

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»  
Институт механизации и технического сервиса  
Направление «Агроинженерия»  
Профиль «Технологическое оборудование для хранения и переработки  
сельскохозяйственной продукции»  
Кафедра «Машины и оборудование в агробизнесе»

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Т е м а: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СЕМЯН  
ПОДСОЛНЕЧНИКА С РАЗРАБОТКОЙ КОНСТРУКЦИИ  
ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБРУШИВАТЕЛЯ (КОМПЛЕКСНАЯ).

ВКР. 35.03.06.139.18

Студент \_\_\_\_\_ Ахметгараев Р. Р.

Руководитель, профессор \_\_\_\_\_ Нуруллин Э. Г.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2018 г.)

Зав. кафедрой, профессор \_\_\_\_\_ Зиганшин Б. Г.

Казань 2018 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Семена подсолнечника относятся к основному масличному сырью для производства растительного масла и высоко протеиновых продуктов. Продукты, полученные при переработке подсолнечника, находят широкое применение в пищевой промышленности, отходы производства высокую питательную ценность.

Современные сорта и гибриды этой культуры характеризуются высокой урожайностью, повышенным содержанием жира и высоким качеством растительного масла, устойчивостью к полеганию и заболеваниям. Однако потенциальные возможности сортов и гибридов во многом определяются как почвенно-климатическими условиями, так и технологией их возделывания и послеуборочной его переработки [3, 11, 22, 32].

В структуре мирового производства растительного масла до 1980 г. 80% приходилось на долю трех ведущих культур - сои (54%), хлопчатника (15%) и арахиса (11%). С 1990 г. данная тенденция стала существенно меняться в сторону расширения посевных площадей подсолнечника, так как эта культура переносит длительные засухи, благодаря мощной корневой системе, и небольшие заморозки по всходам. В связи с этим, подсолнечник можно возделывать как в засушливых, так и относительно холодных регионах. Благодаря подсолнечнику, за последние года валовой сбор масличного сырья в мире удвоился. Таких высоких темпов развития нет ни в одной сельскохозяйственной отрасли. Это обусловлено тем, что растительные жиры имеют ряд преимуществ для здоровья человека перед животными жирами, в том числе и перед сливочным маслом. По питательности и усвояемости подсолнечное масло немного уступает сливочному, но заметно превосходят другие животные жиры.

Растительные жиры представляют собой сложные эфиры трехатомного спирта — глицерина в сочетании с различными жирными кислотами. В состав жира входят три элемента: углерод (75...79 %), водород (11...13 %) и

кислород (10...12 %). По сравнению с белками и углеводами жиры — менее окисленные соединения и обладают вдвое большей калорийностью, чем белки и углеводы. Свойства жира у различных культур зависят от содержания в них ненасыщенных (олеиновая, линолевая, линоленовая и др.) и насыщенных (пальмитиновая, стеариновая и др.) жирных кислот [3, 11, 22, 32].

В связи с этим оно широко используется в кулинарии, применяются для изготовления различных сортов маргарина, майонеза, овощных и рыбных консервов, кондитерских и хлебобулочных изделий. Часть масла, непригодного в пищу, используют для производства стиральных порошков, мыла, олифы, линолеума и клеенки, также находит применение в производстве топливо смазочных материалов (моторные масла, компоненты для изготовления охлаждающих жидкостей и «биодизель» - топливо для Д.В.С).

Технологии возделывания и переработки семян подсолнечника требуют больших затрат и высокий экономический эффект от ее внедрения может быть достигнут только при правильном применении всего сложного комплекса приемов формирования высокого урожая, послеуборочной обработки и переработки.

При переработке этого сырья одной из базовых операций является обрушивание. Эффективность осуществления этого процесса определяет качество и выход получаемого растительного масла, жмыха и шрота.

Теоретическим и практическим исследованиям процессов обрушивания посвящены работы Э. Г. Нуруллина, В.А. Масликова, И.М. Василица и Кузнецова А.Т., Е.П. Кошевого, В.Н. Коваленко, Д. Т. Халиуллин и других [1-7, 10-35 ].

## 1 ОБЗОР ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

### 1.1 Анализ основ технологии переработки масличных

культур

Технология переработки семян масличных культур начинается с поступления на маслозаводы от заготовительных организаций или непосредственно от сельского хозяйства. В соответствии с принятой технологией независимо от используемого оборудования производство растительного масла из семян подсолнечника состоит из следующих этапов [2, 3, 24, 32, 33]:

- подготовка сырья, включающая очистку семян от примесей и сушку;

- получение мятки, включающее обрушивание семян, отделение чистого ядра и его измельчение, жарение мезги;

- получение масла прессованием или экстрагированием;

- первичная очистка масла и рафинация.

Технологический процесс осуществляется следующим образом (рисунок 1.1).

Взвешенные на весах 1 семена подсолнечника поступают на хранение в силос 2. Перед переработкой семена дважды очищают на ситовых сепараторах 3 и 4, а также на магнитном уловителе 5. Очищенные от примесей семена взвешивают на весах 6 и подают в расходный бункер, откуда их транспортируют в сушилку 8. В процессе тепловой обработки влажность семян уменьшается с 9...15% до 2...7%. Температура семян во время сушки не превышает 50 °С, после охлаждения 35 °С. Высушенные семена после весового контроля на весах 9 направляют в силосы 2 на длительное хранение или в промежуточный бункер 10.

Дальнейшая переработка семян заключается в отделении оболочки от ядра. Этот процесс включает шелушение (обрушивание) семян и отделение оболочки от ядра.

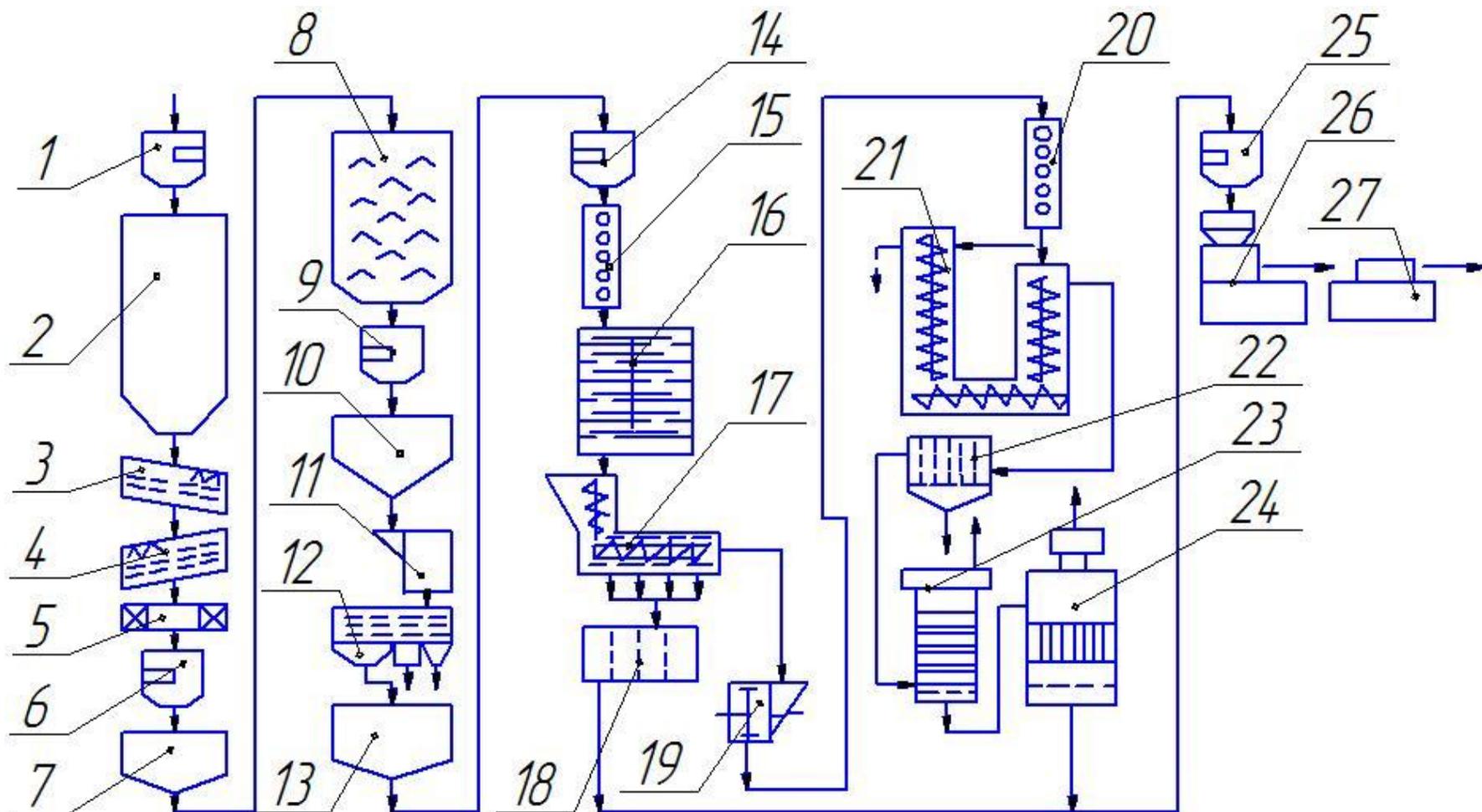
Из бункера 10 семена подсолнечника направляют для обрушивания в семенорушку 11. В результате обрушивания получают полупродукт, называемый «рушанкой». Рушанка — это смесь из разных по массе, форме, парусности и размерам частиц. В рушанке присутствуют целые ядра, их осколки, разнообразные по величине и форме частицы оболочки, а также целые семена — недорущ. Для отделения оболочки от ядра рушанку направляют в аспирационную веялку — воздушно-ситовую сортирующую машину 12. После разделения целое ядро и части ядра подают в промежуточный бункер 13. Обрушенные целые или дробленые ядра подсолнечника взвешивают на весах 14 и измельчают на вальцовых станках 15.

В процессе измельчения клеточная структура ядер подсолнечника разрушается, что создает оптимальные условия для максимально полного и быстрого извлечения масла при дальнейшем прессовании или экстрагировании. После измельчения получают полупродукт — мятку, которую для облегчения выделения масла путем последующего прессования или экстрагирования направляют в жаровню 16. При жарении влажность мятки понижается до 5...7 %, а температура повышается до 100...105 °С.

Обработанную в жаровне мятку называют «мезгой», представляющую собой сыпучий пористый материал, который в дальнейшем направляют на прессование и экстрагирование, либо на то и другое вместе.

Обработанная в жаровне мезга подается на шнековый

пресс 17. Масло из шнекового пресса очищается от механических примесей в фильтр-прессе 18. Жмых, содержащий 4,0...7,0 % масла, измельчается в молотковой дробилке 19 и в вальцовом станке 20, а продукт измельчения направляется на экстрагирование в экстракционный аппарат 21. Противотоком к движению жмыха перемещается экстрагирующее вещество – бензин, представляющий собой летучий растворитель. Посредством диффузии масло извлекается из разрушенных клеток жмыха, растворяясь в бензине.



1, 6, 9, 14, 25 – весы; 2 – силос; 3,4 – ситовые сепараторы; 5 – магнитный уловитель; 7, 10, 13 – бункера; 8 – шахтная сушилка; 11 – обрушивающая машина; 12 – воздушно-ситовая сортирующая машина; 15 – вальцовый станок; 16 – жаровня; 17 – шнековый пресс; 18 – фильтр-пресс; 19 – молотковая дробилка; 20 – плющильный станок; 21 – экстракционный аппарат; 22 – отстойник; 23 – предварительный дистиллятор; 24 – окончательный дистиллятор; 26 – разливочно-укупорочный автомат; 27 – автомат для укладки бутылок в ящики

Рисунок 1.1 – Технологическая схема производства подсолнечного масла.

Смесь масла, бензина и некоторого количества частиц вытекает из правой колонны экстракционного аппарата 21 и направляется в отстойник 22 или патронный фильтр.

Из экстрагирующей колонны аппарата выводится обезжиренный продукт, который называется «шротом». Очищенный от твердых частиц раствор масла в бензине – мисцелла – подается на дистилляцию. В предварительном дистилляторе 23 она нагревается до 105...115°С, и из нее при атмосферном давлении частично отгоняются пары бензина. В окончательном дистилляторе 24, работающем под разрежением, из мисцеллы удаляются остатки бензина, и очищенное масло поступает на весы 25. После весового контроля масло подается в разливочно-укупорочный автомат 26, а затем тара с маслом направляется в автомат 27 для укладки бутылок в ящики.

В общем виде оборудование для производства растительных масел включает следующие группы машин и аппаратов:

- машины для очистки масличных семян от примесей;
- оборудование для сушки масличных семян;
- машины для обрушивания масличных семян;
- машины для разделения рушанки;
- машины для измельчения семян и ядра;
- аппараты для влаготепловой обработки мятки;
- машины для извлечения масла путем прессования;
- аппараты для экстракции масла;
- аппараты для дистилляции мисцеллы;
- аппараты для обработки шрота.

В последнее время как в отечественной, так и в мировой практике производства растительных масел

наблюдается тенденция в увеличении доли технологических схем завершающихся прессованием, так как этот способ является экологически чистым.

При выработке высококачественных масел, шротов и жмыхов обрушивание и выделение из рушанки оболочек семян являются важными и необходимыми технологическими операциями.

В процессе переработки семян из оболочек в масло переходят воскоподобные и другие нежелательные вещества, ухудшающие вкус и запах, увеличивающие кислотное число и цветность масел, а также снижающие их стойкость при хранении.

Количественные соотношения между ядром и оболочкой семян при их переработке в схемах, предусматривающих удаление оболочек, непосредственно сказываются на производительности основного оборудования, качестве вырабатываемой продукции и на выходе жмыха, масла, лузги.

Максимальное выделение оболочек из семян перед их переработкой является обязательным условием, обеспечивающим получение в производстве высококачественных масел и высокобелковых шротов [3, 11, 13, 15, 20, 22, 35].

К основным процессам, обеспечивающим отделение ядра от других морфологических частей масличных семян, следует отнести обрушивание и разделение рушанки.

Обрушивание семян подсолнечника производится на семенорушках. Назначение семенорушек состоит в полном обрушивании семян при минимальном получении сечки ядра и масличной пыли [1, 14-19, 23-36].

Каждая семенорушка должна работать спарено со своей семеновойкой, это необходимо не только для сокращения замасливания лузги, но и для установления правильного технологического режима работы семенорушки и ее семеновойки. При спаренной работе легко установить дефекты в работе каждой машины и устранить их.

Обрушенные на семенорушках семена подсолнечника – рушанка – состоят из обрушенных, целых, нормальных и щуплых ядер, различных крупных частиц ядер, масличной пыли, целых семян, недоруша, сора (растительного и минерального).

Основное назначение семеновеек заключается в отделении максимального количества лузги из рушанки при минимальной потере масла в лузге.

Эффективность обрушивания оценивают двумя показателями – количественным и качественным. Количественный показатель представляет собой коэффициент обрушивания, выраженный в процентах ( $K_{\text{ш}}$ ), а качественный коэффициентом цельности ядра ( $K_{\text{ц.я.}}$ ).

Показатель коэффициента обрушивания семян определяет больший или меньший оборот продукта или продолжительность обрушивания. При переработке семян имеющих большой  $K_{\text{ш}}$  увеличивается производительность технологической линии. Коэффициент обрушивания (количественный показатель) рассчитывается по формуле [24]:

$$K_{\text{ш}} = \frac{(H_1 - H_2)100}{H_1},$$

(1.1)

где  $K_{ш}$  – коэффициент обрушивания,

$H_1$  – содержание необрушенных семян, поступающих в машину, %;

$H_2$  – содержание необрушенных семян, выходящих из семенорушки, %.

Необходимо стремиться к повышению коэффициента шелушения, однако при его возрастании увеличивается выход дробленого ядра, причем эта зависимость, как правило, нелинейно. Поэтому обрушивать семена при коэффициентах шелушения, резко повышающих выход дробленого ядра, не рекомендуется.

Качественная сторона процесса характеризуется коэффициентом цельности ядра (качественный показатель) [24]:

$$K_{ц.я.} = \frac{K_2 - K_1}{(K_2 - K_1) + (D_2 - D_1) + (M_2 - M_1)},$$

(1.2)

где  $K_{ц.я.}$  – коэффициент цельности ядра,

$K_2 - K_1$  – разность в содержании целого ядра в продукте после обрушивания и до него, %;

$D_2 - D_1$  – разность в содержании дробленных ядер в продукте после обрушивания и до него, %;

$M_2 - M_1$  – разность в содержании муки в продукте после обрушивания и до него, %.

Для суммарной количественно-качественной оценки процесса обрушивания можно применять формулу [24]:

$$E = B * 100 / K_{ш},$$

(1.3)

де  $E$  – эффективность процесса обрушивания,

$B$  – содержание целого ядра в рушанке, %

$K_{ш}$  – коэффициент обрушивания.

Все вышеперечисленные показатели зависят от многих факторов, влияющих на технологическую эффективность обрушивания. На эффект обрушения влияют влажность семян, толщина оболочки, величина воздушной прослойки между ядром и оболочкой, прочность связи оболочки с ядром, направления приложения внешних сил и др.

Таким образом, анализ основ технологии производства растительного масла показал существенное влияние физико-механических и технологических свойств объекта переработки на эффективность процесса, и сложность технологической схемы, что должно учитываться при разработке перспективных технологий и машин для обрушивания, а также обоснования их параметров.

## 1.2 Обзор существующих машин для обрушивания

В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом ведется большая работа по разработке надежных и эффективных конструкций машин для обрушивания масличных культур. Новая машина должна не просто копировать технологическую схему существующих конструкций или составлять изменения их отдельных конструктивных элементов, а представлять собой качественно новый

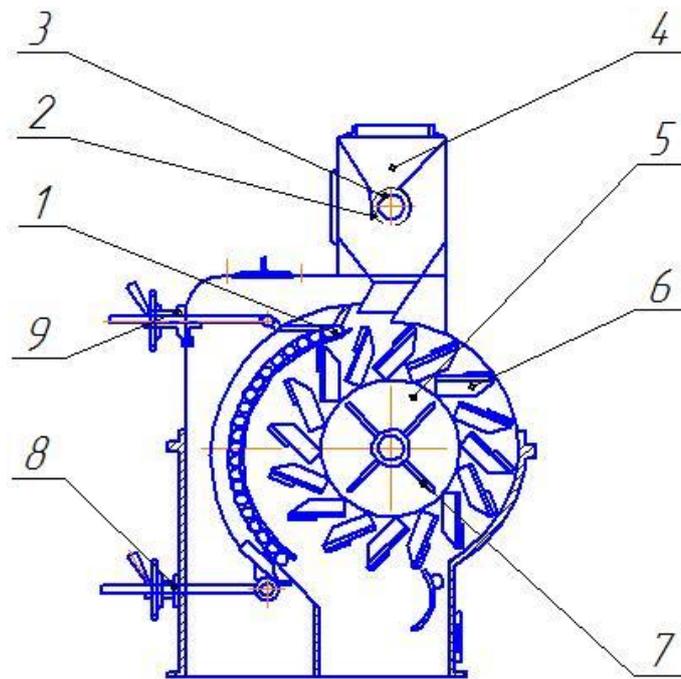
производственный процесс, при котором предъявленные к нему требования должны выполняться более качественно и с более высокими технологическими и экономическими показателями.

Исходя из анализа существующих способов обрушивания, рассмотрим машины [1, 14-19, 23-36].

Бичерушка МРН, представленный на рисунке 1.2, включает в себя три основных узла: питающее устройство, бичевой барабан и деку станины.

Рабочими органами бичерушки являются бичевой барабан 5 и дека 1. На горизонтальном валу укреплено два или три диска со ступицами. Для придания жесткости дискам с обеих сторон их приварены ребра 7. на наружной кромке диска расположено 16 пар уголков под углом  $55^\circ$  к осевой линии. К этим уголкам при помощи болтов прикреплены бичи 6. каждый бич представляет собой прямоугольник размеров  $972 \times 100$  мм, изготавливаемый из стали марки Ст3. Вся эта система называется бичевым барабаном, которому при работе сообщается вращательное движение.

Для нормальной работы бичерушки окружная скорость бичевого барабана (считая по наружной кромке бичей), как установлено практикой, должна быть в пределах 2...26 м/с.



1-дека, 2-заслонка питателя, 3- питающий валик, 4- бункер, 5- бичевой барабан,  
 6-бичи, 7- ребра жесткости, 8- нижний регулировочный механизм, 9- верхний регулировочный механизм.

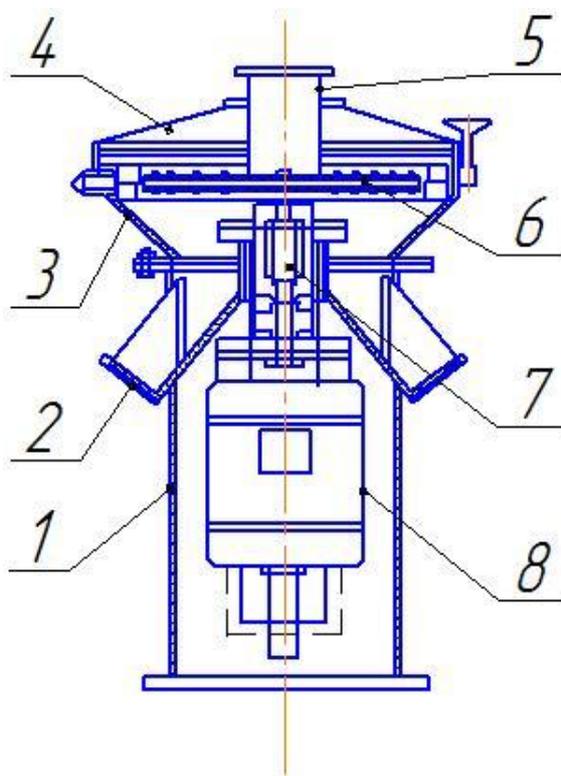
Рисунок 1.2 – Бичерушка МРН

При помощи регулировочных механизмов можно изменять расстояние между декой и бичевым барабаном в пределах от 8 до 80 мм

Работа бичерушки осуществляется следующим образом. Семена поступают в питающий бункер, валиком равномерно распределяются по длине барабана. Пройдя щель питающего бункера, семена попадают на бичи быстро вращающегося барабана; здесь они ударяются о них, и при достаточной окружной скорости происходит обрушение семян. Если окружная скорость недостаточна, то семена при встрече с бичами не обрушаются, но отбрасываются с большой скоростью на деку, где и происходит обрушение. В случае, если семена и при ударе не обрушились, они подвергаются повторны ударам бичей. Обрушенные семена

(ядро, сечка, лузга) и недоруж опускаются в нижнюю часть корпуса бичерушки и выводятся из машины.

Из-за того, что технологический процесс основан на многократном ударе семян о деку, в бичерушках образуется большое количество сечки и масляной капли. Поэтому были созданы принципиально новые машины для обрушения семян, использующие принцип однократного непрерывного удара в центробежном поле. К этому типу машин относятся семенорушки А1-МРЦ (рисунок 1.3) и РЗ-МОС (рисунок 1.4).

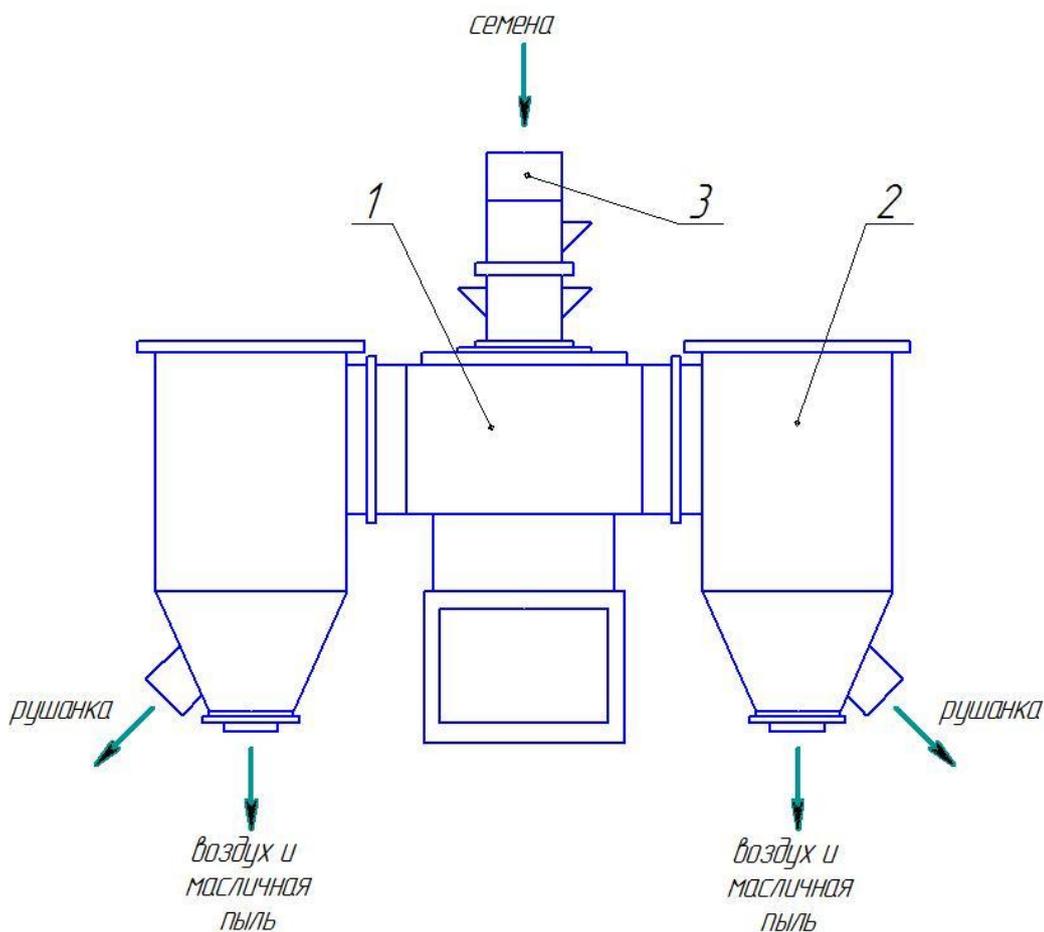


1- корпус, 2- патрубок, 3- дека, 4- крышка, 5- питатель, 6- ротор, 7- вал, 8- мотор-редуктор.

Рисунок 1.3 – Центробежная обрушивающая машина А1-МРЦ

В А1-МРЦ семена подают в цилиндрический питатель, закрепленный на крышке корпуса по оси ротора. Из питателя семена поступают в каналы ротора, под

действием центробежной силы они перемещаются с большой скоростью к деке. Вылетая из каналов, семена ударяются о деку, и их плодовая оболочка разрушается. Рушанка, отскакивая от деки, через патрубки удаляется из машины.



1- корпус машины, 2- циклон, 3- бункер.

Рисунок 1.4- Центробежная обрушивающая машина РЗ-МОС

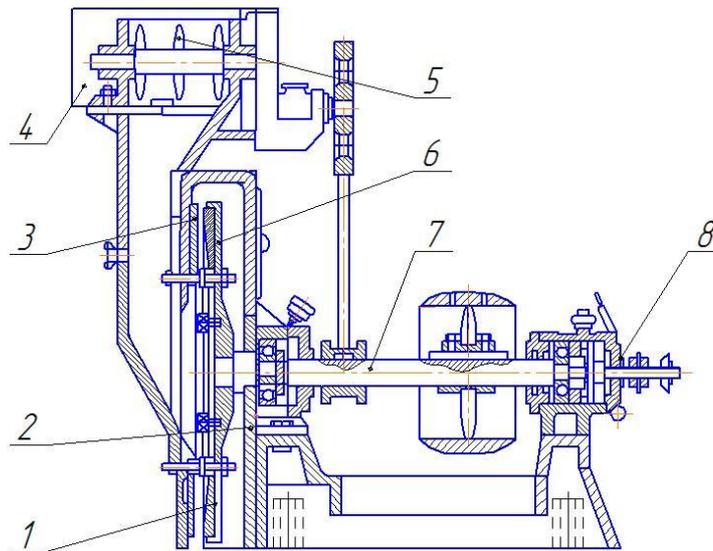
Работа центробежной обрушивающей машины РЗ-МОС происходит следующим образом. Семена поступают в бункер, опускаются вниз к решетке, где удаляются крупные примеси. Далее семена разделяются на два потока внутренним и наружным питателем. Внутренний питатель подает семена на ту часть ротора, которая направляет семена на нижнюю часть цилиндрической деки,

внешний питатель – на внешнюю ее часть. Конструкция верхней и нижней части цилиндрической деки устроена так, что обрушенные семена или рушанка направляются соответственно в верхнюю или нижнюю приемную часть машины. Полученная часть рушанки поступает в два циклона, в которых и происходит отделение рушанки от воздуха и масличной пыли за счет установки в них цилиндрических сит.

Таким образом, за счет мощного направленного однократного удара семени о деку в описанной машине образуется значительно меньше сечки и масличной пыли; кроме того, увеличивается производительность машины. Однако они имеют низкий процент извлечения ядра и малую универсальность из-за невозможности в целом регулировать процесс.

Разрушение оболочки хлопковых семян для извлечения их масличного ядра методом удара исключается вследствие высокой эластичности оболочки семян. Для этой цели в промышленности применяют способ разрезания в дисковых или в ножевых шелушителях.

Дисковый обрушиватель МШВ, представленный на рисунке 1.5, работает следующим образом. Семена, поступившие в приемный бункер, подаются в течку, по которой они подводятся в рабочее пространство между дисками. Благодаря вращению диска семена отбрасываются к периферии. Попадая между рифлями подвижных и неподвижных ножей, семена разрезаются и выбрасываются по периферии диска в кожух. Из кожуха рушанка отводится вниз для дальнейшей переработки.



1- нож подвижный, 2- кожух, 3- нож неподвижный, 4- регулировочная заслонка, 5- воршитель, 6- диск, 7- вал, 8- регулировочный болт.

Рисунок 1.5 - Дискový обрушиватель МШВ

По мере работы обрушивателя режущие вершины радиальных рифлей срабатываются, и работа машины ухудшается. Момент затупления рифлей ножей узнается по повышенной температуре кожуха, окружающего диски.

Дискový обрушиватель АС-900 (рисунок 1.6), изготавливаемый в Германии, по технологической схеме и принципу работы почти не отличается от вышеописанного обрушивателя. Однако конструктивно он значительно отличается от него.

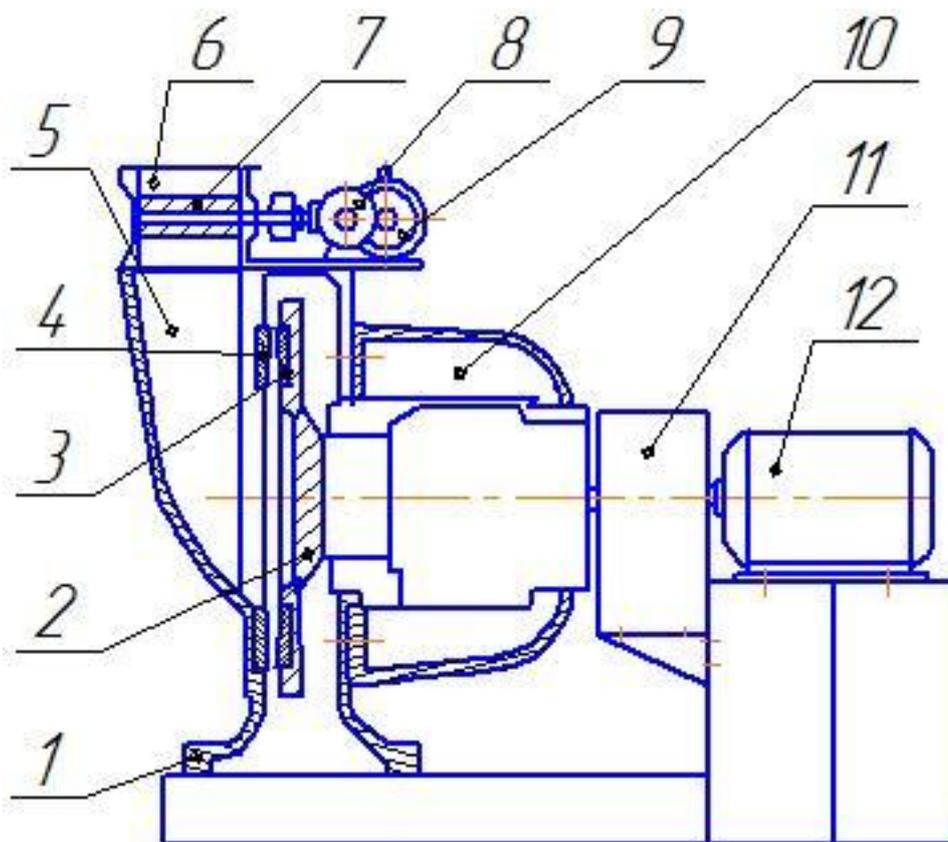


Рисунок 1.6 – Дисковый обрушиватель АС-900

Ножевой обрушиватель (рисунок 1.7) также рекомендуется применять для переработки тонковолокнистых сортов хлопчатника.

Ножевой обрушиватель состоит из питающего устройства, ножевого барабана и деки. Ножевой барабан имеет диаметр 596 мм и работает с окружной скоростью 29,6 м/с, поэтому для эффективной работы барабана необходима его тщательная балансировка. Балансировка ножевого барабана может осуществляться так же, как и барабана бичерушки.

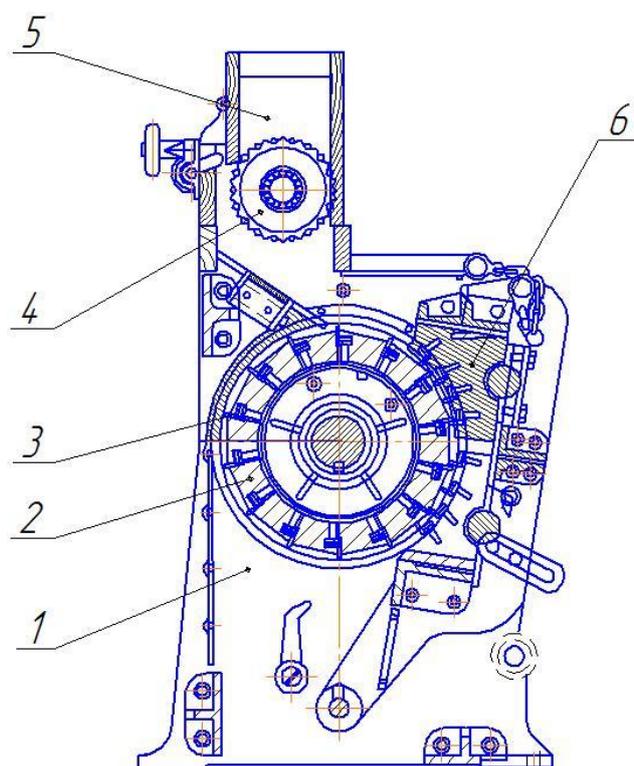


Рисунок 1.7 – Ножевой обрушиватель

Ножевой обрушиватель работает следующим образом. Поступающие в питающий бункер семена питающим устройством распределяются по длине ножевого барабана и попадают в щель между ножевым барабаном и декой. В этой щели семя подвергается воздействию ножей барабана и деки и разрезается. Разрезанные семена, пройдя щель между ножевым барабаном и декой, выбрасываются в выводное отверстие машины в виде рушанки.

Ножевой обрушиватель дает лучшие результаты по обрушиванию хлопковых семян, чем дисковый. Однако при попадании с семенами различных твердых предметов (камней, гаек, болтов) ножевой обрушиватель может выйти из строя, что является его существенным недостатком.

Дальнейшие исследования по обрушиванию подсолнечника в наибольшей степени получило аэрошелушение. Это

установки, где семя шелушится при помощи струи воздушного потока и в результате воздействия на перерабатываемый материал комплекса различных факторов; как перепад давления, разность скоростей движущихся семян, касательных сил и т.д., возникающих при обтекании продукта высокоскоростной (звуковой или сверхзвуковой) воздушной струей. К этой группе относятся различные типы аэрошелушильной установки; они характеризуются отсутствием движущихся рабочих органов.

Отличительной особенностью аэродинамических обрушивающих машин является то, что она дает возможность увеличить общий выход продукта, к тому же резко уменьшается выход недоруша и сечки. Они универсальны: есть возможность использования без изменения рабочих органов для обрушивания не только подсолнечника, но и зерна других различных культур. Кроме того, установки такого типа дают возможность обрушивать без предварительного деления семян на фракции по размерам. В этих установках предусмотрена возможность автоматического регулирования всех основных параметров (давления, количества сжатого воздуха и т.д.), в зависимости от физико-технологических свойств объекта переработки. Однако эти установки имеют очень весомый недостаток – это повышенные энергозатраты на процесс аэрошелушения (более чем в два с половиной раза превышающие затраты энергии по сравнению со стандартными технологиями). К тому же машины аэрошелушильного типа имеют сравнительно низкую производительность.

Последним достижением отечественной промышленности в

рассматриваемом направлении является создание аэрошелушильной установки АШМ-4, которая работает в совокупности с компрессором КСЭ-5М и ресивером В-0,5.

Основной недостаток установки - высокий расход энергии, превышающий в традиционных установках в 20-30 раз, т.е. на обрушивание 1 тонны затрачивается до 75 кВт/ч энергии. Кроме того у таких установок быстро изнашивается материалопровод и трубки смешивания.

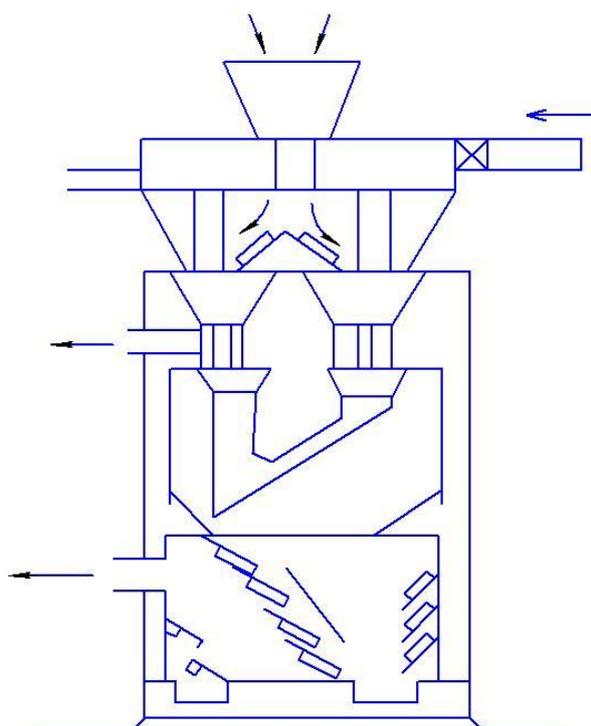


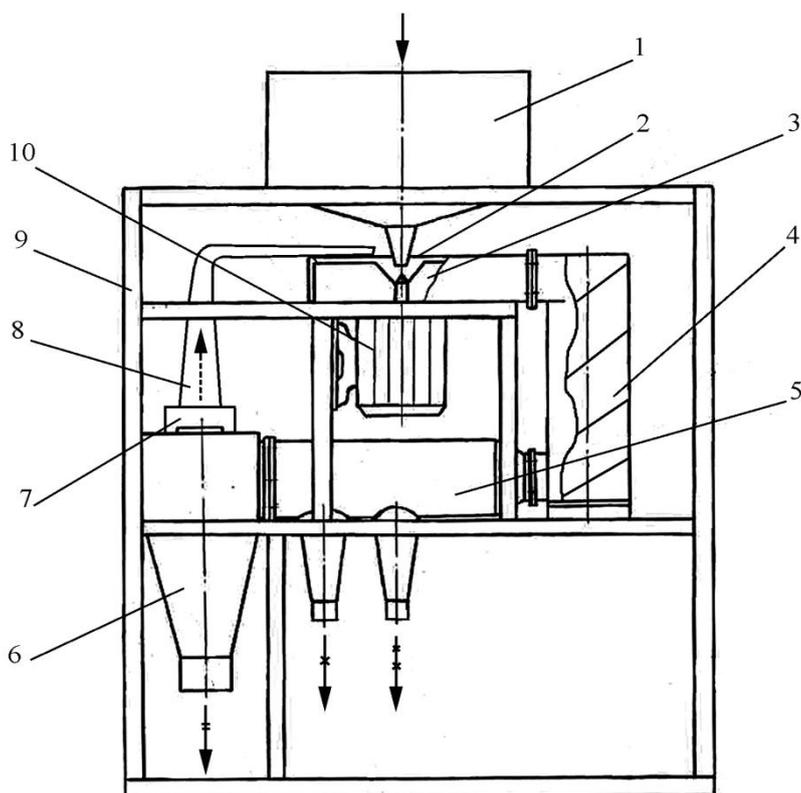
Рисунок 1.8 - Схема аэрошелушильной установки А1-АШМ-4.

Последнее направление развития машин для снятия плодовых оболочек основано на комплексном воздействии различных способов. Сюда относятся, в основном, установки комбинированного типа. Эта группа машин мало изучена. Очевидно, что они более эффективно используют

приложенную мощность, а также позволяют реализовать прогрессивные технологические схемы получения семян, которые дают возможность получать экологически чистый продукт. Кроме того, они более производительны и обладают большей эффективностью, компактны и универсальны.

К этой группе машин относятся последние разработки Казанского ГАУ – шелушители пневмомеханического типа (Рисунок 1.9), которые можно использовать для обрушивания маслосемян. Семена из бункера, попадая на лопасти вентилятора, разгоняются и ударяются о рабочую поверхность, затем по спиралеобразной поверхности шелушильной камеры перемещаются в сепаратор, где разделяются по фракциям. Наличие пневмосепаратора дает возможность убрать из технологической схемы семеновейку.

Недостатком пневмомеханических шелушителей является то, что здесь семена ударяются о рабочую поверхность деки под углом  $40...50^\circ$ . Тем самым только часть энергии удара затрачивается на разрушение плодовой оболочки семян.



1 - бункер; 2 - корпус вентилятора; 3 - лопасть вентилятора; 4 - вертикальная шелушительная камера; 5 - пневмосепаратор; 6 - циклон; 7 - фильтр; 8 - патрубок; 9 - рама; 10 - электродвигатель

Рисунок 1.9 - Шелушитель пневмомеханического типа

Анализ основных направлений развития семенорушек показывает, что они характеризуются большим разнообразием, значительно отличающихся как по способу обрушивания, так и по конструктивному оформлению.

Подводя итог вышеизложенному можно сделать заключение, что повышение эффективности переработки масличных культур, а в частности - подсолнечника, возможно за счет создания машин работающих на перспективных принципах комплексного воздействия рабочих органов на перерабатываемый материал.

### 1.3 Обоснование темы выпускной квалификационной работы

Исходя из проведенного аналитического обзора конструктивных и технологических основ обрушивания семян масличных культур, в частности, подсолнечника, конструкций отечественных и зарубежных обрушивателей и их рабочих органов, а также анализа выполненных исследований, можно сделать следующие выводы.

Важнейшим направлением совершенствования обрушивающих машин с целью повышения производительности, коэффициента обрушивания, коэффициента извлечения ядра и эффективности процесса следует считать применение комбинированных способов воздействия на семена.

Анализ структурной связи факторов, влияющих на

качество рушанки, показал, что она во многом определяется физико-механическими и технологическими свойствами семян, конструкцией рабочего органа, технологической регулировкой и режимом работы машины.

Выполненный анализ рабочих органов семенорушек, осуществляющих технологический процесс по различным схемам, свидетельствует о том, что существуют различные перспективные направления развития рабочих органов машин для обрушивания, которые требуют дальнейшего изучения как в теоретическом, так и в экспериментальном плане. На основании изложенного можно утверждать, что значительный интерес представляют комбинированные рабочие органы пневмомеханического типа, которые могут работать более эффективно, не требуя дополнительных операций по подготовке перерабатываемого материала. Однако практическое применение их в производстве сдерживается из-за недостаточной изученности таких конструкций.

Целью данной работы является совершенствования технологии переработки подсолнечника на основе разработки конструкции обрушивателя пневмомеханического типа.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Предлагаемая технологическая схема переработки семян подсолнечника

Существующая в настоящее время технологическая линия по производству подсолнечного масла включает в себя ряд мероприятий подготовки семян подсолнечника для

обрушивания.

Для сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств иметь такую технологическую линию не выгодно; очень много затрат на покупку оборудования, которые окупятся только через много лет. Кроме того, придется в несколько раз увеличить посевные площади подсолнечника.

Предлагаемая технология обрушивания семян подсолнечника очень выгодна даже для малого хозяйства, имеющего у себя элеваторно-складское помещение.

Существующая технологическая линия получения подсолнечного масла включает в себя: предварительную подготовку семян, очистку от минеральных, растительных и металлических примесей, фракционирование семян на две фракции, гидротермическая обработка. Далее семена обрушивают, рушанку подают на семеновейки для разделения очищенного ядра от других компонентов рушанки. Затем ядра измельчаются на вальцевых станках, проходят влаготепловую обработку в жаровнях. Далее идут либо на выжимку в форпресс, либо экстракцией получают растительное масло.

Новая технология обрушивания подсолнечных семян отличается тем, что в ней отсутствуют фракционирование семян на крупные и мелкие, и сепарирование рушанки происходит во время обрушивания. Таким образом, вместо трех операций в существующей технологии одна операция в предлагаемой технологии.

Обрушивание – один из основных, наиболее энергоемкий процесс переработки семени подсолнуха. Обрушивающая машина является ключевым звеном в технологической схеме производства по переработке, и от того, насколько эффективна установка, поскольку она производительна и экономична, зависят экономические показатели производства.

Другой важной операцией в процессе переработки семян подсолнечника является сепарирование, которая следует сразу после обрушивания семян. Сепарирование является трудоемким и сложным процессом, при котором необходимо разделить продукт обрушивания на лузгу, на ядра, на целые семена, сечку. Для сепарирования созданы различные множества машин, а которыми нужен уход, затраты энергии, трудовые затраты.

В данное время, в масложировой промышленности, существуют технологии переработки семян подсолнечника, которые предлагают наличие сепарирующей установки после каждой семенорушки. Это ведет к усложнению процесса переработки и к созданию дополнительных затрат. Такая технология возможна только для крупных перерабатывающих заводов с большими производственными площадями.

На современном этапе развития сельского хозяйства возникает большое количество фермерских хозяйств и малых предприятий. Для них существующая технологическая схема неприемлема, т.к. требует больших затрат и наличие больших производственных площадей.

В данной работе разработана другая технологическая схема переработки семян подсолнечника. Она исключает наличие сепарирующих машин путем создания новой

обрушивающей установки, которая вместе с обрушиванием выполняет операцию разделение зерна на необходимые фракции.

Наличие функции сепарирования при отсутствии самой сепарирующей машины дает уменьшение затрат энергии, трудовых затрат, тем самым повышает производительность и экономичность самого технологического процесса. Новая технология отличается еще и тем, что в ней отсутствует предварительная разбивка семян по фракциям на крупные и мелкие. Разрабатываемая конструкция позволяет обрушить семена подсолнуха различных сортов и размеров.

Таким образом, вместо трех операций в предлагаемой технологии представлена только одна, которая позволяет экономить трудовые и энергетические средства.

Другой важной целью создания гидropневматической установки послужило повышение качества получаемой продукции.

При традиционном методе обрушивания происходит снижение масличности из-за повышенной дробимости ядер. При существующей технологии коэффициент извлечения ядра очень низок из-за механических повреждений при шелушении и сепарировании. Также масличность снижается из-за контакта лужки с масличной пылью.

Все эти потери сводятся к минимуму при работе с предлагаемой технологией и разработанной установкой.

Также этот способ наиболее экологичный, по сравнению с существующими, из-за отсутствия производственной пыли.

Технология переработки семян масличных культур начинается с поступления на маслозаводы от

заготовительных организаций или непосредственно от сельского хозяйства. Планы поставок масличных семян должны быть построены таким образом, чтобы рационально использовать оборудование и складские емкости предприятий масложировой и заготовительной промышленности с целью улучшения качества семян и содержащихся в них ценных природных веществ (масла, белка и т.д.) в процессе послеуборочной обработки.

При заготовке масличных семян очень важно соблюдение передовых методов уборки и послеуборочной обработки; например немедленная подача семян от комбайнов без промежуточного хранения на послеуборочную обработку (сушку, очистку и т.д.)

На заготовительные пункты и масложировые предприятия, выполняющие такие же функции. Как правило, маслодобывающие предприятия имеют элеваторно-складское хозяйство, функции которого сводится к следующим:

- оценка каждой прибывшей партии по весу и качеству;
- определение необходимости той или иной обработки;
- организация и формирование крупных однородных по качеству и свойствам семян;
- определение целевого назначения каждой партии в зависимости от ее состояния и режимов обработки;
- снабжение предприятий масличными семенами без задержек;
- прием масличных семян от заготовительных организаций, коллективных предприятий без потерь;
- сохранение и улучшение качества семян в процессе подготовки и хранения;
- размещение каждой партии семян в хранилищах

согласно качеству и свойствам.

Для семян подсолнечника, идущих на переработку оптимальная влажность составляет 8%, тогда как влажность семян оптимальная для хранения 6-7%. В период уборки поступают в короткие сроки, большие массы семян разнокачественных по влажности; сортности, зрелости, неустойчивых в хранении. В таких семенах могут очень быстро возникать процессы заплесневения и самосогревания, что ведет к потере сухого веса и снижению качества семян и содержащегося в них масла.

Свежеубранные семена имеют ряд особенностей: процесс накопления сухого вещества в основном закончен. Кислотное число масла в семенах небольшое и при благоприятных условиях остается на том же уровне или даже уменьшается: влажность семян уменьшилась, но еще достаточно высокое и больше критической. Семена значительно отличаются по влажности в зависимости от расположения их в соцветии; активность ферментного комплекса во много раз выше, чем у полностью созревших семян. Интенсивность дыхания достаточно высока:

- всхожесть семян очень низка;
- при создании соответствующих условий такие семена способны к дозреванию, т.е. завершению процессов синтеза и стабилизации качества.

Основным требованием современной технологии послеуборочной обработки свежесобраных семян является максимально быстрое доведение семян любой влажности и засоренности до состояния, обеспечивающего нормальное протекание процесса послеуборочного дозревания и последующего безопасного хранения.

Принципиальная схема предлагаемой технологической линии послеуборочной обработки семян подсолнечника представлена на рисунке 2.1.

Сначала семена оцениваются предприятием по качеству и количеству. От каждой партии семян отбирают пробы. Анализируются лабораторией влажность, сорность и другие показатели по ГОСТу.

Семена подсолнечника, поступающие на переработку на предприятие, представляют собой смесь, состоящую из семян основной культуры и различных примесей. Все примеси в маслосеменах делятся на сорные (минеральные и органические), масличные и металлические.

Минеральные примеси, являясь источником распространения грибных и плесневых микроорганизмов, способствуют самосогреванию семян при хранении. Засоренность семян, поступающих непосредственно в производство, отрицательно влияет на качество продукции, повышает потери масла, увеличивает износ оборудования и уменьшает его производительность.

Очистка семян от примесей основывается на различии физических свойств семян масличной культуры и примесей. Примеси отличаются от семян по размерам и форме, плотности, аэродинамическим и магнитным свойствам.

Транспортировка семян  
от поставщиков

Отбор проб и

1.

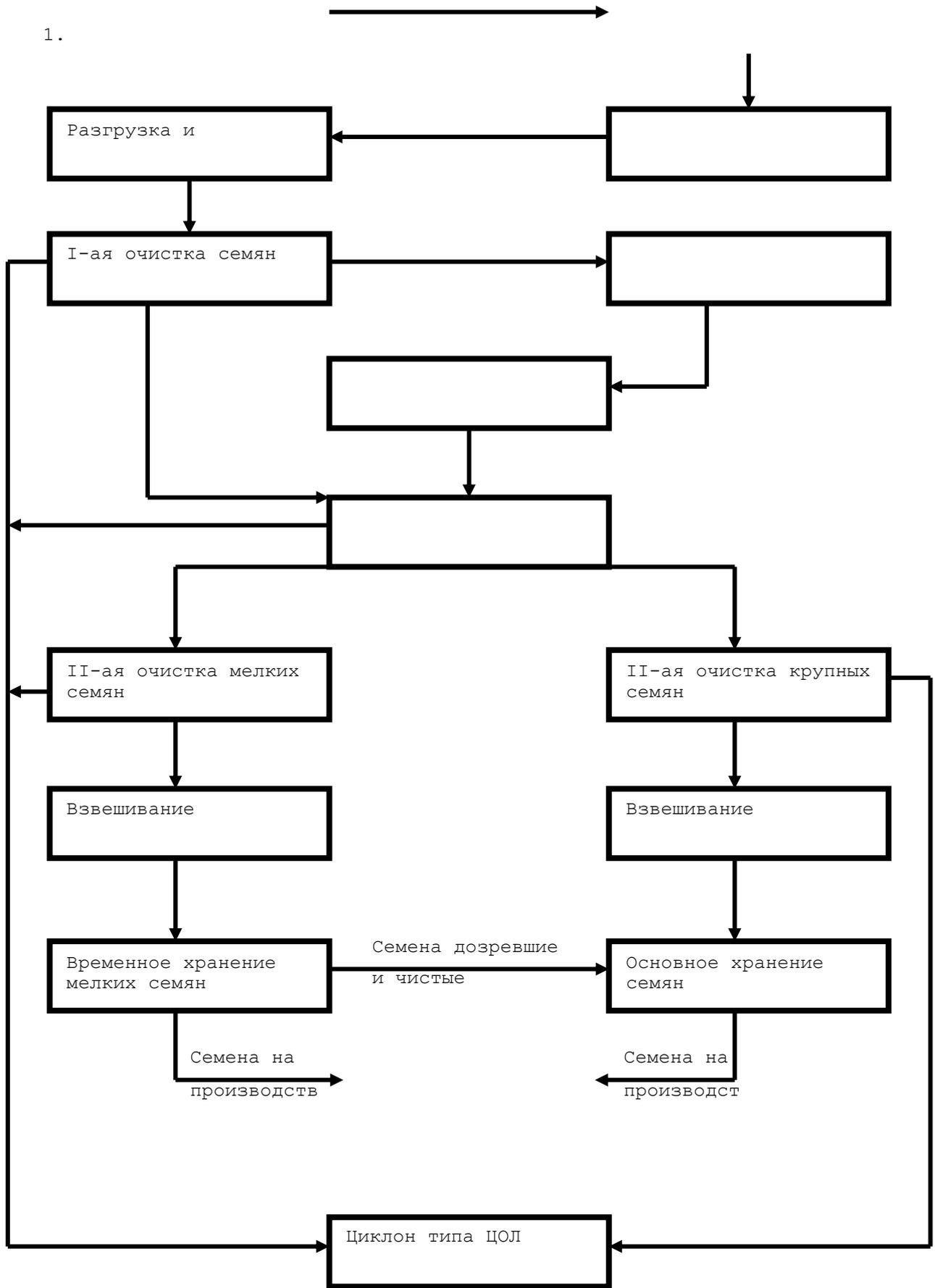


Рисунок 2.1 – Предлагаемая технологическая схема переработки семян подсолнечника.

В настоящее время для очистки семян от примесей наибольшее распространение получили воздушно-ситовые сепараторы. В сепараторах разделение смеси семян и примесей производится путем просеивания на ситах и одновременного продувания их воздухом. Кроме того, в сепараторах происходит улавливание ферромагнитных примесей при помощи постоянных магнитов.

Съем сора при очистке семян подсолнечника на сепараторах типа А1-ВИС-100 составляет  $50 \div 70\%$ . Воздух, отсасываемый аспирационными сетями сепараторов, содержит большое количество минеральной и органической пыли и поэтому подвергается очистке в циклонах. Эффективность пылеотделения батарейных циклонов достигает  $97 \div 98\%$ . Содержание сора в окончательно очищенных семенах не должно превышать  $0,5\%$ . После этого в зависимости от влажности проводится их сушка в шахтных или барабанных сушилках.

Тепловая сушка семян считается начальной стадией технологического процесса переработки масличного сырья. Для сушки семян подсолнечника применяют зерносушилку ДСП-32.

После очистки и сушки семена закладывают на краткосрочное или долгосрочное хранение. Конструкция обеззараженного хранилища не должна допускать попадания влаги и утечки семян. Организация хранения семян – важный этап работы маслоцеха. Неумелое хранение семян может привести к их порче. Порча в свою очередь

приводит к потерям семян и содержащегося в них масла.

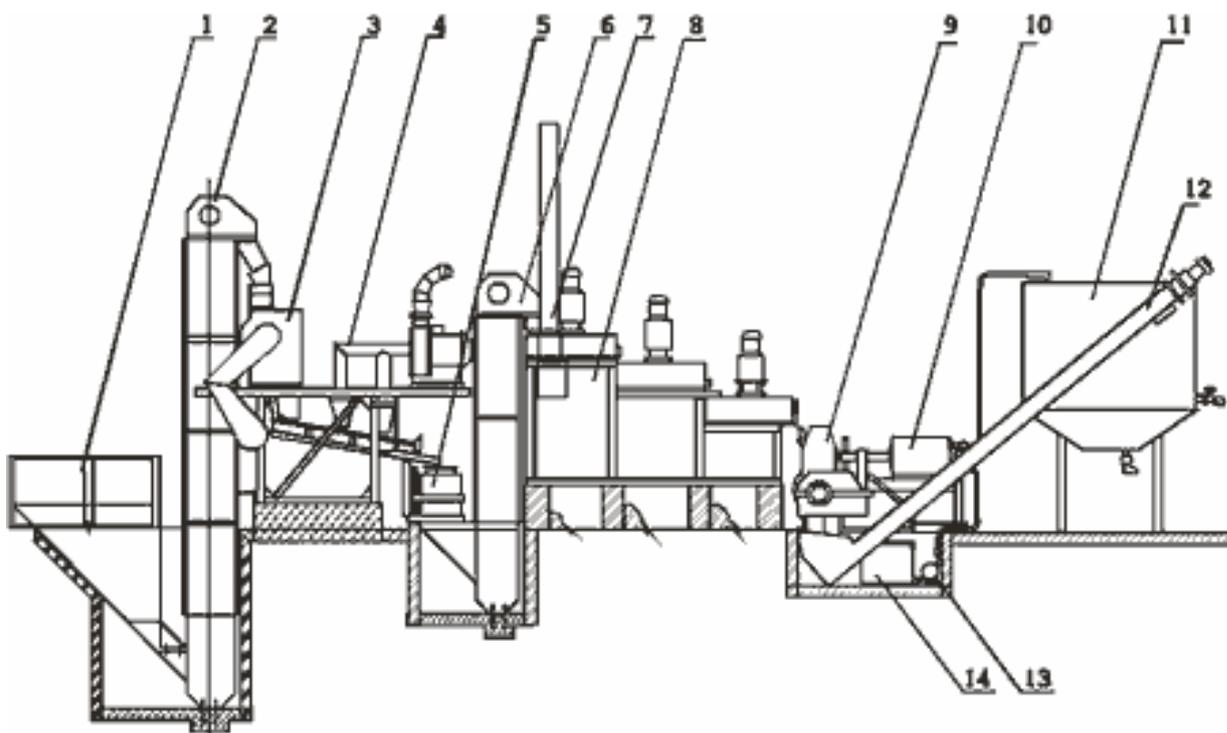
Правильная организация и рациональная технология хранения масличных семян позволяет не только сохранить их без потерь, но и сформировать партии семян для наиболее эффективной переработки, обеспечить при наименьших затратах наибольший выход масла.

В хозяйстве семена подсолнечника хранятся в складском помещении. Для сохранения семян и поддержания влажности в складе в пределах 6 - 7 %, их постоянно вентилируют, сушат. Кроме того, необходимо принимать меры, направленные на снижение активности грызунов, насекомых и вредителей.

Для вентилирования семян в складе применяют стационарную трубную установку и вентилятор ВМ-200.

Затраты на хранение семян подсолнечника превышают в 2-3 раза аналогичные расходы на зерновые культуры.

С хранения или сразу после сушки семена передаются на фракционирование, где они разделяются на мелкую, среднюю и крупную фракцию полностью созревших, хорошо выполненных семян. Откалиброванные семена направляются на повторную сушку и после этого высушенные и откалиброванные семена каждой фракции по отдельности подаются на линию отжима растительного масла (Рисунок 1.2).



1 - бункер загрузочный; 2 - нория загрузочная; 3 - семенорушка; 4 - сепаратор; 5 - станок вальцевой; 6 - нория загрузки жаровен; 7 - труба дымовая; 8 - блок жаровен; 9 - пресс; 10 - пресс-фильтр; 11 - бак для отстоя масла; 12 - конвейер выгрузной; 13 - насосная установка; 14 - маслосборник.

Рисунок 2.2 - Предлагаемое технологическое оборудование

По технологии семени, из загрузочного бункера посредством нории подаются на семенорушки. Основными составными частями маслосемян являются ядро и оболочка. Оболочка семян подсолнечника называется лузгой. Одним из основных процессов, обеспечивающих отделение лузги от ядра, является обрушивание. При этом получается смесь, называемая рушанкой, которая состоит из целого ядра, лузги, сечки, масличной пыли, целых и не полностью обрушенных семян (недоруша). Количественное соотношение между этими компонентами различно в зависимости от вида перерабатываемых семян, их параметров (размера и влажности), условий подготовки к переработке, а также типа применяемого оборудования. При обрушивании семян подсолнечника на бичевых рушках типа МРН содержание недоруша и целых семян в рушанке не должно превышать 25%, сечки - 15%, масличной пыли -

15%.

После обрушения семена направляются на сепарацию продукта, которая осуществляется аспирационными семеновейками типа М1С-50. Пыль и шелуха, а также отходы после очистки, удаляемые системой аспирации, осаждаются в циклоне типа ЦОЛ и, затем направляются на утилизацию. Оболочка выводится из производства, ядро направляется на измельчение, недоруж и целые семена поступают на повторное обрушивание.

Далее производится измельчение ядра. Качество измельченного ядра в значительной мере влияет на выход масла. На качество измельчения ядра существенное значение оказывает влажность сырья.

Максимальное разрушение ядра происходит при влажности 5-6%.

Измельчение в производстве растительных масел играет важную роль, так как оказывает большое влияние на выход масла и производительность основного оборудования.

Главной задачей измельчения ядра семян является максимально возможное разрушение клеточной структуры для выделения масла, а также придание материалу определенного внешнего вида, оптимального для последующих технологических операций. При измельчении ядер семян подсолнечника образуется продукт, называемый мяткой.

Масло в мятке распределено в виде тончайших пленок на поверхности частиц измельченного ядра и удерживается на ней силами молекулярного взаимодействия. Для уменьшения этих сил и облегчения отделения масла в технологии применяется операция влаготепловой обработки

мятки, так называемое жарение.

Влаго-тепловая обработка осуществляется в специальных аппаратах - жаровнях. Продукт, полученный после жарения мятки, называется мезгой.

При жарении мятки достигается следующее:

оптимальные условия для отжима масла;

оптимальная пластичность мезги для брикетирования жмыховой ракушки;

достаточная упругость мезги для развития трения между частицами и создания высокого давления;

снижение вязкости масла для улучшения его вытекания;

инактивация ферментной системы мятки.

В промышленности жарение мятки осуществляется в два этапа. На первом этапе производится увлажнение и нагревание мятки путем добавления воды, а затем пропаривание и доводка влажности и температуры до оптимальных величин. Второй этап - высушивание увлажненной мятки с созданием оптимальной структуры и с доведением ее влажности и температуры до оптимальных величин для прессования. В результате высушивания материала в заданных условиях (высота слоя, тепловой режим жаровни и ее аспирация) происходит образование структуры материала, необходимой для его прессования.

В промышленности подготовку мезги из ядра семян подсолнечника производят в шестичанных жаровнях типа Ж-68. Сначала мятку увлажняют насыщенным паром до  $8 \div 9\%$  и нагревают до  $80 \div 85$  °С, а затем подвергают тепловой обработке в жаровне с доведением влажности до  $2.0 \div 1.5\%$  и температуры до  $115 \div 120$  °С. Продолжительность жарения составляет  $40 \div 45$  мин.

Движущей силой процесса отжима масла является развиваемое в прессе давление. Глубина отжима зависит от характера нарастания давления, максимального его значения и продолжительности пребывания материала под давлением.

Исходный масличный материал (мезга), поступающий в пресс, представляет собой сыпучий пористый продукт. При всестороннем сжатии под действием прилагаемого давления происходит отделение жидкой части (масла) и сплавление твердых частиц материала с образованием брикета (жмыха).

Для извлечения масла из мезги применяют механический отжим масла, называемый прессованием. В настоящее время в масложировой промышленности для извлечения масла из семян масличных культур прессовым способом широкое распространение получили шнековые прессы различных конструкций (ПШМ-250, МП-68).

В зависимости от создаваемого давления шнековые прессы делятся на прессы неглубокого съема масла (форпрессы) и прессы глубокого съема масла (экспеллеры).

Прессы для неглубокого съема масла применяют в технологической схеме "форпрессование-экстракция" и в схеме "двукратного прессования" для предварительного съема масла. Прессы глубокого съема масла применяются в схеме "двукратного прессования" для окончательного отжима масла и в схеме "однократного прессования".

Масло, отжатое из мезги, собирается в поддоне, отжатая масса (жмых) накапливается в специальном бункере. Для очистки масла от крупных взвесей применяют

отстаивание.

Для удаления тонкодисперсных частиц применяют первичную очистку и фильтрацию масла. Первичная очистка масла предусматривает удаление из него механических примесей и осуществляется непосредственно после его извлечения без значительного разрыва во времени между стадиями получения и очистки.

Механические примеси попадают в масло при его получении и представляют собой твердые частицы маслосодержащего материала. Длительный контакт их с маслом снижает качество и биологическую ценность масла, ухудшает органолептические свойства. Также возникают затруднения на последующих стадиях переработки.

Механические примеси состоят из частиц мезги и жмыха, величина которых колеблется в широких пределах - от нескольких миллиметров до  $2 \div 4$  мкм, а их содержание может быть от 2 до 10%.

Механические примеси находятся в масле в виде полидисперсных суспензий. Удаление из масла механических примесей относится к проблеме разделения суспензий.

Первичная очистка масла проводится в две стадии: первая - предварительная очистка - предназначенная для удаления более крупных частиц, вторая - тонкая - для удаления более мелких частиц.

Для разделения суспензий используются методы отстаивания и фильтрации. Отстаивание применяется для удаления из масла крупных примесей. Для отделения грубых примесей применяют механизированные гущеловушки. Механические примеси оседают на дно ловушки, а затем

скребками выводятся наружу. Содержание механических примесей после очистки составляет  $0.3 \div 0.5\%$ .

Фильтрация является широко используемым способом удаления тонкодисперсных частиц. Сущность его заключается в пропускании масла через достаточно тонкую пористую перегородку. Масло проходит через поры фильтрующего материала, а взвешенные частицы, размер которых больше размеров пор, задерживаются на его поверхности.

В качестве фильтрующей поверхности используется фильтрткань – бельтинг или тонкие металлические сетки. Для увеличения периода работы фильтра и обеспечения удаления из масла тонкодисперсных частиц в него добавляют небольшое количество различных дренажных материалов, например, природных глин.

В промышленности для фильтрации масла широко используются фильтрпрессы или пластинчатые фильтры. Производительность  $1\text{ м}^2$  фильтрующей поверхности при температуре  $800\text{ С}$  составляет  $60 \div 70\text{ кг/час}$ . Содержание нежировых примесей после фильтрации до  $0.05\%$

Наиболее совершенным способом очистки масла от мелких частиц, является осаждение в центробежном поле. Для очистки масла этим способом применяют центрифуги, называемые сепараторами.

В состав масла входят такие вещества как воски, жирные кислоты, фосфатиды. Эти вещества влияют на качество масла.

Для удаления из масла сопутствующих веществ применяют рафинацию. В связи с попаданием в масло ядохимикатов появилась новая задача: обеспечить полное

удаление этих веществ из масла. Для этого применяется прием дезодорации.

В зависимости от глубины очистки и целевого назначения масла растительные подразделяются на следующие виды: нерафинированные (очищенное от механических примесей), гидротированные (вывод фосфатидов), рафинированные (выведены фосфатиды, жирные кислоты, красящие вещества), рафинированные дезодорированные (выведены ароматические и вкусовые вещества, а также пестициды и канцерогенные вещества).

При переработке семян подсолнечник, кроме основных операций (обрушивание семян и отделение ядра от лузги) в технологическую схему включается ряд операций, обеспечивающих снижение потерь масла в производстве и повышение его качества. Для этой цели предусматривается операция по контролю: ядра, с целью уменьшения его лузжистости до 3%; лузги для снижения ее масличности до 2,5–2,8%; недоруша, с целью выделения из него ядра и лузги для повторного обрушивания; перевея, с целью разделения его на фракции.

## 2.2 Технологические расчеты

### 2.2.1 Определение усилий разрушения при традиционной обработке

Для определения степени сжатия мезги необходимо знать объем имеющийся мезги и сжатой мезги.

Объем имеющейся мезги определяется по формуле:

где  $V_1$  - объем зерновой камеры, м<sup>3</sup>

$V_2$  - объем занимаемый валом и витком, м<sup>3</sup>

—

Степень сжатия мезги определяется по формуле

—

где  $V_3$  - свободный объем мезги (объем 1 камеры);

$V_4$  - объем 4 камеры, м<sup>3</sup> ;

—————

Объем 4 камеры определяется аналогично объему свободной камеры.

### 2.2.2 Определение удельного давления

Зависимость между действующим давлением, влажностью и степенью сжатия мезги определяется эмпирическим уравнением.

—————

где  $K$  - опытный коэффициент зависящий от температуры и влажности мезги;

$\sigma$  - степень сжатия мезги;

$\ln$  - основание натурального логарифма;

$W$  – влажность сжимаемой мезги, %;

Давление каждой последующей камеры определяется аналогично.

### 2.2.3 Теоретическое обоснование ударного воздействия.

В зависимости от физико-механических свойств семян, свойств и состава отдельных морфологических частей семени выбирается метод обрушивания. Известно много методов обрушивания масличных семян, основанных на следующих принципах или их сочетаниях: резание, скалывание, сжатие; разрушение оболочки ударом или трением.

Проводятся исследования по разработке и использованию в промышленности методов «мгновенного» сброса избыточного давления воздуха или пара, создаваемого в замкнутом пространстве; циклических изменений давления газовой, паровой или жидкой среды на оболочку семян; разрушение оболочки в потоке газа, движущегося со сверхзвуковыми скоростями (аэрошелушение); использование электродинамического эффекта в водной среде.

Как показывают исследования, величина усилий зависит от многих факторов, которые можно подразделить по крайней мере, на две основные группы: факторы, определяемые физическими, структурно-механическими, химическими свойствами семян и их морфологических частей; и факторы, определяемые характером приложения

нагрузок и направлением приложения сил. При разрушении масличных семян внешние силы могут действовать вдоль длины, ширины, толщины семени или в любом другом направлении, что во многом определяется ориентацией семени в момент воздействия нагрузки.

Основными механическими свойствами оболочек масличных семян, имеющих первостепенное значение при выборе метода обрушивания, являются прочность, упругость и пластичность. Под прочностью семян понимается величина нагрузки, при которой происходит разрушение оболочки до первого надкола или до полного ее разрушения. Упругость ( $Y$ ), пластичность ( $\Pi$ ), общая деформация ( $f$  общ.) выражаются формулами: [19]

$$Y = \frac{f_{упр}}{f_{пл}} ;$$

(2.4)

$$\Pi = \frac{f_{пл}}{f_{упр}} ;$$

(2.4)

$$f_{общ} = f_{упр} + f_{пл}$$

(2.6)

где  $f_{упр}$  - упругая деформация

$f_{пл}$  - пластическая деформация

Оболочка семян подсолнечника имеет довольно хрупкую оболочку, причем оболочка семян подсолнечника имеет волокнистое строение и легко раскалывается вдоль волокон. Поэтому их обрушивание основано на действии удара и осуществляется до настоящего времени, в основном, в бичевых и центробежных семенорешках. Прочность оболочек масличных культур существенно

зависит от их влажности, например, для семян подсолнечника величина максимальной удельной работы разрушения относится к влажности 14,1%, при меньшей влажности она существенно понижается. Существенное влияние влажность семян оказывает и на упругопластические свойства оболочек. С увеличением влажности семян подсолнечника уменьшается упругость и увеличивается пластичность оболочек. В связи с этим семена перед подачей в производство конденсируются по влажности до оптимальных параметров.

На физико-механические свойства семян оказывает влияние и такой фактор, как предварительное прогревание. Так по исследования Демина И.В., при прогревании семян подсолнечника до 50<sup>0</sup> С прочность их оболочек снижается на 15-20% по сравнению с прочностью непрогретых семян.

Как известно, селекция подсолнечника на высокую масличность семян привела к затруднениям при их обрушивании, связанными прежде всего с уменьшением воздушной прослойки между ядром и оболочкой. Низкомасличные семена имели достаточную воздушную полость между ядром и оболочкой, поэтому усилия разрушения воспринимались в основном лузгой. Высокомасличные семена имеют менее хрупкую оболочку, менее хрупкое ядро и меньшую воздушную прослойку между ядром и оболочкой. При обрушивании таких семян усилия разрушения воспринимаются и оболочкой и ядром.

В какой степени линейные размеры семян высокомасличного подсолнечника влияют на величину прочности связи между лузгой и ядром, видно из

следующего примера [19]. При толщине семян 2-2,5 мм усилие отрыва лузги от ядра по наибольшему периметру семени (разрезание лезвием бритвы плодовой оболочки по всему периметру ребра) в среднем составило  $49,6 \times 10^{-3}$  кгс, при толщине 3,5-4,5 мм составило  $23,7 \times 10^{-3}$  кгс и при толщине семян 5,1-6 мм усилие отрыва приближалось к нулю. Таким образом мелкие семена, имея более тонкую оболочку, дают первый надкол при нагрузках в 1,4 раза меньших, чем крупные. Однако для полного разрушения их оболочки и отделения ее от ядра требуется усилия в 1,7 раза больше, чем для крупных.

Величина разрушающей нагрузки у семян высокомасличного подсолнечника в сильной степени зависит от направления действия силы и колебания внутри семенной массы в широких пределах.

При статической нагрузке вдоль трех осей семян установлено, что наименьшее усилие для разрушения оболочки до первого надкола требуется в направлении наибольшей оси – по длине семени. Максимальное усилие требуется вдоль наименьшей оси по толщине семени. По данным исследования В.В. Белобородова по длине 116 Дж/кг, по ширине 217 Дж/кг, по толщине 340 Дж/кг.

Результаты проведенных исследований были положены в основу разработки метода и конструкции обрушивающих машин. Наибольшее распространение в промышленности имеют методы, основанные на ударе, при этом различают методы многократного и однократного удара. При достаточной силе удара оболочка разрушается, и затем в момент разрыва составных частей семени от рабочего происходит их разделение.

Метод многократного удара реализован в бичевых семенорушках, в которых обрушивание семян осуществляется вращающимися и расположенным по образующим бичами, пересекающими поток семян. При этом происходит удар. После первого удара уцелевшие семена и составные части обрушенных семян ударяются о деку и снова ударяются о бичи.

При многократном ударе вариация прочности семян отрицательно сказывается на качестве получаемой рушанки. При первом ударе обрушивается только часть семян, что приводит к образованию из их ядра сечки и масляной пыли при последующих значительных по силе ударах одновременно измельчается и обмасливается лужга этих и еще целых семян. В результате второго удара обрушивается еще часть семян, что приводит к дополнительному обмасливанию лужги и семян, а также к увеличению количества сечки, масляной пыли и т.д.

Семена в бичевую обрушивающую машину подаются питателем широким потоком, без ориентации какой-либо одной своей осью к рабочему органу – бичу. В этом случае даже семена одинаковой прочности обрушиваются с разной эффективностью. Семена после первого удара о бич получают различные импульсы вследствие различных окружных скоростей соответствующих точек бича, на которые попадают те или иные семена. При этом семена проходят разную длину пути от бича до деки, что при наличии воздушного потока еще больше увеличивает разницу между скоростями их движения.

Направление удара семян о колосники деки значительно изменяется. Кроме этого, направление осей семени при

ударе о деку может быть самым различным. Все это приводит к неодинаковой эффективности обрушивания.

Таким образом, ни направление удара, ни ориентация семян, ни сила удара, ни количество ударов не является постоянным или определенным. Это позволяет процесс обрушивания многократным ударом на бичевых обрушивающих машинах квалифицировать как стахаотический (неорганизованный).

Отмеченные недостатки вытекают из сущности метода и обусловлены конструкцией рабочих органов бичевых машин. К основным недостаткам можно отнести следующие:

- низкая производительность и неэффективное использование рабочих органов - при наличии 16 бичей, подача семян осуществляется одновременно только на один бич;

- машины имеют длинный рабочий такт, что ведет к дополнительному измельчению ядра и обмасливанию лузги;

- машины имеют низкую производительность, высокий расход электроэнергии и большой расход металла.

Несмотря на эти недостатки, при переработке семян низкомасличного подсолнечника бичевые семенорушки обеспечивали получение рушанки удовлетворительного качества: содержание целых семян и недоруша до 10%, масличной пыли до 8%, масличность отходящей лузги не более чем 0,5% от ботанической. При переработке семян высокомасличного подсолнечника показатели резко ухудшились.

Метод многократного удара был разработан для обрушивания семян низкомасличных сортов подсолнечника, у которых оболочка легко раскалывается вдоль волокон, и

имеет значительный зазор между прочным ядром и хрупкой лузгой. А у семян высокомасличного подсолнечника оболочка трудно раскалывается и зазор очень маленький между эластичной лузгой и сравнительно пластичным ядром, содержащий большой процент масла, легко выделяющегося при механических воздействиях. Для этих семян многократного удара оказалось недостаточно эффективным.

Метод однократного направленного вдоль длинной оси семени, удара учитывает особенности структурных и упруго-пластических свойств семян высокомасличного подсолнечника, в частности наименьшее сопротивление оболочки удару вдоль длинной оси семени.

Сущность метода заключается в том, что семена, получив ускорение на центробежном вращающемся диске с направляющими каналами, ударяются о деку острым или тупым концом семени, т.е. получают удар по наиболее слабому направлению – вдоль длинной оси семени, что в основном обеспечивает лучший эффект обрушивания, который усиливается организованностью и кратковременностью процесса.

В результате решения уравнения движения семени на вращающемся диске с радиальными каналами получены следующие конечные решения:

$$Z \approx \sqrt{f^2 + 1} - f \quad (2.7)$$

$$U = U_0 \left( \sqrt{f^2 + 1} - f \right) \omega R_n \left( \sqrt{f^2 + 1} - f \right) \quad (2.8)$$

$$Z = \frac{U}{U_0}$$

(2.9)

где  $R_n$  – наружный радиус диска, м,

$\omega$  – угловая скорость, рад/с,

$f$  – коэффициент внешнего трения семян по стали,

$U$  – относительная (радиальная) скорость, м/с,

$U_0$  – окружная скорость, м/с.

Из анализа полученных уравнений следует, что масса семени не влияет на скорость движения по каналу.

Высокая производительность центробежных машин в сочетании с высокопроизводительными секаторами рушанки или модернизированной семеновейкой позволяет построить на существующих производственных площадях двукратную схему обрушивания с мягким режимом первого обрушивания и с контролем целых семян и получить в результате низколузговое ядро и отходящую лузгу со сравнительно низкой масличностью.

Метод обрушивания свободным ударом в его разновидностях является наиболее характерным из тех, где заложенный в него принцип реализуется в машинах в «чистом» виде, т.е. не сочетается в той или иной мере с другими принципами. В большинстве других промышленных методах для обрушивания семян используется несколько принципов, в той или иной степени сочетающихся.

#### 2.2.4 Расчет расхода воздуха

Некоторые технологические параметры подсолнечника

необходимы для расчета.

Размеры семян сорта «передовик улучшенный».

Длина, мм	10...12
Ширина, мм	5...7
Толщина, мм	3...4
Масса 1000 семян, гр	100
Натура семян (в 1 метре), г/с	325...440
Объемный вес семян, кг/м <sup>3</sup>	370...400
Скорость витания, м/с	3,2...9
Угол трения по железу, градус	17
Коэффициент трения, $f$	0,32
Коэффициент парусности	0,24

Произведем оценку эффективности обрушивания. При оценке эффективности обрушивания будем пользоваться двумя показателями: коэффициентом обрушивания и коэффициентом сохранности ядра. Первый показатель  $K_0$  учитывает количественную сторону обрушивания и показывает какое относительное количество семян обрушено, а второй показатель  $K_{ия}$  - показывает относительный выход получаемого продукта. Для этого в начале определяем коэффициент обрушивания по формуле:

$$K_0 = \frac{K_1 - K_2}{K_2}; \quad (2.10)$$

где  $K_0$  - коэффициент обрушивания  
 $K_1$  - содержание необрушенных семян до поступления в установку, %;

$K_2$  – содержание необрушенных семян после однократного пропуска через установку, %;

$$K_0 = \frac{90 - 5}{90} = 0,94 .$$

Определим коэффициент извлечения цельного ядра по формуле:

$$K_{ия} = \frac{K_{ця}}{K_{ця} + D} , \quad (2.11)$$

где  $K_{ия}$  – коэффициент извлечения цельного ядра;

$K_{ця}$  – содержание целых ядер, %;

$D$  – содержание дробленой части, %.

$$K_{ия} = \frac{85}{85 + 25} = 0,85 .$$

Технологическая эффективность обрушивания определяется по формуле:

$$K_э = K_0 \cdot K_{ия} , \quad (2.12)$$

$$K_э = 0,94 \cdot 0,85 = 0,8 .$$

Таким образом, произведенный расчет показывает, что разрабатываемая установка для обрушивания семян подсолнечника не уступает в эффективности обрушивания другим известным машинам.

Диаметр разгонной трубки выбираем по максимальной ширине семечки при соблюдении условия:

$$l_m > d_{mp} > \sigma_6 ,$$

где  $d_{mp}$  – диаметр трубки, мм;

$l_m$  – длина самой маленькой семечки ( $l_m = 10$  мм);

$\sigma_6$  – ширина самой большой семечки, ( $\sigma_6 = 7$  мм).

$$10 > d_{mp} > 7; \quad d_{mp} = 8$$

Выбираем диаметр трубки 8 миллиметров.

Конечная скорость, которую семена фактически приобретают на выходе из трубки, меньше, чем скорость воздуха и напрямую зависит от длины разгонной трубки и скорости потока воздуха [28].

В связи с этим, длину разгонной трубки принимаем 2 м, при диаметре сечения 0,08 м, так как при данных условиях происходит совпадение скорости движения семян и скорости воздушного потока.

Давление воздуха принято ( $P=0,2$  мПа). Запас получаемой при этом кинетической энергии необходим и достаточен для разрушения оболочки семян. Зная давление воздуха и диаметр трубки находим скорость истечения воздуха [25],  $V=120$  м/с. А зная скорость и диаметр, находим расход:

$$Q = \frac{\pi D^2 V}{3,4}, \quad (2.13)$$

где  $D$  - диаметр разгонной трубы, м;

$V$  - скорость истечения м/с;

$Q$  - расход воздуха, м<sup>3</sup>/с.

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,08^2 \cdot 120}{3,4} = 0,00693 \text{ м}^3/\text{с}$$

Секундная подача установки, г/сек:

$$G = \frac{l_{mp}}{l_{сем}} \cdot R \cdot 60 \cdot 0,1 \cdot 10, \quad (2.14)$$

где  $l_{сем}$  - средняя длина семени,  $l_{сем}=0,01$  м;

$R$  – коэффициент производительности трубки,  $R=0,25$ ;

60 – коэффициент перевода в секунду;

0,1 – коэффициент перевода количества семян в массу;

10 – количество трубок.

$$G = \frac{2}{0,01} \cdot 0,25 \cdot 60 \cdot 0,1 \cdot 10 = 3000 \text{ г/сек.}$$

Производительность, т/час:

$$G^u = \frac{G^c \cdot 3600}{10^6}, \quad (2.15)$$

$$G^u = \frac{3000 \cdot 3600}{10^6} = 10,8 \text{ т/ч.}$$

На основе технологической части переходим к разработке конструкторской части.

### 2.3 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор обеспечения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения

и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

### 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Разработка схемы и конструкции пневмомеханического обрушивателя

Обрушивание семян подсолнечника считается удовлетворительным, если в рушанке содержится минимальное количество масличной пыли, сечки, целых и недообрушенных семян. Рекомендуется поддерживать лужистость ядра на прессовых заводах до 3% и на маслоэкстракционных – до 8%. Ядро для халвы и кондитерских изделий должно содержать лужги не более 1%. Такого ядра при обрушивании семян на центробежной семенорушке получить не удавалось. Ядро на отжим масла поступает с лужистостью 12-14% и на халву 6-7%.

Это происходит потому, что известные семенорушки, например А1-МРЦ обладают недостатками, не позволяющими получить рушанку с малым содержанием недоруша. Прежде всего это большое сечение направляющих каналов (ширина 36 мм, высота 33 мм и площадь сечения 11,52 см<sup>2</sup>), в которых семена не ориентируются при полете к деке вдоль большой оси и ударяется о нее боком и плашмя. Второй недостаток – наклон плоскости деки к оси полета семени, при котором часть семян скользит по

наклону и не разбивается. Третий недостаток заключается в том, что для разделения рушанки после обрушивания по фракциям необходима отдельная машина.

Рушанка с А1-МРЦ содержит: целяка и недоруша – 25%, сечки – 15% и пыли 10%. Столько же недоруш и пыли с центробежной рушки РЗ-МОС. Подобные семенорушки не решили проблемы получения низколугзгового ядра и не получил признание у производителей.

Таблица 3.1 – Технические характеристики обрушивателя семян пневмомеханического типа

<b>Показатели</b>	ОПТ-4
Производительность, кг/ч семян	4000
Влажность семян перед обрушиванием, %	3,0...6,0
Размеры семян, мм:	
длина	6,2-15,7
ширина	2,25-7,0
толщина	3,3-4,5
Масса 1000 шт семян, гр	до 90
Материал метателя семян	Нерж. сталь
Диаметр метателя, мм	800
Диаметр основания метателя, мм	200

Число лопаток метателя	12
Частота вращения метателя, мин <sup>-1</sup>	1000...1500
Мощность электродвигателя метателя, кВт	0,8
Частота вращения вентилятора, мин <sup>-1</sup>	3000
Мощность электродвигателя пневмозагрузателя, кВт	3,2
Масса конструкции, кг	800

Устройство для обрушивания семян, содержащее раму на колесах, вентилятор пневмозагрузателя, патрубков загрузочный, патрубок вакуумный, бункер, зерноочиститель с электродвигателем, осадитель, пневмосепаратор, циклон.

Предлагаемая конструкция позволяет улучшить качество рушанки путем более четкой ориентации семян в каналах. Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для обрушивания семян в нагнетательном патрубке зерноочистителя расположен сетчатый конфузор, который изменяет направление семян, придает семенам правильную ориентацию для дальнейшего воздействия со сферической и рабочей поверхностью.

На рисунке 3.1 изображено устройство для обрушивания семян, общий вид.

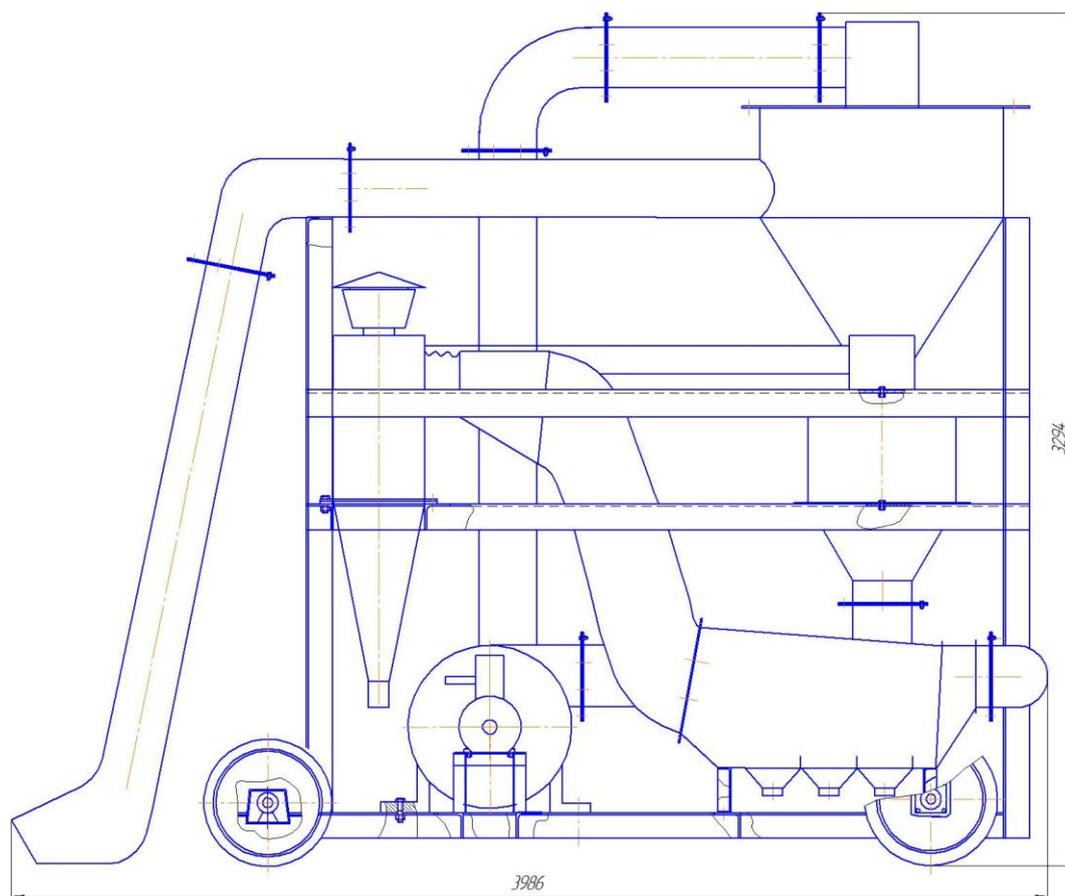


Рисунок 3.1 – Схема устройства для обрушивания

Обрушиватель семян работает следующим образом. Поступившая в производство партия семян подсолнечника загружается в бункер пневмозагрузателем, откуда дозировано подается на колесо метателя, которое разгоняет порцию семян и подает орехи конфузора, где происходит удар с протаскиванием, затем семена ударяются о сферический рабочий орган. Далее рушанка подается в пневмосепаратор, где происходит его сортирование по фракциям.

Предлагаемое устройство снижает содержание в рушанке недоруша и целяка на 35%, сечки и пыли соответственно на 25 и 15%, что в дальнейшем предотвращает обмасливание лузги и целяка и обеспечивает снижение потерь масла с лузгой на 0,05%, увеличивает выход масла при

переработке 1т семян на 0,5 кг и годовой переработке семян около 30 тыс т , увеличивается выход масла на 15т.

### 3.2 Расчет конструктивных параметров новой конструкции

Расчеты проводим по методикам и формулам , приведенным в [6,7, 23]:

#### 3.2.1. Расчет метателя и привода ротора метателя

Определяем высоту метателя семян:

$$h = \frac{Q_s}{60 \cdot n_s \cdot \left( \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} - \frac{\pi \cdot D_{60}^2}{4} \right)}; \quad (3.1)$$

где  $h$  – высота метателя

$Q_s$  – производительность метателя, м<sup>3</sup>/час.

$$Q_s = \frac{Q}{K_1 \cdot \rho_3};$$

(3.2)

$$Q_s = \frac{4000}{0,01 \cdot 1000} = 400, \text{ м}^3/\text{час}$$

$$h = \frac{400}{60 \cdot 11239 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \right)} = 0,059, \text{ м}$$

принимаем  $h = 60$  мм.

Определяем мощность необходимую для привода метателя:

$$N^1 = \frac{\rho^1 \cdot Q_6 \cdot H}{\rho_6 \cdot 3600}; \quad (3.3)$$

где  $N^1$  - мощность необходимая для привода метателя

$\rho^1$  - плотность воздушно-зерновой среды, кг/ м<sup>3</sup>

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения

$H$  – напор, создаваемый метателем; Па ( $H = 800 \dots 1500$  Па)

принимаем  $H = 1400$  Па:

$$\rho^1 = \rho_6 \cdot (-K_1) \pm \rho_3 \cdot K_1; \quad (3.4)$$

где  $\rho_6$  - плотность воздуха,  $\rho_6 = 1,21$  кг/м<sup>3</sup>

$$\rho^1 = 1,21 \cdot (-0,01) \pm 750 \cdot 0,01 = 8,6 \text{ кг/м}^3$$

$$N^1 = \frac{8,6 \cdot 400 \cdot 900}{1,21 \cdot 3600} = 710,7 \text{ Вт}$$

### 3.2.2 Определение мощности электродвигателя и подбор электродвигателя.

Мощность электродвигателя определяется:

$$N_{дв} = \frac{N^1}{\eta_{пр}}, \quad (3.5)$$

где  $N_{дв}$  - мощность электродвигателя,

$\eta_{пр}$  - КПД привода, принимаем  $\eta_{пр} = 0,93$

$$N_{дв} = \frac{710}{0,93} = 764 \text{ Вт}$$

Выбираем электродвигатель 4А100L493 ГОСТ 19523 - 81 N = 4 кВт -  
0.8 кВт,  $n = 1430 \text{ мин}^{-1}$  3000 мин}^{-1}

### 3.2.3 Расчет шпонок

Исходные данные:

$$\sigma_{сш} , \text{ МПа} = 650$$

$$T = 29,94 \text{ Нм}$$

$$d = 30 \text{ мм}$$

$$t_1 = 4 \text{ мм}$$

$$b = 8 \text{ мм}$$

$$h = 7 \text{ мм}$$

$$l_p = \frac{2000T}{d \cdot (d - t_1) \cdot \sigma_{сш}}$$

(3.6)

$$l_p = \frac{2000 \cdot 29,94}{30 \cdot (30 - 4) \cdot 650} =$$

$$1,02 \text{ мм}$$

$$l = l_p + b ,$$

(3.7)

$$l = 1,02 + 8 = 9,02 \text{ мм}$$

принимаем  $L = 32 \text{ мм}$

Шпонка 8Х7Х32 ГОСТ 23360 - 78

### 3.2.4 Расчет пневмосепаратора

Расчет пневмосепаратора осуществляем по формулам, приведенным в [23].

$$Z_n = \frac{1}{K_0} \ln \left( V \cdot K_n \sqrt{\frac{2d_c}{g} + 1} \right) - V \sqrt{\frac{2d_c}{g}},$$

(3.8)

$$Z_y = \frac{1}{K_{ня}} \ln \left( V \cdot K_{ня} \sqrt{\frac{2d_c}{g} + 1} \right) - \frac{1}{K_n} \ln \left( V \cdot K_n \sqrt{\frac{2d_c}{g} + 1} \right),$$

(3.9)

$$Z_d = \frac{1}{K_{нд}} \ln \left( V \cdot K_{нд} \sqrt{\frac{2d_c}{g} + 1} \right) - \frac{1}{K_{ня}} \ln \left( V \cdot K_{ня} \sqrt{\frac{2d_c}{g} + 1} \right), \quad (3.10)$$

где  $Z_n, Z_y, Z_d$  - длина зоны сбора соответственно целых ядриц, дробленки и лузги;

$K_n, K_{ня}, K_{нд}$  - коэффициент парусности целых ядриц, дробленки и лузги;

$$K_n = 0,224 \dots 0,292, \quad K_n = 0,25;$$

$$K_{ня} = 0,139 \dots 0,195, \quad K_{ня} = 0,16;$$

$$K_{нд} = 0,156 \dots 0,514, \quad K_{нд} = 0,3$$

$d_c$  - диаметр сепаратора, м при  $d_c = 0,3$  м

$$V = \frac{4 \cdot Q_s}{3600 \cdot \pi \cdot d_c^2},$$

(3.11)

где  $V$  - скорость воздушного потока, м/с

$$V = \frac{4 \cdot 1000}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,3^2} = 3,35 \text{ м/с}$$

$$z_n = \frac{1}{0,25} \ln \left( 3,93 \cdot 0,25 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{9,81}} + 1 \right) - 3,93 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{9,81}} = 0,28 \text{ м}$$

$$z_y = \frac{1}{0,16} \ln \left( 3,93 \cdot 0,16 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{9,81}} + 1 \right) - \frac{1}{0,25} \ln \left( 3,93 \cdot 0,25 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{9,81}} + 1 \right) = 0,32 \text{ м}$$

$$z_d = \frac{1}{0,3} \ln \left( 3,93 \cdot 0,3 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{9,81}} + 1 \right) - \frac{1}{0,16} \ln \left( 3,93 \cdot 0,16 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{9,81}} + 1 \right)$$

= 0,35 м

### 3.2. 5 Расчет сварного соединения

Детали, расположенные под углом  $90^\circ$  свариваются тавровым соединением.

Определение допускаемого усилия для растяжения

$$[P] = [\tau_\phi] \cdot 0,7 \cdot k \cdot l, \quad (3.12)$$

где  $[\tau_\phi]$  - допускаемое напряжение для сварного шва на срез, Н/м<sup>2</sup> ;

k - катет шва;

l - длина шва; l = 200 см.

$$[\tau_\phi] = 0,6 \cdot$$

$$[\sigma_p], \quad (3.13)$$

где  $[\sigma_p]$  - допускаемое напряжение на растяжение, Н/см<sup>2</sup>,

$$[\sigma_p] = 1400 \text{ Н/см}^2$$

$$[\tau_\phi] = 0,6 \cdot 1400 = 8400 \text{ Н} \cdot \text{см}^2$$

$$[P] = 8400 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 200 = 588000 \text{ Н}$$

Определение усилия растяжения

$$P = \frac{2M_k}{l},$$

(3.14)

где  $l$  - величина длины шва, м

$$P = 2 \cdot 50 \cdot 10^3 / 1 = 100000 \text{ Н}$$

Итак,  $P < [P]$  условие выполняется.

### 3.2.6 Расчет болтового соединения.

Для ведения расчета применяются следующие обозначения:

$P_b$  - внешняя нагрузка приходящаяся на один болт,  
Н

$$P_b = \frac{P_{уст}}{6},$$

(3.15)

где:  $P_{уст}$  - вес установки

$$P_{уст} = 750 \text{ Н}$$

$$P_b = 750 / 6 = 125 \text{ Н.}$$

Определяем расчетное усилие, Н

$$P_{расч.} = 2,8 P_b$$

где 2,8 = коэффициент учитывающий предварительную растяжку

Изгибающий момент на головку болта определяется расчетом по формуле:

$$M_{изг} = 0,5 P_{расч} \cdot 0,5 d,$$

(3.16)

где  $d$  - диаметр не нарезанного стержня болта;

определяется расчетом.

Момент сопротивления сечения болта, определяется расчетом по формуле [6]:

$$W_{изг} = \frac{d \cdot 0,8 \cdot d^2}{6} \quad (3.17)$$

Определяем расчетное усилие, приходящееся на болт, Н.

$$P_{расч} = 2,8 \cdot 125 = 350 \text{ Н}$$

Определяем диаметр болта.

$$P_{расч.} = F \cdot [\sigma]_p = \frac{\pi d^2}{4} \cdot [\sigma]_p \quad (3.18)$$

$$d = \sqrt{\frac{4P_{расч.}}{\pi \cdot [\sigma]_p}} = \sqrt{4 \cdot 350 / 3,14 / 38 \cdot 10^7} = 0,012 \text{ м}$$

где  $[\sigma]_p$  - допустимое напряжение в стержне болта, таблица 9 [15];  $[\sigma]_p = 38 \cdot 10^7 \text{ Па}$

Расчет на прочность при изгибе ведется по формуле:

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W_{изг}} < [\sigma]_{изг} \quad (3.19)$$

где  $\sigma_{изг}$  - напряжение на изгиб, Па

$$M_{изг} = 0,5 \cdot 350 \cdot 0,5 \cdot 0,012 = 1,05 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$W_{\text{изг}}=12(0,8 \cdot 10^{12})/6=230 \text{ мм}^2$$

$$\sigma_{\text{изг}}=1,05 \cdot 10^3/230= 4,5 \text{ Н/мм}^2=0,045 \text{ Па}$$

$$\sigma_{\text{изг}} < [\sigma]_{\text{изг}} \quad (3.20)$$

$$0,045 < 1,4$$

Условия прочности выполняются.

### 3.3 Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации обрубивателя

#### 3.3.1 Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации конструкции.

Оборудование должно быть установлено на специально подготовленной площадке так, чтобы не загораживать проходы к другому технологическому оборудованию [10].

1. Семенорушка должна располагаться в помещении на расстоянии 1м. от стен и другого оборудования для удобного доступа к конструкции. Расстояние от потолка до установки не менее 1м.

2. Расположение и конструкция узлов и механизмов обеспечивает удобный доступ, безопасность при монтаже, не затрудняет нормальную эксплуатацию и ремонт.

3. Корпус семенорушки должен быть заземлён. Конструкция имеет вращающиеся механизмы и шкивы, которые должны быть закрыты

кожухами, крышками и корпусными деталями. Допускается смена и регулировка рабочих режимов только после остановки оборудования.

4. На разработанной мною семенорушке нанесены предупреждающие знаки и наклейки, отмечено расположение вращающихся узлов и механизмов.

5. Помещение, где находится семенорушка, должно быть светлым;

6. Установка должна быть укомплектована набором исправного инструмента и приспособлений в соответствии с заводской инструкцией;

7. Все вращающиеся части установки должны иметь защитные кожухи;

8. Перед пуском необходимо установку очистить от грязи и пыли.

3.3.2 Требования по безопасности труда оператора при работе на обрушивателе.

#### *Общие требования*

К работе допускаются лица не моложе 18 лет. Они обязаны пройти инструктаж по технике безопасности, изучить устройство и правила эксплуатации установки.

Опасными и вредными факторами являются: подвижные части установки, электрический ток, недостаточная освещенность и масляная пыль.

Особенности: курение разрешается только в специально отведенном и оборудованном месте.

*Требования безопасности перед началом работы.*

Перед началом работы смены рабочий обязан надеть спецодежду и противопылевые респираторы. Волосы надо убирать под головной убор так, чтобы не было висящих концов.

Включить освещение и вентиляцию.

До начала работы проверить исправность установки, опробовать ее на холостом ходу и устранить обнаруженные недостатки.

*Требования безопасности во время работы.*

Посторонним лицам находиться в помещении запрещается.

Запрещается работа без зануления электродвигателей и пульта управления. Помещение должно иметь грозозащиту.

Во время работы запрещается ремонтировать установку, очищать от пыли и семенных остатков движущиеся части, производить смазку, подтягивать болтовые соединения.

*Требования безопасности труда после окончания работы.*

После окончания работы установка должна быть отключена от электросети. Не допускать накопления пыли и другого мусора в рабочем помещении, для чего проводить периодическую очистку помещения.

Оператор после окончания смены должен выполнить санитарно-гигиенические требования.

*Ответственность за нарушение требований  
безопасности труда.*

Оператор при нарушении требований безопасности труда несет следующие виды ответственности: - дисциплинарную,

- или уголовную,

- или материальную.

**3.3.3 Экологическая безопасность при эксплуатации обрушивателя**

Природа - это первоисточник удовлетворения материальных и духовных потребностей людей. Обращение с природой должно быть разумным и глубоко продуманным. Забота об охране окружающей среды, строгое соблюдение законодательств об охране окружающей среды, земли, лесов и вод, животного и растительного мира, атмосферного воздуха является одной из важнейших задач и общее дело всего народа.

При установке иашины должны быть соблюдены следующие ГОСТы:

- ГОСТ 17.2.2.01 – 86 . Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

- ГОСТ 17.2.3. 02 – 78 . Охрана природы. Атмосфера. Правила установления дополнительных выбросов вредных веществ промышленными предприятиями .

- ГОСТ 23337 -78 . Шум. Методы измерения шума на служебной территории и в помещениях жилых и общественных

зданий.

Проведение исследований по изучению эффектов сочетания действия химических веществ с физическими факторами с целью гигиенической оценки производственной среды. («Методические рекомендации (№ 3242-85)» – М; МЗ СССР, 1985). Санитарные нормы вибрации рабочих мест.(СН 3044 -84) – М, МЗ СССР, 1984). Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи периодического тока промышленной частоты .

(М.МЗ СССР, 1984.)

При соблюдении этих ГОСТов экологическая обстановка на рабочем месте существенно улучшится.

При слесарных и кузнечных работах уровень шума должен соответствовать ГОСТу 17.11.01-84 «Допускаемые уровни шума».

За невыполнение операций по охране окружающей среды установлены административная и гражданская ответственность в виде штрафов. Выполнение контролируют представители М.О.О.С. и природных ресурсов РТ, на основании закона об охране окружающей среды и привлечением местных властей.

3.4 Техничко-экономическая оценка новой конструкции обрушивателя

3.4.1 Сравнительная энергетическая оценка разработанного пневмомеханического обрушивателя

Одним из показателей эффективности работы оборудования в растениеводстве является показатель

энергетической эффективности. Энергетический анализ позволяет оценивать как существующие, так и вновь разрабатываемые технологии и средства механизации [9].

В качестве аналога нами взята бичевая семенорушка МНР.

Полные затраты энергии на обрушивание, определяют как сумму составляющих прямых и овеществленных энергозатрат отнесенных к единице продукции [ ]:

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_{np} + \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_{жс} + \mathcal{E}_{ном}, \quad (3.21)$$

где  $\mathcal{E}_c$  – полные затраты энергии, МДж/т;

$\mathcal{E}_{np}$  – прямые удельные затраты энергии, МДж/т;

$\mathcal{E}_{об}$  – энергоемкость технологического оборудования, МДж/т;

$\mathcal{E}_{жс}$  – удельные затраты энергии живого труда, МДж/т;

$\mathcal{E}_{ном}$  – энергоемкость помещений, МДж/т.

Прямые удельные затраты можно найти по формуле:

$$\mathcal{E}_{np} = \frac{H \cdot e}{P}, \quad (3.22)$$

где  $H$  – расход энергоносителя, кВт·ч/год;

$e$  – энергосодержание энергоносителя, МДж/кВт·ч;

$P$  – годовой выход продукции, т.

Прямые удельные затраты:

для МНР составляют:

$$\mathcal{E}_{np} = \frac{5840 \cdot 3,6}{350} = 60,07 \text{ МДж / т ;}$$

для экспериментальной семенорушки:

$$\mathcal{E}_{пр} = \frac{3723 \cdot 3,6}{350} = 38,29 \text{ МДж} / \text{т} .$$

Энергоемкость технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{об} = \frac{Q \cdot a \cdot M(a+r')}{100 \cdot W \cdot \Pi \cdot T_{год}} , \quad (6.23)$$

где  $Q$  – масса перерабатываемого сырья,  $\text{т}/\text{год}$ ,

$a$  – энергетический эквивалент машины входящий в оборудование,  $\text{МДж}/\text{кг}$ ;

$M$  – масса машины,  $\text{кг}$ ;

$a', r'$  – годовые нормативные отчисления на ТО и ремонт машин;

$W$  – производительность оборудования,  $\text{т}/\text{ч}$ ;

$T_{год}$  – годовая нормативная загрузка машины,  $\text{ч}$ ;

Энергоемкость технологического оборудования:

для МНР составляют:

$$\mathcal{E}_{об} = \frac{350 \cdot 75 \cdot 0,1(12,3+3,9)}{100 \cdot 0,045 \cdot 350 \cdot 1460} = 0,02 \text{ МДж} / \text{т} ;$$

для экспериментальной семенорушки:

$$\mathcal{E}_{об} = \frac{350 \cdot 75 \cdot 0,1(12,3+3,9)}{100 \cdot 0,045 \cdot 350 \cdot 1460} = 0,018 \text{ МДж} / \text{т} .$$

Удельная затрата энергии живого труда определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{жс} = \frac{N \cdot a_{жс}}{W} , \quad (3.24)$$

где  $N$  – число основных и вспомогательных рабочих, занятых при выполнении технологического процесса, чел;

$a_{ж}$  – энергетический эквивалент живого труда, МДж/чел·ч.

Для МНР и экспериментальной машины имеем:

$$\mathcal{E}_{ж} = \frac{1 \cdot 0,043}{0,04} = 1,075 \text{ МДж} / \text{т}.$$

Энергоемкость помещения определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{пом} = \frac{\alpha_3 S_3 a_n}{10^2 \Pi}, \quad (3.25)$$

где  $a_3$  – энергетический эквивалент здания, МДж/м<sup>2</sup>;

$S_3$  – площадь доильного зала, м<sup>2</sup>;

$a_n$  – годовые амортизационные отчисления, %.

Энергоемкость здания для базового и экспериментального вариантов составляет:

$$\mathcal{E}_{пом} = \frac{340 \cdot 850 \cdot 4,7}{100 \cdot 350} = 38,8 \text{ МДж} / \text{т}.$$

Подставляя полученные значения в формулу (6.1) получим:

для МНР составляют

$$\mathcal{E}_{сб} = 60,07 + 0,02 + 1,075 + 38,8 = 98,89 \text{ МДж} / \text{т};$$

для экспериментальной семенорушки:

$$\mathcal{E}_{сб} = 38,29 + 0,018 + 1,075 + 38,8 = 78,18 \text{ МДж} / \text{т}.$$

Коэффициент энергетических затрат:

$$K_3 = \frac{\mathcal{E}_{сэ}}{\mathcal{E}_{сб}},$$

(3.26)

отсюда

$$K_3 = \frac{78,18}{99,96} = 0,78.$$

Техническая характеристика экспериментальной семенорушки пневмомеханического типа, бичевой семенорушки типа МНР, а также расчетные энергетические показатели представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Техническая характеристика и энергетическая оценка пневмомеханического обрушивателя

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Цифровые значения	
			МНР	Экспериментальный
1	Масса	кг.	110	100
2	Потребная мощность	кВт	4	2,55
3	Количество обслуживающего персонала	чел.	1	1
4	Разряд работ	–	IV	IV
5	Норма амортизации	%	18	18
6	Годовая	час.	1460	1460

	загрузка			
7	Прямые затраты энергии	МДж/т	60,07	38,29
8	Энергозатраты живого труда	МДж/т	1,075	1,075
9	Энергоемкость оборудования	МДж/т	0,02	0,018
10	Энергоемкость здания	МДж/т	38,8	38,8
11	Совокупные затраты	МДж/т	99,96	78,18
12	Коэффициент энергетических затрат	-	-	0,78

Разработанная экспериментальная пневмомеханическая семенорушка имеет совокупные затраты энергии на 22% меньше, чем базовая бичевая семенорушка типа МНР. Это объясняется тем, что новая семенорушка имеет малую потребляемую мощность и меньшую массу конструкции.

#### 3.4.2 Технико-экономическая оценка эффективности обрушивателя пневмомеханического типа

Технико-экономический расчет пневмомеханической семенорушки проводили по общепринятой методике.

За базовую конструкцию принимаем бичевую семенорушку типа МНР

$C_{б. баз} = 16750$  руб. - балансовая стоимость базовой конструкции.

$C_{б. пр} = 41400$  руб. - балансовая стоимость проектной конструкции

Производительность определяется из конструктивных параметров:

$$Q_{\phi \text{ баз.}} = 4,5 \text{ т/ч.}$$

$$Q_{\phi \text{ пр.}} = 4,5 \text{ т/ч.}$$

Энергоемкость процесса определяется по формуле:

$$q = \frac{N_e}{Q_{\phi}}, \quad (3.27)$$

где  $N_e$  – потребная мощность, кВт;

$Q_{\phi}$  – часовая производительность семенорушки, т/ч.

$$q_{\text{баз}} = \frac{1,5}{4,5} = 0,33 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т};$$

$$q_{\text{пр}} = \frac{2,55}{45} = 0,056 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т}.$$

Металлоемкость процесса определяется по формуле:

$$M = \frac{G}{Q_{\phi} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (3.28)$$

где  $G$  – масса конструкции, кг;

$T_{\text{год}}$  – годовая загрузка семенорушки, час.;

$T_{\text{сл}}$  – срок службы семенорушки, лет.

$G_0 = 110$  кг;  $G_1 = 100$  кг;  $T_{\text{год}} = 1460$  час;

$T_{\text{сл } 0} = 5000$  час или  $T_{\text{сл } 0} = 3,4$  год;

$T_{\text{сл } 1} = 15000$  час или  $T_{\text{сл } 1} = 10,2$  лет;

$$M_{\text{баз}} = \frac{110}{45 \cdot 1460 \cdot 3,4} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$M_{\text{пр}} = \frac{100}{45 \cdot 1460 \cdot 10,2} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Фондоемкость процесса определяется по формуле

$$F = \frac{C_{\delta}}{Q_{\phi} \cdot T_{\text{год}}},$$

(3.29)

$$F_{\text{баз}} = \frac{16750}{45 \cdot 1460} = 0,25 \text{руб} / \text{м}^3 ;$$

$$F_{\text{нр}} = \frac{41400}{45 \cdot 1460} = 0,63 \text{руб} / \text{м}^3 .$$

Себестоимость работ определяется по формуле

$$S = C_{\text{з.п.}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рто}} + A ,$$

(3.30)

где  $C_{\text{зп}}$  – затраты на оплату труда, руб.;

$C_{\text{э}}$  – затраты на электроэнергию, руб.;

$C_{\text{рто}}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание (РТО), руб.;

$A$  – амортизационные отчисления, руб.

Затраты на оплату труда определяется по формуле

$$C_{\text{з.п.}} = z \cdot T ,$$

(3.31)

где  $Z$  – тарифная ставка, руб.;

$T$  – трудоемкость, чел.час.

Трудоемкость определяется по формуле

$$T = \frac{H_{\text{обс}}}{Q_{\phi}} ,$$

(3.32)

где  $H_{\text{обс}}$  – количество обслуживающих операторов, чел.

$$T_{\text{баз}} = T_{\text{нр}} = \frac{1}{45} = 0,022 \text{чел} / \text{м}^3 ;$$

$$C_{з.н.} = 38,5 \cdot 0,022 = 0,85 \text{ руб} / \text{м}^3 .$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле

$$C_{э} = C_{э} \cdot N_{э} , \tag{3.33}$$

где  $C_{э}$  – цена электроэнергии, руб./кВт ч.

$C_{э} = 2,03$  руб./кВтч.

$$C_{э.баз} = 2,03 \cdot 4 = 8,12 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

$$C_{э.нр} = 2,03 \cdot 2,55 = 5,18 \text{ руб} / \text{м}^3 .$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание (РТО) определяется по формуле

$$C_{рто} = \frac{C_{б} \cdot H_{рто}}{100 \cdot Q_{ф} \cdot T_{год}} , \tag{3.34}$$

где  $H_{рто}$  – норма затрат РТО, %.

$$C_{рто.баз} = \frac{16750 \cdot 19,8}{100 \cdot 45 \cdot 1460} = 0,05 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

$$C_{рто.нр} = \frac{41400 \cdot 19,8}{100 \cdot 45 \cdot 1460} = 0,12 \text{ руб} / \text{м}^3 .$$

Амортизационные отчисления определяются по формуле

$$A = \frac{C_{б} \cdot a}{100 \cdot Q_{ф} \cdot T_{год}} , \tag{3.35}$$

где  $a$  – норма амортизации, %.

$$A_{баз} = \frac{16750 \cdot 18}{100 \cdot 45 \cdot 1460} = 0,046 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

$$A_{нр} = \frac{41400 \cdot 18}{100 \cdot 45 \cdot 1460} = 0,11 \text{ руб} / \text{м}^3 .$$

$$S_{баз} = 0,85 + 8,12 + 0,05 + 0,046 = 9,07 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

$$S_{np} = 0,85 + 5,18 + 0,12 + 0,11 = 6,26 \text{ руб} / \text{м}^3 .$$

Уровень приведенных затрат определяются по формуле

$$C_{прив} = S + E_n \cdot F , \quad (3.36)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$F$  – удельные капитальные вложения или фондоемкость .

$$C_{прив.баз} = 9,07 + 0,15 \cdot 0,25 = 9,11 \text{ руб} / \text{м}^3 ;$$

$$C_{прив.пр} = 6,26 + 0,15 \cdot 0,63 = 6,35 \text{ руб} / \text{м}^3 .$$

Годовая экономия определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{год} = (C_{баз} - S_{np}) \cdot Q_{ф} \cdot T_{год} , \quad (3.37)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (9,07 - 6,26) \cdot 45 \cdot 1460 = 184617 \text{ руб} .$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле

$$E_{год} = (C_{привбаз} - C_{привпр}) \cdot Q_{ф} \cdot T_{год} , \quad (3.38)$$

$$E_{год} = (9,11 - 6,35) \cdot 45 \cdot 1460 = 181332 \text{ руб} .$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле

$$T_{ок} = \frac{C_{б.пр}}{\mathcal{E}_{год}} , \quad (3.39)$$

$$T_{ок} = \frac{41400}{184617} = 0,23 \text{ год} .$$

Коэффициент эффективности капитальных вложений определяется по формуле

$$E_{\varphi} = \frac{\vartheta_{\varphi}}{C_{\varphi}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}},$$

(6.40)

$$E_{\varphi} = \frac{1}{0,23} = 4,35.$$

Таблица 3.3 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции.

№ п/п	Наименование показателей	Един. измерения	Базовая	Проектная
1.	Производительность	т/ч	45	45
2.	Фондоемкость процесса	руб/м <sup>3</sup>	0,25	0,63
3.	Энергоемкость процесса	кВт·ч/м <sup>3</sup>	0,088	0,054...0,056
4.	Металлоемкость процесса	кг/м <sup>3</sup>	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$0,15 \cdot 10^{-3}$
5.	Трудоемкость процесса	чел.час/м <sup>3</sup>	0,022	0,022
6.	Себестоимость работ	руб./м <sup>3</sup>	9,07	6,26
7.	Уровень приведенных затрат	руб./м <sup>3</sup>	9,11	6,35
8.	Годовая экономия	руб.	-	184617
9.	Годовой экономический эффект	руб.	-	181332
10.	Срок окупаемости капитальных вложений	лет	-	0,23
11.	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	-	4,35

Энергоемкость разработанного экспериментальной семенорушки пневмомеханического типа снизилась на 37,5 %, чем базовая бичевая семенорушка типа МНР. Это объясняется тем, что новая семенорушка имеет малую потребляемую мощность. Годовой экономический эффект

составляет 181332 рубля. Срок окупаемости семенорушки составляет менее 0,5 года.

#### ВЫВОДЫ

По результатам проведенной работы можно сделать следующие основные выводы:

1. Анализ технологий и конструкций машин для обрушивания, а также изучения состояния исследования в этой области показал, что наиболее целесообразным приемом повышения производительности, снижения энергоемкости и улучшения качества получаемой продукции следует считать применение комбинированных способов воздействия на обрабатываемый материал.

2. В результате выполненных исследований разработана технологическая схема переработки семян подсолнечника, основу которой составляет пневмомеханическая установка, где шелушении семени подсолнуха происходит за счет перепада давления, трения и удара о жидкую рабочую поверхность. Эти результаты представлены в разделе 2. В этом же разделе разработаны рекомендации по применению физкультуры на производстве.

3. В третьем разделе представлена конструктивно-технологическая схема нового обрушивателя и выполнены конструкторские расчеты. Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности при эксплуатации конструкции. Выполнена технико-экономическая оценка новой конструкции.

4. Внедрение предлагаемой конструкции и соответствующей ей технологии может быть осуществлено в любом хозяйстве, даже в малом или подсобном.