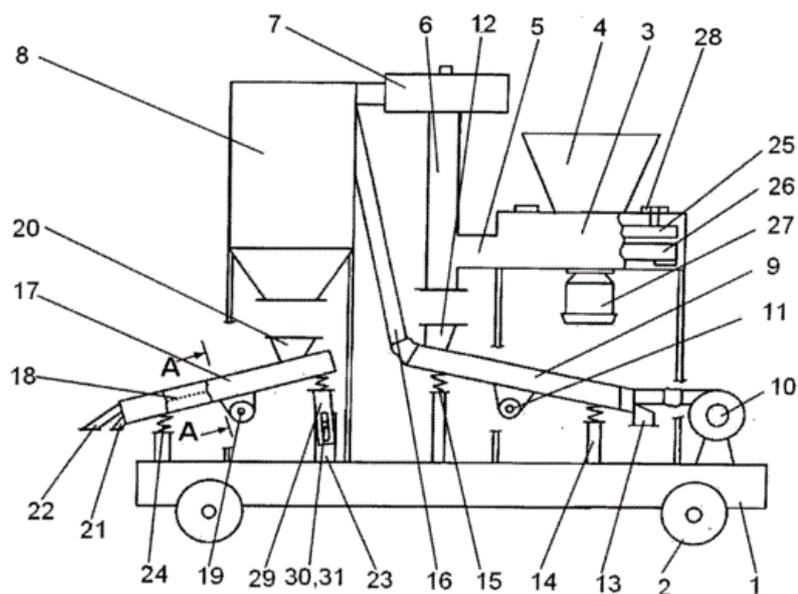
1.3. Анализ конструкций машин для шелушения гречихи

Для шелушения зерна применяются различные виды установок, рассмотрим некоторые из них.

Рассмотрим некоторые технические средства для шелушения зерна.

Устройство для шелушения, сепарации и измельчения зерна (рисунок 1.8) работает следующим образом [25]. В зависимости от способа обработки продукта (шелушение, измельчение в крупку или муку) при помощи пружинно-винтового механизма 28 устанавливается необходимый зазор между рифлями дисков 25 и 26. Шелушенный продукт выводится в пневмосепарационную камеру и в канале 6 разделяется на две фракции: легкая (оболочки, пленки, мелкие и пылевидные частицы) проходит через вентилятор 7 всасывающего принципа действия и осаждается в циклоне 8, а тяжелая (крупные частицы ядер и остатков оболочек и пленок) или выводится наружу, или подается в пневмовибросепаратор 9 для окончательной очистки продукта от примесей. Здесь отходы воздухом, нагнетаемым вентилятором 10, транспортируются через пневмопровод 16 в циклон 8, а очищенный продукт под действием сил вибрации перемещается вниз и выводится через патрубок 13 наружу. При измельчении зерна в крупку вентилятор 7 отключают и готовый продукт выводится вниз через вертикальный канал 6, при измельчении в муку вентилятор 7 включают и

продукт выводится через циклон 8, а недоизмельченную тяжелую фракцию направляют на повторное измельчение. Для извлечения из отходов шелушения мелких и пылевидных частиц ядер семян и контроля крупности продукта измельчения, материал направляют на ситовый вибросепаратор 17 с металлотканым ситом 18, имеющим отверстия определенного размера.



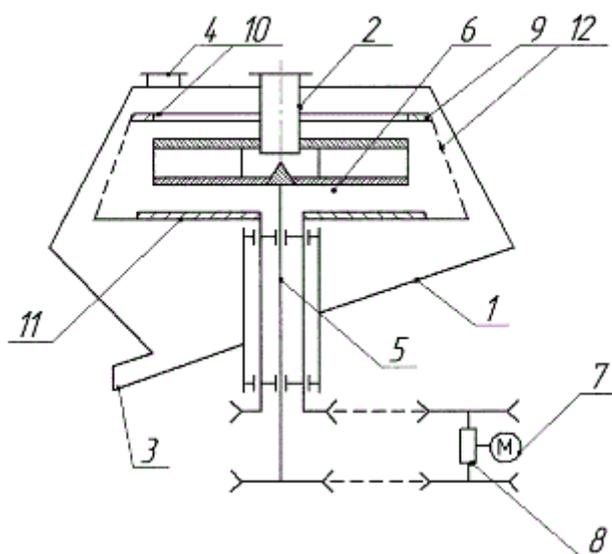
1 – рама; 2 – колеса; 3 - двухдисковый шелушитель; 4 - загрузочный бункер; 5, 6 - пневмосепарационные камеры горизонтальные и вертикальные; 7 – вентилятор; 8 – циклон; 9 - безситовый пневмовибросепаратор; 10 – вентилятор; 11 – вибратор; 12, 13 - приемные и выгрузные патрубки; 14 – опора; 15 – пружина; 16 – пневмопривод; 17 – ситовый вибросепаратор; 18 – металлотканная сита; 19 – вибратор; 20 – приемный патрубков; 21, 22 - выгрузные патрубки; 23 – опора; 24 – пружина; 25 - неподвижный орган; 26 - нижний вращающийся орган; 27 – электродвигатель; 28 – пружинно - винтовой механизм; 29 – штанга; 30, 31 – сквозные пазы; 31 – резьбовое соединение; 32 – опорная часть; 33 – днище; 34, 35 – вертикальные и наклонные ребра; 36 – ось; 37 – планка; 39, 40 – резьбовые соединения.

Рисунок 1.8 – Устройство для шелушения, сепарации и измельчения зерна (патент РФ 2558963)

При этом в зависимости от размера отверстий, вида и свойств материала, задаваемой производительности вибросепаратора устанавливают оптимальные углы наклона сита 10 и оси вибратора 19 к горизонту. Проход через сито (мелкая или мучнистая фракция) выводится через патрубков 21, а сход - через патрубков 22, причем сход может быть направлен на повторное

измельчение. Пневмовибросепаратор 9 и ситовый вибросепаратор 17 используют также для очистки исходного зерна от примесей, отличающихся от него по плотности и размерам соответственно.

Устройство для шелушения зерна пневмомеханического типа (рисунок 1.9) работает следующим образом [26]. Продукт поступает в корпус 1 через загрузочный патрубок 2, попадает на вращающийся лопастной ротор 6, разгоняется лопастями и ударяется о боковую поверхность вращающейся деки в виде усеченного конуса 9. Шелушение происходит за счет удара зерна о деку. Продукт шелушения выходит через выпускное окно между нижней частью вращающейся деки и нижней крышкой 11 и далее выводится из устройства через разгрузочный патрубок 3. Диаметры отверстий металлической сетки меньше размера эквивалентного диаметра зерна.



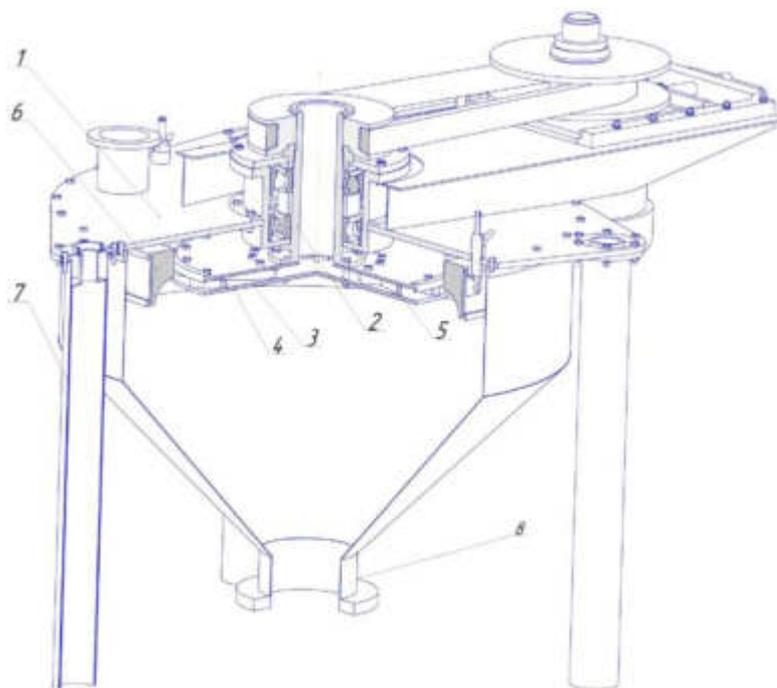
1 – корпус; 2, 3, 4 – загрузочный, разгрузочный и аспирационный патрубки; 5 – вертикальный вал; 6 – лопастной ротор; 7 – привод; 8 – реверсивный вариатор; 12 – металлической сетки.

Рисунок 1.9 – Устройство для шелушения зерна пневмомеханического типа (патент РФ 2591725)

Центробежный шелушитель (рисунок 1.10) работает следующим образом [27]: из пневмотранспортной системы предприятия продукт подается в полый вал 2, а затем в ротор, состоящий из нижнего и верхнего

дисков 3,4 и лопастей 5, подхватывается лопастями 5 и отбрасывается на деку 6. Затем прошелушенный продукт попадает на коническую часть корпуса 1, скатывается по нему к разгрузочному патрубку 8, выводится из центробежного шелушителя и направляется на дальнейшую переработку.

В корпусе 1 размещена кольцевая дека 6, которая со стороны торцевой части дисков 3,4 имеет круглую вогнутую фаску с радиусом не меньшим, чем расстояние зазора, образованного между дисками 3 и 4 ротора.

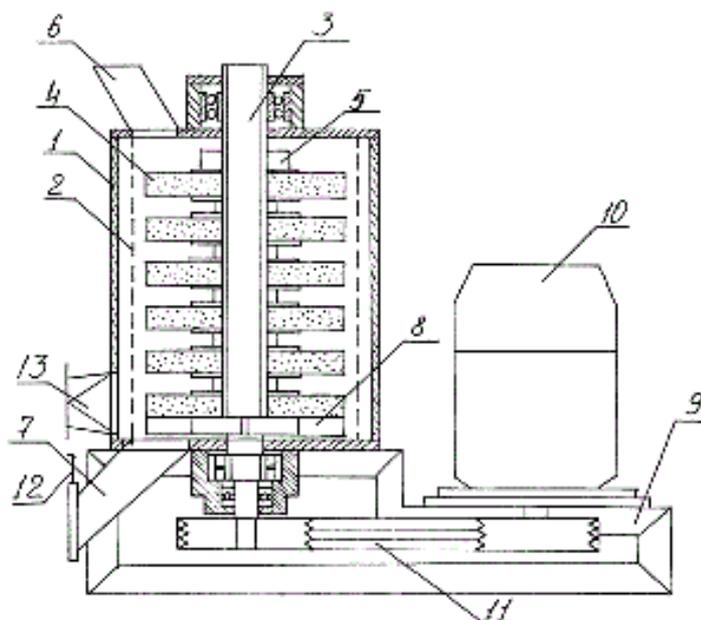


1 – корпус; 2 – полый вал; 3, 4 – нижний и верхний диски; 5 – лопасти; 6 – дека; 7 – опора; 8 – разгрузочный патрубок.

Рисунок 1.10 – Центробежный шелушитель (патент РФ 2621988)

Шелушитель для зерновых культур (рисунок 1.11), работает следующим образом [23]. Шелушитель начинает работать при включении электродвигателя 10, от которого вращение передается через клиноременную передачу 11 на вертикальный вал 3 с абразивными кругами 4, закрепленными посредством зажимной гайки 5. Зерновой продукт, предназначенный для обработки, поступает через впускной патрубок 6 в пространство между вращающимися абразивными кругами 4 и ситовым цилиндром 2, закрепленным неподвижно в корпусе 1. Обработанное зерно вместе с

продуктами шелушения сгребается закрепленными на вертикальном валу лопатками и выводится из корпуса 1 через выпускной патрубок 7. Посредством задвижки 12 регулируется время пребывания продукта в шелушителе, что оказывает влияние на производительность, а также на эффективность процесса шелушения, шлифования и полирования. Посредством аспирационного устройства, соединённого вертикальным валом 3, воздух через имеющийся в стенках вертикального вала 3 отверстия, поступает в корпус, проходит через слой обрабатываемого зернового продукта и вместе с оболочками и легкими примесями через ситовой цилиндр он поступает в аспирационную систему через аспирационный патрубок 13.



1 – корпус; 2 – ситовый цилиндр; 3 – вертикальный вал; 4 – абразивный круг; 5 – зажимная гайка; 6, 7 – впускной и выпускной патрубки; 8 – лопатки; 9 – станина; 10 – электродвигатель; 11 – клиноременная передача; 12 – задвижка; 13 – аспирационный патрубок.

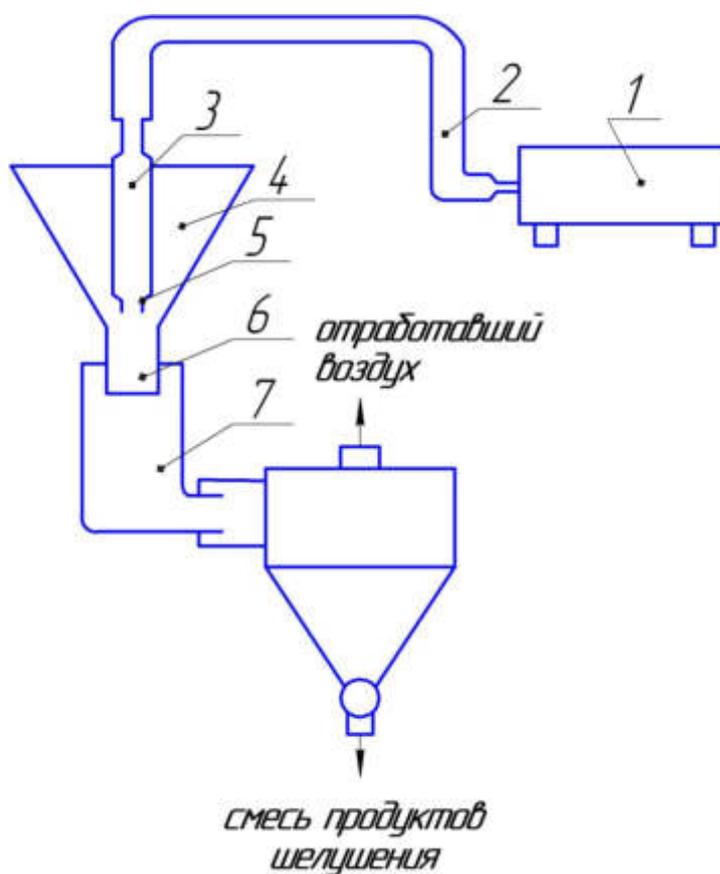
Рисунок 1.11 – Шелушитель для зерновых культур (патент РФ 20041)

Аэродинамическая шелушильная машина (рисунок 1.12)

Физическая сущность процесса шелушения в установке представляется следующим образом. Струя воздушного потока, движущаяся с критической

(звуковой) или сверхзвуковой скоростью, увлекает непрерывно поступающее в конусный бункер зерно и транспортирует его в трубку смешения 6. Здесь зерно испытывает в результате трения о стенки трубки тормозящее действие.

Под влиянием комплекса факторов (перепада давления, трения, сил инерции) нарушается целостность оболочки зерна. Благодаря разности скоростей зерновки и струи воздушного потока на поверхности оболочек возникают тангенциальные (касательные) силы, которые разрушают связи как между наружными покровами зерновки, так и ядром. В результате этого зерно шелушится.

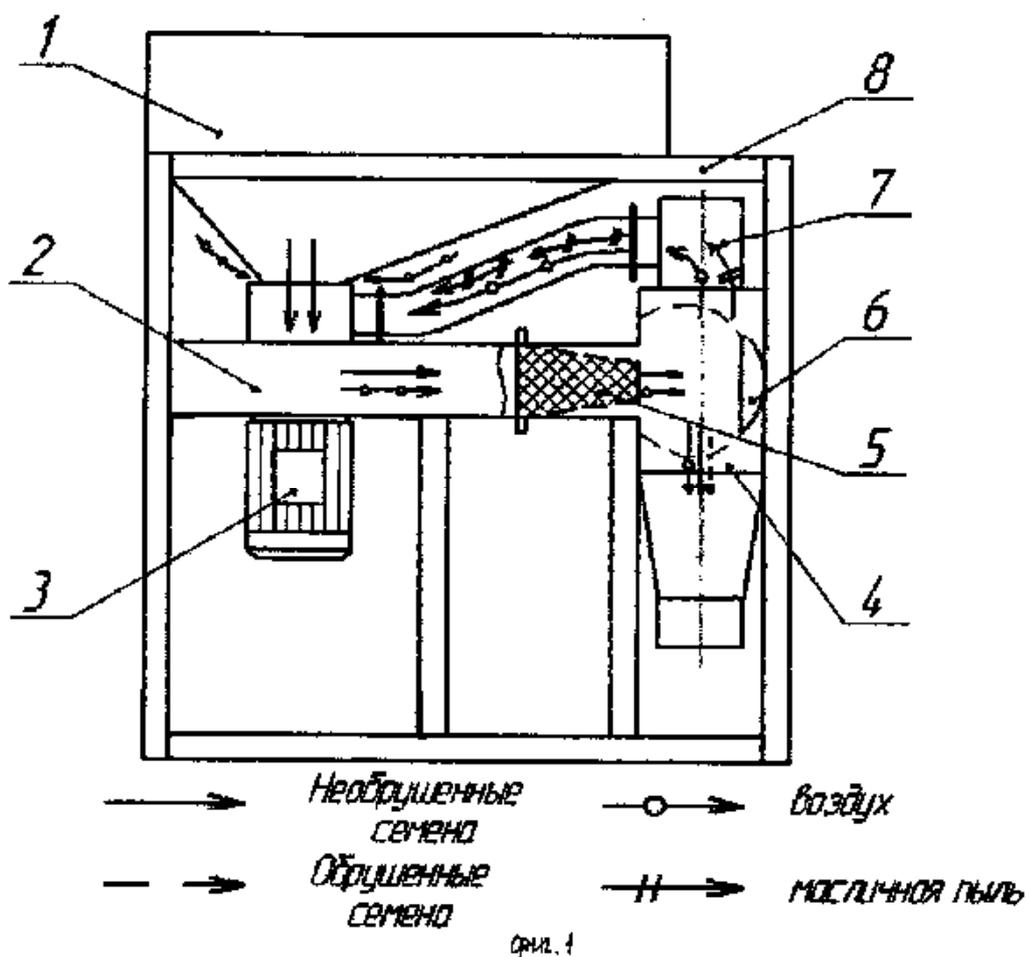


1 – компрессор с ресивером; 2 – воздухопровод; 3 – трубка; 4 – конусный бункер; 5 – сопло; 6 – трубка смешения; 7 – резиновая трубка; 8 – центробежный разгрузитель.

Рисунок 1.12 – Схема аэрошелушильной установки

Смесь шелушенных и нешелушенных зерен вместе с потоком воздуха, вылетая из трубки смешения, поступает через отводящую резиновую трубку в центробежный разгрузитель.

Устройство для снятия плодовых оболочек с зерна (рисунок 1.13)[18] работает следующим образом: зерно из питающего бункера 1 подается на лопасти вентилятора 2, с которого вместе с воздушным потоком проходит через сетчатый рабочий орган 5 в виде усеченной пирамиды, позволяющий интенсифицировать процесс шелушения за счет многократного удара или удара с проскальзыванием об его грани. Воздушно-зерновая смесь, выходя из сетчатого рабочего органа, рассеивается, и зерно ударяется о рабочую пластину 6 в виде сферического сегмента с внутренней - вогнутой стороны.



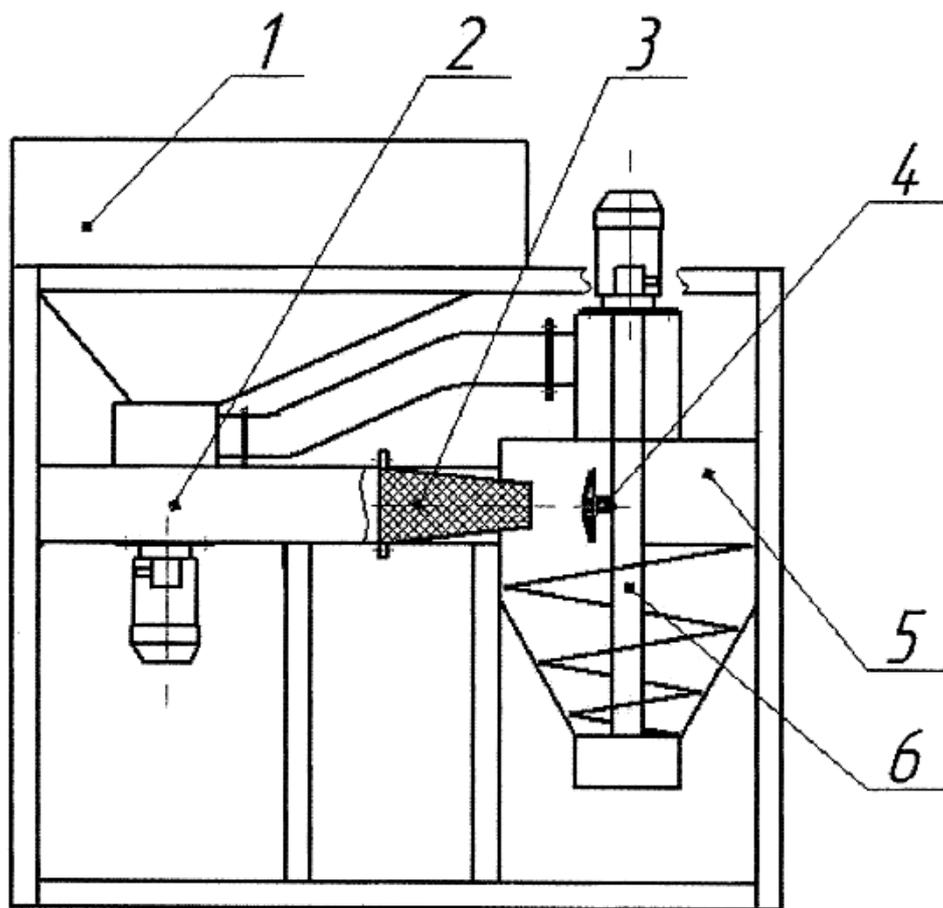
1 - питающий бункер с загрузочным патрубком; 2 - вентилятор; 3 - электродвигатель; 4 - осадитель; 5 - сетчатый рабочий орган; 6 - рабочая пластина; 7 - вытяжная труба; 8 - рама.

Рисунок 1.13 – Устройство для снятия плодовых оболочек с зерна (патент РФ 167516)

При этом угол удара зерна о рабочую пластину - прямой или близко к прямому, что позволяет всю энергию удара затратить на отделение плодовой

оболочки от ядриц. После этого переработанный продукт осаждается в вертикальном осадителе 4 и выводится из устройства для разделения по фракциям в семеновейках, а пыль с потоком воздуха выходят через вытяжную трубу 7. Перемещая вершину рабочей пластины 6 в виде сферического сегмента по оси входного патрубка, можно регулировать интенсивность снятия плодовых оболочек.

Пневмомеханическое устройство для шелушения (рисунок 1.14)[19] работает следующим образом: зерно из питающего бункера 1 подается на лопасти вентилятора 2, с которых, вместе с воздушным потоком, проходит через сетчатый рабочий орган 3, позволяющий интенсифицировать процесс шелушения за счет удара или удара с протаскиванием о его боковые грани, изготовленные из металлической сетки с отверстиями, диаметр которых меньше диаметра семян перерабатываемой продукции. Сетчатый рабочий орган играет роль направляющей для обеспечения ударного взаимодействия всей порции зерна с рабочей пластиной 5 со сферической поверхностью, положение которой можно изменять в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что позволяет регулировать процессом шелушения. Входной патрубок осадителя 4 расположен по касательной к его боковой поверхности, за счет чего движение продукта, внутри его, приобретает центробежный характер, причем зерно движется по вращающейся винтовой поверхности, установленной в нижней части осадителя. Вращение винтовой поверхности осуществляется в сторону обратную движения зерна, что приводит к воздействию на него дополнительных сил трения. Это позволяет «дошелушить» ту часть зерна, оболочка которой была нарушена или снята только частично при его ударе о рабочую пластину со сферической поверхностью.

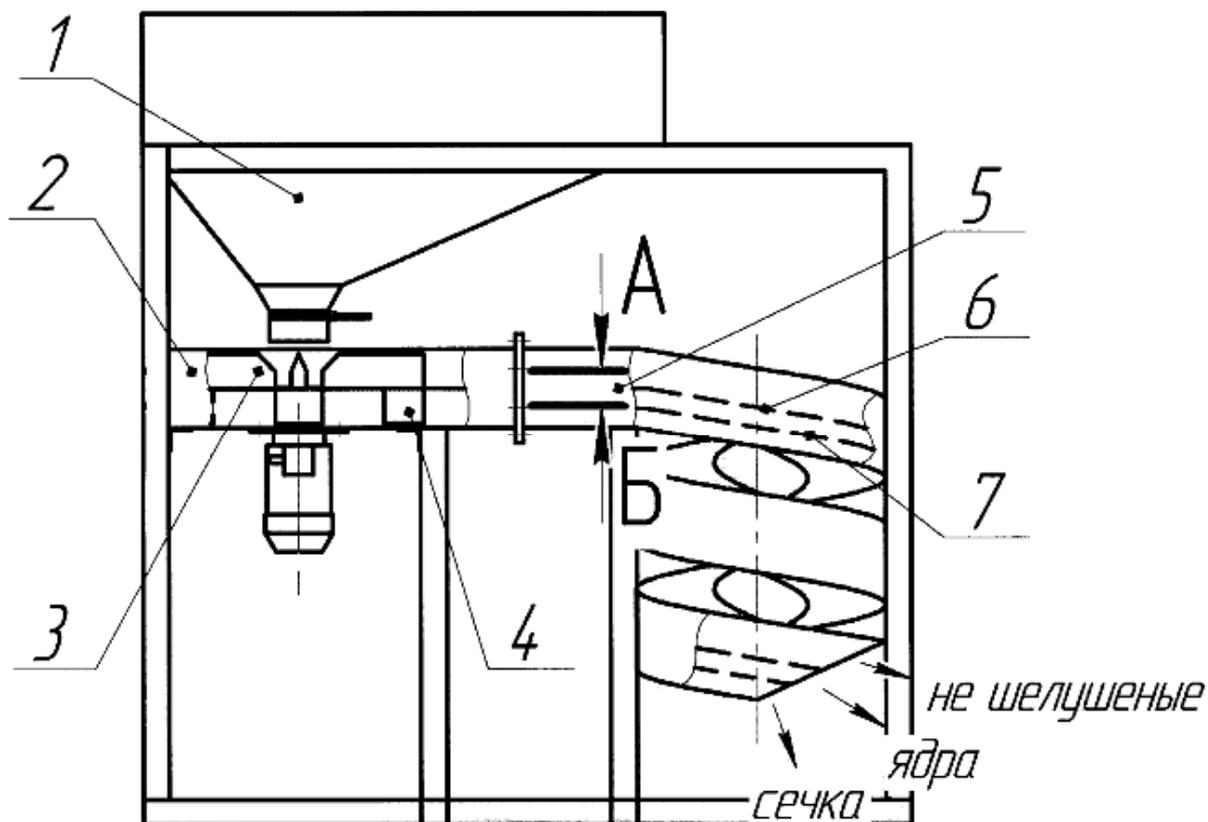


1 - питающий бункер; 2 - вентилятор; 3 - электродвигатель; 4 - осадитель;
5 - рабочая пластина; 6 - винтовая поверхность.

Рисунок 1.14 – Пневмомеханическое устройство для шелушения
(патент РФ 168667)

Пневмомеханическое устройство для шелушения зерна (рисунок 1.15)[20] работает следующим образом: зерно из питательного бункера 1 подается на верхние лопасти 3 вентилятора 2. Разгоняясь верхними лопастями вентилятора, зерно поступает в рабочую камеру 5, выполненную в виде винтовой цилиндрической спирали прямоугольного сечения. Шелушение зерна происходит за счет ударов и трения его о стенки рабочей камеры и верхнюю сетчатую продольную перегородку 6, а также за счет соударения и трения зерна друг с другом. Шелушенные ядра и дробленка, имеющие размеры меньше не шелушеного зерна, по мере движения в рабочей камере проходят сквозь верхнюю сетчатую продольную перегородку

6, тем самым отделяясь от основного потока зерна. Дробленка, в свою очередь, проходит сквозь нижнюю сетчатую продольную перегородку 7, отделяясь от шелушенных ядер. Таким образом, на выходе из рабочей камеры пневмомеханического устройства получается продукт, разделенный на три фракции. Движение зерна, шелушенных ядер, дробленки и шелухи в рабочей камере осуществляется потоком воздуха, создаваемого нижними лопастями 4 вентилятора.

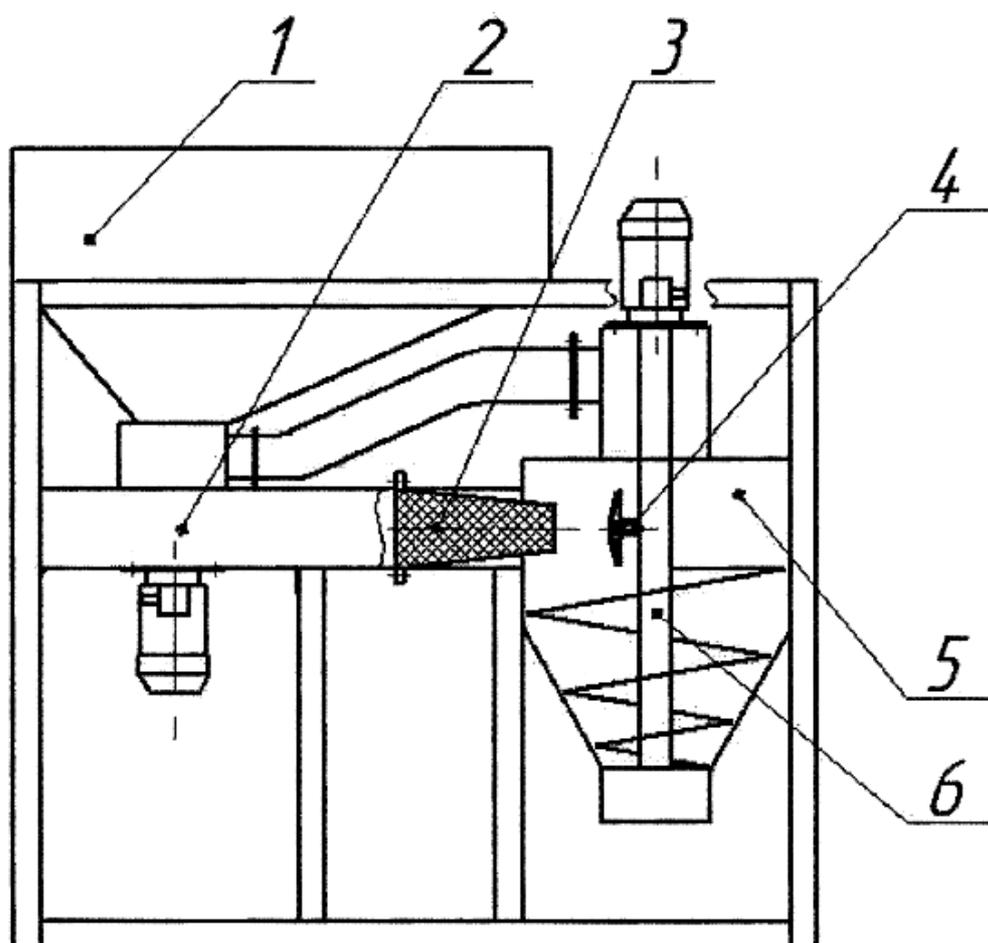


1 - питающий бункер; 2 – вентилятор; 3 – верхние лопасти; 4 – нижние лопасти; 5 – рабочая камера; 6 – верхняя сетчатая перегородка; 7 – нижняя сетчатая перегородка.

Рисунок 1.15 – Пневмомеханическое устройство для шелушения зерна (патент РФ 173613)

Пневмомеханическое устройство для шелушения (рисунок 1.16)[19] работает следующим образом: зерно из питающего бункера 1 подается на лопасти вентилятора 2, с которых вместе с воздушным потоком проходит через сетчатый рабочий орган 3, позволяющий интенсифицировать процесс шелушения за счет удара или удара с протаскиванием о его боковые грани,

изготовленные из металлической сетки с отверстиями, диаметр которых меньше диаметра семян перерабатываемой продукции. Сетчатый рабочий орган играет роль направляющей для обеспечения ударного взаимодействия всей порции зерна с рабочей пластиной 5 со сферической поверхностью, положение которой можно изменять в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что позволяет регулировать процесс шелушения. Входной патрубок осадителя 4 расположен по касательной к его боковой поверхности, за счет чего движение продукта внутри него приобретает центробежный характер, причем зерно движется по вращающейся винтовой поверхности, установленной в нижней части осадителя.



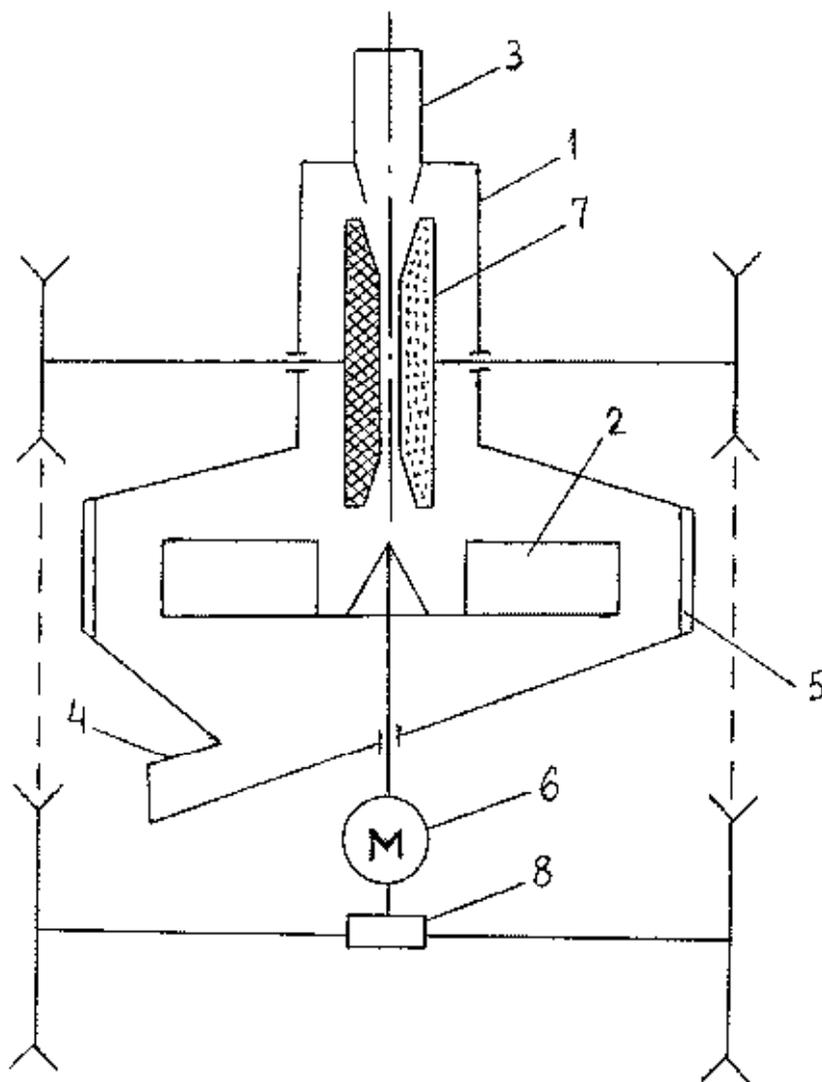
1 - питающий бункер; 2 – вентилятор; 3 – рабочий орган; 4 – осадитель; 5 – рабочая пластина; 6 – винтовая поверхность.

Рисунок 1.16 – Пневмомеханическое устройство для шелушения (патент РФ 2621253)

Вращение винтовой поверхности осуществляется в сторону, обратную движению зерна, что приводит к воздействию на него дополнительных сил трения. Это позволяет «дошелушить» ту часть зерна, оболочка которой была нарушена или снята только частично при его ударе о рабочую пластину со сферической поверхностью.

Пневмомеханическое устройство для шелушения (рисунок 1.17) [24] работает следующим образом. Привод 6 приводит во вращение лопастной ротор 5 и вариатор 8, который вращает диски 7 в противоположные стороны. При засыпке зерна через загрузочный патрубок 3, оно поступает на внутренние срезы дисков 7, которые способствуют равномерному распределению зерна по внутренней поверхности дисков 7. Зерно шелушится и равномерно сыпается на конус лопастного ротора 2. За счет центробежных сил зерно отбрасывается лопастями ротора 2 на деку 5 и дополнительно шелушится. Отшелушенное зерно и отходы выводятся из машины через разгрузочный патрубок 4.

Таким образом рабочая часть дисков, установленных на входе, с минимальной силой давления обрабатывает поверхность зерна, затем оно лопастями ротора отбрасывается на эластичную футеровку деки на выходе, что создает увеличение рабочей поверхности за счет создания двух зон обработки зерна и обеспечивает повышение качества продуктов шелушения.



1 – корпус; 2 – ротор с лопастями; 3 – загрузочный и 4 – разгрузочный патрубки;
5 – дека; 6 – привод; 7 – диски; 8 – вариатор.

Рисунок 1.17 – Пневмомеханическое устройство для шелушения зерна
(патент РФ 2511754)

Проведенный нами анализ устройств [31, 32, 33, 34], показал большое их многообразие. Однако анализ [35] существующих шелушительных устройств выявил наличие множества негативных факторов, которые влияют на процесс шелушения (производительность, выход крупы, качество шелушения и пр.). Поэтому совершенствование способов шелушения и технических средств для этого процесса является актуальной задачей.

1.4. Анализ теоретических исследований процесса шелушения зерна

Основные задачи повышения эффективности технологических процессов оборудования для переработки крупяных культур затрагивают следующие задачи [17]:

- влияния физико-технологических свойств зерна на характер протекания и эффективность рабочего процесса;
- нахождение новых способов воздействия машин на зерно, разработка технологических схем, элементов рабочих органов машин, и научно-методических основ проектирования и создание технических средств с оптимальными параметрами;
- на основе теоретических и экспериментальных исследований, разработку методик по эффективному использованию оборудования;
- математическое описание процессов взаимодействия объекта переработки с рабочими поверхностями;
- разработку научно-обоснованных систем, обеспечивающих экологичность производственного процесса.

Многие ученые пытались найти решение на эти задачи и донести до нас в своих работах. В развитие исследований в области послеуборочной обработки зерна и подготовки его к переработке неоценимый вклад внесли В. В. Гортинский, А. Б. Демский, А. Я. Соколов, Л.А. Трисвятский, В. А. Бутковский, Я.М. Жислин В. М. Цициковский Л.П. Мачихина, Н.П. Сычугов, В.Р. Алейки А. В. Авдеев, В. И. Анискин, А.Н. Зулин, В.М. Дринча, и многие другие, в трудах которых решались как общие, так и некоторые частные вопросы теории и расчета рабочих органов зерноочистительных и других машин для послеуборочной обработки и подготовки зерна к переработке, задача увеличения их производительности, технологической эффективности и уменьшение энергоемкости, оптимизации параметров рабочих органов и т.д.

Такие ученые, как А.М. Дзядзио, Е.С. Гончаров, Вайсманов, И.Я. Грубиянов, Н.П. Сычугов, А. И. Бурков, И.Е. Идельчик занимались исследованием рабочих органов для пневмосипарирующих систем [3, 5, 7].

Такие ученые, как И.С. Коваленко, В.Д. Калининский занимались исследованиями технологических и физико-механических свойств зерна, в том числе и зерна крупяных культур, и их влияние на конструкцию и параметры работы машин для шелушения [13, 14].

Проведенные исследования этих ученых сузили круг исследования, оставив только отдельные направления: повышение эффективности использования машин для послеуборочной обработки зерна, подготовки его к переработке и машин для сортирования крупы, а также совершенствование рабочих органов этих машин.

Большой вклад внесли ученые, Я.М. Жислин, Е. Н. Гринберг, М.Е. Гинзбург, А. Я. Соколов, Е.М. Мельников, И.Р. Дуцарев, А.Ю. Шаззо, В.П. Зайцев, Б.Н. Гойхенберг, А. Я. Тертель, П.С. Тарасов, Е.В. Семенов, В.Н. Карамзин, Л.А. Глебов, В. В. Гусев и т.д., в развитие области исследования машин для переработки зерна, в частности шелушительных машин.

В настоящее время известно довольно большое количество теоретических исследований процесса шелушения зерна. И эти исследования можно разделить в следующих направлениях:

- изучение физической сущности процесса шелушения;
- исследования конструктивно-технологических схем шелушительных машин и обоснование их параметров.

Первое направление основано на анализ основных факторов, влияющих на физический процесс шелушения, которые обеспечивают снятие наружной оболочки зерновок при различных способах воздействия на него. И степени воздействие их влияния на показатели качества продукта и технологической эффективности процесса, а также определения мощности на шелушение.

Е. В. Семенов, А. А. Глебов, И.Н. Петров изучали механические воздействия на объект переработки в шелушильных машинах с различными рабочими органами [27]. И они в своей работе поставили перед собой задачу анализа эффективности абразивного шелушения. Е. В. Семенов, А. А. Глебов, И.Н. Петров предлагают её решить путем разработки модели кинетики зерновой смеси в рабочей зоне шелушителя. Причем эту задачу, вышеназванные авторы разделяют на две части: «внутренняя задача» и «внешняя задача». В первой рассматривается кинетика потока зерновой смеси как сплошной среды, а во второй шелушение зерна при истирании его на поверхностях абразивных дисков. При рассмотрении потока зерновой смеси в рабочей области шелушильного постава в качестве исходной принимается модель квазикругового течения смеси в пространстве между двумя соосновращающимися с постоянной угловой скоростью равноотстоящими дисками. В этом случае, предполагая, что поток зерновой смеси обладает свойствами некоторой условной среды, авторы предлагают формулу для определения мощности на перемещении всей зерновой смеси в следующем виде [27]:

$$N_1 = nQ(R^2 - r_0^2)\omega^2, \quad (1.1)$$

где Q - производительность шелушильной машины, кг/с;

n - число дисков в роторе, шт.;

R - радиус диска, м;

r - радиус вала, м;

ω - угловая скорость дисков, с^{-1} .

Как видно из формулы, мощность на валу зависит от производительности шелушильной машины, число дисков в роторе, радиус диска, радиус вала и угловая скорость дисков, то есть только от характеристики шелушильной машины и рабочих органов.

Также мощность на валу электродвигателя, потребляемая шелушителем с резиновыми вальцами, рассматривается в работе В. П. Зайцев и Б.М, Гойхенберг [29]. Они предлагают при расчете мощности на валу использовать следующее выражении:

$$N = \frac{fE\sqrt{8h^3d}}{3(1-\mu^2)} \cdot \frac{(\omega_3 + D_0\omega_6)}{d}, \quad (1.2)$$

где f - коэффициент трения зерна о материал рабочей поверхности;

E - Продольный модуль упругости рабочей поверхности, Н/мм²;

h - значение абсолютной деформации, мм;

ω_3 - угловая скорость зерна, с⁻¹;

D_0 - диаметр вальца, мм;

ω_6 - угловая скорость быстровращающегося вальца, с⁻¹;

μ - коэффициент Пуассона рабочей поверхности;

d - диаметр зерновки, м.

Как видно из формулы основные параметры, которые влияющие на мощность это: конструктивно-технологические параметры рабочего органа и физико-механические и технологические свойствами объекта переработки.

В изучении физической сущности процесса шелушения: одним из важных вопросов является процесс разрушения зерна. В работе В. П. Зайцева и Б.М, Гойхенберг [29], сила нормального давления и сила трения, действующих на зерновку в межвальцовом зазоре, можно приближенно вычислить по формулам:

$$P = \frac{0,5G}{(f + k)}, \quad (1.3)$$

$$F_{mp} = \frac{0,5G(f + 2k)}{(f + k)}, \quad (1.4)$$

где $k = f_k / R_3$;

f_k - коэффициент трения качения;

f - коэффициент трения скольжения;

R_3 - радиус цилиндра, имитирующего зерновку.

В том же направлении исследований физической сущности процесса шелушения есть труды Я.М. Жислина [9,10]. В его трудах рассматривается процесс аэрошелушения и основные условия: удар зерновки струей, разрыв оболочки воздухом изнутри, инерционная перегрузка зерновки и фрикционное воздействие струи на оболочку. Которые должны обеспечивать снятие наружных оболочек зерна при воздействии на нее воздушной струи. Уровень воздействия любого из отмеченных условий на разрушение оболочки неодинакова и может зависеть от физико-механических свойств зерна таких как, форма и размер зерна, пленчатость и прочностные характеристики самой оболочки, а также от конструктивно-технологической схемы и режимов работы рабочего органа. Автором предлагаются формулы, с помощью которых можно будет рассчитать каждое условие действующее на зерно. Я.М. Жислин рассматривает влияние указанных выше условия в связи с параметрами процесса аэрошелушения с применением общих теорий турбулентных струй и двухфазного потока (воздух + зерно).

Я.М.Жислин в своих трудах изучает процесс аэродинамического шелушения, и показал влияние некоторых конструктивных параметров аэрошелушительной машины на технологическую эффективность шелушения. В частности, эти исследования касаются зависимости коэффициента технологической эффективности от расстояния между соплом и трубкой смешения, от длины и диаметра трубки смешения [9,10]. Автор вывел

формулы для определения удельной энергоёмкости процесса аэрошелушения в этих установках, а также их производительности.

$$\varepsilon = \varphi \frac{0,396 P_0 F_{кр}}{367,2 \mu^3_{cp} \sqrt{T_0} + F_{тр.см} K_{тр.см}}, \quad (1.5)$$

$$Q = 3,6 \mu V_{cp} F_{тр.см} K_Q, \quad (1.6)$$

где ε - удельная энергоёмкость процесса шелушения, кВт×ч/т;

Q - производительность аэрошелушильной установки, т/ч;

$F_{кр}$ - площадь критического сечения сопла, мм²;

V_{cp} - средняя скорость зерновки в трубе смешения, м/с;

μ - скорость воздушного потока, м/с;

$F_{тр.см}$ - площадь поперечного сечения трубки смешения, мм²;

$K_{тр.см}$ - коэффициент использования трубки смешения;

n - число трубок смешения в машине;

φ - коэффициент потерь энергии воздушной струи при истечении из сопла;

K_Q - коэффициент, учитывающий степень использования трубки смешения и воздушной струи.

Из формул (1.5 и 1.6) видно что, удельная энергоёмкость процесса шелушения и производительность аэрошелушильной установки зависят от конструктивных параметров машины.

Свой вклад в изучение теории внесли и преподаватели Казанского Государственного Аграрного Университета.

Лотфуллин Р.Ш., Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В. [16] обосновали влияние коэффициента восстановления зерновки на эффективность процесса шелушения при ударе его о деку в шелушителях пневмомеханического типа. В их работе объясняется, что при ударе зерна о поверхность деки под углом α , где угол α – угол между направлением падения зерна и нормалью к точке

удара зерна о поверхность деки, нормальная составляющая скорости зерна будет равна $v_3 \cos \alpha$, а тангенциальная составляющая - $v_3 \sin \alpha$. Нормальная составляющая силы воздействия зерна на поверхность деки F_n будет равна:

$$F_n = \frac{m v_3 \cos \alpha}{\Delta t}, \quad (1.7)$$

где m – масса зерна,

Δt – время деформации зерна на поверхности деки.

Эта сила сначала деформирует оболочку зерна, а после разрушения оболочки деформирует ядрицу зерна.

Для эффективного шелушения необходимо, чтобы нормальная составляющая силы удара зерна о деку была больше силы, необходимой для разрушения оболочки, но не должна разрушать ядрицу. Таким образом, должно выполняться условие:

$$A_p^0 < 0,5 m v_n^2 < A_p^0 + A_p^0. \quad (1.8)$$

Белозерцев А.С., Шахов С.В., Потапов А.И., Колядин В.В. [26] предлагают формулу 1.9 которая описывает лопасти выполнены в виде кривой, полученной аппроксимацией ломаной линии.

$$\ddot{x} = \omega^2 x - f_1 g - f_2 \omega^2 \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \sin \beta_0 - 2 f_2 \omega \dot{x}, \quad (1.9)$$

где ω – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

x, y – координаты частицы продукта,

f_1, f_2 – соответственно коэффициенты трения продукта о внутреннюю поверхность лопасти и диска,

g - ускорение свободного падения м/с² ($g=9,81$ м/с²),

β_0 – угол наклона лопасти ротора относительно радиального направления, с учетом условия,

Благодаря изменению геометрии поверхности лопасти в несколько раз возрастает сила сухого трения между поверхностью частицы и деки, что обеспечивает эффективное шелушение продукта.

Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В., Лотфуллин Р.Ш. [12] предлагают формулу 1.10 для определения скорости движение воздушного потока в одномерном приближении в цилиндрической системе координат (r, φ) , которая может быть описана следующим упрощенным уравнением НавьеСтокса:

$$W_B = \frac{r^2 - R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \frac{\omega_2 R_2^2}{r} + \frac{R_2^2 - r^2}{R_2^2 - R_1^2} \frac{\omega_1 R_1^2}{r}, \quad (1.10)$$

где W_B – тангенциальная скорость воздушного потока, м/с;

r - радиальная координата, м;

R_1 и R_2 – радиусы ротора и деки, м;

ω_1 и ω_2 – угловые скорости ротора и деки, рад/с.

Как видно из формулы скорость и направление (угол удара) зерна в момент удара о деку, можно регулировать угловой скоростью ротора и деки. Это дает возможность управлять процессом шелушения, от которого зависит качество и выход получаемого продукта.

Лотфуллин Р.Ш., Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В., Зиганшин Б.Г. в своей работе [15] рассматривают ударное взаимодействие зерна о деку, которое разгоняется ротором шелушителя пневмомеханического типа. При вертикальном попадании зерна на поверхность деки, когда дека вращается в сторону противоположную вращению ротора. Значение коэффициента восстановления зерна K_2 описывается по формуле:

$$K_2 = \frac{0,5m_3 U_n^2 + \Delta E_{вр}}{0,7m_3 v_n^2}, \quad (1.11)$$

Выполненные ими исследования дают более полное понятие взаимодействия зерна с ротором и декой в рабочей зоне пневмомеханического шелушителя. В их работе коэффициент

восстановления зерна рассматривается как отношения кинетических энергий до удара зерна о деку и после, то что дает возможность наиболее точно рассчитать оптимальные конструктивные и технологические параметры пневмомеханических шелушителей.

1.5. Краткие выводы. Цели и задачи исследований

Проведенный анализ способов шелушения зерна и существующих конструкций шелушителей, показал большое их разнообразие. Наиболее рациональный для гречихи способ шелушения – пневмомеханический, который позволяет перерабатывать крупу в условиях гречихосеющих хозяйств без потери качества. При анализе существующих шелушительных устройств определены часто встречающиеся недостатки в конструкциях, приводящие к снижению эффективности процесса шелушения гречихи.

На основании вышеизложенного, **целью** настоящей научной работы является повышение эффективности процесса шелушения зерна гречихи в устройстве с вариативной декой.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Разработать устройство для шелушения зерна с вариативной декой.
2. Провести исследования для определения эффективности работы устройства для шелушения зерна гречихи с вариативной декой с применением оригинального приёмного устройства.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕЛУШИТЕЛЯ ЗЕРНА С ВАРИАТИВНОЙ ДЕКОЙ

2.1. Конструктивно технологическая схема

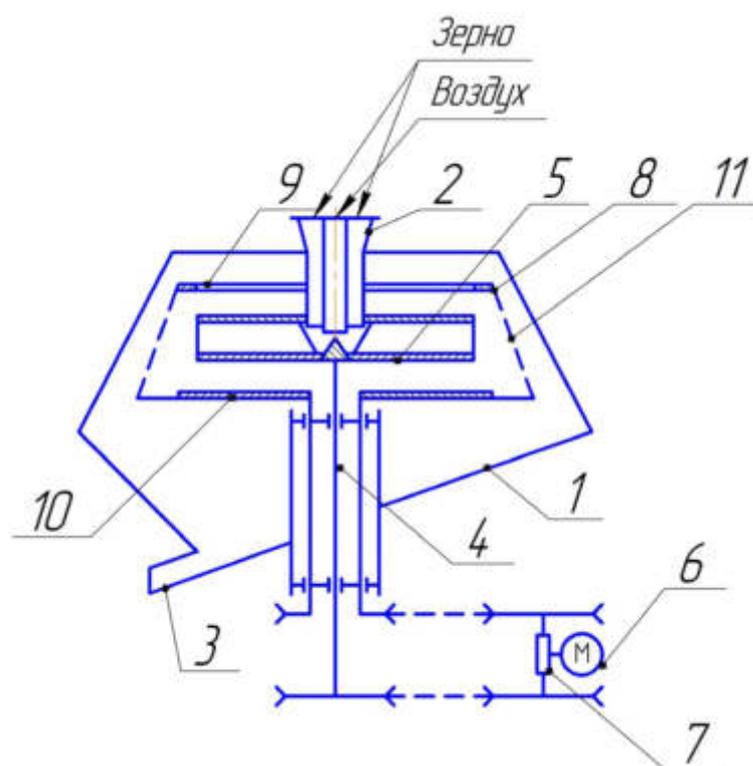
На основе анализа существующих конструкций недостатком выбранного прототипа (патент РФ 2591725) является то, что подаваемая на шелушение в загрузочный патрубок масса зерна в большой степени перекрывает доступ воздуха в рабочую зону лопастного ротора, что приведёт к снижению интенсивности перемещения зерна по его лопаткам и даже к забиванию. Наличие аспирационного патрубка не даёт нужного эффекта подачи дополнительного воздуха, так как он подается в зону выхода воздушно - зерновой смеси из лопастного ротора.

Основными элементами разрабатываемого устройства для шелушения зерна гречихи с вариативной декой является приемное устройство которое выполнено в виде внешнего патрубка диаметром d , с установленным в нем внутренним патрубком диаметром $d/3$, которые соединены друг с другом перемычками.

Конструкция шелушителя содержит корпус, с закрепленным в нем разгрузочным патрубком, расположенный в корпусе лопастной ротор, установленный на вертикальном валу, привод и реверсивный вариатор, а боковая поверхность вращающейся деки в виде усеченного конуса выполнена из металлической сетки, диаметры отверстий которой меньше размера эквивалентного диаметра зерна. Приемное устройство шелушителя выполненное в виде внешнего патрубка диаметром d , с установленным в нем внутренним патрубком диаметром $d/3$, которые соединены друг с другом перемычками. Такое исполнение приемного устройства даёт возможность подавать в шелушитель перерабатываемый продукт через внешний патрубок, а воздух будет беспрепятственно поступать в устройство, в рабочую зону лопастного ротора, через внутренний патрубок

Работа в устройстве осуществляется следующим образом. Через внешний патрубок подается зерно, при этом воздух беспрепятственно

поступает в рабочую зону лопастного ротора через внутренний патрубок. Полученная воздушно-зерновая смесь разгоняется лопастным ротором, вылетает с него и ударяется о боковую поверхность вращающейся деки в виде усеченного конуса. Шелушение зерна осуществляется за счет удара зерна о деку и взаимодействие между собой в воздушно-зерновой смеси. Продукты шелушения выводятся из устройства через разгрузочный патрубок. Дополнительный воздушный поток поступающий через внутренний патрубок способствует интенсивному перемещению воздушно-зерновой смеси в устройстве, выводу из него продуктов шелушения и используется для дальнейшего их разделения на фракции.



1 – корпус; 2 – приемный патрубок; 3 – разгрузочный патрубок; 4 – вертикальный вал; 5 – лопастной ротор; 6 – привод; 7 – реверсивный вариатор; 8 – дека; 9 – верхняя часть деки; 10 – нижняя часть деки; 11 – металлическая сетка.

Рисунок 2.1 – Устройство для шелушения гречихи

В данном устройстве дека имеет возможность вращения как в сторону вращения лопастного ротора, так и против, причём скорость вращения

лопастного ротора выше скорости вращения деки. Кроме этого в устройстве предусмотрена возможность изменения соотношения скорости вращения лопастного ротора к скорости вращения деки. Такое исполнение конструкции позволяет более точно подобрать режимы работы установки для конкретных целей.

Предлагаемая конструкция установки для шелушения гречихи имеет следующие преимущества: компактность, малая металлоемкость, небольшие затраты электроэнергии, простота обслуживания, возможность применения в условиях работы в фермерских хозяйствах.

При использовании шелушителя данной конструкции в производстве сокращается технологическая линия, так как не надо использовать сортировку на фракции.

2.2. Технологический и конструктивный расчет

Анализ движения частицы по лопасти броскового вентилятора и обоснование ее формы

В шелушителях пневмомеханического типа в качестве разгонного устройства для перерабатываемого продукта используется лопастной ротор, который установлен в горизонтально плоскости, лопасти ротора которого имеют криволинейную форму [4, 6, 8]. С целью установления основных характеристик лопастного ротора: конструктивных и кинематических, необходимо рассмотреть движение зерновки по лопасти рисунок 2.3.

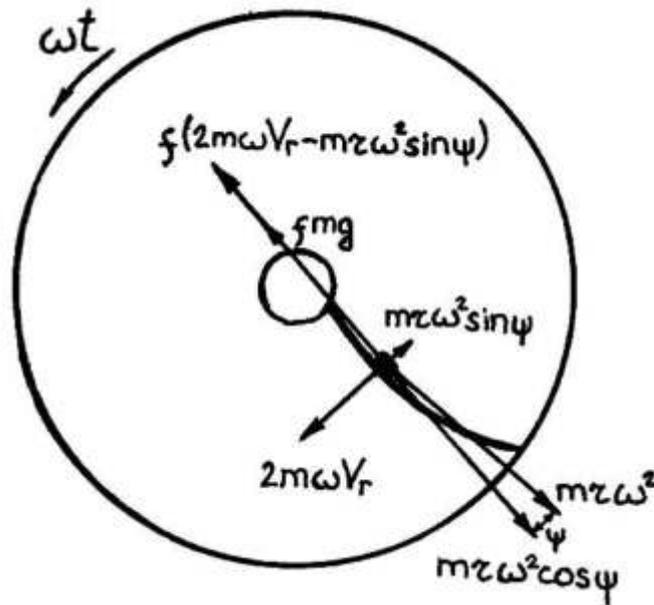


Рисунок 2.2 – Силы, действующие на зерновку при ее движении по криволинейной лопасти броскового вентилятора.

Рассмотрим силы действующие на продукт переработки, при его движении по лопасти лопастного ротора:

1. сила тяжести - mg . При горизонтальном положении диска и вертикальном положении лопатки проекции этой силы в плоскости диска и лопатки равны нулю;
2. центробежная сила - $mr\omega^2$;
3. сила трения частицы по поверхности диска - fmg . Так как частица перемещается в относительном движении в плоскости лопатки, то эта сила также будет направлена по касательной к выгнутой плоскости лопатки;
4. сила Кориолиса. Величина этой силы равна $2m\omega\xi$, где ξ - скорость относительного движения частицы;
5. сила трения частицы по поверхности лопатки - $2f\omega\xi$. Появление этой силы сопряжено с наличием давления частицы на поверхность лопатки, возникшего вследствие наличия силы Кориолиса.

Действие вышеперечисленных сил на частицу при ее движении по криволинейной поверхности лопатки рассмотрено П.М. Василенко [8,17]. На основе анализа этих сил им было выведено дифференциальное уравнение углового перемещения материальной частицы по криволинейной лопасти:

$$S'S'' = r\omega^2 r' - fgS' + fr^2\omega^2\varphi' - 2f\omega S'^2, \quad (2.1)$$

где φ - угловое перемещение частицы в относительном движении.

С помощью формулы (2.1) будем анализировать движение частицы по лопасти лопастного ротора.

Для определения уравнения кривой воспользуемся вышеуказанным дифференциальным уравнением углового перемещения материальной частицы в относительном движении.

Уравнение кривой лопасти лопастного ротора должно представлять собой уравнение связи для выражения (2.1). Только в этом случае дифференциальное уравнение углового перемещения частицы будет разрешимо.

П.М. Василенко предложил уравнение кривой, представляющее собой уравнение логарифмической спирали [17]:

$$r = r_0 e^{a\varphi}, \quad (2.2)$$

где r_0 – начальное значение координаты r ;

φ - полярная координата;

a – постоянная величина.

при этом $S' = \sqrt{r'^2 + r^2\varphi'^2}$ он выразил как $\sqrt{r'^2 + r^2\varphi'^2} = \lambda r'$. Применение этого условия дает возможность решения уравнения (2.1).

Однако $S' = \sqrt{r'^2 + r^2\varphi'^2}$ можно записать и другим способом:

$$\sqrt{r'^2 + r^2\varphi'^2} = a\varphi' \quad (2.3)$$

В этом случае решение уравнения (2.1) возможно с применением иного уравнения кривой лопасти.

Поставим задачу найти уравнение кривой горизонтального сечения лопатки броскового вентилятора, применяя условие (2.3), которое можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned}r'^2 &= (a^2 - r^2)\varphi'^2, \\r' &= \sqrt{a^2 - r^2}\varphi', \\ \varphi' &= \frac{r'}{\sqrt{a^2 - r^2}}.\end{aligned}\tag{2.4}$$

Продифференцировав уравнение (2.4) получим:

$$\varphi' dt = \frac{r' dt}{\sqrt{a^2 - r^2}}.\tag{2.5}$$

Уравнение (2.5) можно решить следующим способом:

$$\begin{aligned}\int \varphi' dt &= \int \frac{r' dt}{\sqrt{a^2 - r^2}}, \\ \int d\varphi &= \int \frac{dr}{\sqrt{a^2 - r^2}}, \\ \varphi &= \int \frac{d(r/a)}{\sqrt{1 - (r/a)^2}}, \\ \varphi &= \arcsin \frac{r}{a} + C.\end{aligned}\tag{2.6}$$

Приравняв C нулю, мы получаем:

$$\begin{aligned}\varphi &= \arcsin \frac{r}{a}, \\ \sin \varphi &= \frac{r}{a}, \\ r &= a \sin \varphi,\end{aligned}\tag{2.7}$$

где $a = 2r_1$

Полученное уравнение – полярное уравнение окружности. Заметим, что в прямоугольной системе координат это же уравнение записывается в виде:

$$x^2 + (y - r_1)^2 = r^2. \quad (2.8)$$

Таким образом, в результате анализа дифференциального уравнения углового перемещения материальной частицы по криволинейным лопастям получено выражение, описывающее форму лопасти броскового вентилятора, на основе которого она была построена рисунок 2.3.

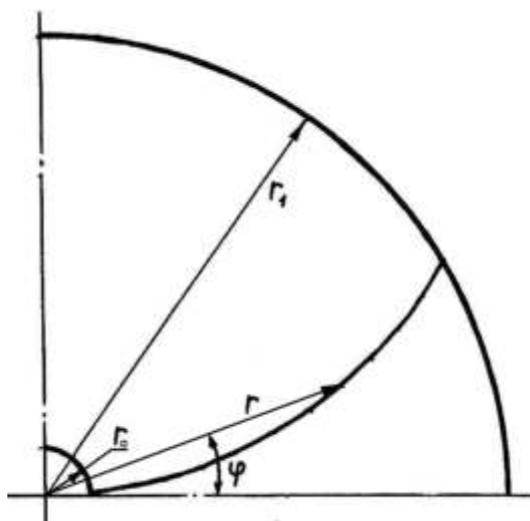


Рисунок 2.3 – Форма лопасти броскового вентилятора.

По формуле 2.7 рассчитаем точки для построения кривой описывающей лопатки лопастного ротора для предлагаемой конструкции устройства для шелушения зерна гречихи с вариативной декой, где радиус лопастного ротора $r_1=15$ см. Расчеты показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Уравнение кривой

№	Угол φ	r'_n
1	6	3,14
2	12	6,24
3	18	9,27
4	24	12,2
5	30	15

Произведем расчет ременной передачи привода разрабатываемой шелушильной машины.

Для расчета ременной передачи выбираем клиновой ремень нормального сечения.

Для определения передаточного отношения ременной передачи зададим значения частоты вращения – частота вращения ведущего шкива 2500 мин^{-1} , частота вращения ведомого шкива 1250 мин^{-1} .

$$u = \frac{n_1}{n_2}; \quad (2.9)$$

где n_1 - частота вращения ведущего шкива, мин^{-1} ;

n_2 - частота вращения ведомого шкива, мин^{-1} ;

$$u = \frac{2500}{1250} = 2;$$

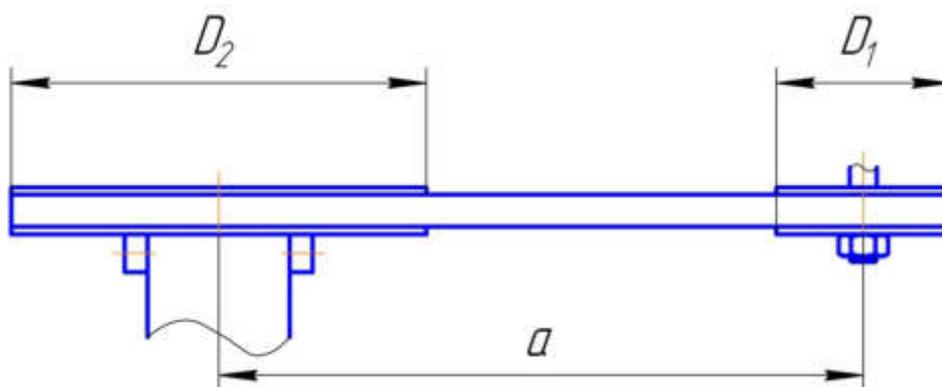


Рисунок 2.4 – Расчетная схема ременной передачи

Задаемся диаметром ведущего шкива D_1 из стандартного ряда $D_1=63$ мм.

Для определим диаметра ведомого шкива D_2 используем формулу 2.10.

$$D_2 = uD_1(1 - \lambda); \quad (2.10)$$

где λ - коэффициент скольжения ($\lambda=0,01$);

$$D_2 = 2 \cdot 63 \cdot (1 - 0,01) = 124,4 \text{ мм};$$

Выбираем из стандартного ряда диаметр ведущего шкива $D_2=125$ мм.

Затем определим окружную скорость ремня:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_1}{60}; \quad (2.11)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 0,03 \cdot 2500}{60} = 3,925 \text{ м/с};$$

По формуле (2.12) рассчитывается минимальное расстояние между осями валов:

$$a_{\text{мин}} = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h; \quad (2.12)$$

где h - высота сечения выбранного ремня ($h=8$ мм);

D_1 - диаметр ведущего шкива мм;

D_2 - диаметр ведомого шкива, мм

$$a_{\text{мин}} = 0,55 \cdot (30 + 63) + 8 = 58,15;$$

По формуле (2.13) определяется расчетная длина ремня:

$$L_p = 2 \cdot a + \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \cdot a}; \quad (2.13)$$

$$L_p = 2 \cdot 60 + \frac{3,14 \cdot (30 + 63)}{2} + \frac{(63 - 30)^2}{4 \cdot 60} = 270,5 \text{ мм};$$

Стандартное ближайшее значение длины ремня с $h=8$ мм будет $L=500$ мм.

По формуле (2.14) определяется окончательное межосевое расстояние валов:

$$a = 0,25 \cdot \left[(L - \omega) + \sqrt{(L - \omega)^2 - 8 \cdot y} \right] \quad (2.14)$$

где

$$\omega = \frac{\pi \cdot (D_1 + D_2)}{2}; \quad (2.15)$$

$$y = \frac{(D_2 - D_1)^2}{4}; \quad (2.16)$$

Тогда,

$$\omega = \frac{3,14 \cdot (30 + 63)}{2} = 146,01 \text{ мм};$$

$$y = \frac{(63 - 30)^2}{4} = 272,25 \text{ мм};$$

Подставляем в формулу (2.14) выше найденные значения:

$$a = 0,25 \cdot \left[(500 - 146,01) + \sqrt{(500 - 146,01)^2 - 8 \cdot 272,25} \right] = 704,89 \text{ мм}.$$

Окончательное межосевое расстояние будет $a=705$ мм

По формуле (2.17) проверяется угол обхвата малого шкива:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} \cdot 57^\circ; \quad (2.17)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{63 - 30}{705} \cdot 57^\circ = 177,3^\circ;$$

$$\alpha_1 > [\alpha] = 90^\circ,$$

$$177,3 > [\alpha] = 90^\circ,$$

По формуле (2.18) проверяется число пробегов ремня:

$$П = \frac{\vartheta}{L_p} \leq [П]; \quad (2.18)$$

где ϑ - окружная скорость ремня, м/с;

L_p - расчетная длина ремня, м;

$[П]$ - допускаемое число пробегов ремня, с^{-1} (для клиновых ремней

$[П] \leq 15 \text{ с}^{-1}$).

$$П = \frac{3,9}{0,5} = 7,8 \text{ с}^{-1};$$

$$П \leq [П];$$

$$7,8 \leq 15;$$

как видно, условие выполняются.

Определим расчетную мощность P_p , передаваемая одним ремнем, учитывая, что номинальная мощность для выбранного ремня $P_0 = 1,5$ кВт (берется из справочника [29]), а исходная длина 500 мм.

$$P_p = P_0 \frac{C_\alpha C_L}{C_p}; \quad (2.19)$$

где C_α - коэффициент угла обхвата ($C_\alpha = 0,91$);

C_L - коэффициент длины ремня ($C_L=0,87$);

C_p - коэффициент динамичности режима работы ($C_p=1,0$).

$$P_p = 1,5 \cdot \frac{0,91 \cdot 0,87}{1,0} = 0,98 \text{ кВт};$$

По формуле (2.2.) находится нужное число ремней:

$$Z = \frac{P}{C_z \cdot P_p}; \quad (2.20)$$

где C_z - коэффициент, учитывающий число ремней ($C_z=0,9$);

$$Z = \frac{1,5}{0,9 \cdot 0,98} = 1,7;$$

Округляем и получаем что нам нужно ремней $z=2$.

Вычисляем нагрузку R на валы и опоры, предварительно определив силу натяжения ветви одного ремня.

$$F_o = \frac{0,85 \cdot P \cdot C_p \cdot C_z}{Z \cdot \vartheta \cdot C_\alpha} + \theta \cdot \vartheta^2; \quad (2.21)$$

где θ - коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил (для ремней сечения O $\theta=0,1$).

$$F_o = \frac{0,85 \cdot 2500 \cdot 1,0 \cdot 0,9}{2 \cdot 3,9 \cdot 0,91} + 0,1 \cdot 3,9^2 = 270 \text{ Н};$$

По формуле (2.22) определяются нагрузка на валы и опоры:

$$R = 2 \cdot F_o \cdot Z \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right); \quad (2.22)$$

$$R = 2 \cdot 270 \cdot 2 \cdot \sin\left(\frac{177,3}{2}\right) = 1070\text{Н};$$

Подберем электродвигатель для осуществления привода рабочего органа шелушителя.

Для выбора электродвигателя вначале определим частоту вращения приводного вала (об/мин).

По формуле (2.23) определим необходимую частоту вращения вала электродвигателя, когда мы знаем, частоту вращения ведомого вала и передаточное отношение ременной передачи.

$$n_{\text{эл.дв.}} = n_2 \cdot u; \quad (2.23)$$

где n_2 – частота вращения ведомого вала, об/мин,

u – передаточное отношение ременной передачи;

$$n_{\text{эл.дв.}} = 1250 \cdot 2 = 2500 \text{ об/мин.}$$

Теперь нам остается только подобрать электродвигатель, у которого будут нужные характеристики. Нам подходит электродвигатель марки А80А2 с мощностью $N_{\text{эл.дв.}}=1,5$ кВт и частотой вращения 3000 об/мин.

Произведем расчет болтового соединения

Расчет будем производить для болтов, которые будут использоваться для крепления шелушительной машины к раме.

Для этого будем использовать четыре болта, выполненных из стали класса прочности 3,6. На болты действует сила $F=1$ кН. Требуется определить диаметр болтов. Нагрузка постоянная.

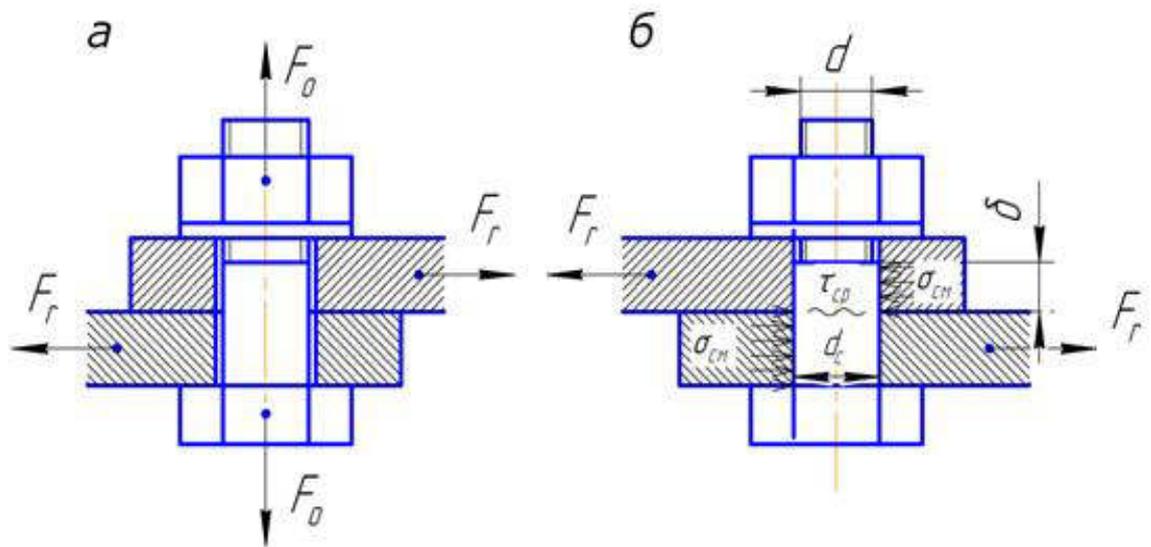


Рисунок 2.5 – Болтовое соединение, нагруженное поперечной силой

Для болтового соединения с неконтролируемой затяжкой принимаем коэффициент запаса прочности $[S_T=5]$ в предположении, что наружный диаметр резьбы находится в интервале 6...16 мм. Предел текучести болта $\sigma_T=200$ Н/мм².

По формуле (2.24) определяем допускаемое напряжение растяжения:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S_T]}; \quad (2.24)$$

где $[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение растяжения. Н/мм²;

σ_T – предел текучести, Н/мм²;

$[S_T]$ - коэффициент запаса прочности.

$$[\sigma_p] = \frac{200}{5} = 400 \text{ Н/мм}^2;$$

Принимаем коэффициент запаса прочности по сдвигу $K=1,6$ и коэффициент трения $f=0,16$.

По формуле (2.25) определяем необходимую силу для затяжки болта:

$$F_0 = \frac{F \cdot K}{f \cdot i \cdot z}; \quad (2.25)$$

где K – коэффициент запаса по сдвигу деталей;

F_0 – внешняя сила, кН;

f – коэффициент трения;

i – число стыков;

z – число болтов.

$$F_0 = \frac{1 \cdot 1,6}{0,16 \cdot 1 \cdot 4} = 2,5 \text{ кН};$$

По формуле (2.26) определяем расчетную силу затяжки болтов:

$$F_{\text{расч}} = 1,3 \cdot F_0; \quad (2.26)$$

$$F_{\text{расч}} = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \text{ кН};$$

По формуле (2.24) определяем расчетный диаметр резьбы:

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{расч}}}{\pi \cdot [\sigma]_p}}; \quad (2.27)$$

где d_p – расчетный диаметр резьбы, мм;

$F_{\text{расч}}$ – расчетная сила затяжки болтов, кН;

$[\sigma]_p$ – допускаемое напряжение растяжения, Н/мм².

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 3,25 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} = 10,1 \text{ мм};$$

Принимаем болт с резьбой М 12 с шагом $P=1,75$ мм.

По формуле (2.24) определяем правильность выбора болта:

$$d_p = d - 0,94 \cdot P > 10,1; \quad (2.28)$$

Таким образом, получаем:

$$d_p = d - 0,94 \cdot 1,75 = 10,4;$$

$$10,4 > 10,1.$$

Следовательно, расчет произведен правильно, болт М 12 подобран правильно и пригоден к применению.

Произведем расчет сварочного соединения

Рассчитать лобовой шов [30] (рисунок 3.3), соединяющий два листа толщиной $\delta = 3$ мм из стали Ст 45, если $F = 100$ кН, Электродуговой ручной сваркой электродом Э42.

Определяем допускаемое напряжение растяжения для основного металла, принимая для стали Ст 45 $\sigma_T = 160$ МПа и $[s] = 1,45$

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{160}{1,45} = 110 \text{ МПа.} \quad (2.29)$$

Вычисляем допускаемое напряжение для сварного шва при срезе

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma_p] = 0,6 \cdot 110 = 69 \text{ МПа.} \quad (2.30)$$

Длину сварного шва определяется исходя из условия прочности

$$\tau = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot L} = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot 2 \cdot l} \leq [\tau'], \quad (2.31)$$

принимая $k = \delta = 3$ мм, $L = 2 \cdot l$ (два шва) получаем

$$l \geq \frac{F}{1,4 \cdot k \cdot [\tau]} = \frac{100 \cdot 10^3}{1,4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 69} = 172,5 \text{ мм.} \quad (2.32)$$

Учитывая возможность технологических дефектов сварки, принимаем $l = 200$ мм.

3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. План экспериментальных исследований

Обоснование уровней и интервалов варьирования факторов.

При проведении экспериментов изменяемыми параметрами являются влажность зернового материала – $W\%$, частота вращения лопастного ротора – n^R , мин^{-1} и частота вращения деки – n^D , мин^{-1} .

Влажность зернового материала должна обеспечивать наибольшую разницу в разрушающих усилиях ядрицы и оболочки. Лабораторные опыты, проведенные с зерном, показали, что это обеспечивается при влажности зерна гречихи, после гидротермической обработки, от 14 до 16%. Поэтому, при лабораторно-производственных исследованиях влажность гречихи поддерживалась в вышеуказанном диапазоне.

Разрушающее усилие, оказываемое на оболочку зерна гречихи, во многом зависит от силы удара о рабочую поверхность шелушительной камеры, а это в свою очередь зависит от частоты вращения лопастного ротора и частоты вращения деки, отражающей поверхности. Ранее проведенные лабораторные исследования показали диапазон значений кинетической энергии, при затрачивании которых происходит качественное шелушения зерна гречихи. Экспериментально найдены диапазоны изменений частоты вращения лопастного ротора – $1500 \dots 2500 \text{ мин}^{-1}$ и деки – $750 \dots 1250 \text{ мин}^{-1}$.

Действительные и кодированные значения уровней и интервалов варьирования представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Значение уровней и интервалов варьирования

Наименование	Факторы			
	$W, \%$	$n^R, \text{мин}^{-1}$	$n^D, \text{мин}^{-1}$	Код
Нулевой уровень	15	2000	1000	0
Интервал варьирования	1	250	125	

Верхний уровень	16	2500	1250	+1
Нижний уровень	14	1500	750	-1

Для обобщения плана эксперимента составим матрицу планирования двухфакторного эксперимента:

Таблица 3.2. Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Факторы и их взаимодействие				Кодовое обозначение
	W	n ^R	n ^D	Wn	
1	-1	-1	-1	+	(1)
2	+1	-1	-1	+	W
3	-1	+1	-1	+	n ^R
4	-1	-1	+1	+	n ^D
5	+1	+1	-1	-	Wn ^R
6	-1	+1	+1	-	n ^R n ^D
7	+1	-1	+1	-	Wn ^D
8	+1	+1	+1	+	W n ^R n ^D

3.2. Методика определения влажности зерна

Влажность зерна определяется методом высушивания навесок в электрических сушильных шкафах. Для определения влажности зерна использовался шкаф сушильный стерилизационный ШСС – 80п, термометр ТПК-М, весы ВК- 600.1



Рисунок 3.1 - Шкаф сушильный стерилизационный ШСС – 80п, термометр
ТПК-М

Влажность зерна определяется в следующем порядке. Берутся 3 бюкса и взвешиваются на весах с точностью до 0,01 г. Около 30 г исследуемого образца размалывается и помещается в отдельную емкость с хорошо притертой крышкой. Из этой емкости при помощи совочка отбираются порции весом 5 г и помещаются в бюксы. В каждый бюкс необходимо отвешивать точно 5 г размолотого зерна.

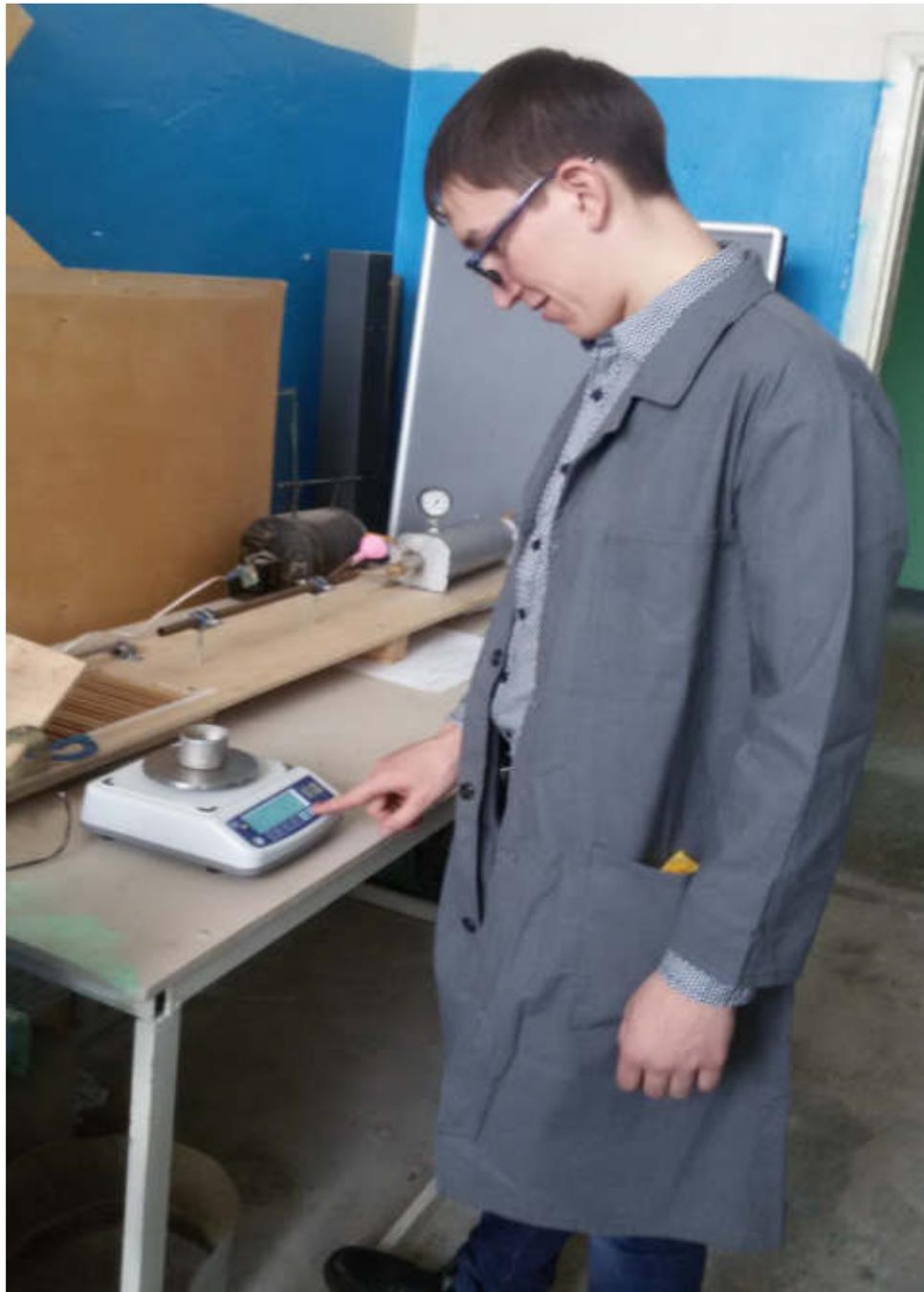


Рисунок 3.2 - Процесс обвешивания зерна

Предварительно нагреваем сушильный шкаф до температуры 140 °С. После этого помещаем бюксы в шкаф, предварительно открыв их. Бюксы выдерживаем в сушильном шкафу в течение 40 минут при температуре $130 \pm 2^\circ\text{C}$. По истечении времени достаём бюксы из шкафа, закрываем крышками и охлаждаем в течение 15...20 минут.



Рисунок 3.3 - Процесс помещения бюксов в шкаф

После охлаждения бюксы с навесками и крышками взвешиваем на весах. По разнице в массе до и после высушивания устанавливаем массу испарившейся влаги, которую выражаем в процентах к навеске массой 5 г.

Влажность рассчитываем по формуле :

$$W = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}, \quad (3.1)$$

где a - масса бюксы с крышкой, г;

b - масса бюксы с крышкой и навеской размолотого зерна до высушивания, г;

c - масса бюксы с крышкой и навеской размолотого зерна после высушивания, г.

Для каждой пробы проводят два определения влажности. Влажность исследуемой пробы выводят как среднее арифметическое из этих двух определений. Расхождение между двумя определениями допускается не более $\pm 0,5\%$.

3.3. Методика определения показателей эффективности шелушения

Обычная методика извлечения крупы с зерна гречихи содержит подготовку зерна к переработке и напрямую переработку его в крупу посредством шелушения. Подготовка содержит: сортировку (отделение зерна от примесей) и гидротермическую обработку (ГТО) (отпаривание, сушку и охлаждение зерна).

ГТО в зерноперерабатывающих фирмах предназначается с целью главной подготовки семени. ГТО ориентирован в перемена научно-технических качеств семени. Присутствие данном формируются подходящие требование обработки семени.

При проведении ГТО изменяются биохимические качества зерна, в первую очередь в целом, увеличивается отличие качеств слоев и эндосперма (ядра) посредством увеличения стабильности ядра и снижения стабильности слоев (пленок). Обработка паром (отпаривание) приводит к стремительному увлажнению и прогреву семени. При этом в ядре проявляется физико-химические изменения: совершается его пластицирование, сокращение хрупкости, увеличение сопротивляемости к разламыванию. Из-за неровного набухания сложных элементов зерна ослабевают взаимосвязь пленок и ядра.

Устройства для ГТО зерна по виду обрабатываемого сырья делятся на устройства для обработки зерна злаковых, крупяных культур, а также компонентов комбикормов; по назначению – на подогреватели,

кондиционеры, пропариватели и сушилки. Пропариватели делятся на аппараты непрерывного и периодического действия.

Последующая уже после пропаривания сушение влияет в слой семени, что в последующем раскалывается присутствие шелушения. Помимо этого, образующиеся в ходе пропаривания и сушки деформационные перемены в сложных составляющих семени приводят к отслаиванию слоев.

Охлаждение уже после сушки в дополнение уменьшает влагосодержание семени, присутствие в данном прохладные слоя делаются наиболее непрочными. Подобным способом, уже после ГТО улучшается научно-технические качества семени, дает возможность уменьшить измельчаемость ядра присутствие шелушения и шлифовании, а совершающиеся присутствие в данном биохимические перемены дают возможность приобретать продукцию с усовершенствованными органолептическими свойствами, увеличивающими потребительские плюсы крупы присутствие сохранении её биологического значения.

Таблица 3.3. Режим гидротермической обработки гречихи

Культура	Параметры пропаривания		Влажность зерна, %	
	давления пара, МПа	длительность пропаривания, мин	после пропаривания	после завершения ГТО
Гречиха	0,25...0,30	3...5	18...19	14...16

Для исследования влияния режимов работы устройства для шелушения зерна гречихи с вариативной декой, нами была изготовлена установка содержащая корпус, с закрепленным в нем разгрузочным патрубком, расположенные в корпусе лопастной ротор, установленный на вертикальном валу, привод и реверсивный вариатор, а боковая поверхность вращающейся деки в виде усеченного конуса выполнена из металлической сетки, диаметры отверстий которой меньше размера эквивалентного диаметра зерна,

установлено приемное устройство выполненное в виде внешнего патрубка диаметром d , с установленным в нем внутренним патрубком диаметром $d/3$ и соединенных друг с другом перемычками.

Установка позволяет регулировать скорость вращения лопастного ротора и деки, соотношение между их скоростями и подачу зерна через приемный патрубок.



Рисунок 3.4 – Общий вид устройства для шелушения зерна гречихи с вариативной декой

При оценке эффективности шелушения использовали два показателя: коэффициент шелушения и целостности ядра.

Коэффициент шелушения $K_{ш}$ определяется по формуле:

$$K_{ш} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (3.2)$$

где, n_1 - количество нешелушенных зерен в смеси до шелушения, %

n_2 - количество шелушенных зерен в смеси до шелушения, %

Коэффициент целостности ядра $K_{ц.я.}$ находим по следующей формуле:

$$K_{ц.я.} = \frac{B}{B+D+M} \quad (3.3)$$

где, В – количество целых ядер после шелушения, %

Д – количество дробленых ядер после шелушения, %

М – выход мучки, %.

Первый показатель $K_{ш}$ учитывает количественную сторону шелушения и показывает, относительное количество ошелушенных зерен, а второй показатель $K_{ц.я.}$ – качественную сторону и показывает относительный выход получаемого продукта.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1. Результаты определения влажности зерна

Одним из основных показателей, характеризующих физико-механические и технологические свойства зерна, является влажность, оказывающая влияние на разницу в величинах разрушающих усилий оболочки и ядра зерна гречихи. Чем больше эта разница, тем эффективнее процесс шелушения, с точки зрения приложения необходимого усилия для разрушения оболочки и при этом сохранения ядра в целостности.

Для шелушения зерна гречихи на существующих машинах оптимальная влажность ее после гидротермической обработки считается 14...16%. Эксперименты проводились с зерном прошедшим гидротермическую обработку с влажностью 14; 15; 16%.

Порядок определения влажности зерна описан выше в методике 3.2. Процесс определения влажности зерна гречихи показан на рисунке 4.1, 4.2.



Рисунок 4.1 – Процесс взвешивания массы семян



Рисунок 4.2 - Процесс помещаем бюксы в шкаф

Определения влажности для каждой пробы проводят дважды. Влажность исследуемой пробы находят как среднее арифметическое значение из этих двух определений. Расхождение между двумя определениями допускается не более $\pm 0,5\%$.

При проведении эксперимента был получены результаты. Данные эксперимента частично приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Результаты исследований по определению влажности зерна гречихи

Номер бьюкса, №	Масса бьюкса с крышкой – а, г	Масса бьюкса с крышкой и навеской размолотого зерна гречихи до высушивания – в, г	Масса бьюкса с крышкой и навеской размолотого зерна гречихи после высушивания – с, г	Влажность $w = \frac{(b - c) \cdot 100}{b - a}$ w, %	Средняя влажность w_{cp} , %
010	19,85	24,85	24,15	14	14
012	19,70	24,70	23,99	14,2	
013	19,90	24,90	24,20	13,9	
017	19,94	24,94	24,24	13,9	
018	19,98	24,98	24,48	14	

Из таблицы 4.1 видно, что средняя влажность зерна исследуемой гречихи $w_{cp} = 14\%$.

4.2. Результаты определения показателей эффективности шелушения

Гидротермическая обработка (ГТО) проводилась на лабораторной установке для пропаривания зерна, который представлен на рисунке 4.3. и 4.4.



Рисунок 4.3 – Лабораторная установка для пропаривания зерна



Рисунок 4.4 – Работа на лабораторной установке для пропаривания зерна

После гидротермической обработке (ГТО) мы получили зерно гречихи, которое соответствовало значениям в таблице 3.1. и позволяло произвести дальнейшей исследования на устройстве для шелушения зерна гречихи с вариативной декой.

На основе изложенной выше методики 3.3 были проведены соответствующие экспериментальные исследования по оценке эффективности работы устройства для шелушения зерна гречихи с вариативной декой (рисунки 4.5 и 4.6).



Рисунок 4.5 – Измерение частоты вращения лопастного ротора и деки.



Рисунок 4.6 – Загрузка гречихи в приемный патрубок.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Показатели работы устройства для шелушения зерна

	Влажность, W	Частота вращения лопастного диска, n^R	Частота вращения деки, n^D	Коэффициент шелушения, $K_{ш}^{ср}$	Коэффициент целостности ядра, $K_{ц.я.}^{ср}$
1	14	1500	750	0,576	0,43
2	14	1750	875	0,704	0,534
3	14	2000	1000	0,764	0,606
4	14	2250	1125	0,82	0,596
5	14	2500	1250	0,78	0,534
6	15	1500	750	0,68	0,474
7	15	1750	875	0,718	0,548
8	15	2000	1000	0,79	0,63
9	15	2250	1125	0,848	0,59
10	15	2500	1250	0,812	0,542

11	16	1500	750	0,58	0,454
12	16	1750	875	0,65	0,54
13	16	2000	1000	0,746	0,646
14	16	2250	1125	0,812	0,644
15	16	2500	1250	0,772	0,53

По результатам полученных данных были построены графические зависимости, показывающие влияние частоты вращения ротора и деки на коэффициент шелушения и коэффициент целостности ядра (рисунок 4.7 и 4.8).

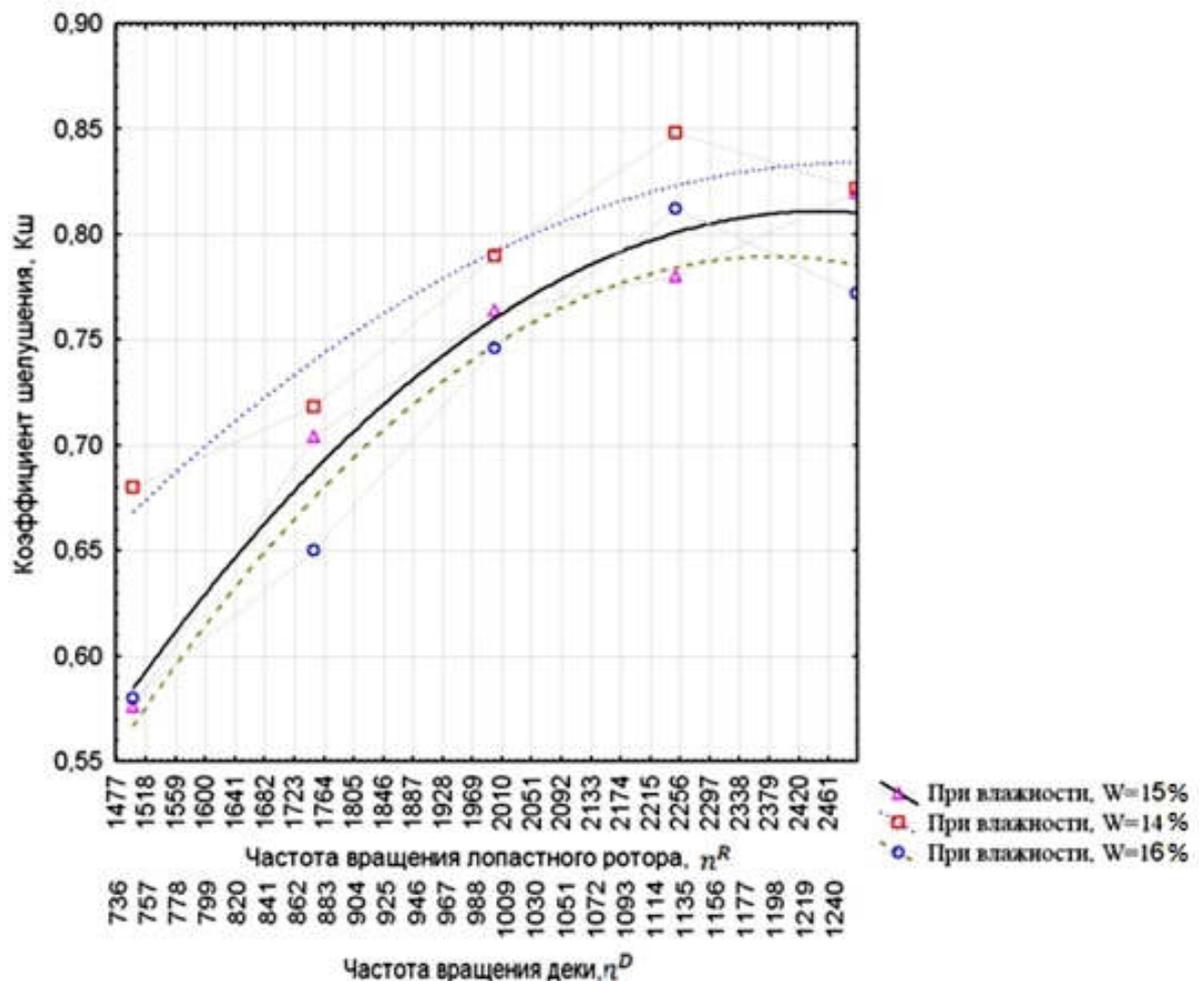


Рисунок 4.7. – График зависимости коэффициента шелушения зерна гречихи от частоты вращения лопастного ротора и деки

Анализируя полученную графическую зависимость можно отметить, что при различных влажностях с увеличением частоты вращения диска увеличивается коэффициент шелушения зерна. При влажности 14% коэффициент шелушения будет максимальным, а 16% минимальным. Коэффициент шелушения зерна увеличивается со снижением влажности перерабатываемого продукта. При влажности гречихи 14...15% во время ее переработки максимальная эффективность шелушения достигается при частоте вращения вентилятора не менее 2100 мин⁻¹.

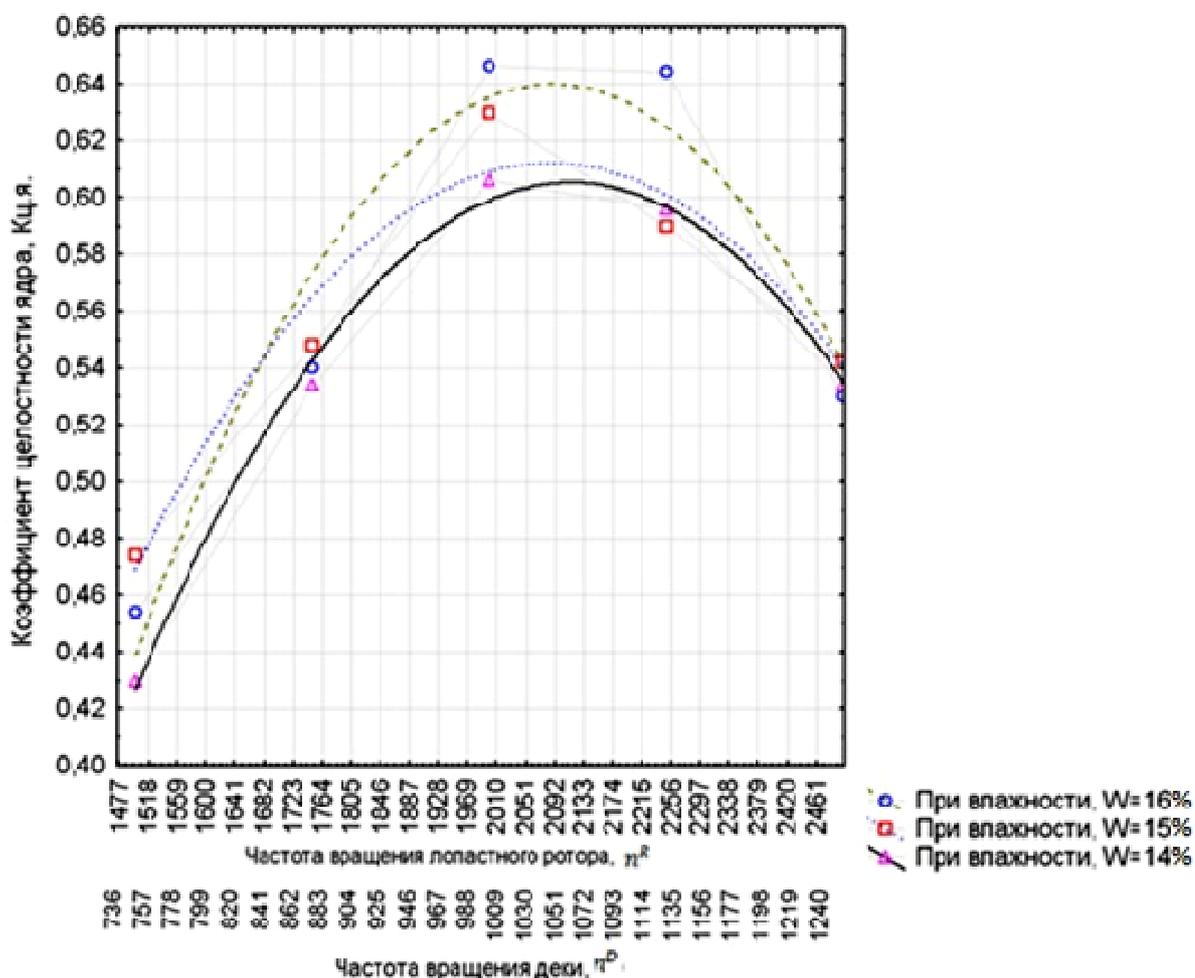


Рисунок 4.8. – График зависимости коэффициента целостности ядра от частоты вращения лопастного ротора и деки

Анализируя график зависимости коэффициента целостности ядра от частоты вращения вентилятора отметим то, что увеличение частоты

вращения лопастного ротора приводит к снижению коэффициента целостности ядра после 2100 мин^{-1} , что объясняется увеличением силы удара зерна о рабочую поверхность машины. Поэтому для достижения высокого качества шелушения предлагается использовать частоту вращения вентилятора в диапазоне $2100 \dots 2250 \text{ мин}^{-1}$.

На основе выполненных исследований можно сделать вывод, что наилучшая эффективность процесса шелушения наблюдается при обработке зерна гречихи после ГТО с влажностью – $14 \dots 15\%$, при скорости вращения лопастного ротора – $2100 \dots 2250 \text{ мин}^{-1}$ и деки – $950 \dots 1150 \text{ мин}^{-1}$ в устройстве для шелушения зерна гречихи с вариативной декой, с оптимальными параметрами: диаметр лопастного ротора 300 мм и высотой 50 мм, расстояние между лопастным ротором и декой 95 мм.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШЕЛУШИТЕЛЯ

5.1. Расчёт массы и стоимости конструкции

Масса конструкции определяется по формуле:

$$G = (G_k + G_g) \cdot K \quad (5.1)$$

где G_k – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг;

G_g – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($K=1,05 \dots 1,15$).

Масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Расчёт массы сконструированных деталей

№ пп	Наименование деталей.	Количество деталей.	Масса одной детали, кг.	Общая масса деталей, кг
1	2	6	5	7
1	Крышка корпуса	1	2	2
2	Приемный патрубок	1	5	5
3	Разбрасывающие диски	1	10	10
4	Рама	1	15	15
5	Дека	1	10	10
6	Выгрузные бункера	1	3	3
7	Корпус	1	5	5
			Итого:	50

Масса покупных деталей и цены на них представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Масса покупных деталей и цены

№ пп	Наименование деталей	Количество	Масса, кг		Цены, руб	
			Одной	Всего	Одной	Всего
1	2	3	4	5	6	7
2	Болты М10	4	0,02	0,08	50	200
3	Болты М12	4	0,02	0,08	50	200

4	Болты М10	4	0,018	0,054	40	1600
5	Болты М6	1	0,015	0,015	32	128
6	Гайка М12	4	0,01	0,04	20	80
7	Гайка М10	8	0,01	0,08	20	160
8	Штифт	2	0,05	0,1	100	200
9	Шкив ведущий	1	0,5	0,5	1500	1500
10	Шкив ведомый	2	0,4	0,8	800	1600
11	Шайбы	24	0,005	0,120	15	360
12	Гровер	1	0,01	0,01	50	50
13	Шпонка	1	0,018	0,018	30	30
14	Шпонка	2	0,015	0,030	30	60
15	Электродвигатель	1	10	10	8500	8500
16	Крышка подшипника	2	1	2	1200	2400
17	Крышка подшипника	2	1	2	1100	2200
18	Подшипник шариковый	2	0,3	0,6	600	1200
19	Подшипник конический	2	0,4	0,8	1000	2000
20	Манжета	6	0,005	0,03	50	300
21	Ремень	2	0,2	0,4	200	400
22	Вал	1	10	1	600	600
23	Заклепка	40	0,0015	0,06	3	120
24	Заклепка	30	0,002	0,120	4	120
Итого:					18,937	22127

Подставив значения из таблицы 5.1 решаем уравнение (5.1):

$$G = (50+19) \cdot 1,05 = 72,45 \text{ кг}$$

Для нахождения балансовой стоимости новой конструкции воспользуемся формулой (5.2):

$$C_{\sigma} = [G_k \cdot (C_3 \cdot E + C_m) + C_{нд}] \cdot K_{нац} \quad (5.2)$$

где G_k – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

C_3 – издержки производства, приходящиеся на 1 кг, массы конструкции, руб. ($C_3=0,02 \dots 0,15$);

E – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска (принимаем $E=1,5$);

C_m – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг.
($C_m=0,68\dots 0,95$);

$C_{пд}$ – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.;

$K_{нац}$ – коэффициент, учитывающий отклонение прейскурантной цены от балансовой стоимости ($K_{нац} = 1,15\dots 1,4$).

Подставив значения в формулу (5.2) получим:

$$C_B = [50 \cdot (0,15 \cdot 1,5 + 0,8) + 22127] \cdot 1,25 = 27710 \text{ руб}$$

5.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Для расчёта технико-экономических показателей, необходимы исходные данные конструкций: базовой и проектируемой. Которые приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемой	Базовой
1	2	3
Масса конструкции, кг	73	100
Балансовая стоимость, руб.	27710	40000
Потребная мощность, кВт	3	4,5
Часовая производительность, кг/ч	1,8	1,5
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб./ч.	80	80
Норма амортизации, %	12,5	12,5
Норма затрат на ремонт ТО, %	10	10
Годовая загрузка конструкции, ч	1000	1000

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции шелушителя, и дается их сравнение.

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как X_0 , а проектируемого как X_1 [2].

По формуле (5.6) определяется энергоёмкость процесса:

$$\mathfrak{E}_e = \frac{N_e}{W_z} \quad (5.3)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

W_z – часовая производительность конструкции; кг/ч.

Подставив значения в формулу (5.3) получим:

$$\mathfrak{E}_e^0 = \frac{4,5}{1,5} = 3 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}$$

$$\mathfrak{E}_e^1 = \frac{3}{1,8} = 1,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч/ч}$$

По формуле (5.4) определяется металлоёмкость процесса:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{год} \cdot T_{сл}} \quad (5.4)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{год}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{сл}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_e^0 = \frac{73}{1,5 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,004 \text{ кг/т}$$

$$M_e^1 = \frac{100}{1,8 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,005 \text{ кг/т}$$

По формуле (5.5) определяется фондоемкость процесса:

$$F_e = \frac{C_6}{W_z \cdot T_{год}} \quad (5.5)$$

где C_6 – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_e^0 = \frac{40000}{1,5 \cdot 1000} = 26,7 \text{ руб./кг}$$

$$F_e^1 = \frac{27710}{1,8 \cdot 1000} = 15,4 \text{ руб./кг}$$

По формуле (5.6) определяется трудоёмкость процесса:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z} \quad (5.6)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_e^1 = \frac{1}{1,8} = 0,55 \text{ чел} \cdot \text{ час/кг}$$

$$T_e^0 = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ чел} \cdot \text{ час/ед}$$

По формуле (5.7) определяется себестоимость работы:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рто} + A \quad (5.7)$$

где $C_{зп}$ – затраты на оплату труда, руб/кг;

$C_{рто}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/кг;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб/кг;

A – амортизационные отчисления, руб/кг.

По формуле (5.8) определяется затраты на заработную плату:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e \quad (5.8)$$

где Z - часовая тарифная ставка, руб/ч:

$$C_{зп}^1 = 100 \cdot 0,55 = 55 \text{ руб/кг}$$

$$C_{зп}^0 = 100 \cdot 0,66 = 66 \text{ руб./кг}$$

По формуле (5.9) определяется затраты на электроэнергию:

$$C_э = Ц_э \cdot Э_c \quad (5.9)$$

где $Ц_э$ - комплексная цена за электроэнергию, руб/кВт.

$$C_э^1 = 2,8 \cdot 1,7 = 4,76 \text{ руб./кг}$$

$$C_э^0 = 2,8 \cdot 3 = 8,4 \text{ руб./кг}$$

По формуле (5.10) определяется затраты на ремонт и техническое обслуживание:

$$C_{рто} = \frac{C_б \cdot H_{рто}}{100 \cdot W_ч \cdot T_{год}} \quad (5.10)$$

где $H_{рто}$ - суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

Полученные значения подставим в формулу 5.10:

$$C_{\text{пто}}^1 = \frac{27710 \cdot 10}{100 \cdot 1,8 \cdot 1000} = 1,6 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{пто}}^0 = \frac{40000 \cdot 10}{100 \cdot 1,5 \cdot 1000} = 2,7 \text{ руб./кг}$$

По формуле (5.11) определяется затраты на амортизационные отчисления:

$$A = \frac{C_{\sigma} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}} \quad (5.11)$$

где a - норма амортизации, %.

$$A^1 = \frac{27710 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,8 \cdot 1000} = 1,93 \text{ руб./кг}$$

$$A^0 = \frac{40000 \cdot 12,5}{100 \cdot 1,5 \cdot 1000} = 3,35 \text{ руб./кг}$$

Найденные значения подставим в формулу 5.7:

$$S_{\text{экс}}^1 = 55 + 4,76 + 1,6 + 1,93 = 63,29 \text{ руб./кг}$$

$$S_{\text{экс}}^0 = 66 + 8,4 + 2,7 + 3,35 = 80,45 \text{ руб./кг}$$

По формуле (5.12) находится приведённые затраты:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}} \cdot k \quad (5.12)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_{\text{н}} = 0,1$);

$F_{\text{н}}$ – фондоемкость процесса, руб./кг;

k – удельные капитальные вложения, руб./кг.

$$C_{\text{прив}}^1 = 63,29 + 0,1 \cdot 26,7 = 65,96 \text{ руб./кг}$$

$$C_{\text{прив}}^0 = 80,45 + 0,1 \cdot 15,4 = 81,99 \text{ руб./кг}$$

По формуле (5.13) определяется годовую экономию:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (5.13)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (80,45 - 63,29) \cdot 1,8 \cdot 1000 = 30888 \text{ руб.}$$

По формуле (5.14) определяется годовой экономический эффект:

$$E_{год} = (C_{прив}^0 - C_{прив}^1) \cdot W_{ч} \cdot T_{год} \quad (5.14)$$

$$E_{год} = (81,99 - 65,96) \cdot 1,8 \cdot 1000 = 28854 \text{ руб}$$

По формуле (5.15) определяется срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}} \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = \frac{27710}{30888} = 0,9 \text{ года}$$

По формуле (5.16) определяется коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б}} \quad (5.16)$$

$$E_{эф} = \frac{30888}{27710} = 1,12$$

Сравнение технико-экономических показателей эффективности применения базовой и проектируемой конструкции показаны в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	2	3	4	5
1	Часовая производительность, кг/ч	1,5	1,8	120
2	Фондоёмкость процесса, руб./кг	15,4	26,7	174
3	Энергоёмкость процесса, кВт./кг	3	1,7	57
4	Металлоёмкость процесса, кг/т	0,004	0,005	170
5	Трудоёмкость процесса, чел*ч/кг.	0,66	0,55	83
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./кг	80,45	63,29	78

7	Уровень приведённых затрат, руб./кг.	81,99	65,96	80
8	Годовая экономия, руб.	30888		
9	Годовой экономический эффект, руб.	28854		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,9		
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	1,12		

Как видно из таблицы 5.4 спроектированная конструкция шелушителя является экономически эффективной, так как срок её окупаемости менее года и коэффициент эффективности равен: 1,12.

Вывод

Проведенный анализ способов шелушения зерна позволил определить наиболее рациональный для гречихи способ – пневмомеханический, который позволяет перерабатывать крупу в условиях гречихосеющих хозяйств без потери качества.

Анализ конструкций существующих устройств для шелушения зерна гречихи показал большое их многообразие, было выявлено наличие множества недостатков, которые влияют на процесс шелушения.

На основе анализа конструкций существующих устройств для шелушения зерна предложена новая конструкция, которая обладает следующими преимуществами: компактность, малая металлоемкость, небольшие затраты электроэнергии, простота обслуживания.

Разработанное техническое решение позволяет создавать дополнительный воздушный поток, поступающий через приемное устройство и способствующий интенсивному перемещению воздушно-зерновой смеси в машине, выводу из него продуктов шелушения и используется для дальнейшего их разделения на фракции. Применение разработанной машины для шелушения зерна позволяет повысить эффективность шелушения зерна. Машина подходит как для большого крупозавода, так и для частных фермерских хозяйств.

Результаты проведенных исследований показывают, что наилучшая эффективность процесса шелушения наблюдается при обработке зерна гречихи после ГТО с влажностью – 14...15%, при скорости вращения лопастного ротора – 2100...2250 мин⁻¹ и деки – 950...1150 мин⁻¹.

Список используемой литературы

1. <https://ab-centre.ru/news/posevnye-ploschadi-valovye-sbory-i-urozhaynost-grechih-v-rossii-itogi-2018-goda>
2. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ / Г.Г. Булгариев. – Казань, 2011. – 13-18 с.
3. Вайсман Р.Р., Грубиян И.Я. Вентиляционные и пневмотранспортные установки. М.: Колос, 1984. - 199 с.
4. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатой поверхности сельскохозяйственных машин. — Киев: Издательство украинской академии сельскохозяйственных наук, 1960. — 283 с.
5. Герц Е.В., Крейнин Г.В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие. — М.: Машиностроение, 1975. 272 с.
6. Далалеева М.И.. Устройство для подачи зернового материала в вентилятор броскового типа / М.И. Далалеева, Ф.Ф.Хасанов, А.В. Дмитриев // News of science and education, Volume 5, №3, Sheffield science and education ltd, 2018 – С. 26-30.
7. Дзядзио А.М., Кеммер А.С. Пневматический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях. — М.: Колос, 1967. — 295 с.
8. Дмитриев А.В. Обоснование параметров пневмомеханического шелушителя зерна гречихи на основе моделирования технологического процесса: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Дмитриев Андрей Владимирович. - Казань, 2003. - 156 с.
9. Жислин Я.М. Технология и оборудование крупяного производства. М.: Колос, 1966.-263 с.
10. Жислин Я.М., Терещенко А.К. Выработка муки и крупы в сельскохозяйственном мукомолье. М.: Колос, 1969. — 232 с.
11. Зиганшин Б.Г. Некоторые проблемы технического обеспечения АПК и перспективы его развития / Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Хамидуллин

- Н.Н. // Вестник Казанского государственного университета. 2008.Т.3. №2 (8). С. 148-152
12. Ибяттов Р.И. К расчету траектории движения зерна в рабочем пространстве пневмомеханического шелушителя с реверсивной декой/Р.И. Ибяттов, А.В. Дмитриев, Р.И. Лотфуллин//Вестник Казанского ГАУ. -Казань, 2015. -№ 1(35). С. 62-67.
 13. Калининский В.Д. Влияние режимов гидротермической обработки зерна риса и гречихи на потребительские свойства и стойкость круп при хранении. Автореферат дис. . канд. техн. наук. М.: 1980. - 22 с.
 14. Коваленко И.С. Влияние физико-механических свойств зерна гречихи и ядрицы на процесс разделения семян. / Труды ВНИЭКИпродмаш М.: 1970,-вып.22.-с. 56-64.
 15. Лотфуллин Р.И. К вопросу шелушения зерна в пневмомеханическом шелушителе/Р.Ш. Лотфуллин, Р.И. Ибяттов, А.В. Дмитриев, Б.Г. Зиганшин//Вестник Казанского ГАУ. -Казань, 2016. - Т. 11. № 4. С. 84-88.
 16. Лотфуллин Р.Ш., Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В. Влияние коэффициента восстановления зерна на процесс шелушения при ударе о деку пневмомеханического шелушителя // Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – 2015. Том 1. №8. С.113-116.
 17. Нуруллин Э.Г. Пневмомеханические шелушители зерна (Теория, конструкция, расчет) / Э.Г. Нуруллин. – Казань, 2011. – 308 с.
 18. Патент № 167516 РФ, МПК В02В 3/00. Устройство для снятия плодовых оболочек с зерна / Д.Т. Халиуллин, А.В. Дмитриев, Э.Г. Нуруллин, Л.Х. Халиуллина, Р.М. Нуреев; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. -№2016116208, заявл.: 25.04.2016, опубл.: 10.01.2017, Бюл. №1. -2с.
 19. Патент № 168667 РФ, МПК В02В 3/00. Пневмомеханическое устройство для шелушения / А.В. Дмитриев, Д.Т. Халиуллин; заявитель

- и патентообладатель: ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. -№2016116965, заявл.: 28.04.2016, опубл.: 14.02.2017, Бюл. №5. -2с.
20. Патент № 173613 РФ, МПК В02В 3/00. Пневмомеханическое устройство для шелушения зерна / А.В. Дмитриев, Д.Т. Халиуллин, М.И. Далалеева; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. -№2017113783, заявл.: 20.04.2017, опубл.: 04.09.2017, Бюл. №25. - 2с.
 21. Патент № 2621253 РФ, МПК В02В 3/00. Пневмомеханическое устройство для шелушения / А.В. Дмитриев, Д.Т. Халиуллин; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО Казанский ГАУ. -№2016116170, заявл.: 25.04.2016, опубл.: 01.06.2017, Бюл. №16. -7с.
 22. Патент на полезную модель № 2621988 РФ – Оpubл. – 08.06.2017 Центробежный шелушитель / С.В. Шахов, А.И. Потапов, А.С. Белозерцев, В.В. Колядин.
 23. Патент на полезную модель №20041 РФ – Оpubл. – 20.10.2001 Шелушитель для зерновых культур / В.Ш. Ширшов, Н.И. Чадромцев, Ю.И. Чадромцев.
 24. Патент на полезную модель №2511754 РФ – Оpubл. - 10.04.2014 Машина для шелушения зерна / В.А. Самойлов, А.И. Ярум, В.Н. Невзоров.
 25. Патент на полезную модель №2558963 РФ – Оpubл. – 10.08.2015 Устройство для шелушения, сепарации и измельчения зерна / А.А. Петров, С.Г. Карташов.
 26. Патент на полезную модель №2591725 РФ – Оpubл. - 20.07.2016 Устройство для шелушения зерна пневмомеханического типа / А.В. Дмитриев, Д.Г. Фёдоров, Э.Г. Нуруллин, Р.И. Ибяттов, Р.Ш. Лотфуллин.
 27. Патент на полезную модель № 2621988 РФ – Оpubл. – 08.06.2017 Центробежный шелушитель / С.В. Шахов, А.И. Потапов, А.С. Белозерцев, В.В. Колядин.

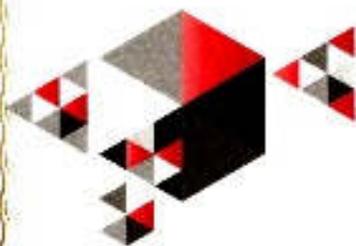
28. Справочник мукомола, крупящика и комбикормщика. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1973. — 355 с.
29. Справочник по качеству зерна и продуктов его переработки. — М.: Колос, 1971.-352 с.
30. Тагр С. М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов / С. М. Тагр. – М. Изд-во Высш. шк.10-е изд., перераб. и доп., 1986.— 416 с.
31. Фёдоров Д.Г. Пневмомеханический шелушитель гречихи/Д.Г. Фёдоров. М.И. Далалеева, А.В. Дмитриев, Д.Т, Халиуллин// Сельский механизатор. 2017. № 6. С. 12-13.
32. Фёдоров Д.Г. Шелушитель зерна гречихи с реверсивной декой/Д.Г. Фёдоров. А.В. Дмитриев, Ф.З. Кадырова//Сельский механизатор. 2013. № 11 (57). С. 18-19.
33. Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В. Пневмомеханическое устройство для шелушения зерна//Journal of Advanced Research in Technical Science. - North Charleston, USA: SRC MS, GreateSpace. -2016. № 2. С. 85-88.
34. Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В., Низамов Р.М. Применение пневмомеханических шелушителей при производстве очищенного шрота/Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы//Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. -Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2017. С 85-89.
35. Хасанов Ф.Ф. Анализ машин для снятия с зерна цветковой оболочки/ Агроинженерная наука XXI века. Научные труды региональной научно-практической конференции - Казань, 2018 – С. 267-272.

Приложения

Таблица 1 - Результаты определения показателей эффективности шелушения зерна гречихи

W	n^R	n^D	Кш	Кц.я.	K_{III}^{CP}	K_{III}^{CP}
14	1500	750	0,54	0,41	0,576	0,43
			0,58	0,43		
			0,62	0,45		
			0,55	0,42		
			0,59	0,44		
14	1750	875	0,68	0,52	0,704	0,534
			0,7	0,54		
			0,72	0,57		
			0,69	0,51		
			0,73	0,53		
14	2000	1000	0,74	0,59	0,764	0,606
			0,78	0,61		
			0,79	0,58		
			0,75	0,62		
			0,76	0,63		
14	2250	1125	0,79	0,61	0,78	0,596
			0,81	0,59		
			0,78	0,62		
			0,75	0,57		
			0,77	0,59		
14	2500	1250	0,81	0,55	0,82	0,534
			0,79	0,56		
			0,82	0,52		
			0,85	0,53		
			0,83	0,51		
15	1500	750	0,68	0,48	0,68	0,474
			0,71	0,49		
			0,69	0,47		
			0,65	0,46		
			0,67	0,47		
15	1750	875	0,72	0,52	0,718	0,548
			0,69	0,55		
			0,75	0,56		
			0,73	0,57		
			0,7	0,54		
15	2000	1000	0,76	0,61	0,79	0,63
			0,81	0,63		
			0,82	0,64		
			0,79	0,62		
			0,77	0,65		

15	2250	1125	0,85	0,59	0,848	0,59
			0,86	0,6		
			0,83	0,58		
			0,88	0,61		
			0,82	0,57		
15	2500	1250	0,81	0,55	0,822	0,542
			0,8	0,54		
			0,85	0,57		
			0,82	0,53		
			0,83	0,52		
16	1500	750	0,56	0,43	0,58	0,454
			0,58	0,47		
			0,59	0,45		
			0,57	0,44		
			0,6	0,48		
16	1750	875	0,63	0,52	0,65	0,54
			0,65	0,56		
			0,66	0,54		
			0,64	0,57		
			0,67	0,51		
16	2000	1000	0,72	0,63	0,746	0,646
			0,75	0,65		
			0,73	0,64		
			0,76	0,65		
			0,77	0,66		
16	2250	1125	0,8	0,59	0,812	0,644
			0,82	0,61		
			0,84	0,85		
			0,81	0,57		
			0,79	0,6		
16	2500	1250	0,77	0,52	0,772	0,53
			0,78	0,55		
			0,75	0,53		
			0,8	0,54		
			0,76	0,51		



№ DS-D-2013



Москва, 25.05.2018

Диплом

НАГРАЖДАЕТСЯ

Касанов Дамиль Фаритович

Казанский государственный аграрный университет

за **2** место

в VII Международном интеллектуальном конкурсе студентов, аспирантов, докторантов

DISCOVERY SCIENCE: UNIVERSITY - 2018

Степень: Магистратура

Направление: Технические науки

Название конкурсного проекта: Анализ машин для снятия с зерна цветковой оболочки

Научный руководитель: Дмитриев Андрей Владимирович

Номинация: Практический проект

Форма: Статья



Григорьев А.Н.

Директор по научным проектам



№DS-3457

Москва, 25.05.2018

СЕРТИФИКАТ

подтверждает, что

Касанов Даниил Даримович

Казанский государственный аграрный университет
является участником

VII Международного интеллектуального конкурса студентов, аспирантов, докторантов
DISCOVERY SCIENCE: UNIVERSITY - 2018

Степень: Магистратура

Направление: Технические науки

Название конкурсного проекта: Анализ машин для снятия с зерна цветковой оболочки

Научный руководитель: Дмитриев Андрей Владимирович

Номинация: Практический проект

Форма: Статья



Директор по научным проектам



Тригорьев А.Н.





ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

Касанов Данило Фаритович

Кандидат наук по специальности «Физика»

за **2** место

в III Международном конкурсе студентов, магистрантов, аспирантов (в рамках требований ФГОС)
UNIVERSITY KNOWLEDGE - 2018

Ступень: Магистратура

Направление: Технические науки

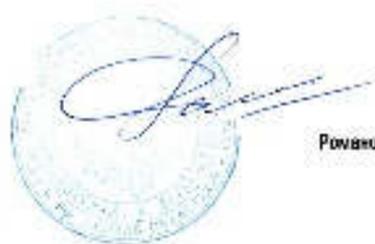
Название конкурсной работы: Разработка установки для снятия с зерна цветковой обложки
Научный руководитель: Дмитриев Андрей Владимирович

Номинация:
Профессионально-специализированные компетенции
Форма: Статья



Международный центр
научно-исследовательских проектов

директор по научным проектам



Романов А.О.



Министерство образования Российской Федерации
Государственный научный центр Российской Федерации
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ульяновский ГАУ и.о. П. А. Стелюгина - 75 лет

Почётная грамота

НАГРАЖДАЕТСЯ

ХАСАНОВ ФАНИЛЬ ФАРИТОВИЧ

**магистрант 1 курса
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ**

*за активное участие во II этапе Всероссийского
конкурса на лучшую научную работу среди студентов,
аспирантов и молодых ученых высших учебных
заведений МСХ РФ по номинации «Агроинженерия»*



Первый проректор –
проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

В.А. Исайчев

25 апреля 2016 г.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ - МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

ДИПЛОМ

за участие во III (финальном) этапе Всероссийского конкурса
на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и
молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза
России в номинации: «Агроинженерия» выдан:

Хасанову Фанилю Фаритовичу,

студенту I курса (магистратуры) Казанского
государственного аграрного университета, выступившему с
докладом «Разработка устройства для шелушения зерна»

Первый проректор



И.В. Корнеев

Москва
2018



Министерство образования Российской Федерации
Государственная научная библиотека имени академика
Ф.Т.Лукина Ульяновский ГИУ

Диплом

НАГРАЖДАЕТСЯ

ХАСАНОВ ФАНИЛЬ ФАРИТОВИЧ

**магистрант 1 курса
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ**

ЗА ЗАНЯТОЕ III МЕСТО

**во II этапе Всероссийского конкурса на лучшую
научную работу среди студентов, аспирантов и
молодых ученых высших учебных заведений МСХ РФ
по номинации «Агроинженерия»**



Первый проректор:
проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

В.А. Исайчев

25 апреля 2016 г.

Ульяновскому ГИУ им. П.А.Столыпина - 75 лет



№PS-D3-048

Москва, 07.12.2018

Диплом

награждается

Хасанов Даниль Фаритович

Казанский государственный аграрный университет

за **1** место

в II Международном конкурсе обучающихся и педагогов
профессиональных учебных заведений (3 сессия сезона 2018-2019)

PROFESSIONAL STARS - 2018

Образовательная ступень: высшее образование
(магистратура)

Статус участника: обучающийся

Направление конкурса: Технические науки

Номинация: Научные работы

Форма: отчет о научно-исследовательской работе

Название конкурсной работы: Разработка устройства для шелушения зерна

Научный руководитель: Дмитриев Андрей Владимирович



А.Н. Григорьев

директор по научным проектам
А.Н. Григорьев



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина

ПОЧЁТНАЯ ГРАМОТА

ВРУЧАЕТСЯ

Хасанову Фанилю Фаритовичу

магистранту 2 курса института механизации и технического сервиса

ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

за активное участие
во II этапе Всероссийского конкурса на лучшую
научную работу среди студентов, аспирантов и
молодых ученых высших учебных заведений
Минсельхоза России в номинации
«Агроинженерия»

И.о. первого проректора
проректора по научной работе



В. А. Исайчев

25 апреля, 2019

