

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия

**Магистерская программа: Технологии и средства механизации
сельского хозяйства**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(магистерская диссертация)

**ТЕМА: РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАТОРА
ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ**

Студент магистратуры



Виноградов А.Н.

Научный руководитель,

к.т.н., доцент



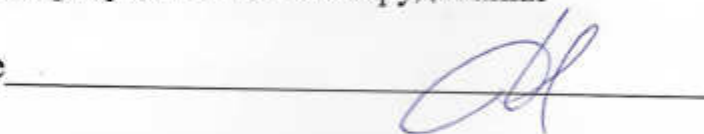
Халиуллин Д.Т.

Работа обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

(Протокол № 12 от 17.06.2020г.)

Заведующего кафедрой машин и оборудования

в агробизнесе



Халиуллин Д.Т.

Казань – 2020г.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе (магистерской диссертации) Виноградова Александра Николаевича на тему «Разработка и исследование сепаратора воскоперговой массы»

Диссертация состоит из пояснительной записки на 80 страницах машинописного текста. Записка состоит из введения, пяти разделов, выводов и включает 39 рисунков, 5 таблиц и 41 формулу. Список использованной литературы содержит 36 наименований.

В первой главе проведены исследования состояния вопроса, литературно-патентный анализ существующих способов и конструкций для извлечения перги, литературно-патентный анализ сепараторов сыпучих материалов. Обозначены цель и задачи исследования.

Во второй главе выполнен анализ теоретических исследований сепарации воскоперговой массы. Проведен анализ теоретических исследований процесса сепарации решетками. Анализ проведенных исследований для вибрационного транспортирования воскоперговой массы по рабочей поверхности. Анализ теоретических исследований вибрационного передвижения материала по рабочей поверхности.

В третьей главе приведены программа и методики исследований физико-механических свойств гранул перги и восковой основы сота и расчета решетного стана.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований.

В пятой главе представлена предлагаемая конструкция сепаратора воскоперговой массы. Определен экономический эффект применения сепаратора воскоперговой массы.

Записка завершается общими выводами по работе и списком использованных литературных источников.

ABSTRACT

To the final qualification work (master's dissertation) of Vinogradov Aleksandr Nikolaevich the topic: "Development and research of the wax percussion separator"

The dissertation consists of an explanatory note on 83 pages of typewritten text. The note consists of an introduction, five sections, conclusions and includes 39 figures, 5 tables and 41 formulas. The list of used literature contains 36 titles.

In the first chapter, research is carried out on the state of the issue, literature and patent analysis of existing methods and structures for extracting bee bread, literature and patent analysis of bulk materials separators. The purpose and objectives of the study are indicated.

In the second chapter, an analysis of theoretical studies of separation of wax mass is performed. The analysis of theoretical studies of the sieve separation process is carried out. Analysis of studies for vibration transportation of wax material on the working surface. Analysis of theoretical studies of the vibrational movement of the material along the working surface.

The third chapter presents the program and methods for studying the physicommechanical properties of granules of bee bread and wax base of the honeycomb and the calculation of the sieve mill.

The fourth chapter presents the results of experimental studies.

The fifth chapter presents the proposed design of the wax powder separator. The economic effect of the use of wax separator is determined.

The note concludes with general conclusions on the work and a list of references.

СОДРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	7
1.1 Общие сведения	7
1.2 Отличие перги от пыльцы	8
1.3 Полезные свойства перги	9
1.4 Способы получения перги	10
1.5 Анализ способов для извлечения перги	12
1.6 Анализ конструкций для извлечения перги	17
1.7 Анализ сепараторов сыпучих материалов	21
1.8 Цель и задачи исследования	27
2 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕПАРАЦИИ ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ	28
2.1 Анализ теоретических исследований процесса сепарирования решетками	28
2.2 Анализ проведенных исследований для вибрационного транспортирования воскоперговой массы по рабочей поверхности	30
2.3 Анализ теоретических исследований вибрационного передвижения материала по рабочей поверхности	33
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	39
3.1 Определение физико-механических свойств перги	39
3.2 Расчет решетного стана	41
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	44
4.1 Обработка результатов экспериментальных исследований	44
4.2 Выводы по разделу	63
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СЕПАРАТОРА ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ	65
5.1 Конструкция, принцип действия и рекомендация предлагаемого сепаратора воскоперговой массы	65
5.2 Экономическая эффективность внедрения сепаратора	67
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	75
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	77

ВВЕДЕНИЕ

Пчеловодство – важнейшая отрасль сельского хозяйства. Благодаря этой отрасли человек получает мёд, пыльцу, пергу, пчелиный яд, прополис и другие продукты, необходимые для здоровья. Кроме того, пчёлы опыляют энтомофильные культуры, тем самым повышая их урожайность и улучшая качества плодов.

Одним из полезных и популярных продуктов пчеловодства является перга – цветочная пыльца, которая переработана пчёлами и размещена в ячейках сот без доступа кислорода, залитая мёдом, где проходит молочнокислое брожение. Пчёлы питаются ей сами и кормят ей личинки, которые под её воздействием увеличиваются в массе в 1500 раз. Поэтому пергой принято называть “пчелиный хлеб” или “хлебиной”, как говорят в народе.

Доказана польза употребления перги в пищу, особенно детям и пожилым людям. К тому же, она находит обширное применение в таких сферах, как медицина, фармацевтика, производство косметики и витаминов.

На сегодняшний день для повышения качества продукции происходит внедрение новых технологий для достижения максимального использования сырья, а так как пчеловодство довольно популярно среди частных хозяйств, исследование и разработка сепаратора воскоперговой массы является актуальной и востребованной задачей.

Именно поэтому перга стала объектом рассмотрения в данной работе. В наше время не очень распространённая сельскохозяйственная культура.

Цель исследования – увеличение эффективности переработки воскоперговой массы и обоснование конструктивных и технологических параметров сепаратора воскоперговой массы.

Задачи исследований:

- литературно-патентный обзор способов получения перги;
- обозрение патентов и литературы приспособлений, специальных конструкций для добывания перги из сот, произведённых пчёлами;

- литературно-патентный обзор сепараторов сыпучих материалов;
- исследовать физико-механические свойства гранул перги;
- провести изучение процесса сепарирования решетками;
- провести теоретическое изучение процесса закономерности движения частицы по решетку;
- провести теоретические расчётные исследования вибрационного перемещения частиц;
- произвести анализ теории изучения процесса отделения перги из массы материала с высоким ее содержанием;
- создать технологически-конструктивную схему сепаратора воскоперговой массы.

Объект исследования. Сепаратор воскоперговой массы.

Предмет научного исследования. Параметры сепаратора воскоперговой массы.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- конструктивно технологическая схема сепаратора;
- результат физико-механических свойств гранул перги;
- результат исследования процесса сепарации решетками;
- результат исследования закономерности движения частицы по решетку;
- результат исследования вибрационного перемещения частиц;
- оценка эффективности работы разработанного сепаратора.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Общие сведения

Перга — пыльца с цветов которая переработана пчёлами и размещена в ячейках сот без доступа кислорода, залитая мёдом. Её особенность — быстрое усвоение и переваривание.

Для того чтобы доставить в ульи это ценное вещество, насекомые размачивают сырьё слюной, вырабатываемой специальными железами, приклеивают к своим ножкам. Поэтому другое её название — пчелиная обножка. За один рейс труженицы переносят до 40 мг, а иногда даже чуть больше.

Перга в сотах образуется следующим образом: пыльца собирается пчелой, складывается в ячейки и утрамбовывается до тех пор, пока не наполнится на 2/3, скрепляется мёдом. Каждый из слоев можно отчетливо увидеть, если разломать пчелиные соты.

После работы пчёл, происходит работа правильных бактерий с дрожжевыми грибами. При отсутствии кислорода пчелиная обножка со временем затвердевает и превращается в новое вещество. В роли консерванта выступает молочная кислота, которая является результатом действий микроорганизмов.

В результате работы биохимических реакций в пыльце происходят изменения:

- зернышки пыльцы теряют способность к прорастанию из-за влияния секрета сложных желез;
- сахароза превращается в моносахара;
- содержание витамина К сильно возрастает.

Этот продукт неравномерно распределяется в сотах: одни ячейки почти полностью заполнены пергой, другие лишь слегка. Гранулы могут отличаться по цветовой гамме, что зависит от растения, с которого

происходил сбор пыльцы пчелой. В 1 ячейке может быть продукт с разных цветов и иметь как желтый, белый так и фиолетовый цвет.

Пчелы всю зиму питаются только своими запасами и не испытывают дефицита. Пыльца собирается с разных растений, и перга имеет разный состав, но имеются постоянные элементы.

- Гормональные вещества;
- аминокислоты;
- Каротиноиды;
- Ферменты.
- Микро- и макроэлементы;
- Жирные кислоты (13 шт.);
- Органические кислоты;
- Моносахариды;
- Витамины (К, Е, D, В1, 2, 3, 6, Р, С);

1.2 Отличие перги от пыльцы

При рассмотрении всего вышеперечисленного, появляется логичный вопрос: чем отличается перга от пыльцы?

Перга отличается от пыльцы следующими качествами:

- перга усваивается и переваривается пчелами гораздо лучше пыльцы;
- питательная ценность перги в 3 раза выше, чем у пыльцы;
- перга способна сохраняться без качественных изменений до 17 и более лет при определенных условиях хранения сот;
- имеет лучшую противомикробную активность.

Перга отличается химическим составом от пыльцы. Перга сильнее насыщена элементами. При молочнокислом брожении уменьшается количество белков и жиров, но увеличиваются углеводы в 2 раза.

Минеральные вещества в перге:

- калия от 24 до 45%;
- фосфора соответственно от 23 до 40%;

- натрия до 19%;
- меди до 9,7%;
- железа до 4%;
- магния не более 8%;
- кальция до 9%;
- алюминия в пределах от 0,19 до 3,8%;
- серы до 9%;
- кремния до 15%;
- марганца не более 1,5%.

Витамины в перге, мг/100г:

- С, или аскорбиновая кислота до 300;
- А, или каротин до 120;
- Р, или рутин до 120;
- D до 0,6;
- Е, или токоферол до 300;
- В1, или тиамин до 1,5;
- В2, или рибофлавин до 1,9;
- В6, или пиридоксин до 0,9;

1.3 Полезные свойства перги.

Польза пчелиной перги – установленный факт. Известно, что она по-разному действует на человека в зависимости от его половой, возрастной принадлежности. Иногда лечение пергой не является необходимостью и тогда ее применение назначается в профилактических целях.

Польза пег:

- снижает уровень сахара и холестерина в крови;
- повышает физическую и умственную трудоспособность;
- усиливает мужскую потенцию;
- восстанавливает функции печени;
- нормализует процессы пищеварения и др.

1.4 Способы получения перги.

Но как же достать пергу, чтобы воспользоваться ее полезным составом? Пчеловоды прибегают к различным способам получения этого продукта. Независимо от того, какой вариант выбран, сперва потребуется извлечь соты с пергой, и разделить их на несколько частей. После этого выбирают механический либо ручной способ извлечения. Пергу можно добывать по-разному, но, чтобы исключить снижение качества продукта, следует придерживаться 4 основных способов, которые применяются не только пчеловодами, но и признаны учеными:

- Вода,
- Вакуум,
- Сушка,
- Заморозка.

Чтобы извлечь пергу с помощью воды, потребуется замочить соты в воде, например, в ванной на 2-3 часа, после чего встряхнуть несколько раз, чтобы спрессованная пыльца выпала из ячеек. После этой процедуры вода из гранул отцеживается, и продукт просушивается. Недостатком такого способа является тот факт, что полезные вещества уходят вместе с водой.

В вакууме перга извлекается на специальном оборудовании, которое потребуется приобрести, что и является недостатком.

Можно с помощью сушки, для чего высушенные соты необходимо охладить, а после измельчить и удалить восковые частички путем просеивания. Существенный недостаток такого способа — низкая производительность и большие трудовые затраты.

Достать пергу можно, заморозив соты, после чего их измельчают и просеивают от воска. Минусом способа является потеря полезных веществ в результате воздействия низких температур. Важно знать, что воскоперговая масса должна охлаждаться при температуре при $-5^{\circ}\text{C} \leq t \leq +2^{\circ}\text{C}$. Насколько длительной будет выдержка, зависит от температурного показателя. Если

охлаждение осуществляется при температуре $+2^{\circ}\text{C}$, то по времени это занимает более 4 часов, при -2°C – 2 часа. Прибегая к более низким температурам, длительность должна составлять столько времени, чтобы перга полностью не промерзала. В противном случае биологически активные вещества в продукте утрачиваются. Проверить, готовы ли перговые соты к переработке, довольно просто. Если восковые ячейки при надавливании на них пальцами крошатся, т. е. стали хрупкими, то самое время извлекать пергу.

Отбирать перговые рамки из ульев лучше всего в такое время

- в период весеннего осмотра пчел, когда начался активный сбор пыльцы. В этом случае отбор старых сот с пергой никоим образом не отразится на семье;
- летнее время изымают полностью запечатанные перговые соты при специальной заготовке;
- в осенний период во время формирования гнезд к зимовке.

Для заготовки перги используют соты, соответствующие следующим требованиям: не должно быть признаков плесени, не допускается наличие меда, каких-либо загрязнений и посторонних запахов.

Поскольку сушка перги является важным процессом, для соблюдения технологии необходимы соответствующие условия. В противном случае качество продукта сильно снизится. Выделяют 3 способа сушки, при которых доставать пергу можно относительно легко:

- естественный;
- конвективный (теплым воздухом);
- вакуумный.

Естественный способ предполагает сушку на открытом воздухе: соты раскладывают под навесом или в помещении с хорошей вентиляцией. Конечный продукт характеризуется высоким качеством. Однако на его реализацию уходит не 1 месяц, что напрямую зависит от климатических особенностей региона.

К наиболее удобным способам относится конвективный. Хотя в этом случае и потребуется установить специальное оборудование, его монтаж не доставит много хлопот. Процесс сушки происходит непосредственно в корпусах ульев и занимает мало времени.

Что касается вакуумного метода, то он является самым быстрым, но и дорогостоящим. Способ подразумевает использование герметической сушильной камеры, которую может позволить себе далеко не каждый. Поэтому пчеловоды прибегают к различным хитростям и приспособлениям, облегчающим этот процесс.

В процессе сушки влажность перги снижается до значения 14-15 %, что является достаточным для переработки сот. Важным условием является не только снятие восковой основы сота, но и снятие с перги восковой оболочки, при этом оставив сами гранулы целыми.

Независимо от способа сушки, процедура должна осуществляться при температуре не выше +42°C. Именно при таком показателе продукт не теряет свои полезные свойства.

Перга является очень ценным продуктом пчеловодства. Она необходима как пчелам для питания и роста, так и для человека как биологически активная добавка и основного продукта для изготовления лекарственных, витаминных препаратов, а также косметических средств.

1.5 Анализ способов для извлечения перги.

Имеется метод получения перги посредством извлечения из пчелиных сот. Массу материала, то есть соты аккуратно освобождают от рамок, помещают в морозильную камеру рефрижератора и 90-120 минут выдерживают при температурном режиме от -12 до -18°C. После этого, куски, подвергшиеся заморозке, вынимают из камеры и дробят вплоть до получения массы, состоящей из перги и частичек воска. Производится просеивание измельченного материала, через сито с размерами ячеек 4 на 20 мм, чтобы отделить пергу и частицы воска. Перга остается на решетке, а

частицы воска проходят через отверстия. Полученная перга сушится ровно 360 минут при заданном температурном режиме в 40°C конвективным способом при достижении влажности 13-14% в потоке замкнутого теплоносителя

При заморозке гранулы перги имеют высокую прочность, а восковая основа становится хрупкой. Заморозка позволяет перге сохранить форму и избежать разрушения в процессе её измельчения путем удара штифтов в аппарате. Основа из воска, в свою очередь, приобретает хрупкость и её последующее дробление производится при отсутствии неупругих деформаций, заметных человеческому глазу.

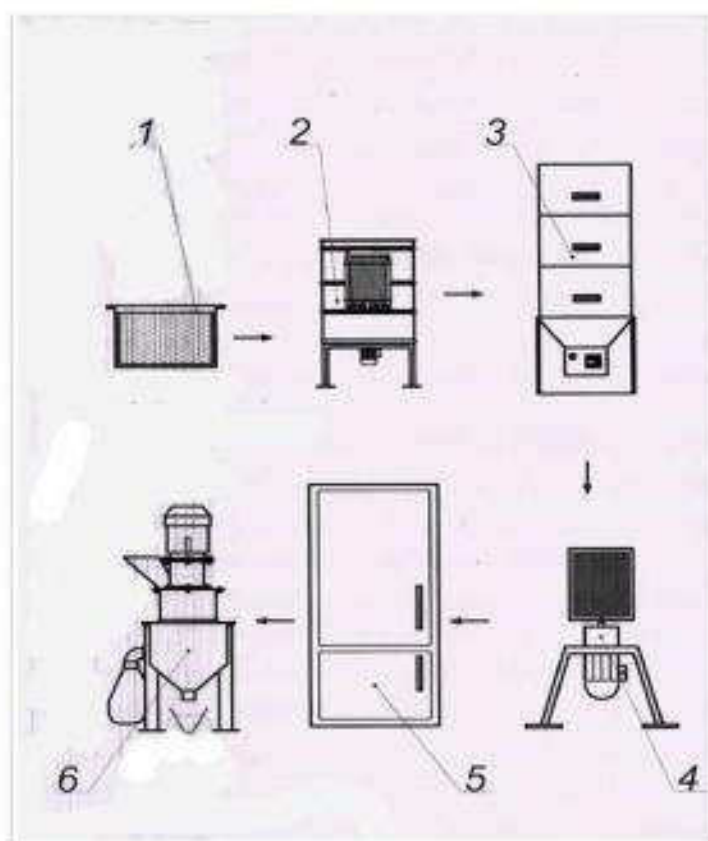
Масса с высоким содержанием перги, полученная при дроблении твердых кусков пчелиных сот измельчителем (к примеру, штифтовым), является перемешанными между собой частичками воска (толщиной чешуек в пределах от 0,3 до 3 мм и площадью поверхности от 1,5 до 150 мм².) и цельными гранулами перги. Вследствие существенных отличий геометрических размеров и форм частичек воска и гранул перги в полученной массе, появляется возможность их сепарирования преимущественно на сите с отверстиями, имеющими продолговатое сечение.

[1]

Недостатками этого способа являются высокая энергоёмкость, потеря части перги в процессе пневмосепарации.

Существует другой способ извлечения перги, в котором используется скарификатор. В нём производится разрушение целостности верхнего слоя пчелиного сота. Затем соты высушивают при помощи конвекции. Высушивание длится 540-600 минут при значении температуры от 39 до 41°C пока влажность перги не станет в пределах от 14 до 15%. Затем полученная масса пчелиных сот аккуратно освобождается от рамок и охлаждается в камере рефрижератора при значениях температуры -3...-4°C от 30 до 40 минут. Кусочки сот, подвергшиеся охлаждению, погружают в дробильную камеру через загрузочную воронку, в которой восковая составляющая

сепарируется от перговых гранул. Затем производится доставка в автоматическом режиме вороха с высоким содержанием перги по наклоненной плоскости дозатора, в которой ворох с высоким содержанием перги сравнивается по высоте, которая задается размерами нижней грани заслонки, соответствующей размерам перговых гранул. Далее, подвергшийся выравниванию слой вороха с высоким содержанием перги, в автоматическом режиме доставляется в aspirатор для сепарации по характеристике парусности на пергу и основу из воска [2]



1 – подготовка перговых сот, 2 – скарификация, 3 – сушка перги в сотах, 4 – отделение пергового сота от рамки, 5 – охлаждение перговых сот, 6 – измельчение пчелиных сот и сепарация на восковые частицы и пергу

Рисунок 1.1 – Схема технологии процесса отделения перги из пчелиных сот

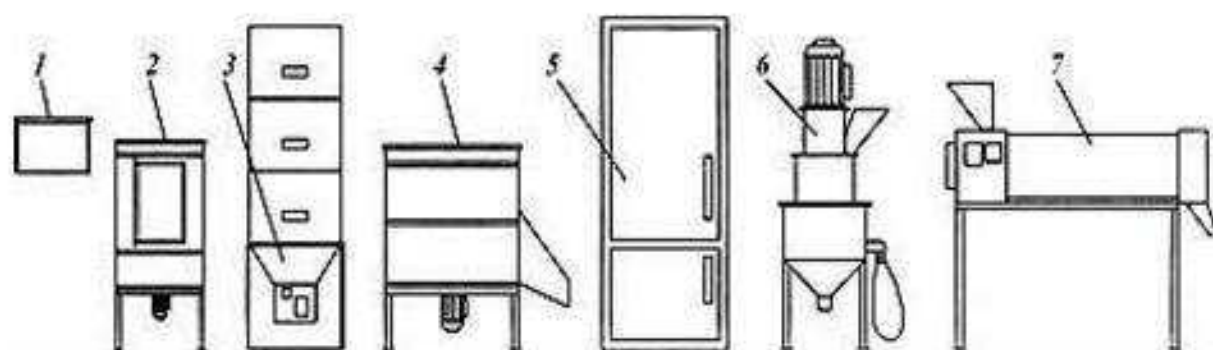
У данного способа имеются свои недостатки. Это - значительная энергоемкость, недостаточная очистка восковой основы в аспирационной установке, длительный процесс извлечения перги.

Рассмотрим другой способ, в котором до извлечения перги из сот центрифугированием откачиваются остатки меда. После удаления меда соты на 2-3 дня обратно помещают в улей с пчелами, чтобы те удалили мелкие капли меда. Затем куски сот размещают в морозильной камере на 5-6 часов с температурой $-18...-19^{\circ}\text{C}$. В процессе заморозки восковая основа приобретает хрупкую основу, а гранулы перги имеют высокую прочность. Замороженные соты измельчают и получают целые гранулы перги и воск (основа сот). Извлеченные гранулы перги покрыты оболочкой. Она разрушается измельчителем. Воск и перга отделяются в аспирационном канале при скорости воздушного потока 8м/с. Затем пергу измельчают второй раз до размеров 0,5...1,5мм и сушат при значении температуры в 50°C 120 минут до достижения значения влажности в 13%. Второе дополнительное дробление применяется затем, чтоб частички перги $\leq 1,5$ мм не подвергались сносу потоками воздуха в специальном канале аспиратора. [3]

Недостатки вышеизложенного метода – значительно большая энергоемкость, долгий процесс отделения перги, существенное число участвующих установок, следовательно, занятие огромной площади.

Имеется метод, при котором верхняя прослойка перги в сотах, насыщенная медом, подвергается скарифицированию на величину глубины данной выработанной прослойки. Затем пчелиные соты опускают в осушительную установку и высушивают их при помощи конвекции в специальном режиме осциллирования с переменным обдуванием пчелиных сот сушительным реагентом при значениях температуры от 50 до 60°C обычным воздухом из атмосферы с $10 \leq t \leq 20^{\circ}\text{C}$ достижения влажности от 13 до 15%. По достижению температуры перги от 40 до 42°C сушительный реагент перестаёт подаваться и обдувание происходит только воздухом из атмосферы. Полученная масса перги далее аккуратно освобождается от рами производится её охлаждение при $t = 3...4^{\circ}\text{C}$ длительностью от 30 до 40 минут. Подвергшиеся охлаждению, но еще крупные куски дробят на измельчителе

до образования отделившихся маленьких комков перги, которые уже не связаны восковой основой пчелиного сота. Далее ломаются коконы на маленьких комках перги посредством прохождения оставшейся массы через небольшие вальцы цилиндрической формы. Расстояние между вальцами соответствует значениям от 4,9 до 5,0 мм. Затем уже дробленая масса разделяется путем просеивания на ровно четыре фракции. Фракции с величинами частичек от 4,0 до 6,0 мм, от 2,8 до 4,0 мм, от 2,1 до 2,8 мм, от 1,5 до 2,1 мм разделяют при скорости потока атмосферного воздуха от 7,9 до 8,0 м/с, от 6,7 до 6,8 м/с, от 5,8 до 5,9 м/с, от 5,0 до 5,1 м/с соответственно. [4]



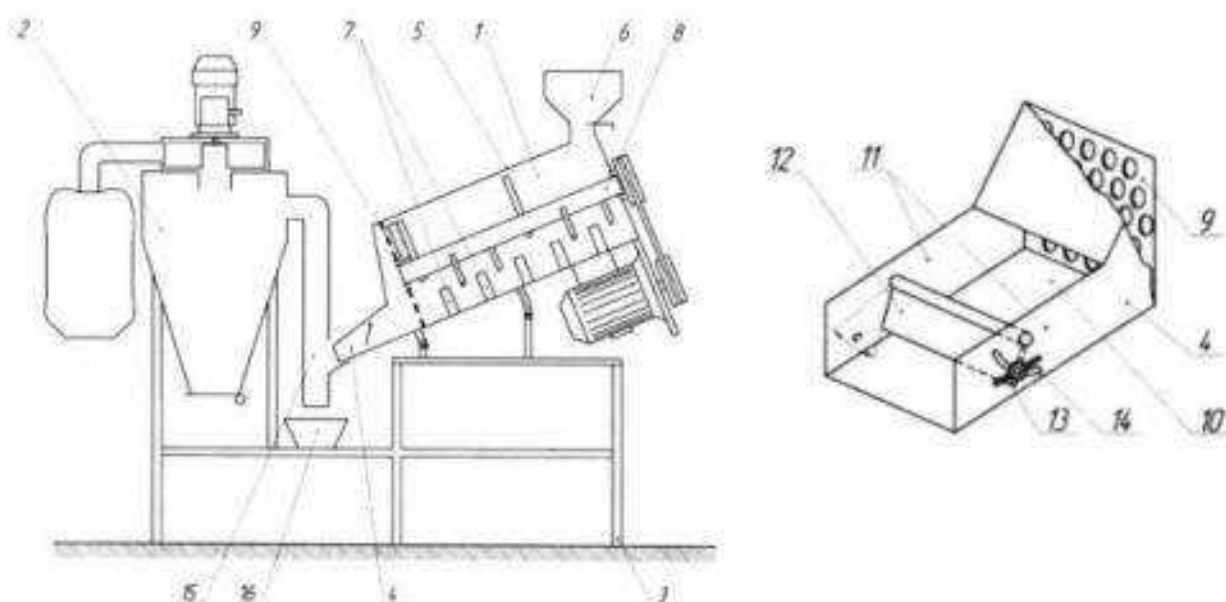
1 – перговые соты; 2 – центробежный скарификатор; 3 – сушильная камера; 4 – центробежный отделитель; 5 – холодильник; 6 – конструкция извлечения перги; 7 – досушивающее устройство.

Рисунок 1.2 – Технологический процесс производства перги

Недостатки вышеуказанного метода – это неосуществимость сепарации достаточно больших по размеру частичек воска от гранул перги путём пневматической сепарации и чрезмерное измельчение перги, при её прохождении сквозь небольшие вибровальцы для слома коконов, слишком высокая температура осушения, ведущая к утрате столь необходимых полезных качеств, но, кроме того, неразумное расходование тепла при сушке путем оциллирования.

1.6 Анализ конструкций для извлечения перги

Агрегат для извлечения перги.



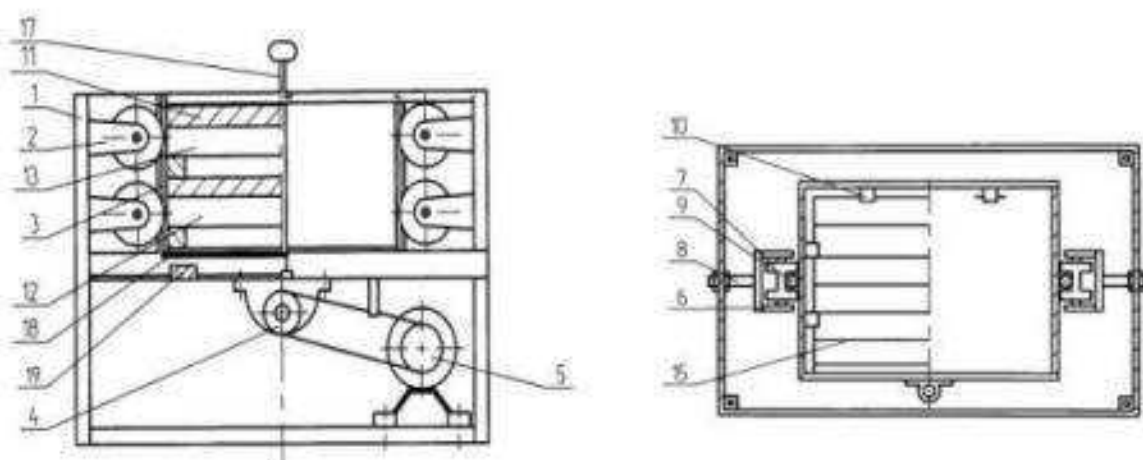
1 – измельчитель; 2 – аспирационная установка; 3 – несущая рама; 4 – дозатор; 5 – рабочая камера; 6 – загрузочная горловина; 7 – штифт; 8 – рабочий вал; 9 – решето; 10 – наклонная поверхность; 11 – борт; 12 – заслонка; 13 – фиксатор; 14 – прорезь; 15 – всасывающий канал.

Рисунок 1.3 – Вибрационная установка для получения перги.

Аппарат функционирует соответствующим способом. В момент, когда установится частота оборотов работающего вала восемь и скорости потока атмосферного воздуха в канале всасывания пятнадцать, заранее приготовленные кусочки сот (подвергшиеся высушиванию перги до влажности в 14%, бережно освобожденные от рамы, охлажденные до $t = 0 \pm 2^\circ\text{C}$) подают в предназначенную для загрузки горловину шесть, под силой гравитации передвигаются в камеру пять. Вал восемь, имеющий штифты на своей поверхности, ударами разбивает основу из воска и высвобождает перговые гранулы. Ворох с высоким содержанием перги под действием силы тяжести спускается по наклонной плоскости десять дозатора четыре. Спустившись к заслонке двенадцать, ворошок подравнивается своей

толщиной в одну прослойку, которая задается высотой нижней грани заслонки двенадцать сравнительно наклоненной плоскости десять. Данным способом совершается автоматический приток ворошка с высоким содержанием перги, разравнивающегося по значению высоты, соответствующей размерам перговых гранул. Пройдя заслонку двенадцать выровненный, строго отмеренный слой смеси с высоким содержанием перги по наклоненной плоскости десять дозатора четыре спускается в канал пятнадцать, производящий всасывание. Там поток атмосферного воздуха охватывает частички воска и сдувает их. Перговые гранулы под действием силы гравитации спускаются в канал всасывания пятнадцать и скапливаются в резервуар шестнадцать. [1]

Вибрационная установка для очистки пчелиных сот.



1 – несущая рама, 2 – роликовая опора, 3 – рабочий корпус, 4 – вибровозбудитель, 5 – электродвигатель, 6 – корпус роликовой опоры, 7 – направляющий ролик, 8 – регулировочный винт, 9 – направляющий стержень, 10 – паз, 11 – пчелиные соты, 12, 13 – накопительный ящик, 14 – вогнутая линия, 15, 16 – опорные стержни, 17 – фиксирующий стержень, 18 – несущая плита, 19 – ударные пластины.

Рисунок 1.4 – Установка вибрационная очистки пчелиных сот

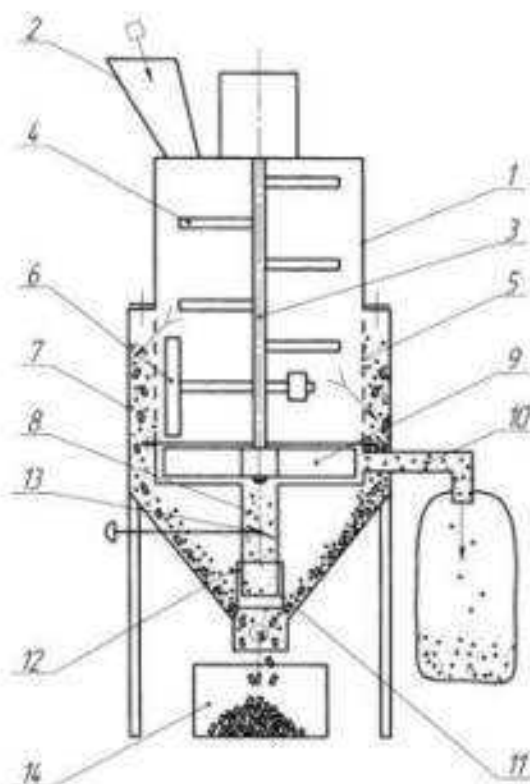
Принцип действия установки заключается в следующем Соты с содержанием перги влажностью от 12 до 13% помещают в пазы рабочего органа установки, основа из воска касается стержней, на которые

производится опирание. Соты закрепляют в самих пазах фиксирующими стержнями. Далее запускают электродвигатель, приводящий в действие вибровозбудитель. В процессе активности вибровозбудителя, блок-корпус начинает колебаться. Из-за наличия направляющих стержней и опор в виде роликов задается нужная ориентация и направление колебательных движений работающего блок-корпуса. Достигнув нужного значения амплитуды колебательного движения блок-корпус вступает во взаимодействие с ударяющими пластинками. Во время соударения соты нагибаются и совершается сепарирование грязной фракции из сотовых ячеек. Образованная смесь накапливается в специальных ящиках. Спустя от 3 до 10 минут устройство выключают, совершают переворот соты и возобновляют очистку. Завершив процесс очистки, производят замену пчелиных сот местами, далее производится повтор всех технологических процедур. [5]

Агрегат для извлечения перги

Кусочки сот, содержащие пергу посредством горловины для загрузки два, оказываются в рабочей камере один цилиндрической формы, где совершается дробление при помощи штифтов четыре при вращательном движении вала три. Дробленая до габаритов отверстия перфорации, масса с высоким содержанием перги, находясь под воздействием центробежных сил и интенсивного действия пластинки шесть, направляется сквозь имеющиеся отверстия и опускается в циклон семь. Опускаясь по той части циклона, которая сужается, масса с высоким содержанием перги однородно укладывается, окружая муфту одиннадцать, и строго отмеренно преодолевает контролируемый зазор между муфтой в область отделения и стеной циклона. Вращательным движением центробежного вентилятора девять в область отделения (сепарации), у входа в трубку канала аспирации, образуется поднимающийся поток атмосферного воздуха, уносящий по трубке сырьё из воска сквозь отводящий патрубок десять, наиболее тяжелые же перговые гранулы попадают в емкость четырнадцать, которая располагается ниже циклона. Для того, чтобы регулировать величину зазора продвижения смеси

с высоким содержанием перги, муфту передвигают по трубке и закрепляют её положение винтом для регулирования двенадцать. Регулирование изменения количественной величины поднимающегося потока атмосферного воздуха производят заслонкой тринадцать. [6]

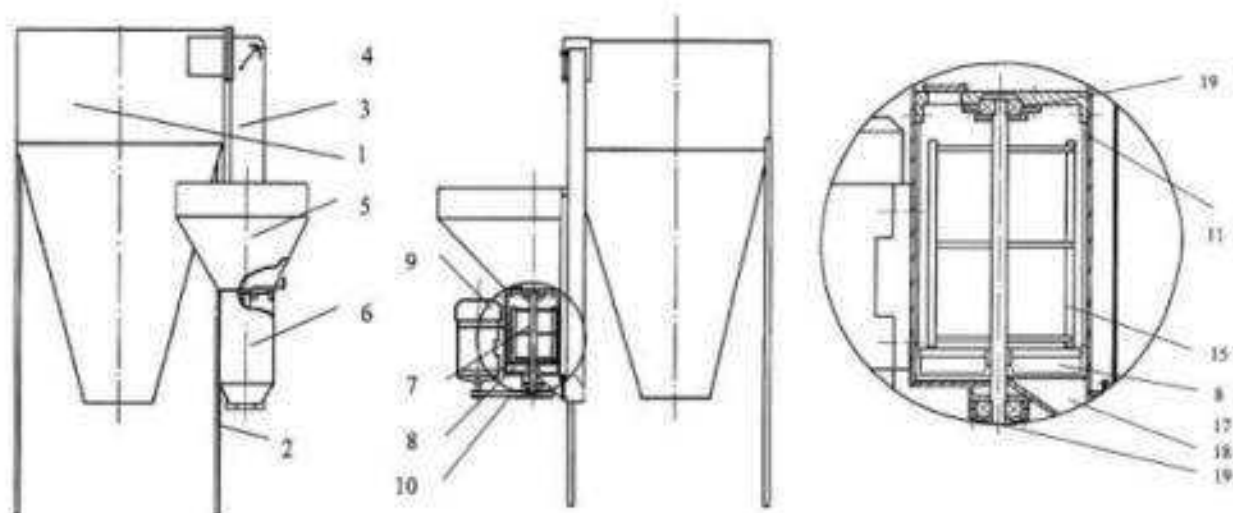


1 – рабочая камера; 2 – загрузочная горловина; 3 – вал ротора; 4 – штифт; 5 – поверхность рабочей камеры; 6 – пластина; 7 – циклон; 8 – канал; 9 – вентилятор; 10 – отводной патрубок; 11 – муфта; 12 – винт; 13 – заслон; 14 – бак сбора перги.

Рисунок 1.5 – агрегат извлечения гранул перги

Следующей рассматривается установка извлечения перги. Подготовленные перговые соты с влажностью 14-15% и температурой 0...3°C загружают в бункер 5, затем самотеком материал через загрузочное окно 16 попадает в рабочую камеру 6 с установившимися частотой вращения ротора 7 и скоростью воздушного потока. Рабочими органами соты подвергаются механическим воздействиям и разрушаются. Мелкие гранулы перги и восковые частицы основы сота проходят через решето 14, а крупные частицы, не прошедшие через решето, возвращаются в рабочую зону рифлей

12 под работой крыла 8 на доизмельчение. После повторного измельчения материал проходит через решето 14 и по переходному патрубку 18 попадает в аспирационный канал 3. Воздушным потоком, который регулируется заслонкой 4, мелкие частицы воска с легкими примесями уносятся и оседают в циклоне 1, а гранулы перги выпадают из аспирационного канала. Такое разделение осуществляется из-за различных показаний скорости витания.



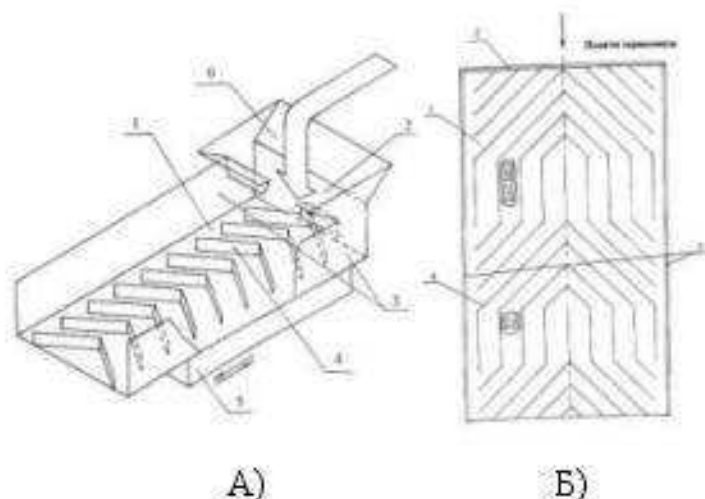
1 – циклон; 2 – опора; 3 – аспирационный канал; 4 – регулятор воздушного потока; 5 – загрузочный бункер; 6 – рабочая камера; 7 – вал; 8 – крыла; 9 – электродвигатель; 10 – клиноременная передача; 11 – рифли; 12 – дно рабочей камеры; 13 – стержень; 14 – решето; 15 – рабочая лопасть; 16 – выгрузное окно; 17 – заслонка; 18 – патрубок; 19 – подшипниковая опора.

Рисунок 1.6 – установка для извлечения перги из перговых сот

1.7 Анализ сепараторов сыпучих материалов.

Рассмотрим принципы работы некоторых конструкций сепараторов. Сепарирующее устройство (рисунок 1.7А). Первичная зерновая смесь (зерно с малым количеством примесей) безостановочно поступает на рабочую поверхность 1, которая осуществляет прямолинейную фазу колебания, в приемную часть, находящуюся у торцевой стенки 2. На рабочей поверхности появляется слой зерносмеси толщиной, превосходящей высоту рифлей 4,

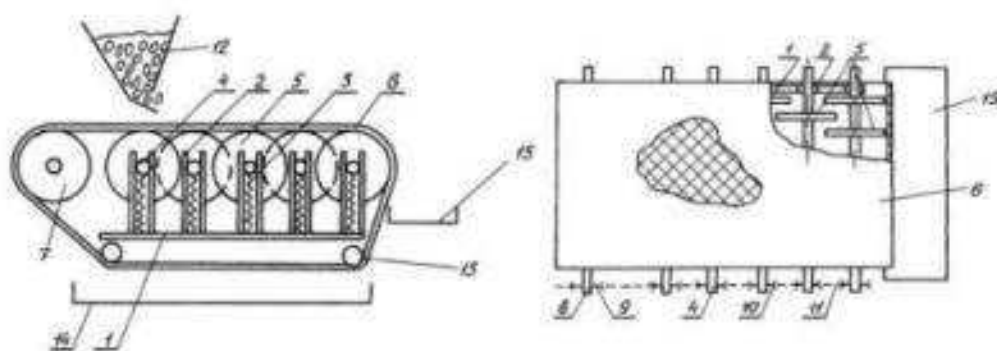
благодаря тому, что торцевая стенка 2 и боковые стенки 3 имеют высоту внушительнее высоты рифлей 4. Самосортирование зерносмеси происходит за счет воздействия прямолинейных колебаний и рифлей 4 на нижний слой. Воздействие силы гравитации и инерции позволяют сортировать зерносмесь по размерам и плотности. В процессе самосортирования зерносмеси на рабочей поверхности 1 легкие примеси сосредотачиваются в верхнем слое зернового потока. Также устройство можно использовать для отчистки зерна от малого количества примесей, если применять ситовую поверхность 1 с рифлями 4 (рисунок 3.1Б). Просеивание происходит за счет транспортировки мелких примесей, которые в процессе самосортирования переместились в нижний слой зернового потока, между рифлями 4 с невысокой скоростью и положению рифлей 4, которые проходят над отверстиями сита. Так как через сито просеиваются только те мелкие примеси, которые достигали ситовой поверхности, перемещаясь в нижний слой зернового потока, повысилась технологическая эффективность очистки зерна от мелких примесей. Исходя из этого, следует сделать вывод, что результатом также является повышение эффективности самосортирования зерносмеси, как следствие. [8]



1 – рабочая поверхность; 2 – торцевая стенка; 3 – боковые стенки; 4 – рифли; 5 – привод для сообщения прямолинейных гармонических колебаний; 6 – питатель.

Рисунок 1.7 – Сепарирующее устройство

Рассмотрим сепаратор сыпучих материалов (рисунок 1.8).



1 – рама; 2 – направляющие пластины; 3 – пружины; 4 – валики; 5 – шайбы; 6 – лента; 7 – барабан; 8 – вал; 9 – звёздочка привода; 10 – звёздочка; 11 – цепная передача; 12 – загрузочный бункер; 13 – поддерживающие ролики; 14 – приёмник продукта разделения; 15 – приёмник продукта разделения.

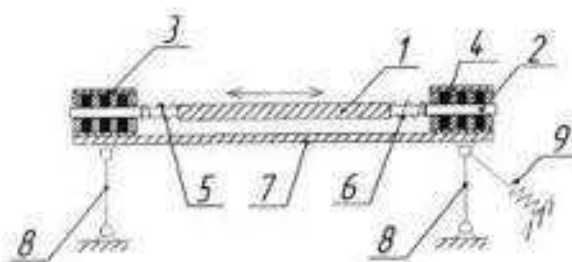
Рисунок 1.8 – Сепаратор сыпучих материалов

Работа сепаратора сыпучих материалов происходит следующим образом. Первоначальное сырьё из загрузочного бункера 12 следует на бесконечную, гибкую, перфорированную ленту 6. Лента 6 следует по фракционированным шайбам 5. Соответственно, в момент движения на ленте 6 находится слой зерна. Мелкие частицы просеиваются сквозь ленту 6 и распределяются в приёмник 15 крупных частиц, также, как и фракционированные шайбы 5, благодаря влиянию колебания на верхнюю ветвь ленты 6. Передвигаясь совместно с лентой 6 крупные частицы попадают в приёмник 15 крупных частиц.

Прогресса в просеивании мелких частичек позволяет добиться совокупность конструкции валиков 4 и фракционированных шайб 5. Помимо вертикальных колебаний, они выполняют пульсацию (колеблются) сравнительно продольной оси. Попадание крупных частичек в зоне разгрузочного конца между фракционированных шайб 5 устраняет гибкая, перфорированная лента 6. [9]

Следующим рассмотрим сепаратор (рисунок 1.9). Обмотки статора

ЛАД питает напряжением блок. Они концентрируют проходящее магнитное поле, которое ориентируется от статора 3 к статору 4. Ротор и дека 1 под действием силы осуществляют перемещение в сторону магнитного поля. Эта деятельность силы, устремленная по направлению проходящего магнитного поля и приложенная к ротору, возникает благодаря содействию проходящего магнитного поля статора с ротором 2. При всем этом, главное - первоначально выбрать зазор меж статором 4 и элементом 6, только после выполненных манипуляций упругий элемент 6 будет сжиматься. Из-за сдвига центра тяжести при движении ротора 2 и дека, установленная шарнирно на подвеске 8 и упругими связями 9, подвеска 7 также будет выполнять движение по радиусу. Сам радиус в положении поля определяет подвеска 8. При совокупности вышеперечисленного - упругий элемент 9 будет сжиматься. Обмотки статора линейного двигателя постоянного тока (асинхронного двигателя) обесточивает блок управления в неопределенный момент времени. Проходящее магнитное поле исчезает, что приводит к обратному направлению передвижения ротора 2 с декой 1, под воздействием потенциальной энергии ранее сжатого упругого элемента 6. При перемещении ротора с декой по направлению части статора 3, предусмотрен выбор зазора меж статора 3 и упругим элементом 5. Только после этого упругий элемент 5 будет сжиматься.

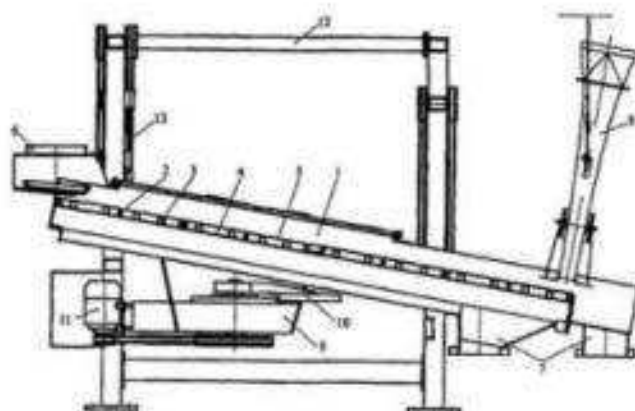


1 – дека; 2 – ротор ЛАД; 3, 4 – статор ЛАД; 5, 6 – упругие элементы; 7- платформа; 8 – подвески; 9 – упругая связь.

Рисунок 1.9 – Сепаратор

Также существует грохот инерционный (Рисунок 1.10). Для того чтобы дека обладала свободной пульсацией с центробежным ускорением к центру имеющее значение 17-18 м/с², необходимо определить значение дебаланса исходя из частоты вращений и массы. От материала зависит регулировка оси вращения дебаланса. Чем больше всасываемых примесей воздухоприемником, тем больше сдвиг оси дебаланса. Колебания деки возникают из-за вращения дебаланса. На верхнюю ситовую поверхность материал попадает по загрузочной горловине.

Проход с первого сита попадает на сито два. В результате вибрационных действий мелкие примеси проходят вниз и попадают на скатную плоскость где в дальнейшем сходят с неё. [11]

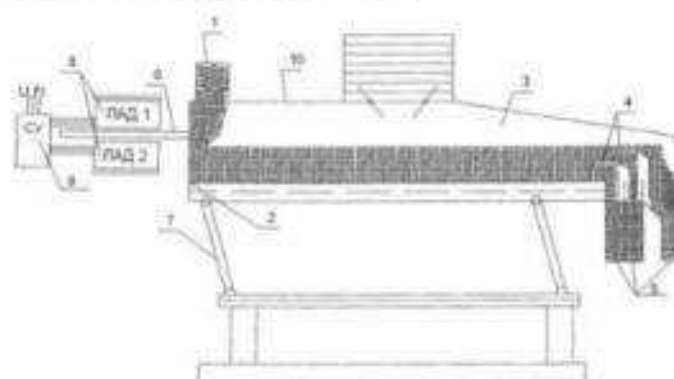


1 – дека с ситовыми поверхностями; 2 – сито; 3 – резиновые шары; 4 – сито с крупными отверстиями; 5 – технологическая сетка; 6 – воронка загрузки; 7 – воронка продуктов классификации; 8 – воздухоприёмник; 9 – колебатель в составе рамы; 10 – вал с дебалансом; 11 – электродвигатель; 12 – опорная рама; 13 – подвеска.

Рисунок 1.10 – Грохот инерционный

Рассмотрим вибропневмосепаратор (Рисунок 1.11) Масса подается в приемный бункер. Корпус имеет качающиеся опоры и приводится в колебательное движение трехфазными линейными асинхронными

двигателями и тягой, которая жестко связана с корпусом 10 и является второй частью электродвигателя. Работой электродвигателя управляет система управления двигателями, которая время от времени подает и отключает питание на обмотках. Работа СУД происходит по сигналам датчиков положения корпуса. Перемещение возникает из-за инерционных сил, которые возникают при колебаниях корпуса и псевдооживленный слой, созданный вакуумной камерой, передвигается в сторону делителя псевдооживленного слоя. Именно здесь происходит сортировка материала. Затем фракции попадают в приемники [12]



1 – приёмный бункер; 2 – прямоточная дека; 3 – вакуумная камера; 4 – псевдооживленный слой; 5 – приёмник фракций семян; 6 – тяга; 7 – качающиеся опоры; 8 – линейный асинхронный двигатель (ЛАД); 9 – система управления двигателями; 10 – корпус.

Рисунок 1.11 – Вибропневмо сепаратор

Проанализировав конструкции существующих устройств для получения перги, сепараторов и способов получения перги можно сделать вывод, что большинство из них имеют большую металлоёмкость и площадь эксплуатации, обладают низкой производительностью и низким качеством конечного продукта, а также с финансовой точки зрения данные устройства достаточно дорогостоящие для приобретения. Исходя из полученных данных формируются цели и задачи исследований.

1.8 Цели и задачи исследований.

Цель исследования – увеличение эффективности переработки воскоперговой массы и обоснование конструктивных и технологических параметров сепаратора воскоперговой массы.

Задачи исследований.

- литературно-патентный обзор способов получения перги;
- литературно-патентный обзор устройств получения перги;
- литературно-патентный обзор конструкций получения перги;
- литературно-патентный обзор сепараторов сыпучих материалов;
- исследовать физико-механические свойства гранул перги;
- провести изучение процесса сепарирования решетками;
- провести теоретическое изучение процесса закономерности движения частицы по решетку;
- провести теоретические расчётные исследования вибрационного перемещения частиц;
- выполнить анализ теоретических исследований процесса сепарации перги из воскоперговой массы;
- разработать схему технологического процесса получения перги;
- разработать конструктивно-технологическую схему сепаратора воскоперговой массы;

ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕПАРАЦИИ ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ

2.1 Анализ теоретических исследований процесса сепарирования решетками

Рассматривая данный вид сепарирования на фоне проделанных исследований, большое количество авторов отмечают, что перемещение исследуемого материала в большинстве своём зависят от ряда точных критериев, таких как коэффициент трения материала о рабочую поверхность, угол наклона аппарата, направление работы решета, частота колебания данной составляющей прибора и его амплитуда. Так же большинство авторов уверены, что немаловажную часть на ход процесса влияет среднее значение скорости работы прибора, которая существенно определяет численные и высококачественные данные процесса сепарации. На фоне данных высказываний, на передний план выходит один из наиболее важных вопросов, связанных с массовым запуском процессов сепарирования – это вычисленное значение скорости составляющих сыпучего продукта в потоке.

На представленном ниже рисунке 2.1 изображены кинематические схемы решетных устройств: а – колебания поверхности в собственной плоскости, б – колебания поверхности с типовой составляющей, в – круговые колебания поверхности, г – высокочастотные с умеренной амплитудой колебания, которая перпендикулярна поверхности решета, вибрации, протекающие в вертикальной плоскости. Самый результативный вариант работы достигается при частичной нагрузке на решето прибора, представленный на схемах а, б, в. Но уменьшение данного параметра в итоге, несомненно, приведёт к пропорциональному уменьшению производительности.» [16] Главной особенностью системы (рисунок 2.1 г) считается то, что присутствие сторонних воздействий от основных органов системы на материал, увеличивает силу перераспределения частиц, а также

значительно повышает проход небольших элементов через рабочую плоскость.

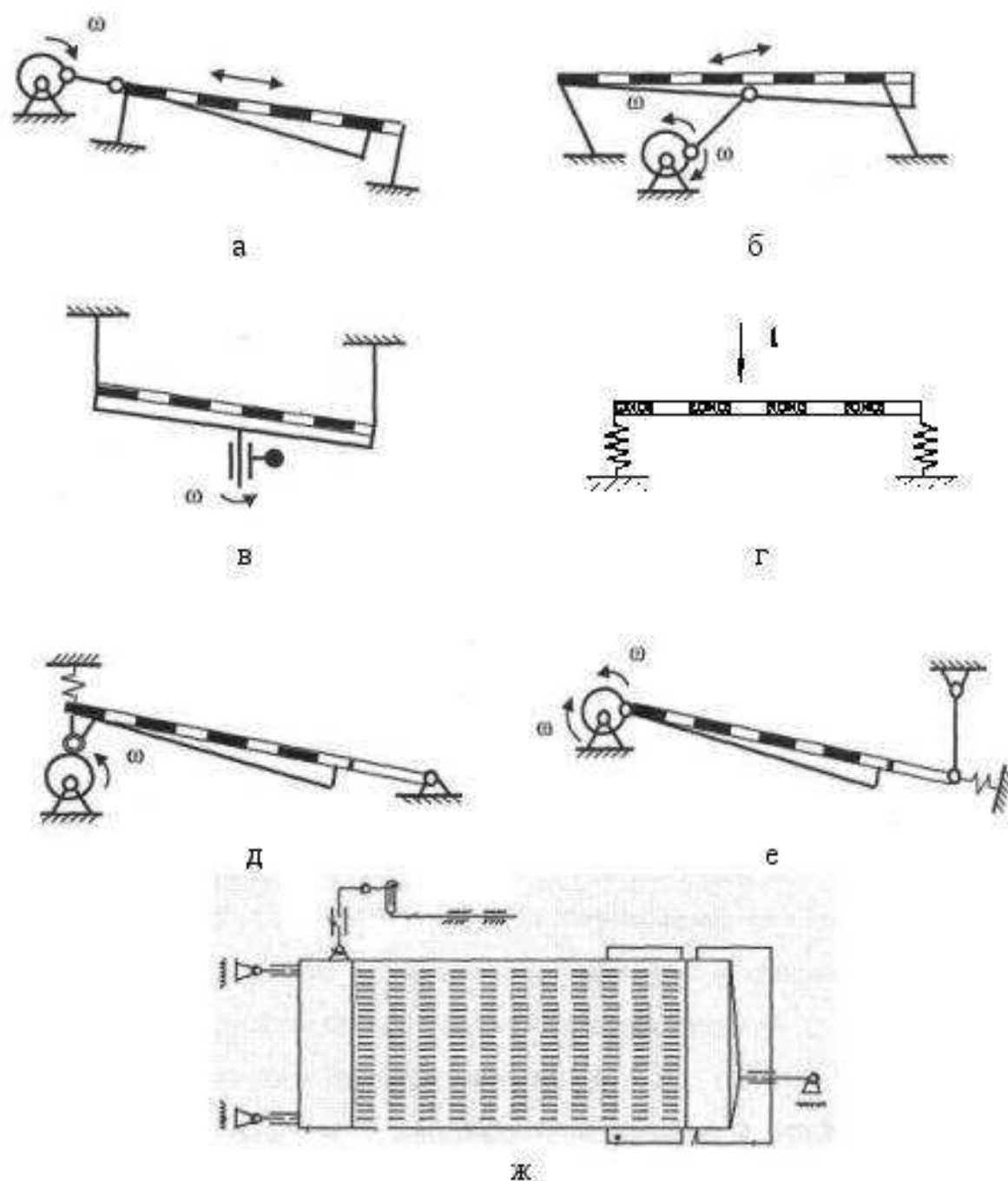


Рисунок 2.1 – Кинематические схемы решетных устройств

Продemonстрированные схемы обладают равной амплитудой колебаний и неизменным углом наклона решета, таким образом, они обладают неизменным коэффициентом значения скорости передвижения элементов по решетке. Величина скорости перемещения частицы по решетке в подобных ситуациях при изменении нагрузки меняется и увеличивается с

повышением толщины слоя.

Режим работы решет проходит в условиях смешанных нагрузок. По мере движения по решетке толщина слоя снижается и динамическое влияние на материал бесспорно сокращается по протяженности решета.

Рисунок 2.1д – плоскость сепарации с эксцентриковым приводом у которой отклонение поперечных колебаний снижается по протяженности. На рисунке 2.1е представлена плоскость с эксцентриковым приводом. Плоскость обладает стабильной амплитудой колебаний по плоскости, а также уменьшающейся амплитудой поперечных колебаний. Участок, на котором крепится решетка к эксцентрику делает кольцевые колебания, другие точки решета – овал. Все без исключения точки в плоскости передвигаются с одинаковой амплитудой. Перпендикулярно решетке амплитуда колебаний снижается таким образом, как с эксцентриковым приводом. Рисунок 2.1ж – плоскость в которой снижается отклонение продольных, а также поперечных колебаний по протяженности плоскости. Для расчета движения частицы используются дифференциальные уравнения. Решетные станы, а, б, в, г, рисунок 2.1 рассчитываются линейными дифференциальными уравнениями, а решетные станы, д, е, ж, рисунок 2.1 – нелинейными. Существует немало исследований линейных уравнений, но недостаточно итогов с их числовыми заключениями. Кроме того, мало данных об опытных изучениях, а также их числовых значений нелинейных систем.

Из ряда научно-технических действий, которые базируются на вибрации, огромное влияние в системе приобрела процедура вибрационного транспортирования. Данное разъясняется в несложной вычисленной схеме и математической модели процесса.

2.2 Анализ проведенных исследований для вибрационного транспортирования воскоперговой массы по рабочей поверхности.

Взглянем на воскоперговую массу В как на материальную частицу с массой m , которая движется в плоскости OXY . X и Y – неподвижные

координаты, а x и y – подвижные. Данные координаты связаны между собой соотношением (2.1)

$$X = x + x_0(t), Y = y + y_0(t), \quad (2.1)$$

Плоскость A наклонена и имеет угол α равный отношению $-\pi/2 < \alpha < \pi/2$. Ось OY перпендикулярна, а ось OX параллельна A , (рисунок 2.2). Плоскость A совершает колебательное движение в OXY и связана с O_1xy . Оси системы OXY параллельны осям O_1xy . [16]

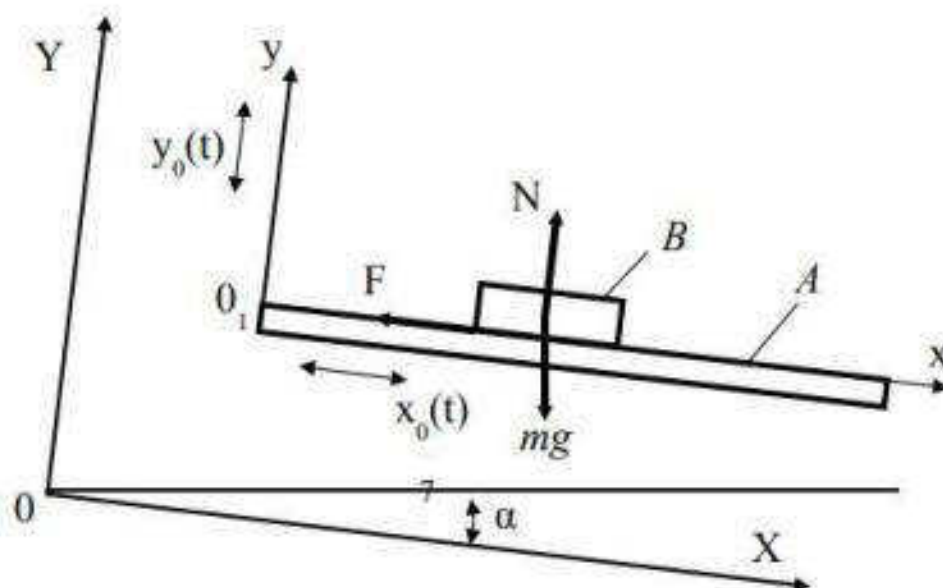


Рисунок 2.2 – Вибрационное передвижение частицы по решетке с траекторией движения

Дифференциальные уравнения для описания движения части относительно плоскости, находящейся в состоянии колебательного движения, учитывающие скачки амплитуды таких колебаний по величине длины сита вдоль оси абсцисс:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = m\omega^2 \cos \omega t - mg \sin \alpha + F; \\ m\ddot{y} = mb(x)\omega^2 \cos(\omega t + \delta) - mg \cos \alpha + N, \end{cases} \quad (2.2)$$

где a – амплитуда продольных колебаний, м

b – амплитуда поперечных колебаний, м

α – угол наклона сита, рад,

ω – угловая частота колебаний, с^{-1} ,

t – время, с,

δ – сдвиг фаз a и b , рад.

Если $b = 0$, то плоскость A движется в собственной плоскости

Если $\delta = 0$, то каждая точка колеблется под углом к O_1x

$$\beta = \arctg \frac{b}{a}, \quad (2.3)$$

$$A_0 = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad (2.4)$$

Если $\delta = \pi/2$ и $a = b$ все точки двигаются в круговом направлении, в остальных они имеют траекторию эллипса.

Если $0 < \delta < \pi$ все точки поверхности A двигаются по направлению часовой стрелки, если $\pi < \delta < 2\pi$, то против.

Изучая закономерность движения частицы её представляют, как материальную точку. Таким образом (2.2) примет вид

$$\begin{cases} x = x_1; \\ mx = ma\omega^2 \cos \omega t - mg \sin \alpha + F; \\ y = y_1; \\ my = mb(x)\omega^2 \cos(\omega t + \delta) - mg \cos \alpha + N. \end{cases} \quad (2.5)$$

«Коэффициенты K , L , M и N для метода Рунге-Кутты будут определяться по формулам» [20]

$$\begin{aligned} K_1 &= Q_n, L_1 = ma\omega^2 \cos(\omega t_n) - mg \sin \alpha + F, \\ M_1 &= S_n, N_1 = mb(x)\omega^2 \cos(\omega t_n + \delta) - mg \cos \alpha + N, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_2 &= Q_n + \frac{h}{2}, & L_2 &= ma\omega^2 \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) \right] - mg \sin \alpha + F, \\
M_2 &= S_n + \frac{h}{2} N_1, & N_2 &= mb(x) \omega^2 \cos \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) + \delta \right] - mg \cos \alpha + N, \\
K_3 &= Q_n + \frac{h}{2} L_2, & L_3 &= ma\omega^2 \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) \right] - mg \sin \alpha + F, \\
M_3 &= S_n + \frac{h}{2} N_2, & N_3 &= mb(x) \omega^2 \cos \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) + \delta \right] - mg \cos \alpha + N, \\
K_4 &= Q_n + h L_3, & L_4 &= ma\omega^2 \cos[\omega(t_n + h)] - mg \sin \alpha + F \\
M_4 &= S_n + h N_3, & N_4 &= mb(x) \omega^2 \cos[\omega(t_n + h)] - mg \cos \alpha + N
\end{aligned} \tag{2.6}$$

На вибрирующем решетке обрабатываемый материал находится в разных состояниях:

- 1) покой-скольжение,
- 2) покой-полет,
- 3) скольжение-покой,
- 4) скольжение-полет,
- 5) полет-покой,
- 6) полет-скольжение.

2.3 Анализ теоретических исследований вибрационного передвижения материала по рабочей поверхности

Для примера расчетных исследований взята кинематическая схема, которая изображена на рисунке 2.1е. С целью уменьшения вредоносных колебаний конструкции находилась наименьшая частота, которая возможна при колебаниях рабочей поверхности. От этого уменьшается частота вибрации решетного стана и увеличивается амплитуда, но не изменяются динамические свойства, которые оказывают влияние на частицы.

$$Aw^2/g \tag{2.7}$$

где A – амплитуда колебаний,

ω – частота колебаний,
 g – ускорение свободного падения»

В рисунке 2.3 представлена вычисленная модель перемещения материала по рабочей поверхности, который колеблется в своей плоскости. XOY – неподвижная система, связанная с $x_0O_1y_0$ – динамическая система решета. Описывая движение материала с помощью математической модели было принято, что материал можно заменить материальной точкой.

Все точки рабочей поверхности двигаются по кругу и совершают возвратно-поступательное движение. Проекция движения определяется:

$$X = R \cos \omega t, Y = \sin \omega t \quad (2.8)$$

где R – радиус круговой траектории колебаний плоскости, м,
 ω – частота колебаний, c^{-1} .

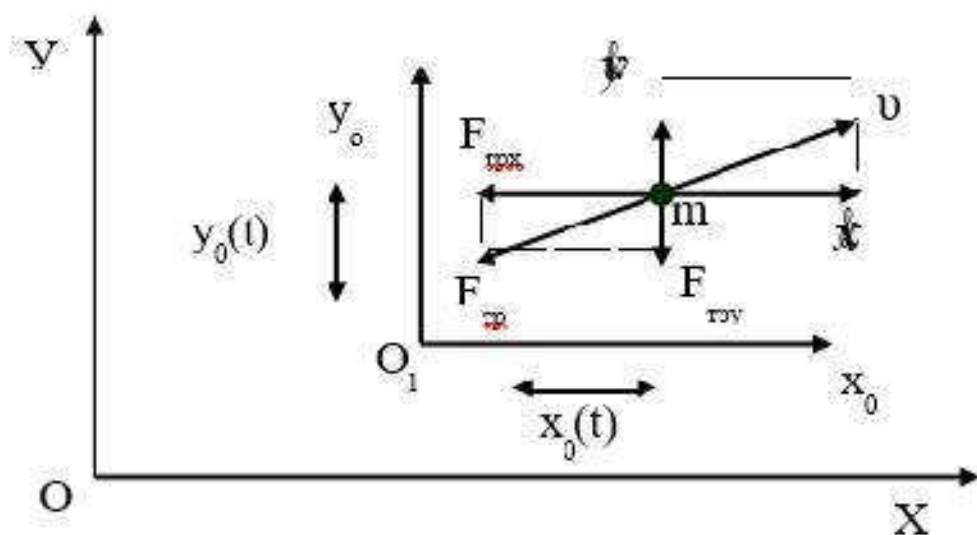


Рисунок 2.3 – Движение частицы по решетке с уменьшающейся амплитудой

Дифференциальные уравнения движения материальной точки по плоскости

$$\begin{cases} mx = mR\omega^2 \cos \omega t + Fx; \\ my = mR\omega^2 \sin \omega t + Fy \end{cases} \quad (2.9)$$

где $mR\omega^2 \cos \omega t = -mx$ и $mR\omega^2 \sin \omega t = -my$ – проекции силы инерции в относительном движении на подвижные оси $x_0O_1y_0$, Н,

F_x и F_y – проекции силы инерции в относительном движении на подвижные оси $x_0O_1y_0$, Н.

При движении частицы по плоскости выполняется условие

$$F = -fmg \frac{x\sqrt{x^2+y^2+0}}{\sqrt{x^2+y^2}}, \quad F = -fmg \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} \quad (2.10)(2.11)$$

где f – коэффициент трения скольжения,

g – ускорение свободного падения м/с^2 .

Условие относительного покоя обрабатываемого материала

$$\sqrt{x^2+y^2} = 0, \quad (2.12)$$

$$F^{(0)} = \sqrt{(F_{xy}^0)^2 + (F^0)^2} = mR\omega^2, \quad (2.13)$$

при $x = y = 0$,

$$\ll F_{mp} = f_1 mg, \quad (2.14)$$

где $mg = N$ – нормальная реакция, Н,

f_1 – коэффициент трения покоя.

Неравенство относительного покоя

$$Z_1 = \frac{gf_1}{R\omega^2} \geq 1. \quad (2.15)$$

Условие движения частицы

$$Z = \frac{gt}{R\omega^2} < 1, \quad (2.16)$$

Если а) $Z_1 > Z > 1$ – покой, б) $Z_1 > 1, Z < 1$ – при малейшем воздействии начинается движение по круговой линии, в) $Z_1 > 1, Z < 1$ – движение по круговой линии. [16]

Движение точек рабочей поверхности относительно неподвижной оси

$$x = a \cos \omega t, \quad y = b \sin \omega t, (bfa). \quad (2.17)$$

Движение обрабатываемого материала по решетку, который совершает возвратно-поступательное движение в этой же плоскости

$$\begin{aligned} x + fg \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} &= a\omega^2 \cos \omega t, \\ y + fg \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} &= b\omega^2 \sin \omega t, \\ x^2 + y^2 &\neq 0. \end{aligned} \quad (2.18)$$

«Частица находится на рабочей поверхности в состоянии покоя если выполняется условие

$$F^{(0)} = \sqrt{(a\omega^2 \cos \omega t)^2 + (b\omega^2 \sin \omega t)^2}, \quad (2.19)$$

Последнее требование приводит к условию [16]

$$Z = \frac{f_1 g}{b\omega^2} \geq \sqrt{\sin^2 \omega t + \left(\frac{a}{b}\right)^2 + \cos^2 \omega t}, \quad (2.20)$$

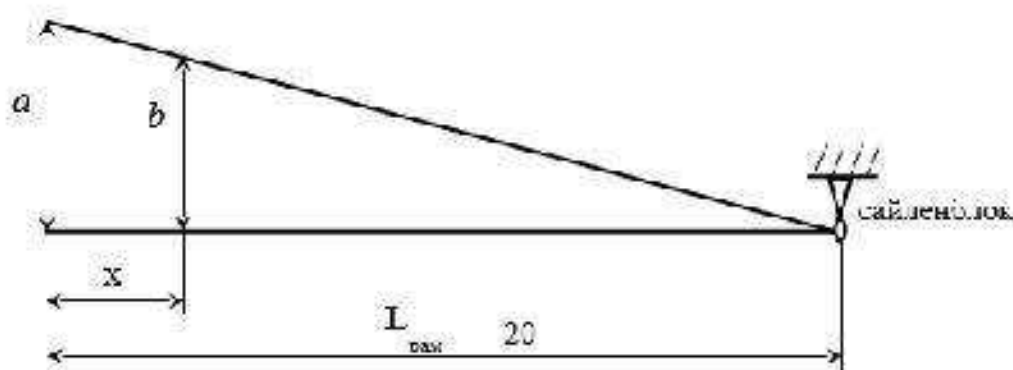


Рисунок 2.4 – Схема затихающих поперечных колебаний

$$b = a \frac{L_{\text{рам}} - x}{L_{\text{рам}}}, \quad (2.21)$$

где a – величина эксцентриситета и продольных колебаний, величина постоянная, м;

b – амплитуда поперечных колебаний решета, м;

$L_{\text{рам}}$ – длина рамки крепления решета, м;

x – координата частицы по оси X , м

Скорость v движения материала зависит от коэффициента трения f , угла наклона α , амплитуды A и частоты колебаний ω .

Дифференциальные уравнения для определения движения материала по рабочей поверхности с затихающим колебательным процессом по длине решета выглядит следующим образом

$$\begin{cases} mx = ma\omega^2 \sin(\omega t) - mg \sin \alpha + F; \\ my = mbx\omega^2 \sin(t\omega + \delta) + F, \end{cases} \quad (2.22)$$

где a и $b(x)$ – амплитуда колебаний вдоль осей x и y , м;

m – масса частицы, кг;

ω – частота колебаний, с^{-1} ;

α – угол наклона решета, град;

δ – сдвиг фаз m/y составляющими колебаний решета осей x и y , рад.

Система дифференциальных уравнений (2.22) содержит геометрические и кинематические параметры рабочей поверхности, коэффициент трения. Если изменить все эти параметры, то получатся новые способы решения, которые будут выражены в виде новой математической моделью движения материала.

Заменяя переменные $x_i = x$, $y_i = y$ система (2.22) примет вид

$$\begin{cases} x = x_1; \\ mx_1 = ma\omega^2 \sin \omega t - mg \sin \alpha + F_x; \\ y = y_1; \\ my_1 = mb(x)\omega^2 \sin(\omega t + \delta) + F_y. \end{cases} \quad (2.23)$$

Для этих уравнений коэффициенты K, L, M и N метода Рунге-Кутты определяются по формулам»

$$\begin{aligned} K_1 &= Q_n, L_1 = ma\omega^2 \sin(\omega t) - mg \sin \alpha + F_x, \\ M_1 &= S_n, N_1 = mb(x)\omega g^2 \sin(\omega t F + \delta) - \sin \alpha + F_y, \\ K_2 &= Q_n + \frac{h}{2} L_1, L_2 = ma\omega^2 \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) \right] - mg \sin \alpha + F, \\ M_2 &= S_n + \frac{h}{2} N_1, N_2 = mb(x)\omega^2 \sin \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) + \delta \right] - mg \sin \alpha + F_y, \\ K_3 &= Q_n + \frac{h}{2} L_2, L_3 = ma\omega^2 \sin \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) \right] - mg \sin \alpha + F_x, \\ M_3 &= S_n + \frac{h}{2} N_2, N_3 = mb(x)\omega^2 \sin \left[\omega \left(t_n + \frac{h}{2} \right) + \delta \right] - F_y, \\ K_4 &= Q_n + hL_3, L_4 = ma\omega^2 \sin[\omega(t_n + h)] - mg \sin \alpha + F_x, \\ M_4 &= S_n + hN_3, N_4 = mb(x)\omega^2 \sin[\omega(t_n + h) + \delta] - F_y. \end{aligned} \quad (2.24)$$

ГЛАВА 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Определение физико-механических свойств перги

Необходимо провести исследование по определению параметров:

- Определение влажности перги
- Определение массы перги и воска

Относительная влажность перги

$$W = \frac{m_d - m_n}{m_n} \cdot 100, \quad (3.1)$$

где m_d – масса до высушивания, г;

m_n – масса после высушивания, г.

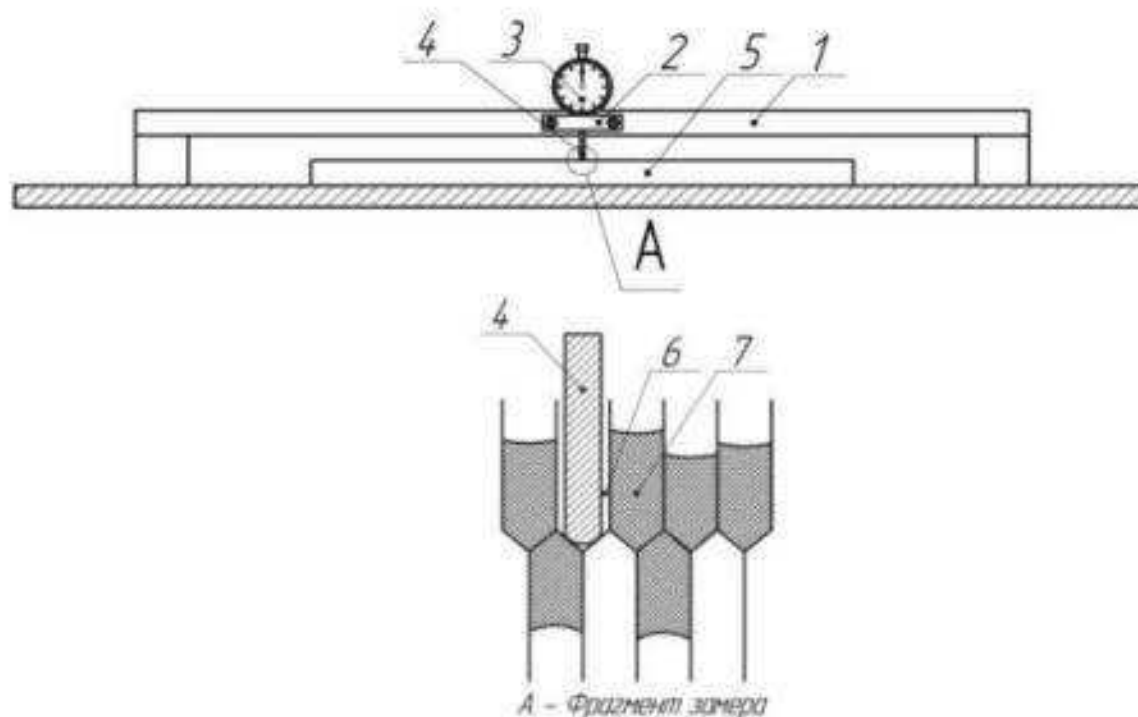
Определение длины гранул перги происходит особой конструкцией.

Измерение ведется последующим способом. Под раму 1 на которой размещена микронасадка 4 с указателем размещается сот с пергой. Микронасадка сначала опускается до конца в пустую ячейку, а затем в ячейку пергой. Данные указателя часового типа записывают и в последующем рассчитывают.

$$l_n = l_{\text{бп}} - l_{\text{сп}}, \quad (3.2)$$

где $l_{\text{бп}}$ – глубина без перги, мм,

$l_{\text{сп}}$ – глубина с пергой, мм



1 – рама; 2 – фиксатор; 3 – индикатор часового типа; 4 – насадка индикатора часового типа; 5 – сит с пергой; 6 – пустая ячейка; 7 – ячейка с пергой.

Рисунок 3.1 – Схема установки для определения длины гранул перги»

Масса перги определяется

Способ первый

$$M_{\text{п}} = M_{\text{с}} - M_{\text{в}} - M_{\text{р}}, \quad (3.3)$$

где $M_{\text{с}}$ - масса сита, г;

$M_{\text{в}}$ - масса воска, г;

$M_{\text{р}}$ - масса рамки, г.

Способ второй

$$M_{\text{п}} = S \cdot l_{\text{ср}} \cdot p_{\text{п}} \cdot k, \quad (3.4)$$

где S - площадь, которую занимает перга, см^2 ,

$l_{\text{ср}}$ - средняя длина гранул перги, см ,

$\rho_{\text{п}}$ - плотность перги в сотах, $\text{кг}/\text{см}^3$,

k - коэффициент учета площади, занятой восковыми стенками ячеек.

Площадь S , которую занимают гранулы перги в сотах можно рассчитать по формуле

$$S = S_{\text{пс}} \cdot n, \quad (3.5)$$

где $S_{\text{пс}}$ - площадь поперечного сечения гранулы перги, см^2 ,

n - количество ячеек в соте, заполненных пергой, шт.

Масса воска определяется

$$M_{\text{в}} = M_{\text{с}} - (M_{\text{р}} + M_{\text{п}}), \quad (3.6)$$

где $M_{\text{с}}$ - масса сота, г,

$M_{\text{р}}$ - масса рамки, г,

$M_{\text{п}}$ - масса перги, г.

3.2. Расчет решетного стана

Коэффициенты, характеризующие сепаратор

$$U_{\text{н}} < U_{\text{в}} < U < U_0, \quad (3.7)$$

где $U_{\text{н}}$ - самая нижняя точка смещения материала,

$U_{\text{в}}$ - самая верхняя точка смещения материала,

U - кинематический показатель грохота,

U_0 – крайнее положение отрыва частицы.

$$\begin{aligned} T_B &= \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varepsilon + \varphi)}, \\ T &= \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\alpha + \varepsilon - \varphi)}, \\ T_0 &= \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha + \varepsilon)}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

«где φ – угол трения

α – наклон решета,

ε – угол направленности колебаний.

Кинематический режим работы

$$T = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot r}{g} \quad (3.9)$$

где n – частота вращения кривошипа,

r – радиус кривошипа

«При работе грохота возникает сила сопротивления перемещению решетного стана, которая определяется по формуле

$$P_x = \theta m_{PC} J_x = \theta m_{PC} r \omega^2 \cos \omega t \quad (3.10)$$

где θ – коэффициент, учитывающий усилие на перемещение материала;

m_{PC} – масса решетного стана, кг;

J_x – ускорение решетного стана.

Масса решетного стана определяется по выражению

$$m_{pc} = 5 \dots 6 \sum m_p \quad (3.11)$$

Масса одного решета определяется

$$m_p = B_p \cdot L_p \cdot \delta \cdot \rho_M (1 - \mu) \quad (3.12)$$

где B_p , L_p , δ – соответственно ширина, длина, толщина решета;
 ρ_M – плотность материала, из которого изготовлено решето;
 μ – коэффициент живого сечения решета.»

Мощность, затрачиваемая на привод решетного стана, определяется

$$N_p = 0,75 \cdot m_{pe} \cdot r^2 \cdot \omega^2 \quad (3.13)$$

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Обработка результатов экспериментальных исследований

«Для проведения исследования использовалась перга соответствующая ГОСТ 31776-2012.» На гистограмме (рисунок 4.1) приведены результаты эксперимента по определению влажности перги из разных сот.

Гистограмма влажности перги

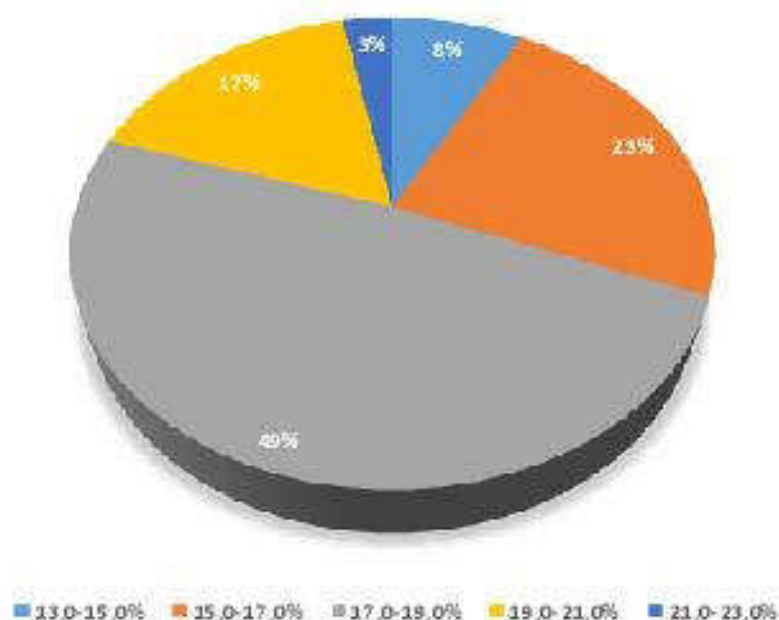


Рисунок 4.1 - Гистограмма влажности перги

Было выявлено что преобладает перга с влажностью 17...19% это 49% от общего объема исследованных сот, наименьшая влажность составила 13...15%, это 8% и самая высокая влажность 21...23% составила 3%.

Таблица 4.1 – Масса перги и воска

Материал	Min масса, г	Max масса, г	Среднезначение массы, г
Перга	73	962	313
Воск	103	405	232

Среднее значение массы перги 313 грамм это 54,5 % от воскоперговой массы.

Гистограмма массы перги

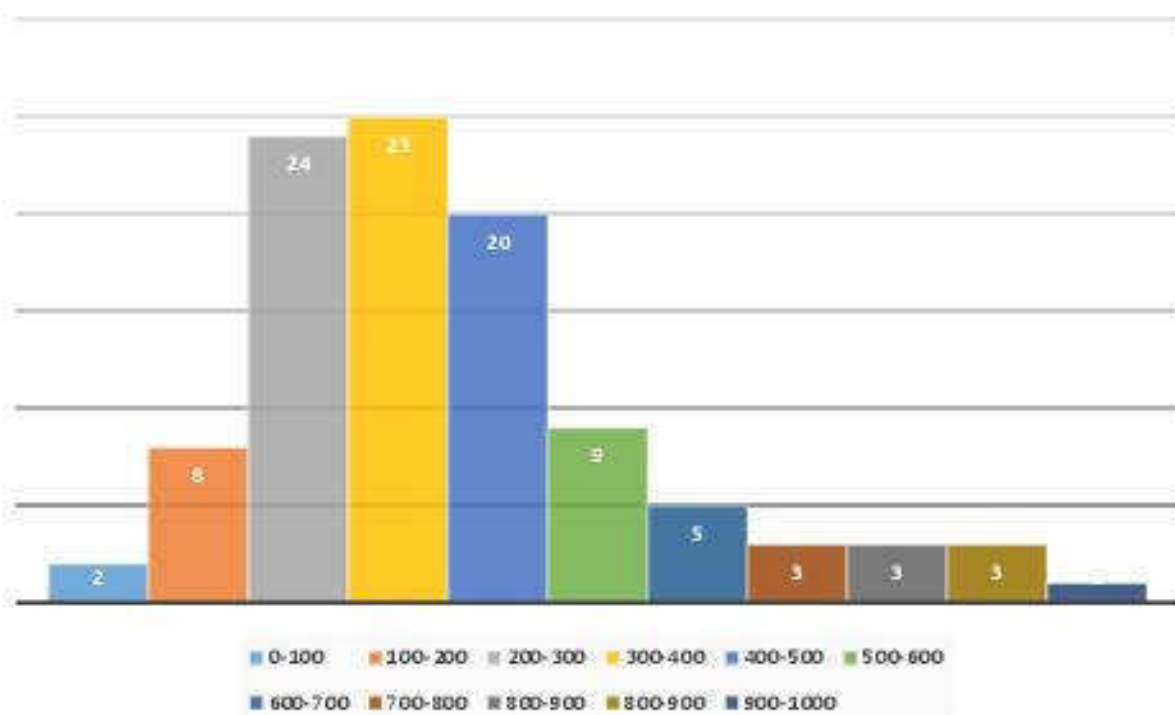


Рисунок 4.2 - Масса перги

Гистограмма массы воска

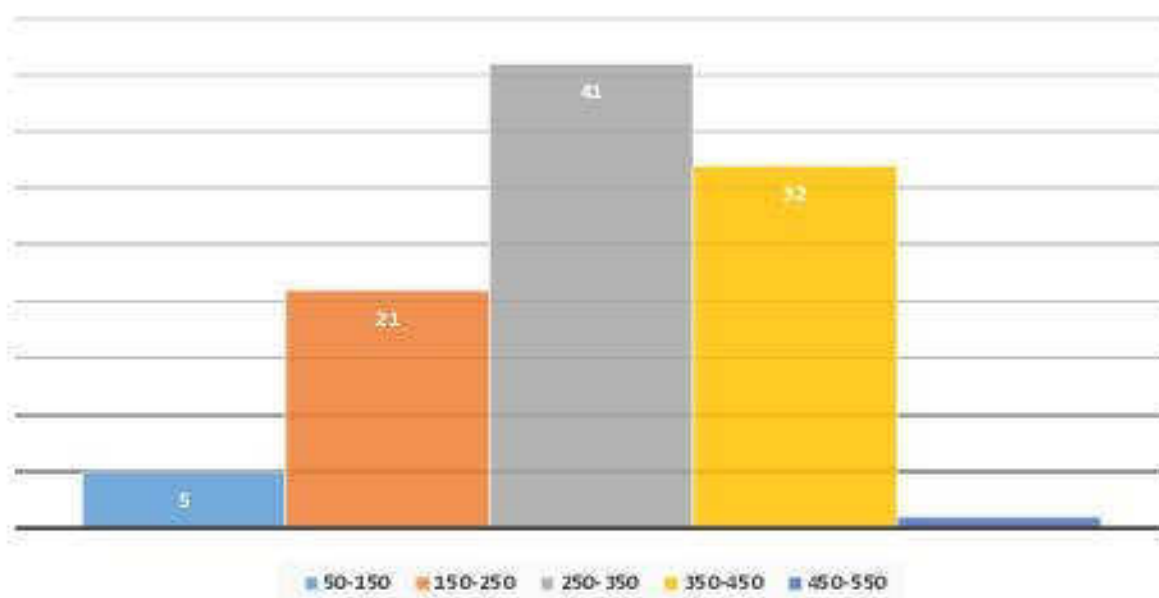


Рисунок 4.3 - Масса воска

Масса воска 232 грамм, это 45,5 % от всей воскоперговой массы. Все образцы сот имеют в себе разную массу воска. «Это связано с тем, что воск бывает светлый, коричневый и темный, и его масса меняется с цветом» [18]

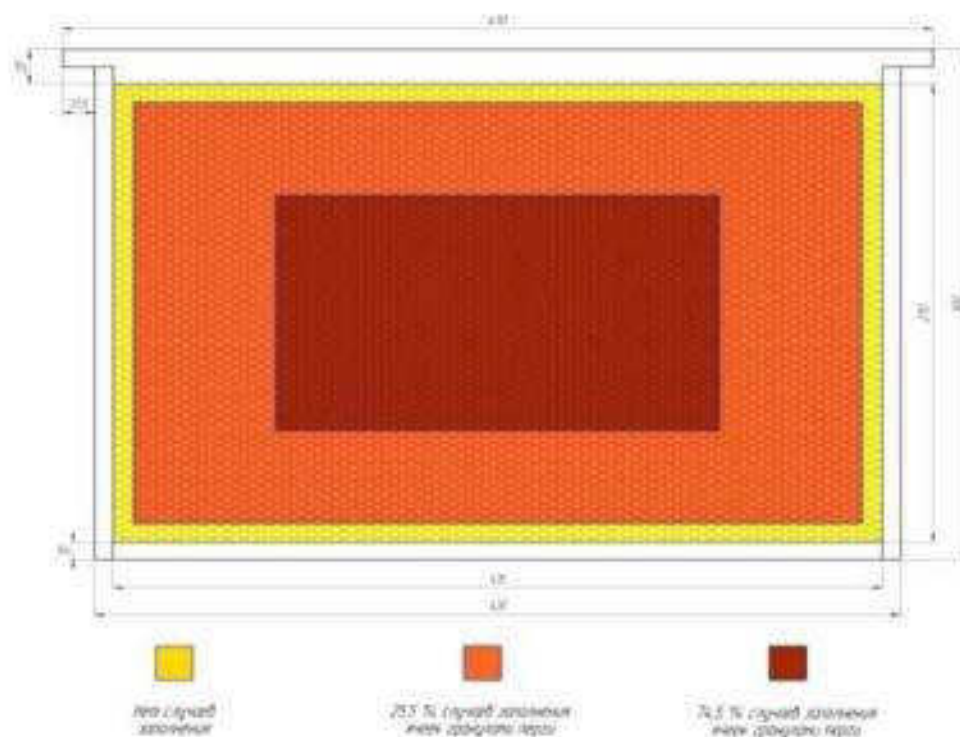


Рисунок 4.4 - Наполненность сота гранулами перги

В большинстве случаев перга размещена в средней части сота

Результат исследования определения длины гранул перги указан в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Длина гранул перги в ячейках сот

Кол-во замеров, шт	Min длина, мм	Max длина, мм	Ср. значение длины гранулы, мм
250	3,8	11,9	7,2

Гистограмма длины гранул перги

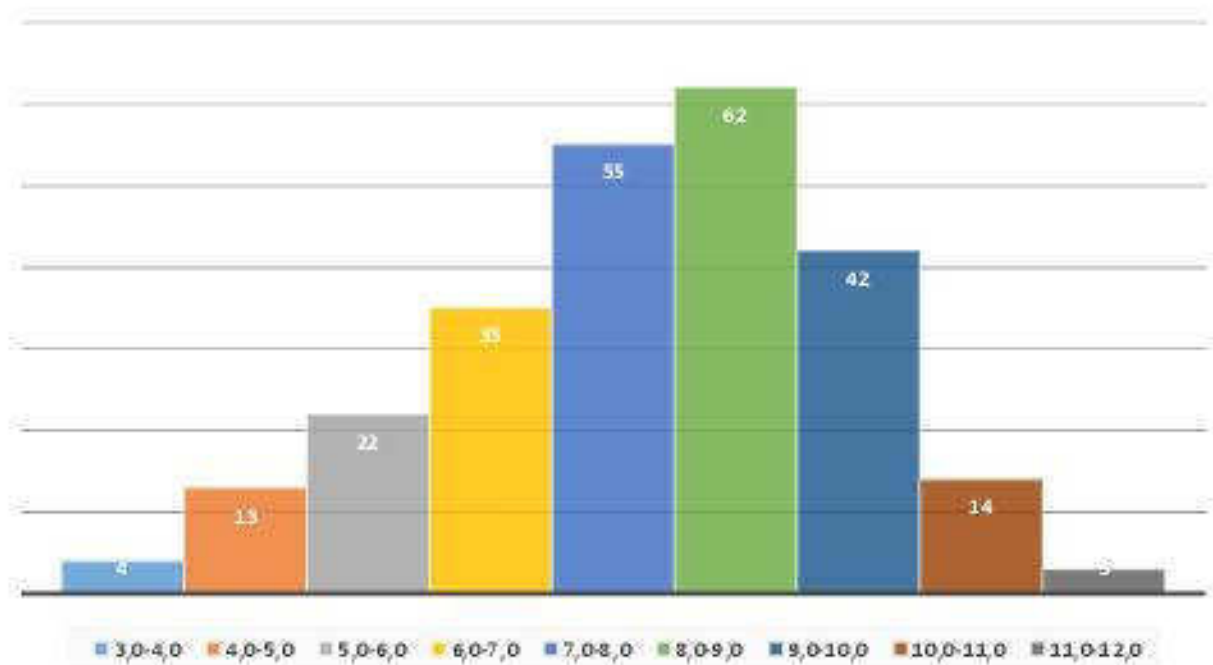


Рисунок 4.5 - Длина гранул перги

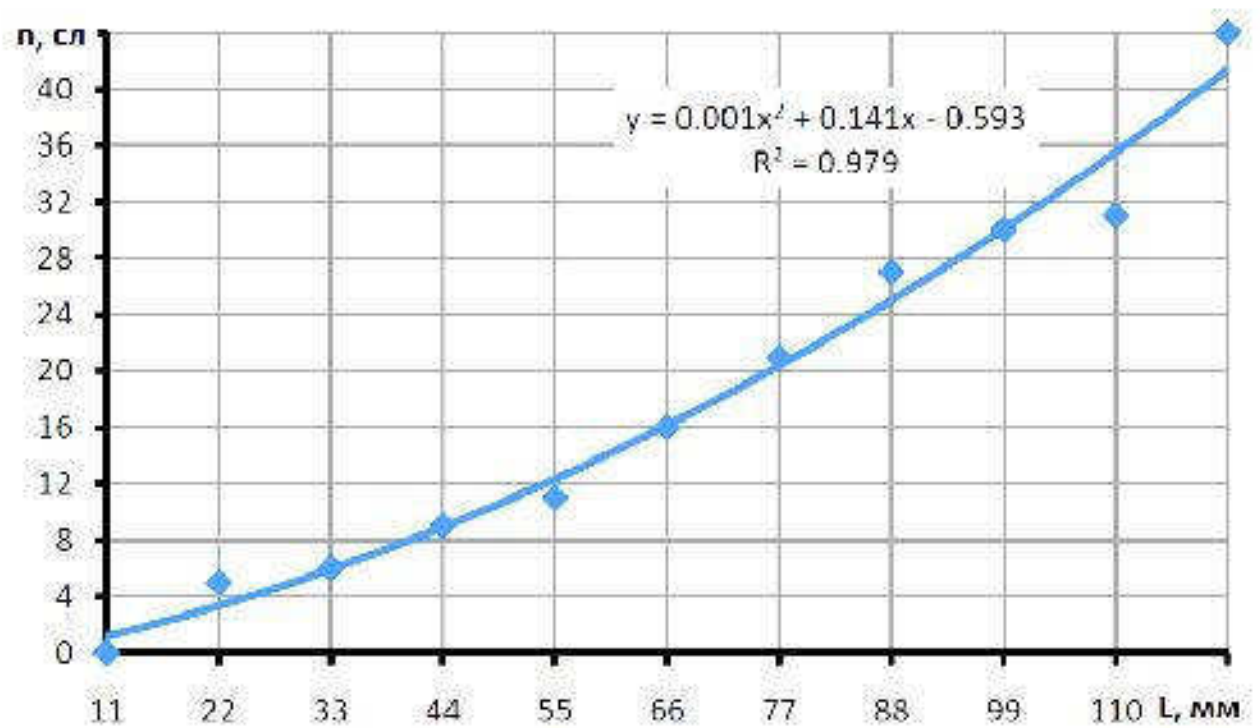


Рисунок 4.6 - Размещение перги относительно нижнего бруска

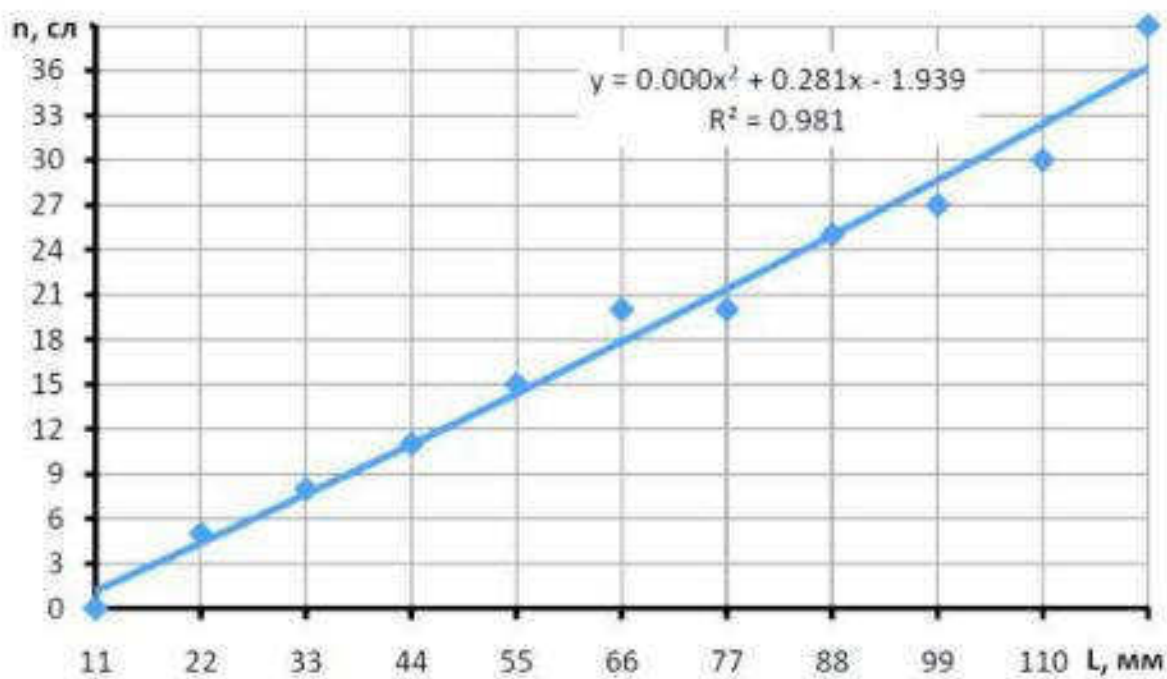


Рисунок 4.7 - Размещение перги относительно верхнего бруска

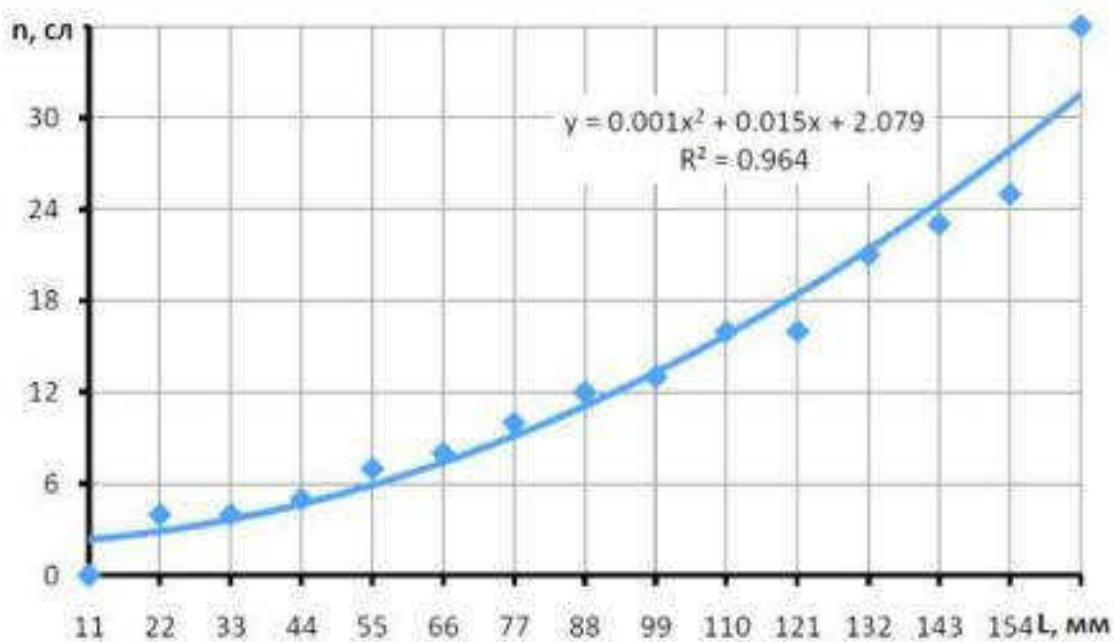


Рисунок 4.8 - Размещение перги относительно правого бруска

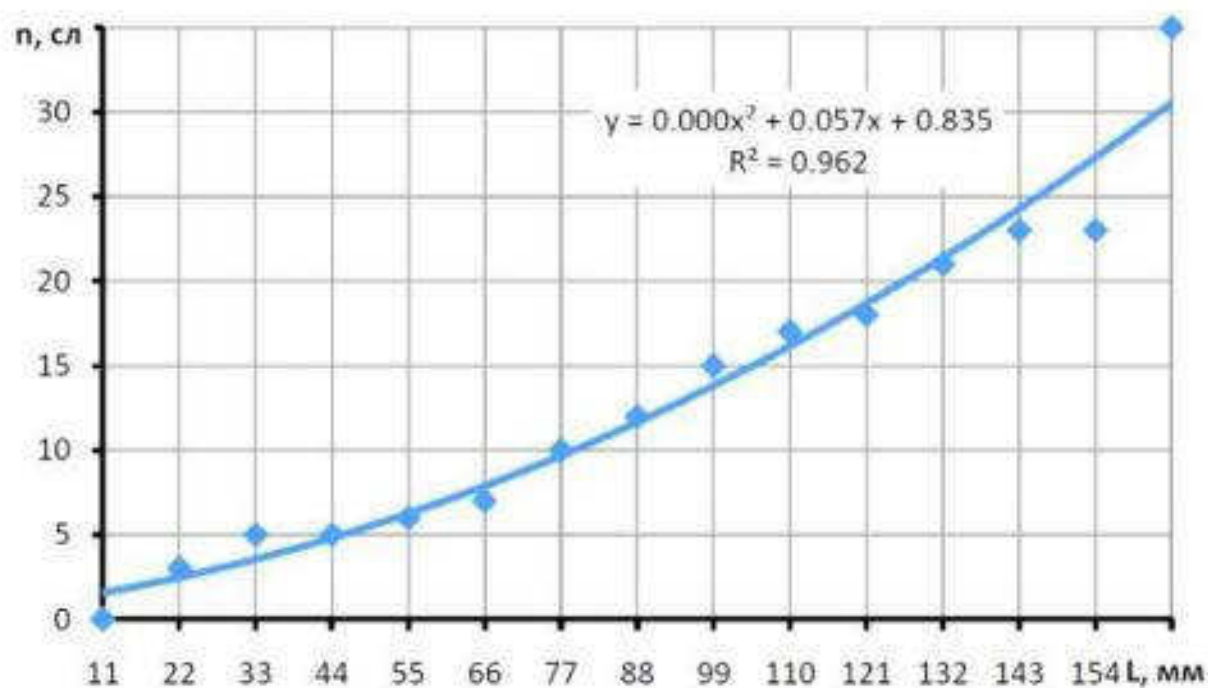


Рисунок 4.9 - Размещение перги относительно левого бруска

«Примером реализации расчетных и экспериментальных исследований для определения влияния угла наклона, амплитуды и частоты колебаний решета на эффективность его работы, рассмотрена схема решетчатого стана предложенной конструкции (рисунок 4.10). Для снижения вредных колебаний мы искали минимальную частоту, которая возможна для данного решетчатого стана.» [16]

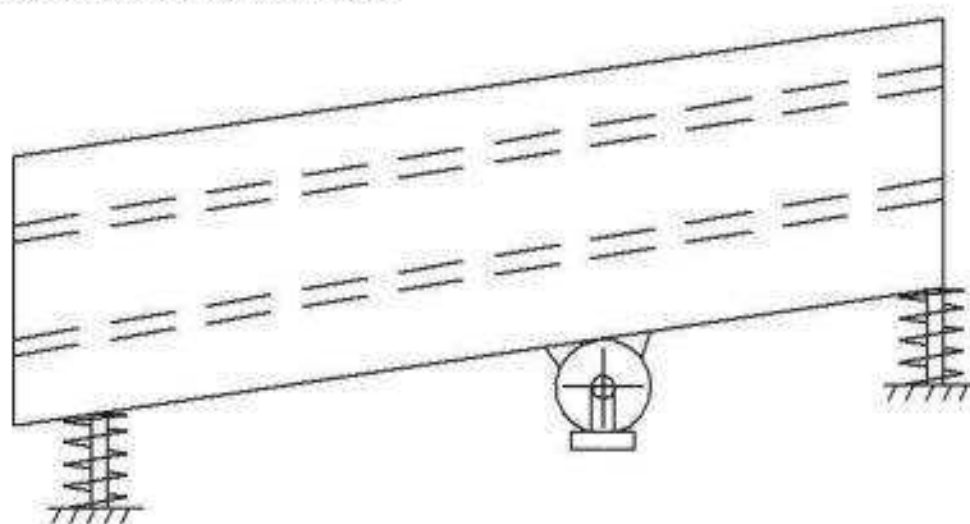


Рисунок 4.10 – Схема решетчатого стана предложенной конструкции

Перга получается путем извлечения из перговых сот. Полученный после извлечение материал содержит в себе высокое количество сорных

примесей, потому нуждается в дальнейшей обработке - сепарации.

Мною предложена схема решетного стана, которая позволит разделить полученный измельчителем материал на чистый продукт и сорные примеси. Чтобы убедиться в эффективной работе сепаратора и подобрать угол наклона решетного стана для наиболее эффективной сепарации я провел опыт, в котором использовал три различные настройки угла наклона решетного стана. Оценка эффективности работы сепаратора проводилась путем сравнения времени обработки и оценкой чистоты очищенного материала.

Для проведения опыта мне понадобились: морозильная камера, разработанный сепаратор с изменяемым углом наклона, измельчитель воскоперговой массы разработанный на базе Казанского ГАУ, 2,7 кг необработанной воскоперговой массы, транспортер, набор инструментов для регулировки угла наклона решетного стана, секундомер.

Перед проведением опыта мною был подготовлен материал. Имеющиеся соты с пергой были размещены в морозильной камере (рисунок 4.11) для того, чтобы перга лучше отделилась из ячеек сот при извлечении её на устройстве для извлечения перги разработанного на базе Казанского ГАУ.



Рисунок 4.11 – Морозильная камера

Затем материал был разделен на 9 равных частей, для того, чтобы

сравнить работу сепаратора с равными объемами материала при различных настройках угла наклона решетного стана. Материал до очистки сепаратором воскоперговой массы изображен на рисунке 4.13. Для каждого угла наклона было проведено 3 замера скорости обработки материала. Все результаты измерения приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Время сепарации воскоперговой массы

№ опыта	Угол наклона решета	Время сепарации, с	Среднее время сепарации, с
1	10°	123	122
2	10°	118	
3	10°	125	
4	13°	94	94
5	13°	92	
6	13°	97	
7	15°	84	85
8	15°	83	
9	15°	88	

Процесс сепарации воскоперговой массы на предлагаемом устройстве происходил следующим образом

Неочищенная масса подавалась на решетный стан, который совершает возвратно-поступательные движения. Возвратно поступательное движение возникает в результате работы жестко закреплённого к корпусу решётного стана электродвигателя с установленным на нем дебалансом и пружин на которые опирается корпус решетного стана. Сначала материал попадает на первое решето, которое имеет круглые отверстия и является приёмным. Здесь материал выравнивается по ширине и длине сита на котором остаются крупные примеси и сходят с него, а перга и мелкие примеси проходят дальше. Проход с первого решета попадает на решето два с прямоугольными

отверстиями. Здесь происходит завершающая очистка, а именно отделение перги от мелких примесей. В результате вибрационных действий мелкие примеси проходят вниз и попадают на скатную плоскость где в дальнейшем сходят с неё. Таким образом, сепаратор воскоперговой массы позволяет произвести очистку воскоперговой массы и разделить его на различные потоки (рисунок 4.12), каждый из которых выводится со своего решета и получить готовый продукт для дальнейшей его реализации.

В первых трёх циклах работы сепаратора, угол наклона решетного стана был настроен на 10° . Процесс сепарации по проведенным замерам в среднем составил 122 секунд

В следующих трёх циклах работы сепаратора, угол наклона решетного стана был настроен на 13° . Процесс сепарации по проведенным замерам в среднем составил 94 секунды, что на 28 секунд быстрее сепарации с углом наклона решетного стана 10° градусов.

В последних трёх циклах работы сепаратора, угол наклона решетного стана был настроен на 15° . Процесс сепарации по проведенным замерам в среднем составил 85 секунд, что на 9 секунд быстрее сепарации с углом наклона решетного стана 13° и на 37 секунды быстрее сепарации с углом наклона решетного стана 10° .



Рисунок 4.12 – Процесс сепарации и разделения воскоперговой массы на потоки



Рисунок 4.13 – Материал до очистки сепаратором воскоперговой массы

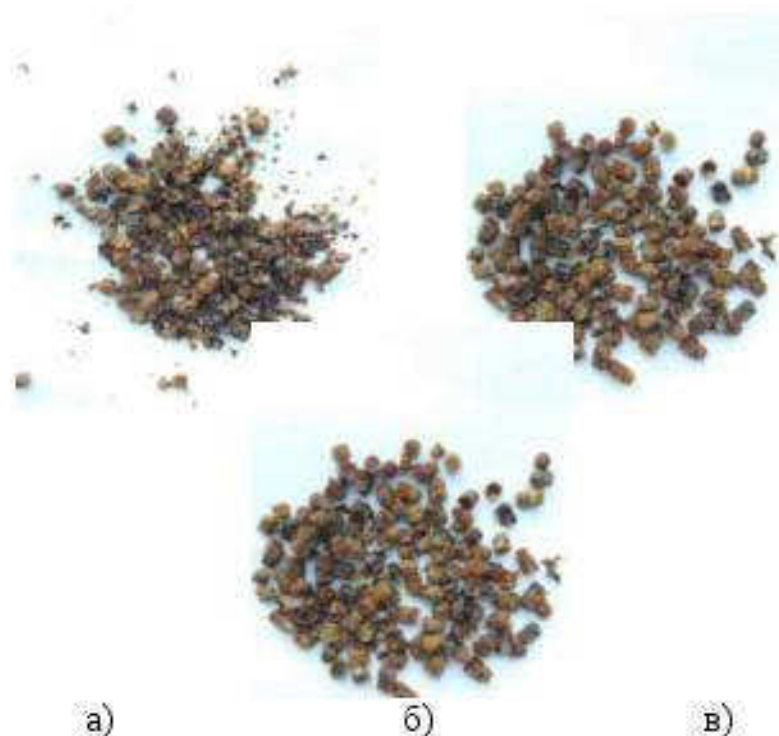


Рисунок 4.14 – Перга, полученная после обработки сепаратором воскоперговой массы а) при угле наклона решетного стана 15° , б) при угле наклона решетного стана 13° , в) при угле наклона решетного

стана 10° .

В результате сепарации воскоперговая масса разделилась на чистую пергу и мелкие примеси (воск) (рисунок 4.15)



Рисунок 4.15 – Результат сепарации воскоперговой массы

Оценка качества полученного очищенного продукта при различных углах наклона решетного стана показала, что при угле наклона 15° продукт содержит гораздо больше примесей, чем при углах наклона 13° и 10° . Полученные порции продукта при углах наклона 13° и 10° не имеют отличий в чистоте.

Таким образом можно сделать вывод, что наиболее эффективная очистка воскоперговой массы получается при угле наклона решетного стана 13° , потому что при этой настройке продукт получается таким же чистым, как и при 10° , но при этом процесс очистки занимает меньше времени, а, следовательно, меньше энергоресурсов. Очистку воскоперговой массы при угле наклона решетного стана 15° нельзя признать эффективной несмотря на самый быстрый результат по времени обработки материала, так как полученный продукт содержит примеси.

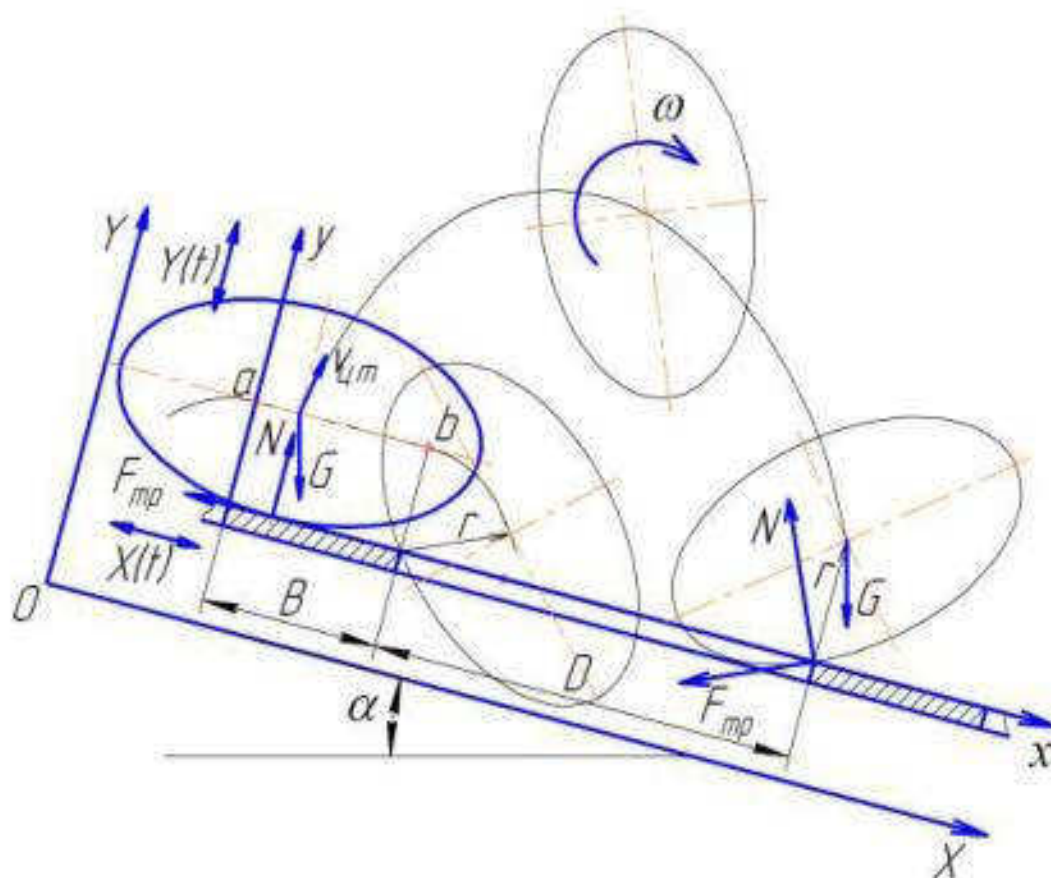


Рисунок 4.16 – Расчетная схема вибрационного перемещения частицы

Вычисленными итогами согласно уравнениям (3.11, 3.12) считаются величина значимости времени, положение траекторий процесса движения частицы, величина скорости частицы относительно вибрирующей плоскости, положение перемещения вибрирующей плоскости в неподвижной системе координат, значимость сил, взаимодействующих вибрирующей плоскостью с элементом

Прохождение перемещения частицы относительно вибрирующей плоскости в его центре при вращении дебаланса против часовой стрелки со амплитудой $A=2,0\text{мм}$ а также частотой $\omega = 100\text{ с}^{-1}$. Сито перемещается согласно кольцевой линии движения Частица движется с полетом относительно рабочей поверхности, а в конце – без.

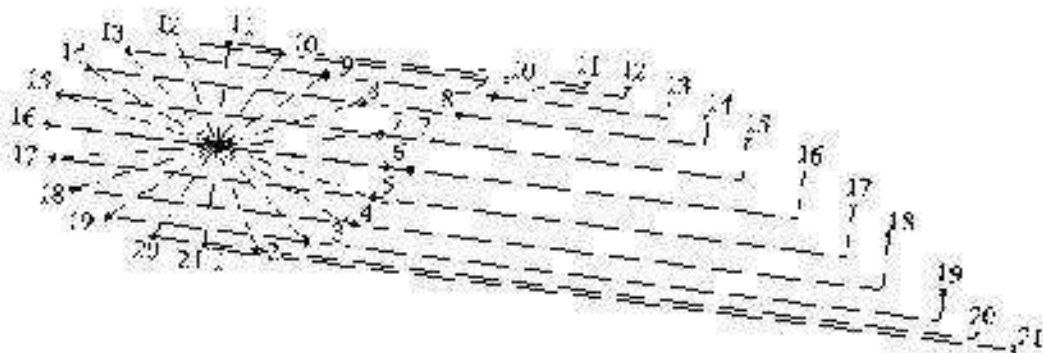
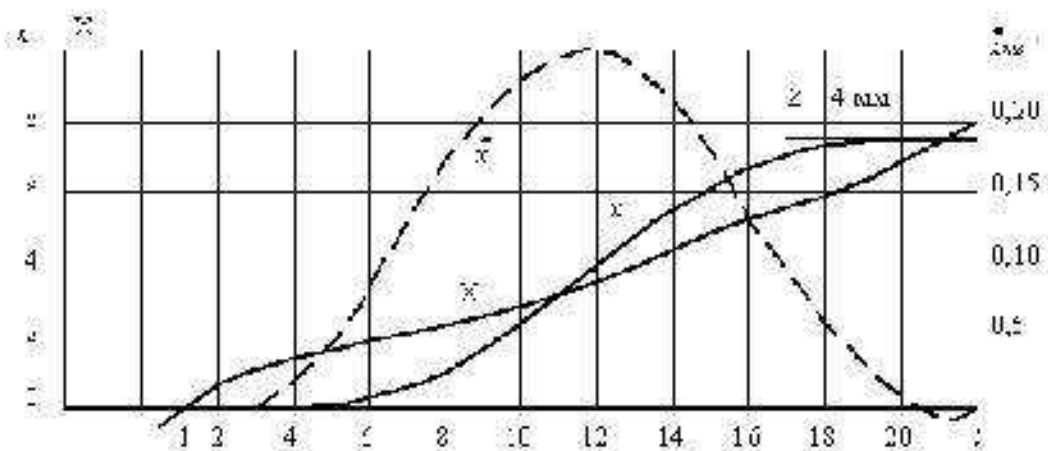


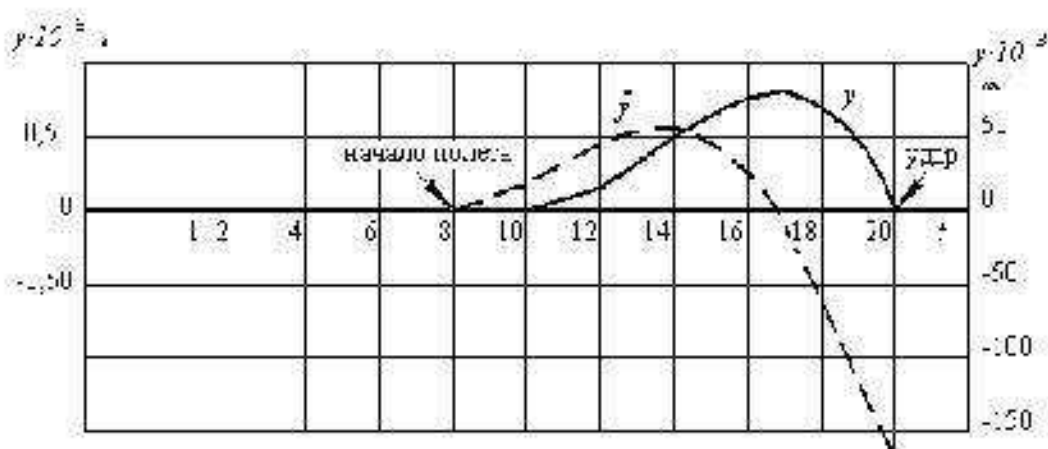
Рисунок 4.17 – Движение материала в центре рабочей поверхности

Характер хода материала в истоке решета при частоте колебания $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$ и амплитудой $A = 1,5 \text{ мм}$ показана на рисунке 4.18. Ось абсцисс отражает величину времени. Шаг интегрирования – $1/20$ периода колебаний, при расчётных 20 шагах интегрирования за один оборот дисбаланса. Различия показаний за один момент раскачивания анфиладной и обычной амплитудой решета в неподвижной системе координат, промежуток, совершенный материалом касаясь решета и неподвижной системы координат, а также вытекающая отсюда стремительность и течение материала сравнительно решета представлены на рисунках 4. 18 а и б. На рисунке 4. 18 в представлена силы сухого трения решета с материалом и силы обычной и касательной при действии частицы с вибрирующей поверхностью.

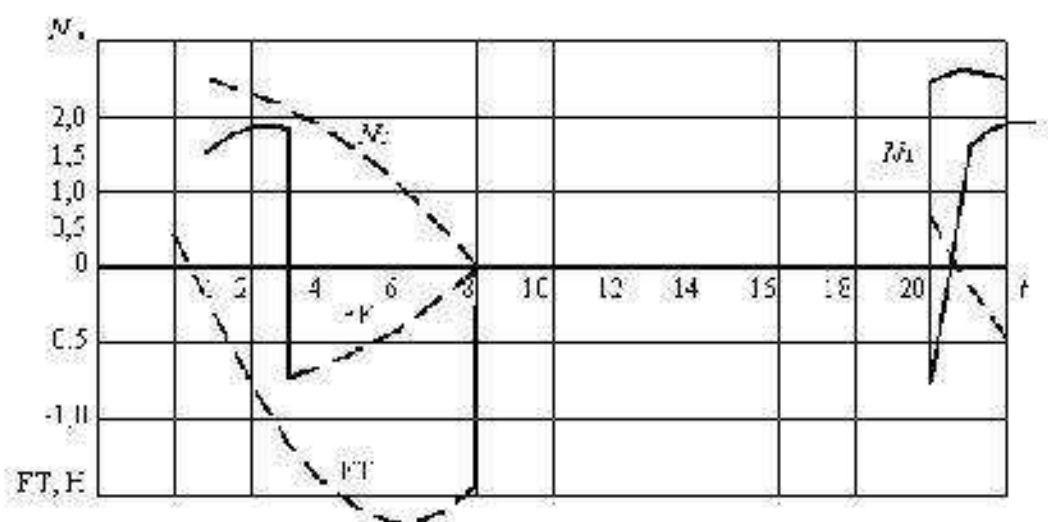
Передвижение рассматривается из нижней точки крайнего положения решета (точка 1, $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$). Материал на решете неподвижен в точках 1 и 2. Сила давления и трения частицы о решето сокращаются до минимального значения, до нуля, что происходит при движении частицы вперед относительно решета, в точках 3...7. Отрыв материала от решета и начало процесса полета наблюдается в точке 8. Проходя точку 6, решето перемещается назад.



а



б



в

а – частица движется по оси x ; б – частица движется по оси y ; в – взаимодействующие силы частицы с поверхностью

Рисунок 4.18 – Характеристика движения частицы по решетке

Позиция одиннадцать – высшее расположение решета, после чего оно перемещается книзу. Модуль скорости перемещения исследуемого материала продольно плоскости решета в позиции 12 максимален. В позиции Четырнадцать кроме того наибольший модуль скорости перемещения исследуемого материала с плоскости решета.

Наивысшее высотное положение полета исследуемого материала над плоскостью решета в позиции семнадцать, далее скорость меняет направление и частички движутся к решету. Частичка попадает на плоскость решета в позиции двадцать, и в промежуток времени до позиции двадцать один перемещается в обратном направлении на небольшое расстояние, после того окончательно прекращает движение. По причине удара векторы скорости исследуемого материала, u , и скорости колеблющейся плоскости u_0 , становятся сонаправленными и, соответственно, частица настигает решето. При таком режиме удастся обеспечить минимальную скорость соударения частички о плоскость решета и таким образом, минимальное повреждение использованного материала с наименьшим динамическим нагружением на рабочую плоскость.

Находясь в позиции двадцать один частичка неподвижна относительно плоскости сита, таким образом начинается новый цикл. За одно обратное движение (цикл) дисбаланса частичка проходит расстояние в 7,4 миллиметра. При значениях частоты колебаний не превышающих 80 с^{-1} , использованный материал перемещается с незначительным отрывом и высотным экстремумом полета. Воздействие на перерабатываемый материал незначительное.

При частоте $130\ldots 180\text{ с}^{-1}$ материал основное время находится в полете. Контакт с решетом по времени минимальный, воздействие сильное, промежуток времени во полете занимает длительное время. Показания данных характеристик негативно оказывают влияние для сепарации.

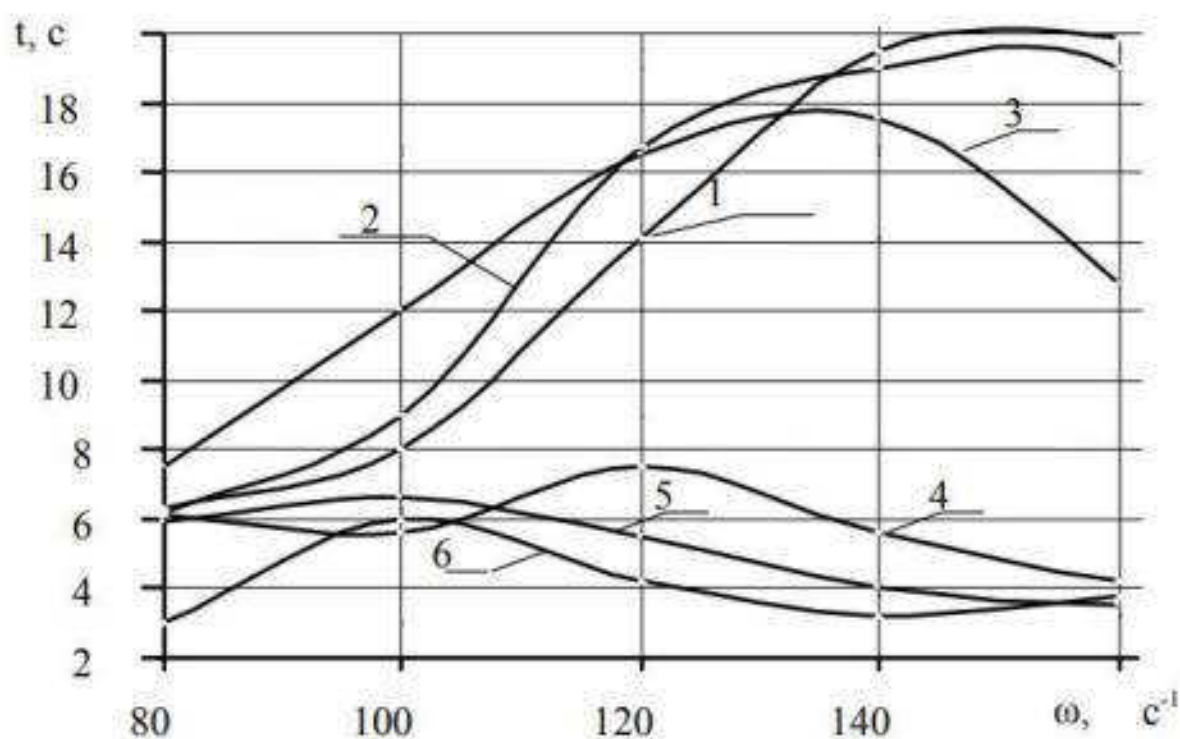
Наиболее подходящий режим с целью сепарации – когда исследуемый материал передвигается с наибольшей скоростью. Присутствие такого

режима улучшает перераспределение по толщине и сепарация совершается более производительнее. Период, что исследуемый материал располагается на решетке предостаточно для высококачественной сепарации. Технические условия $A\omega^2/g = 1,5...2,0$ с частотой $100...160\text{с}^{-1}$ лучше всего отвечают колебательному режиму с вращением дебаланса против часовой стрелки. При таких условиях обрабатываемый материал преодолевает один метр по рабочей поверхности за 4...5 секунд (рисунок 4.19 линии 4,5,6), это помогает добиться минимальной скорости удара материала о рабочую поверхность.

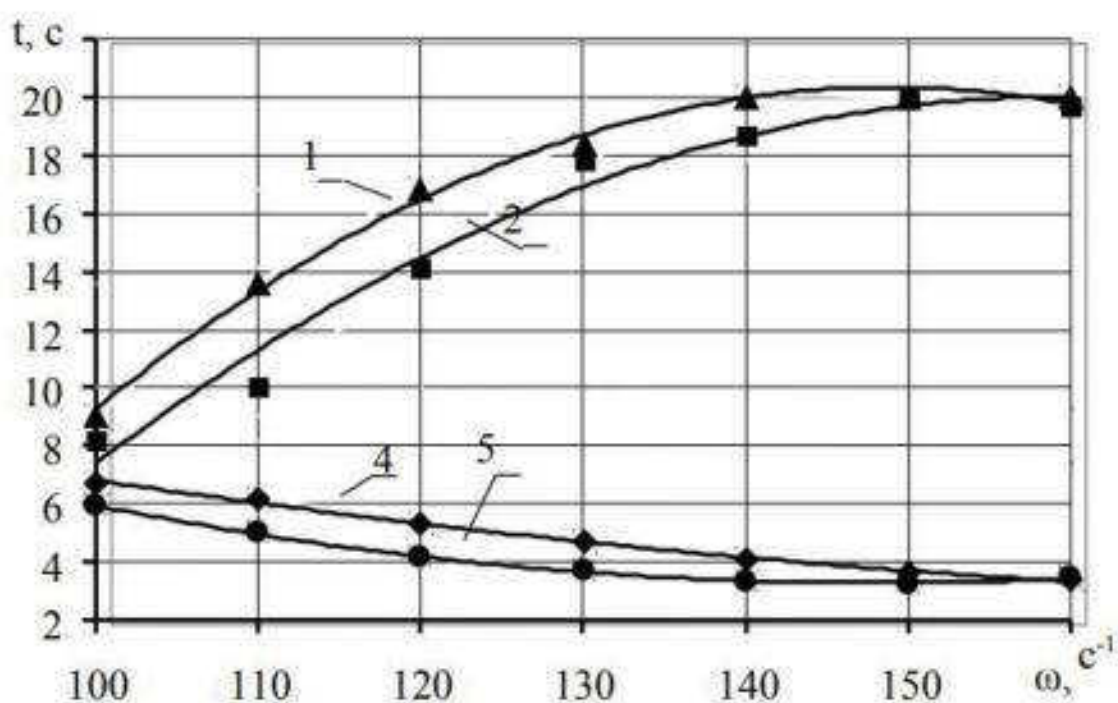
Если дебаланс совершать обороты по часовой стрелке, при частоте 80с^{-1} , период что исследуемый материал пребывает на решетке очень возрастает, в соответствии с этим снижается быстрота перемещения (рисунок 4.19 линии 1, 2 и 3).

Сделаны вычисленные операции по установлению быстроты перемещения исследуемого материала по протяженности решета с частотой 80с^{-1} . Оказалось, то что темп перемещения стабильно увеличивается, а при 130с^{-1} скорость на окончании решета снижается. Данное разъясняется скоплением обрабатываемого материала в окончании решета.

Опытные исследования в области нахождения скорости передвижения исследуемого материала по рабочей плоскости доказали результаты вычислений (рисунок 4.19). Увеличение скорости в 5 раз возможно, при вращении дебаланса по часовой стрелке, вращение же в противоположном направлении, не способно показать таких же высоких результатов. Данный эффект разъясняется скоплением исследуемого материала на конце решета. Из-за результата просеивания частиц, которые считаются примесями, снижается слой, по этой причине и снижаются силы сопротивления слоя. Все эти показатели помогают поддерживать оптимальные условия для сепарации.



а) расчет



б) эксперимент

Вращение дебаланса: 1,2,3 – по часовой стрелке; 4,5,6 – против

Рисунок 4.19 – Времена прохождения материала по рабочей поверхности от вращения дебаланса

При низких значениях коэффициента перегрузки (вплоть до 0,85g) совершается существенное ослабление энергии. Скорость частицы становится больше скорости обрабатываемой массы. В границах 0,7...1,0g увеличивается мобильность материала, а также это приводит к значительному увеличению скорости массы. С использованием амплитуды 2,0мм перемещение с незначительным отрывом совершается при $A=71\text{с}^{-1}$. Силы трения в исследуемом материале испытывают разрыхление потока и уменьшение сил трения при следующем повышении частоты.

Рисунок 4.20. Представлена линия движения перемещения исследуемого материала при колебаниях в собственной плоскости с кольцевой траекторией и постоянной амплитуде по всей протяженности решета. Решето наклонено вдоль оси x на угол 15° , а частота колебаний равна 70с^{-1} при амплитуде 4,0мм

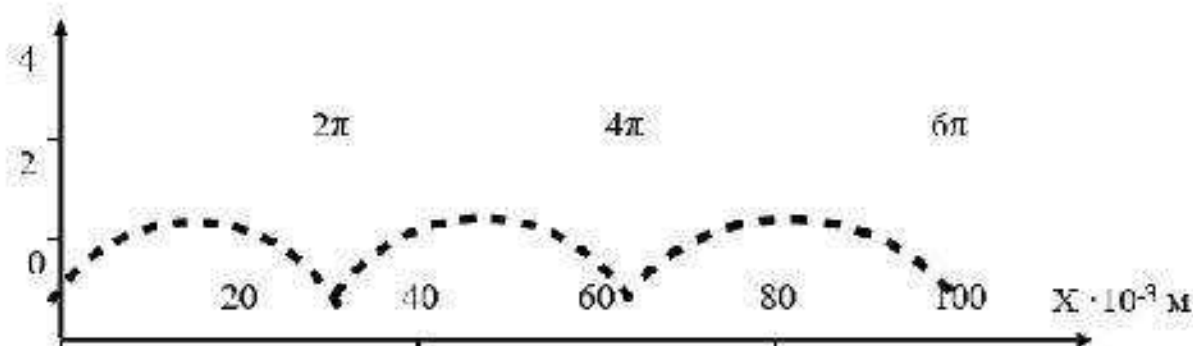
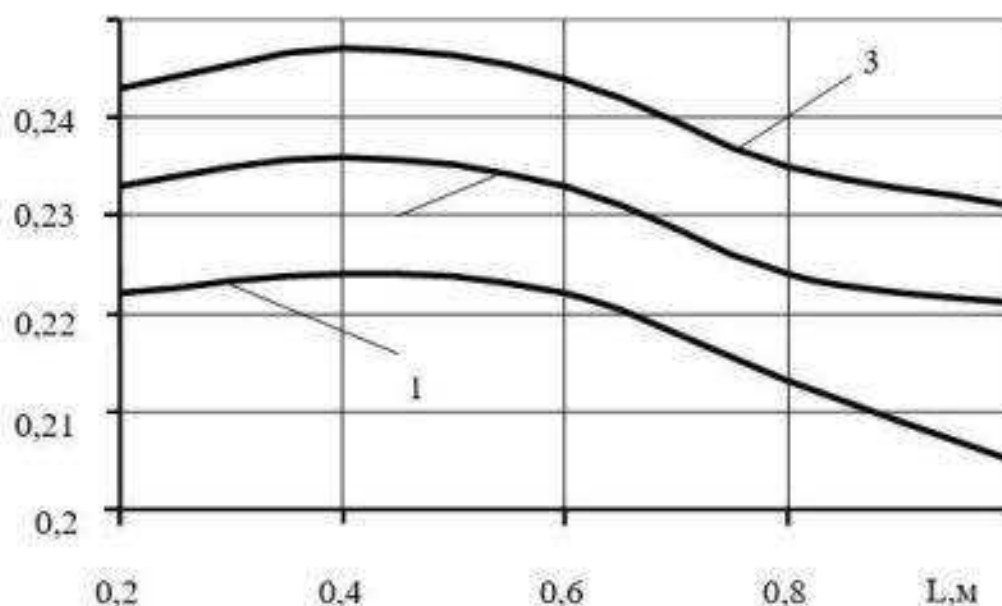


Рисунок 4.20 – Движение частицы по рабочей поверхности при колебании в своей плоскости

Расчеты показывают, что колебания в своих плоскостях с определёнными траекториями перемещения решета напрямую влияют на скорость и траекторию перемещения частицы. Перемещения материала по плоскости решета происходят по криволинейной или спиралевидной траектории. Путь, который проходит сходящая частица отличается от дны решета в большую сторону. Отсюда следует, что мера скорости движения частицы больше средней скорости, добытая делением длины решета на

время которое частица располагалась на решетке. В расчетах находим скорость движения частички по криволинейным траекториям. Скорость частицы вдоль решета увеличивается. К концу последнего, колосового решета, где частиц материала остается в очень малом количестве, под динамическим воздействием, проходящим в начале решета, продукт будет быстро перемещаться из чего вытекут потери частей главной культуры с немалыми примесями. Процесс движения материала, ведёт к спаду скорости колебания решета с уменьшающейся амплитудой.

Просеиваемость частицы зависит от скорости, с которой она приближается к выходному отверстию прибора. От нее и зависит время процесса просеивания.

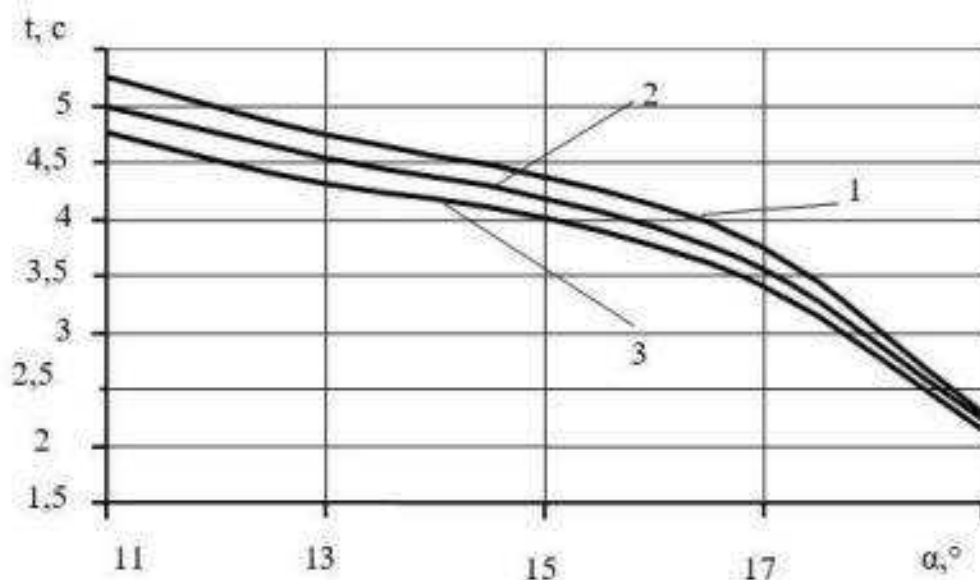


$$1 - \omega = 100 \text{ c}^{-1}; 2 - \omega = 105 \text{ c}^{-1}; 3 - \omega = 110 \text{ c}^{-1};$$

Рисунок 4.21 – Значения скорости движения частицы при $f = 0,40$ и $A = 2,0$ мм

С уменьшением амплитуды поперечных колебаний, соответственно, уменьшается скорость перемещения всех вариантов к окончанию процесса сепарирования. Скорость движения частицы по поверхности решета быстро возрастает при уменьшении времени соприкосновения материала с прибором, если коэффициент трения имеет значение 0,35 и при угле наклона

более 17° (рисунок 4.22).



$$1 - \omega = 100 \text{ с}^{-1}; 2 - \omega = 105 \text{ с}^{-1}; 3 - \omega = 110 \text{ с}^{-1};$$

Рисунок 4.22 – Влияние угла наклона решета на время прохождения частицей по решетке

4.2 Выводы по разделу

Проведенная исследовательская работа и опыты дали возможность более основательно и качественно исследовать процедуру перемещения отделяемого материала через систему решет, совершающих возвратно-поступательное движение с угасающим значением амплитуды вертикальных колебаний.

Выявилось, что при значениях $A=105 \text{ с}^{-1}$, угле $\alpha = 13^\circ$ период имеет значение 3,5 с, а при $\alpha = 15^\circ$ $t=2,0 \text{ с}$. Из всего вышеперечисленного следует, то что значение периода снижается в 1,75 раз, а скорость возрастает обратно пропорционально в 1,75 раз. В случае, когда угол возрастает $11^\circ \dots 17^\circ$, период снижается с 5 секунд вплоть до 3, таким образом в целых 1,5 раза. Следовательно, при угле решета 17° ожидаемо быстрое отделение (сепарация) и снижение качества просеивания и роста количества потерь, что невозможно назвать высококачественной сепарацией. Значения частоты и амплитуды незначительно влияют на путь, пройденный материалом. Расчетные теоретические и эмпирические исследования

движения сепарируемого материала по поверхности решета дали наиболее тщательное понимание и возможность определение более точных коэффициентов для расчетов и построения математической модели.

ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СЕПАРАТОРА ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ

5.1 Конструкция, принцип действия и рекомендация предлагаемого сепаратора воскоперговой массы.

Пчеловодство – важнейшая отрасль сельского хозяйства. Одним из полезных и популярных продуктов пчеловодства является перга – цветочная пыльца которая переработана пчёлами и размещена в ячейках сот без доступа кислорода, залитая мёдом, где проходит молочнокислое брожение. Перга широко используется в медицинской, витаминной и косметической промышленности, обладает полезными свойствами и содержит в себе много витаминов.

Перга получается путем извлечения из перговых сот. Полученный после извлечения материал содержит в себе высокое количество сорных примесей, потому нуждается в дальнейшей обработке - сепарации.

Сепарация (разделение) – завершающий этап очистки продукта. Сепарация является важной операцией в процессах выращивания, хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов.

Очистка перги – один из технологических процессов пчеловодства, при котором происходит разделение воскоперговой массы на различные потоки: крупные примеси, очищенный конечный продукт, мелкие примеси.

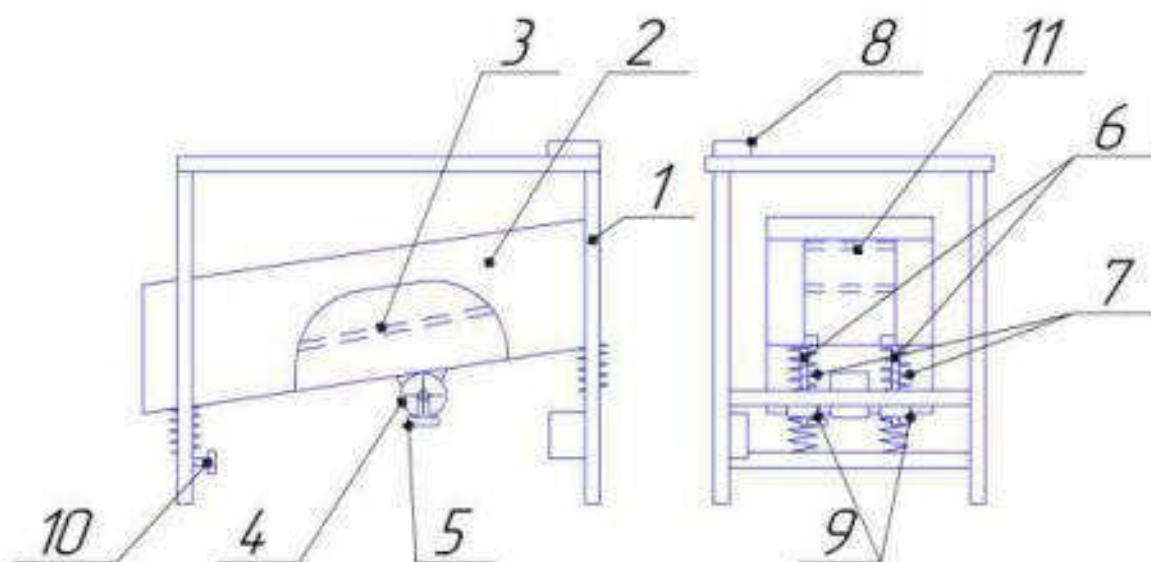
Работа сепаратора оценивается следующими характеристиками:

- 1) производительность (пропускная способность) сепаратора,
- 2) чистота очищенного материала,
- 3) качество разделения смеси на потоки,
- 4) энергозатраты (экономический показатель).

При проведении анализа существующих сепараторов, способов и конструкций и для переработки перги и воскоперговой массы, были изучены разработанные и применяющиеся в производстве устройства.

Материалы были взяты из книжных и электронных источников. В

процессе ознакомления и анализа были выявлены как недостатки, так и преимущества существующих конструкций. Рассмотрим предлагаемый сепаратор воскоперговой массы, который представлен на рисунке 5.1.



1 – рама, 2 – корпус решетного стана, 3 – второе решето, 4 – электродвигатель, 5 – дебаланс, 6 – болт крепления решетного стана к раме, 7 – пружина, 8 – кнопка включения электродвигателя, 9 – гайка, 10 – регулировка угла наклона решетного стана, 11 – первое решето.

Рисунок 5.1 – Предлагаемая схема конструкции сепаратора воскоперговой массы

Целью разработки является улучшение производительности сепаратора, повышение качества конечного продукта, снижение энергоемкости в процессе сепарации.

Разрабатываемый сепаратор обладает рамой 1 на которой размещен корпус решетного стана 2. Стан 2 установлен на раме при помощи болтов крепления 6 и пружин 7 и имеет три яруса решетного стана. Первый ярус состоит из первого решета 11 которое является приемным и имеет круглые отверстия, второй ярус состоит из второго решета 3 и имеет прямоугольные отверстия, а третий ярус выполнен в виде цельного металлического листа. В нижней части корпуса решетного стана жестко закреплен электродвигатель 4 с установленным на нем дебалансом 5. Управление электродвигателем осуществляется при помощи кнопки включения электродвигателя 8. Для изменения угла наклона решетного стана имеется регулировка угла наклона

решетного стана 10.

Принцип работы предлагаемого сепаратора воскоперговой массы заключается в следующем

Неочищенная масса подается на решетный стан, которое совершает возвратно-поступательные движения. Возвратно поступательное движение возникает в результате работы жестко закреплённого к корпусу решётного стана электродвигателя с установленным на нем дебалансом и пружин на которые опирается корпус решетного стана. Сначала материал попадает на первое решето, которое имеет круглые отверстия и является приёмным. Здесь материал выравнивается по ширине и длине сита на котором остаются крупные примеси и сходят с него, а перга и мелкие примеси проходят дальше. Проход с первого сита попадает на решето два с прямоугольными отверстиями. Здесь происходит завершающая очистка, а именно отделение перги от мелких примесей. В результате вибрационных действий мелкие примеси проходят вниз и попадают на скатную плоскость где в дальнейшем сходят с неё. Таким образом, сепаратор воскоперговой массы позволяет произвести очистку воскоперговой массы и разделить его на различные потоки, каждый из которых выводится со своего решета и получить готовый продукт для дальнейшей его реализации.

Данная конструкция является универсальной благодаря тому, что имеется регулировка угла наклона решетного стана, сменные решета могут быть заменены под другую культуру и может быть применена для сепарации других сельскохозяйственных культур.

5.2 Экономическая эффективность внедрения сепаратора

Объем переработанной за год перги из сот для стандартной пасеки на 30 улей рассчитывается по формуле

$$V_{\text{сот}} = S_{\text{ульев}} \cdot l_{\text{пер.сот}} \quad (5.1)$$

где $V_{год}$ – объем перги переработанной за год, шт,

$S_{ул.сем.}$ – количество ульев, шт,

$i_{пер.сот}$ – количество перговых сотов, шт.

Из одного улья можно взять без вреда 1...3 сота с пергой. Для расчетных данных возьмем максимум – 3.

Таблица 5.1 Исходные данные

№	Название показателей	Единицы измерения	Измельчители перговых сотов	
			ВСС13	Предлагаемый сепаратор
1	Стоимость	руб	26000	9000
2	Производительность	кг/ч	13	12
3	Мощность	кВт	0,7	0,2
4	Количество обслуживающего персонала	чел	1	1
5	Удельные затраты электроэнергии	кВт-ч/кг	0,731	0,0385
6	Цена реализации 1 кг перги	руб	2000	2000
7	Коэффициент использования рабочего времени	-	0,85	0,7
8	Цена одного кВт-ч	руб	4,03	4,03

Годовой объем по данным составит:

$$V_{год} = 30 \cdot 3 = 90 шт$$

Количество получаемой перги в год:

$$Q_{пер.год.} = V_{год} \cdot m_{ср.} \quad (5.2)$$

где $m_{ср.}$ – средняя масса перги в соте, кг

Затраты труда на процесс сепарации:

$$P = \frac{P_r}{Q_{\text{прод.}}}, \quad (5.3)$$

где P – затраты труда за год на сепарацию, чел-ч/кг;

P_r – годовые затраты труда, чел-ч.

Затраты труда F на сепарацию

$$F = n \cdot e \cdot u \cdot k_{\text{см}} \quad (5.4)$$

где n – обслуживающий персонал, чел.;

e – количество смен;

u – рабочие смены, ч;

$k_{\text{см}}$ – коэффициент рабочего времени.

$$u = \frac{u_{\text{прод.}}}{u_{\text{изм}}} \quad (5.5)$$

где $u_{\text{изм}}$ – производительность сепаратора, кг/ч.

Для ВСС13 рабочие часы составят

$$U^{\text{ВСС13}} = \frac{18,9}{13} = 1,45 \text{ ч}$$

Для предложенного сепаратора

$$U^{\text{сеп}} = \frac{18,9}{12} = 1,57 \text{ ч}$$

Затраты труда P на сепарацию для ВСС13

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 1,45 \cdot 0,9 = 1,3 \text{ чел/ч}$$

Затраты труда P на сепарацию для сепаратора

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 1,57 \cdot 0,9 = 1,4 \text{ чел/ч}$$

Удельные затраты труда P на сепарацию для ВСС13

$$P^{\text{ВСС13}} = \frac{1,3}{18,9} = 0,069 \text{ ч/кг}$$

Удельные затраты труда P на сепарацию для сепаратора

$$P^{\text{сеп}} = \frac{1,4}{18,9} = 0,074 \text{ ч/кг}$$

Стоимость полученной перги

$$Ц_{\text{перги}} = Q_{\text{пергод}} \cdot (Ц_p - C_n) \quad (5.6)$$

где $Ц_p$ – цена продажи 1кг перги, руб/кг;

C_n – себестоимость перги, руб/кг.

$$C_n = \frac{C_c}{m_{\text{гр.пер.}}} \quad (5.7)$$

где C_c – стоимость 1 сота на рынке, руб.

$$C_n = \frac{150}{0,315} = 476,2 \text{ руб /кг}$$

Стоимость перги с использованием ВСС13

$$\Pi^{\text{ВСС13}} = 18,9 \cdot (2000 - 476,2) = 28799,82 \text{ руб}$$

Стоимость перги с использованием сепаратора

$$\Pi_{\text{прод.}}^{\text{п.п.}} = 18,9 \cdot (2000 - 476,2) = 28799,82 \text{ руб}$$

Затраты на использование сепаратора

$$Z_c = Z + Z_z + Z_{\text{обсл}} \quad (5.8)$$

где Z_c - затраты на сепарацию, руб;

Z - оплата труда, руб;

Z_z - затраты электроэнергии, руб;

$Z_{\text{обсл}}$ - затраты ТО, ремонт и хранение, руб.

Оплата труда

$$Z = Ч_c \cdot T_r (1 + 0,01 \cdot P_d) \cdot (1 + 0,01 \cdot C_o) \quad (5.9)$$

где $Ч_c$ - часовая ставка, руб/ч;

P_d - доплата за продукцию, %;

C_o - соц. нужды, %.

Затрата на оплату труда для ВСС13

$$Z^{\text{ВСС13}} = 150 \cdot 1,3 \cdot (1 + 0,01 \cdot 25) \cdot (1 + 0,01 \cdot 40) = 341,25 \text{ руб}$$

Затрата на оплату труда для сепаратора

$$Z^{\text{сеп}} = 150 \cdot 1,4 \cdot (1 + 0,01 \cdot 25) \cdot (1 + 0,01 \cdot 40) = 367,5 \text{ руб}$$

Затраты на электроэнергию:

$$Z^3 = Q_{\text{пер.год}} \cdot Z_{\text{зуд}} \cdot Ц_3 \quad (5.10)$$

где $Z_{\text{зуд}}$ – затраты энергии для сепарации 1 кг перги, кВт·ч/кг;

$Ц_3$ – стоимость одного кВт·ч, руб.

$$Z^{\text{ВСС13}} = 0,1031 \cdot 18,9 \cdot 4,0 = 7,85 \text{ руб}$$

Затраты на электроэнергию

$$Z_3 = Z_{\text{сеп}} \cdot Q_{\text{пер.год}} \cdot Ц_3 \quad (5.11)$$

где $Z_{\text{сеп}}$ – затраты энергии для сепарации 1 кг перги, кВт·ч/кг;

$$Z_3^{\text{п.л.}} = (0,0385) \cdot 18,9 \cdot 4,03 = 2,93 \text{ руб}$$

Затраты на ТО, ремонт и хранение

$$Z_{\text{торк}} = Б_с \cdot 0,01 \cdot K_{\text{торк}} \quad (5.12)$$

где $K_{\text{торк}}$ – норма отчислений на ТО, ремонт и хранение, руб.

Затраты на ТО, ремонт и хранение для ВСС13

$$Z^{ВСС13} = 26000 \cdot 0,01 \cdot 7 = 1820 \text{ руб}$$

Затраты на ТО, ремонт и хранение для предлагаемого сепаратора

$$Z^{сеп} = 9000 \cdot 0,01 \cdot 7 = 630 \text{ руб}$$

Затраты для ВСС13

$$Z^{пр} = 341,25 + 7,85 + 1820 = 2169,1 \text{ руб}$$

Затраты для сепаратора

$$Z^{пр} = 367,5 + 2,93 + 630 = 1000,43 \text{ руб}$$

Годовая прибыль от реализации полученной продукции рассчитывается по формуле

$$П_{год} = Ц_{прод} - С_{пр} \quad (5.13)$$

где $П_{год}$ – годовая прибыль, руб.

Годовая прибыль с ВСС13

$$B_{год}^{ВСС13} = 28799,82 - 2169,1 = 26630,72$$

Годовая прибыль при использовании предлагаемого измельчителя

$$B_{год}^{сеп} = 28799,82 - 1000,43 = 27800$$

Срок окупаемости

$$T_{\text{ок}} = \frac{B_{\epsilon}}{C_{\text{прод}}} \quad (5.14)$$

Срок окупаемости ВСС13

$$T_{\text{ок}}^{\text{АИП-50}} = \frac{26000}{28799,82} = 0,9 \text{ года}$$

Срок окупаемости предлагаемого сепаратора

$$T_{\text{ок}}^{\text{п.д}} = \frac{9000}{28799,82} = 0,31 \text{ года}$$

Таблица 5.2 Результаты расчета

Наименование	Ед.изм	ВСС13	сепаратор
Рабочие часы	ч	1,45	1,57
Затраты труда	чел/ч	1,3	1,4
Удельные затраты труда	ч/кг	0,069	0,074
Себестоимость перги с исп. ВСС13	Руб.	28799,82	28799,82
Затраты на оплату труда	Руб.	341,25	367,5
Затраты на эл. энергию	Руб.	7,85	2,93
Затраты ТО, ремонт, хранение	Руб.	1820	630
Общие затраты	Руб.	2169,1	1000,43
Годовая прибыль	Руб.	26630,72	27800
Срок окупаемости	Руб.	0,9	0,31

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. На основании проведенного анализа способов для извлечения перги, конструкций для извлечения перги и сепараторов сыпучих материалов можно точно сказать о большом количестве конструкций, с помощью которых можно получить чистую, готовую к употреблению и реализации гранулы перги.

2. При анализе рассмотренных конструкций были выявлены недостатки присущие данным устройствам и на этом основании была разработана схема и конструкция сепаратора воскоперговой массы, при разработке которой были учтены все положительные и отрицательные моменты рассмотренных устройств.

3. При теоретическом исследовании сепарации воскоперговой массы была построена программа методики проведения экспериментальных исследований. Выявлены распространенные кинематические схемы решетных устройств, проведены расчеты решетного стана и вибрационного транспортирования воскоперговой массы по решету. Определены физико-механические свойства перги.

4. Лабораторные исследования и эксперименты выявили что преобладает перга с влажностью 17...19% это 49% от общего объема исследованных сот, наименьшая влажность составила 13...15%, это 8% и самая высокая влажность 21...23% составила 3 %. В среднем масса восковой основы сота составила 45,5% от всего объема воскоперговой массы, а масса перги 54,5%.

Оценка качества полученного очищенного продукта при различных углах наклона решетного стана показала, что при угле наклона 15° продукт содержит гораздо больше примесей, чем при углах наклона 13° и 10° . Полученные порции продукта при углах наклона 13° и 10° не имеют отличий в чистоте.

Таким образом можно сделать вывод, что наиболее эффективная очистка воскоперговой массы получается при угле наклона решетного

стана 13° , потому что при этой настройке продукт получается таким же чистым, как и при 10° , но при этом процесс очистки занимает меньше времени, а, следовательно, меньше энергоресурсов. Очистку воскоперговой массы при угле наклона решетного стана 15° нельзя признать эффективной несмотря на самый быстрый результат по времени обработки материала, так как полученный продукт содержит примеси.

5. Расчет экономической эффективности использования сепаратора воскоперговой массы показал, что годовая прибыль при использовании сепаратора составит 27800руб, а срок окупаемости составит 3,5 месяца.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Патент № 2464781.** Способ извлечения перги : № 2010147685/13 : заявл. 22.11.2010, опубл. 27.10.2012 / В. Ф. Некрашевич, Р. А. Мамонов, С. В. Некрашевич, Т. В. Торженкова; заявитель, патентообладатель Рязанский гос. агротех. ун-т имени П.А. Костычева – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002464781&TypeFile=html (дата обращения: 01.06.2020).
2. **Патент № 2360407.** Способ извлечения перги из сотов : № 2008112838/12 : заявл. 02.04.2008, опубл. 10.07.2009 / Д. Е. Каширин; заявитель, патентообладатель Д. Е. Каширин – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002360407&TypeFile=html (дата обращения: 01.06.2020).
3. **Патент № 2326531.** Способ извлечения перги из сотов : № 2006125241/12 : заявл. 19.12.2006, опубл. 20.06.2008 / Д. Е. Каширин, А. В. Ларин, М. Е. Троицкая; заявитель, патентообладатель Рязанская гос. с/х академия импроф. П.А.Костычева – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002326531&TypeFile=html (дата обращения: 01.06.2020).
4. **Патент № 2185726.** Способ извлечения перги из сотов : № 2000130858/13 : заявл. 08.12.2000, опубл. 27.07.2002 / В. Ф. Некрашевич, В. И. Бронников, С. В. Винокуров; заявитель, патентообладатель Рязанская гос. с/х академия

импроф. П.А.Костычева – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002185726&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).

5. **Патент № 2483811.** Вибрационная установка для очистки пчелиных сотов от загрязнений : № 2011147682/13 : заявл. 23.11.2011, опубл. 10.06.2013 Н. В. Бышов, Д. Е. Каширин, А. В. Куприянов; заявитель, патентообладатель Рязанский гос. агротехнолог. ун-т им. П.А.Костычева – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002483811&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).

6. **Патент № 2452175.** Агрегат для извлечения перги : № 2010147625/13 : заявл. 22.11.2010, опубл. 10.06.2012 / В. Ф. Некрашевич, Т. В. Торженова, С. В. Некрашевич, Р. А. Мамонов; заявитель, патентообладатель В. Ф. Некрашевич – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002452175&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).

7. **Патент № 2275800.** Установка для извлечения перги из перговых сотов: № 2004138655/12 : заявл. 28.12.2004, опубл. 10.05.2006 / Д. Е. Каширин; заявитель, патентообладатель Рязанская гос. с/х академия им. проф.

П. А. Костычева – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002275800&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).

8. **Патент № 2175895.** Сепарирующее устройство : № 99119039/13 : заявл. 31.08.1999, опубл. 20.11.2001 / А. М. Васильев, М. В. Морозов М. Ю. Уразов [и др.]; заявитель, патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский ин-т зерна и продуктов его переработки, Московский гос. ун-т пищ. произв., ЗАО "Совокрим", А. М. Васильев. – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002175895&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).
9. **Патент № 2130813.** Сепаратор сыпучих материалов : № 97121743/03 : заявл. 10.12.1997, опубл. 27.05.1999 / В. М. Дринча, В. И. Анискин, Е. И. Кучер, И. Н. Зинь; заявитель, патентообладатель Всероссийский научно-исследовательский институт механизации с/х – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002130813&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).
10. **Патент № 2325235.** Сепаратор : № 2006130196/03 : заявл. 21.08.2006, опубл. 27.05.2008 / Р. С. Аипов, А. С. Хакимов; заявитель, патентообладатель Башкирский гос. аграрный ун-т – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002325235&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).
11. **Патент № 2383397.** Грохот инерционный : № 2008140622/03 : заявл. 13.10.2008, опубл. 10.03.2010 / Н. В. Дябин, А. Б. Лоскутов, Т. В. Пахтеева; заявитель, патентообладатель ОАО "Научно-исследовательский и проектно-конструкторский ин-т асбестовой промышленности" – Электронная копия на сайте Федерального института

промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002383397&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).

12. **Патент № РФ 2516332.** Вибропневмосепаратор : № 2012126439/13 : заявл. 25.06.2012, опубл. 20.05.2014 / В. И. Литвин, Е. В. Хромов; заявитель, патентообладатель Фед. гос. бюджетное образ. учр. проф. обр. “Российский гос. агр. заоч. ун-т” – Электронная копия на сайте Федерального института промышленной собственности // ФИПС : [сайт]. – URL: http://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002516332&TypeFile=html (дата обращения 01.06.2020).

13. **ГОСТ 31776-2012** Перга. Технические условия – М.: Стандартинформ 2013. – 19 с.

14. **Некрашевич, В.Ф.** Комплект оборудования для заготовки перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин // Научный журнал «Научная мысль». - 2015. - №3. - С. 121-126.

15. **Некрашевич, В.Ф.** Теория процесса сепарации гранул перги через отверстия выгрузной решетки измельчителя пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина//Вестник «Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева». - 2016. - № 3 (31). - С. 61-65.

16. **Фоминых А.В.** Методические указания для выполнения практических занятий / А.В. Фоминых // Оптимизация сепарирования зерна – 2014 С. 4 – 53.

17. **Мельников, С.В.** Планирование экспериментов в исследовании сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. - Л.: Колос, 1980. - 168 с.

18. **Буренина, Е.И.** Результаты лабораторных исследований штифтового измельчителя пчелиных сотов с вертикальным рабочим органом / Е.И.

Буренина, К.В. Буренин, Р.А. Мамонов // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. Часть II. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. - С. 50-53.

19. **Некрашевич, В.Ф.** Теория процесса сепарации гранул перги через отверстия выгрузной решетки измельчителя пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Вестник «Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева». - 2016. - № 3 (31). - С. 61-65.

20. **Шевцов И.В.** Обоснование конструктивно-кинематических параметров решетных станков с уменьшающейся амплитудой колебаний по длине дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.20.01. – Курган, 2007. – 175 с.

21. **Адлер Ю.П.** Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 279 с.

22. **Асташкин, В.Н.** К вопросу исследования физико-механических свойств перги и прополиса / В.Н. Асташкин, А.В. Куприянов, П.С. Моисеев, В.Г. Мохнаткин, В.Д. Хмыров // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: Материалы национальной конференции. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. - С. 102-104.

23. **Билаш, Н.Г.** Влияние запасов перги на качество пчёл / Н.Г. Билаш // Пчеловодство. - 1990. - № 4. - С. 6.

24. **Бойко, И.Д.** Белковый корм к весне / И.Д. Бойко // Пчеловодство. - 1986. - № 2. - С. 25.

25. **Веденяпин, Г.В.** Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин. - М.: Колос, 1973. - 187 с.

26. **ГОСТ 23728-23730-88** Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М., 1989. - 34 с.

27. **Иойриш, Н.П.** Продукты пчеловодства и их использование / Н.П. Иойриш. - М.: Россельхозиздат, 1976. - 175 с.

28. **Каширин, Д.Е.** Энергосберегающие технологии извлечения перги из сотов специализированными средствами механизации: дис. д-ра. тех. наук: 05.20.01 / Каширин Дмитрий Евгеньевич. - Рязань, 2013. - 474 с.
29. **Кривцов, Н.И.** Роль науки в развитии современного пчеловодства России / Н.И. Кривцов, В.И.Лебедев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2011. - № 3. - С. 3-5.
30. **Лебедев, В.И.** Экономические и технологические аспекты обоснования прогноза развития пчеловодства в России / В.И. Лебедев, Л.В. Прокофьева // Пчеловодство. - 2015. - № 10. - С. 10-13.
31. **Мельников, С.В.** Планирование экспериментов в исследовании сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. - Л.: Колос, 1980. - 168 с.
32. **Мохнаткин, В.Г.** Исследование энергосберегающих способов очистки гранул перги / В.Г. Мохнаткин, В.Д. Хмыров, Д.А. Епифанцев, Н.Ф. Каряев, А.В. Булгакова // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: Материалы национальной конференции. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. - С. 70-72.
33. **Некрашевич, В.Ф.** Теория процесса сепарации гранул перги через отверстия выгрузной решетки измельчителя пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина//Вестник «Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева». - 2016. - № 3 (31). - С. 61-65.
34. **Пестис, В.К.** Пчеловодство/ В.К. Пестис, Н.И. Кривцов, В.И.Лебедев и др. - Минск: Новое знание, М.: ИНФРА - М., 2012 – 480 с.
35. **Пустильник, Е.И.** Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е.И. Пустильник. - М.: Наука 1968. - 288 с.
36. **Румшинский, Л.З.** Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшинский. - М.: Наука 1971. - 192 с