

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



АФАНАСЬЕВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

**АГРЕГАТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ
СОТОВ**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Костенко Михаил Юрьевич

Рязань 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1 СПОСОБЫ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ.....	8
1.1 Анализ способов извлечения меда и перги из сотов.....	8
1.2 Анализ устройств для извлечения меда и перги из сотов.....	14
1.3 Анализ выполненных исследований.....	22
1.4 Постановка задач исследований.....	26
Глава 2 ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДА И ПЕРГОВЫХ СОТОВ.....	27
2.1 Программа и методики экспериментальных исследований.....	27
2.2 Результаты экспериментальных исследований.....	32
Выводы по 2 главе.....	40
Глава 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ.....	42
3.1 Теоретические исследования прочностных характеристик пчелиного сота	42
3.2 Технологический процесс агрегата для извлечения меда из пчелиных сотов	56
3.3 Обоснование параметров работы агрегата для извлечения меда.	58
3.4 Обоснование параметров работы агрегата для скарификации перговых сотов.....	63
Выводы по главе 3.....	66
Глава 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ.....	68
4.1 Программа исследований.....	68
4.2 Методика экспериментальных исследований и результаты	

оценки целостности ячеек сота при изгибе.....	68
4.3 Методика и результаты исследования инфильтрации стенок ячейки сота при изгибе.....	70
4.4 Методика и результаты определения влияния угла отклонения от вертикали рамки с сотами и скорости вращения ротора на эффективность извлечения меда.....	72
Выводы по главе 4.....	82
Глава 5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА АГРЕГАТА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ	83
5.1 Экспериментальные исследования агрегата.....	83
5.2 Экономический эффект применения агрегата.....	84
Выводы по главе 5.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	93
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	108

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Пчеловодство – важная отрасль сельского хозяйства, благодаря которой получают ценные продукты: мед, перга, цветочная пыльца прополис и другие. Пчелы принимают непосредственное участие в перекрестном опылении энтомофильных растений, что повышает их урожайность [40, 42, 71].

Продукты пчеловодства имеют широкое применение в пищевой промышленности, медицине, косметологии и парфюмерии [20, 28, 32, 83, 104, 109, 118]. В настоящее время около 70 % пасек содержат менее 100 пчелосемей. Для использования в условиях небольших пасек целесообразно применить технологические приемы и технологию получения продуктов пчеловодства, разработанные в ФГБОУ ВО РГАТУ [10, 65]. Некоторые операции данной технологии требуют создания современных универсальных машин и агрегатов [100], к ним относятся операции по извлечению меда, скарификации перговых сотов [26, 27, 91, 93, 111].

Для повышения эффективности извлечения меда и перги из сотов необходима разработка агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в изучение вопросов механизации получения меда и перги внесли российские ученые: Бибиков П.В., Бондарь Л.К., Бышов Н.В., Донченко Ю.В., Дудов И.А., Каширин Д.Е., Кирьянов Ю.Н., Космович Е.К., Коваленко М.В., Курдюмов В.И., Курочкин А.А. Лебедев В.И., Максимов Н.М., Мамонов Р.А., Некрашевич В.Ф., Нефедова С.А., Оськин С.В. и другие. Анализ работ вышеуказанных авторов показал, что извлечение меда и скарификация перговых сотов требуют дальнейшего изучения..

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 гг. по теме «Совершенствование энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в отраслях животноводства» (№ гос. рег. 01201174434)

Цель исследований – обоснование параметров и режимов агрегата для

извлечения меда и скарификации перговых сотов

Объект исследований. Параметры и режимы агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Предмет исследований. Теоретические и экспериментальные зависимости, описывающие параметры и режимы агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Научная новизна диссертационной работы.

Аналитические зависимости, напряжений, возникающих в ячейках при поперечном изгибе сотов от направления растягивающих сил и радиуса изгиба пчелиных сотов при центробежном извлечении меда и скарификации перговых сотов.

Теоретически обоснованные параметры и режимы агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Новизну технических решений подтверждают патенты на изобретение RUS 2615832 от 22.04.2016 (приложение А) и на полезную модель RUS 189361 от 28.05.2018 (приложение Б).

Теоретическая значимость работы представлена закономерностями, выражающими напряжения в ячейках от направления растягивающих сил и радиуса изгиба пчелиных сотов, обоснованными параметрами и режимами агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Практическая значимость работы заключается в предложенных решениях конструкции агрегата, а также результатах экспериментальных исследований.

Методология и методы исследования.

Теоретические положения разрабатывались на основе физики, сопротивления материалов, теоретической механики и математики. Экспериментальные исследования воскового сырья, свойств меда и перги проводились с помощью стандартных методик и разработанных на их основе частных, а также на специально разработанных и изготовленных установках. Обработка экспериментальных данных проводилась методами математической

статистики, используя компьютерные программы: Microsoft Excel 2007, Mathcad 15.0, Statistica 10.0.

Положения, выносимые на защиту:

- аналитические зависимости, выражающие напряжения, возникающие в ячейках от направления растягивающих сил и радиуса изгиба пчелиных сотов;
- теоретически и экспериментально обоснованные параметры и режимы работы агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов;
- результаты экспериментальных исследований агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов в условиях пасек.

Реализация результатов исследования. Агрегат извлечения меда и скарификации перговых сотов применяется в КФХ «Богдановская пасека» Старожиловского района Рязанской области (приложение В).

Степень достоверности. Достоверность результатов диссертационных исследований подтверждена применением современных стандартных и разработанных на их основе частных методик, а также сертифицированных приборов. Выводы, полученные в ходе исследований, подтверждаются сходимостью теоретических и экспериментальных результатов (расхождение составило 4,5%). Результаты диссертационной работы согласуются с ранее полученными результатами по тематике исследования, опубликованными в печати, и прошли апробацию на научно-практических конференциях

Личный вклад автора заключается в постановке задач исследований, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, интерпретации полученных результатов, обосновании параметров и режимов агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов, написании научных статей, и оформлении патентных заявок.

Апробация исследований. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева (2016, 2017 гг.); на Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых (2016

г.); на Всероссийской научно-практической конференции «Наилучшие доступные технологии» (2016 г.); на XXI Международной научно-производственной конференции «Проблемы и решения современной аграрной экономики» (2017 г.); на 8-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Агроинженерные инновации в сельском хозяйстве» (2017 г.); на конференции «Инновационные методы решения научных и технологических задач Рязанской области» (2017 г.); на конкурсе XXIII Московского международного Салона изобретений и инновационных технологий «Архимед-2020»(2020 г.) (приложение Г), на выставке «День поля Рязанской области» (2020 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе: 3 – в изданиях рекомендованных ВАК РФ; 1 в международной глобальной базе Scopus; 4– в материалах конференций и других изданиях. Получен 1 патент РФ на изобретение и 1 патент РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составил 1,87 п.л., из них лично соискателю принадлежит 0,94 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 120 наименований и 11 приложений. Работа изложена на 124 страницах основного текста, содержит 61 рисунок и 5 таблиц.

Глава 1 СПОСОБЫ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ

1.1. Анализ способов извлечения меда и перги из сотов

Большая часть технологических процессов извлечения меда в значительной степени механизирована и частично автоматизирована, что позволяет повысить производительность, снизить трудоемкость отдельных операций и обеспечить увеличение выхода товарного меда. Также следует уделять внимание условиям выполнения технологических процессов извлечения меда, которые сохраняют пищевые и лечебные свойства меда [30, 31, 85, 86, 87, 88].

В настоящее время в зависимости от способа получения различают, секционный, прессованный и центробежный мед. Развитие пчеловодства начиналось с сотового меда. Древние пасечники вырезали мед из дупла диких пчел. Получался великолепный сотовый мед, который принято называть нарезным. Родоначальником производства сотового меда принято считать Петра Ивановича Прокоповича (1725 – 1850). Изобретенный им в 1814 году первый в мире рамочный улей с разделительной решеткой позволил получать сотовый мед, не нарушая структуру гнезда. Небольшие кусочки нарезного меда чаще всего заворачивают в тонкую полиэтиленовую пленку и в таком виде продают или помещают в банку и заливают жидким медом [99].

Если мед не вырезается, а подается на обеденный стол в рамке, это – секционный мед. Технология производства секционного сотового меда позволяет добиться превосходных результатов. Она состоит из трех основных этапов: подготовка мини-рамок и их установка в магазинные рамки; постановка укомплектованных магазинных рамок в улей; изъятие готовой продукции из улья и подготовка к продаже [111].

Все последующие рамки (секции) отличались друг от друга формой, размером, материалом, но принцип вот уже 200 лет остается неизменным [41, 116].

На кафедре пчеловодства РГАУ МСХА имени К.А.Тимирязева разработан и используется метод получения сотового меда в тарелку. Для этой цели используются пластмассовые или бумажные одноразовые тарелки, на дне которых закрепляется вощина. Тарелки подвешиваются на рейках или закрепляются в рамках и ставятся с двух сторон гнезда пчелиной семьи как диафрагмы. При хорошем медосборе их можно размещать в магазинах или во вторых корпусах, донной стороной по парам.

Для некоторых медоносов, например, вереска, характерно, что получаемый мед имеет повышенную вязкость, которые не позволяют применять обыкновенные способы извлечения меда – применять центробежную медогонку. Таким образом, прессованный мёд целесообразно получать в случаях, когда его невозможно откачать с помощью медогонки. При отжати прессованного мёда разрушаются отстроенные доброкачественные соты, а также уменьшается выход меда. Кроме того, впрессованном мёде содержится воск и воскоподобные вещества, которые ухудшают его качество.

Большую часть производимого меда составляет центробежный мёд, получаемый при извлечении на центробежных медогонках. Качество полученного меда будет определяться эффективностью операций по подготовке сотов, извлечении меда, очистки и затаривания. Технологический процесс центробежного извлечения меда изображен на рисунке 1.1. Для получения центробежного меда следует использовать магазинные рамки, так как меда из рамок с расплодом и пергой загрязняет мед пылью и существенно затрудняет его фильтрацию.

Также необходимо подготовить помещение для извлечения меда в соответствии с санитарными требованиями в недоступном для пчел месте. Место для хранения и скарификации сотов следует оборудовать специальными стеллажами для хранения сотов до и после обработки. Следует избегать

попадания пыли и влаги на обрабатываемую продукцию при извлечении меда. Все что может контактировать с медом, должно быть стерильно чистым. Вблизи обрабатывающих центров – помещений, предназначенных для извлечения меда должны быть источники чистой воды [114].



Рисунок 1.1 – Технологический процесс центробежного извлечения меда

Пригодными для хранения и переработки меда являются следующие материалы: стекло, сталь, пластик для пищевой продукции. Возможно использование цинка лишь для недолгого хранения.

В настоящее время наиболее распространены два способа хранения перги – это хранение в пчелиных сотах и получение гранул с извлечением их из восковой основы сота [26, 36, 60, 61, 69]. Для получения перги следует подробно изучить вопросы, биологии жизнедеятельности пчелосемей, чтобы отбор перговых сотов не оказывал отрицательного влияния на развитие пчелосемей и не снижал продуктивности основных, дополнительных и сопряженных продуктов пчеловодства [21, 33, 39].

Некоторые способы предполагают выделение гранул перги из сотов путем разрушения восковой основы с последующим выделением гранул перги. Для выделения гранул перги из измельченной массы некоторые ученые предлагают осуществлять разделение перги и измельченной восковой основы в

воде [22, 23, 71].

Некоторые авторы предлагают непосредственное выделение перговых гранул разрезанием сот на узкие полоски по рядам, с последующим вытряхиванием гранул. Такой способ имеет высокую трудоемкость, поэтому с помощью него можно получить только небольшое количество перги.

Частью исследователей предложено срезать ячейки с пергой с вошины, а полученную массу, измельчать и использовать ее вместе с измельченными восковыми ячейками [21]. Недостаток данного способа проявляется в том, что пчелы при использовании такой подкормки является то, что пчелы выбрасывают частицы воска на дно улья, а в срезанной вошине остается значительное количество перги. Причем дальнейшее использование рамки с такой вошиной невозможно и ее отправляют на перетопку. Загрязнение улья восковыми частицами, и измельченной пергой способствует развитию вредителей пчел и сотов, в частности, восковой молью.

Некоторые пчеловоды пропускают пчелиные соты через мясорубку, а полученную воскоперговую массу консервируют с помощью сахарной пудры [22, 61, 62]. Засахаренная воскоперговая масса может храниться длительное время в герметичных стеклянных банках. Перед применением данную массу замачивают в воде, в соотношении 1 килограмм перги на 1 литр воды, полученный раствор процеживают и его применяют для подкормки пчел.

При использовании перги вместе с измельченной восковой основой в нее попадают экскременты и оболочки личинок, что способствует передаче болезней пчел от поколения к поколению, кроме того увлажнение воскоперговой массы способствует ускорению развития микроорганизмов и плесневых грибов, что приводит к быстрой порче подкормки. Следует отметить, что замачивание воскоперговой массы в воде с одной стороны ведет к вымыванию водорастворимых биологически активных веществ, с другой стороны способствует вымыванию остатков пестицидов попадающих в улей при обработке энтомофильных культур [107].

Е.К. Космович предложил способ защиты сотов с пергой от восковой

моли на основе их сушки. В результате было установлено, что сушка перговых сотов способствует снижению адгезии между пергой и стенками ячеек или коконов. Кроме того при удалении влаги гранулы перги становятся более прочными.

Для снижения адгезии и увеличения хрупкости воска перговые соты подвергают охлаждению до температуры минус 3-4 °С в течение 1/2 – 2/3 часа, в этом случае восковая основа пергового сота легко разрушается при механическом воздействии. Также следует отметить, что снижение влажности перги способствует увеличению ее прочности, что уменьшает ее крошение при измельчении сота. В дальнейшем мелкие восковые частицы отделяют от перги путем разделения в рассеве или в воздушном потоке. Для отделения оболочек коконов пчел выделенные перговые гранулы дополнительно просушивают и отделяют с помощью механических воздействий [6, 13, 34, 58, 68, 74].

Известен способ получения перги, который заключается в отделении частей перговых сотов от рамок, снижение их температуры и раздробление до получения воскового вороха и гранул перги, с последующей пневматической сепарацией получаемой массы на скорости 7,5...8 м/с воздушного потока и дальнейшую сушку в вакууме. Перед тем как начать извлечение перги соты осушивают от меда, а затем измельчают на куски. В этом случае охлаждение сотов осуществляют до температуры -18...-19 °С 5-6 часов, охлажденные куски перговых сотов измельчают и подвергают сортировке с помощью воздушного потока после выделения гранул их повторно измельчают и просушивают в вакуумной сушилке. Для сохранения полезных свойств перги измельчение гранул проводят до размера 0,3...1,5 мм и размещают слоем 12...15 мм на теплоподводящей поверхности [84] для сушки в вакууме. При этом сушку перги осуществляют до влажности 13...14% [71, 73].

В.Ф. Некрашевичем, В.И. Бронниковым и С.А. Стройковым предложена технология получения перги, включающая осушивание сотов пчелами, скарификацию пергового сота [4, 62, 71, 73, 92, 94, 95]; сушку перговых сотов до нужной влажности, выделение воскоперговой массы из рамок [96];

охлаждение и измельчение воскоперговой массы и выделение гранул перги из воскового сырья [3, 50], а также, при необходимости, дополнительная сушка гранул перги для уменьшения влажности продукта [11, 35, 40, 67, 71, 72, 78, 79, 80, 81, 93, 105]. Эта технология увеличивает производительность процесса извлечения перги, а также позволяет получить готовый продукт высокого качества.

Получение меда

Извлечение мёда из ячеек сотов в современных медогонках осуществляется за счёт воздействия центробежной силы на его капли [115]. Обычно скарифицированные медовые соты устанавливаются вертикально в специальные кассеты, которые навешиваются на ротор, расположенный внутри цилиндрического корпуса медогонки. Кассеты в медогонке могут располагаться хордиально, тангенциально или радиально [1, 44, 45, 90, 119]. Горизонтальное расположение кассет практически не применяется. Основным недостатком, используемых на практике медогонок, указанных выше, является нарушение целостности сотов в процессе извлечения мёда, то есть образование в них трещин и даже отрыв части сотов от рамки при частоте вращения ротора выше допустимой [2, 3].

Повреждение соторамок в процессе откачки меда характерно не только для медогонок с электроприводом, но и для медогонок с ручным приводом. Высокая трудоемкость откачки меда приводит к физической усталости пчеловода и затрудняет необходимый контроль частоты вращения центрифуги, что приводит к повреждению сотовой основы рамок или к неполной откачке меда. Показатели работы существующих медогонок представлены в таблице 1.1. Наиболее подвержены повреждения светлые новоотстроенные соты. При этом на отстройку 1 кг воска пчелиной семьей расходуется до 3,6 кг меда, причем энергия пчелиной семьи расходуется на реставрацию сотов, а не на выкармливание расплода и заготовку меда [59].

Таблица 1.1 — Показатели работы существующих медогонок [112]

Показатели	Центрифуга с ручным приводом	Центрифуга с электроприводом
Потери соторамок, %	4	30
Степень откачки, %	94	80
Средняя товарная медопродуктивность пчелиного улья, кг	65	56
Потери продукции от поломок рамок центрифугами, %	-	15
Средний ущерб пасеки 100 пчелосемей от поломок рамок центрифугами, тыс. рублей в год	-	120

Также анализ проведенных исследований показал, что использование поврежденных сотов затруднено из-за того, что их поверхность при повторном использовании становится неровной и при скарификации механическими средствами часть ячеек остается не раскрытой. В большинстве случаев приходится выбраковывать именно свежие отстроенные соты, которые могли бы ещё 1 – 2 года быть использованы для постановки в ульи [5].

Таким образом, следует уточнить факторы, влияющие на прочность медовых сотов, а также обосновать рациональные параметры и режимы центробежных медогонок для исключения повреждений соторамок в процессе извлечения меда.

1.2. Анализ устройств для извлечения меда и перги из сотов

В 1865 году Ф. Грушка изобрел медогонку, положив начало новому способу получения меда, не разрушая сотов, из-за этого соты можно использовать повторно и неоднократно. Изобретение медогонки, как и

рамочного улья П. И. Прокоповичем, искусственной вошины И. Мерингом, сыграло выдающуюся роль в развитии совершенно новых методов пчеловодства.

В основу действия медогонки положена центробежная сила. Изобретателями с той поры предложено много вариантов — от небольших и простых до самых сложных и многорамочных. Медогонки, по способу размещения рамок в их роторе, делятся на радиальные, хордиальные, тангенциальные. Эффективность извлечения меда различными типами медогонок варьируется в пределах 85-98% [37].

Конструкция большинства медогонок однотипна и состоит из наружного бака и внутреннего барабана-ротора, в который вставляют рамки с пчелиными сотами (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Классификация агрегатов для извлечения меда и скарификации перговых сот

Для лучшего освобождения меда из медогонки ее дно в некоторых случаях делают обогреваемым и с уклоном в сторону сточного патрубка [66].

Выделение меда происходит под действием центробежной силы, а также силы тяжести при размещении рамок, радиально величина центробежной силы значительно меняется в зависимости от радиуса, что сказывается на выделении меда из сотов [113]. При размещении рамок в хордиальной медогонке восковая основа подвержена воздействию значительных инерционных сил, обусловленных значительной массой меда, поэтому для всех существующих медогонок необходимо предусматривать регулировку частоты вращения, а по возможности несколько раз за время откачивания менять положение рамок для изменения радиуса вращения отдельных ячеек [120].

При извлечении меда сила, действующая на соты, достигает величины 400Н и более и способна его разрушить. Поэтому при откачивании меда, особенно из полномедных сотов, обороты ротора начинают увеличивать плавно.

В тангенциальных и хордиальных медогонках извлечение меда производят с каждой из сторон сота отдельно. Процесс откачивания меда с одной стороны сота составляет около 1,5-3,0 мин. В радиальных медогонках мед из сота откачивается одновременно с двух его сторон в течение 4-10 мин. Это объясняется менее благоприятным действием центробежной силы на мед в ячейках сота, т.е. практически под углом близким к 90^0 к стенке ячейки.

Для исключения повреждений пчелиных сотов во время извлечения меда частоту вращения ротора увеличивают постепенно, с 100 об/мин до 250 об/мин по мере уменьшения массы пчелиного сота.

Оригинальна по конструкции многорабочая медогонка с горизонтальной осью вращения ротора и электроприводом. Так как загрузка и выгрузка рамок трудоемкая операция, имеются специальные полозья, по которым секция с 9 рамками устанавливается в ротор медогонки. В ротор помещается 3 секции по 9 рамок [102]. Бак такой медогонки изготавливают ромбовидной формы, что позволяет меду при откачивании рамок стекать с верхней его части в нижнюю только по стенкам бака, а не капать сверху на секции с уже откачанными

рамками.

Горизонтальные медогонки с вертикальной осью вращения предполагают установку рамок горизонтально. В каждую секцию ротора через люк с открытой крышкой навешиваются на направляющие три гнездовые рамки или шесть магазинных.

Медогонка "Оптима" – хордиальная с поворотными кассетами на 3 рамки стандарта "Дадан" или 6 магазинных рамок. Ротор и кассеты медогонки сварены из стали. Диаметр бака из нержавеющей стали составляет 63 см. Ручной привод расположен сбоку. При загрузке рамок предусмотрена фиксация ротора. Оптимальное время откачивания меда из соторамок на такой медогонке составляет не более 8 мин (включая загрузку и выгрузку рамок), при плавном увеличении частоты вращения ротора до 280- 300 об/мин. Медогонка рассчитана для установки внутри помещения и закрепления к стене [54].

Производительность медогонки составляет около 70 рамок в час при чистоте откачивания 90,7%. По такому принципу некоторые пчеловоды дальневосточного региона нашей страны изготавливают самодельные ручные медогонки для извлечения меда сразу из двух ульевых корпусов или магазинных надставок. В качестве привода используют цепную велосипедную передачу.

Электропривод в таких медогонках применяют тогда, когда ее вместимость составляет 4, 6, 8 магазинных надставок или специальных кассет. Опытный образец отечественной медогонки с горизонтальным ротором для откачивания меда сразу из шести магазинных надставок имеет максимальную частоту вращения ротора – 365 об/мин, производительность – 375 рамок/час при чистоте извлечения меда из сотов не менее 90%.

Конструкторское бюро (ОПКБ) совместно с НИИ пчеловодства выпускали разработанные ими опытные партии медогонок, конструктивной особенностью которых являлся электрогидравлический привод ротора. Этими медогонками являлись: хордиальная медогонка М6ЭГ рассчитанная на работу с 6-ю рамками одновременно и тангенциальная медогонка М15ЭГ вмещающая в себя 15 рамок. При тангенциальном расположении кассет, который является промежуточным

между радиальным и хордиальным, можно разместить в медогонке большее количество кассет, по сравнению с хордиальным. При этом повышается ее производительность [88].

Такая медогонка состоит из нержавеющей бака с коническим дном, сливным патрубком. Бак установлен на трех опорных стойках. Сверху имеются две полукрышки. Внутри бака расположен ротор, нижний конец вала которого размещен в опорном подшипнике корпуса, а верхний в подшипнике корпуса. В свою очередь верхний корпус подшипника закреплен на верхней перекладине бака медогонки, а нижний корпус подшипника на нижней перекладине под коническим дном бака.

Внутри ротора подвешено 15 кассет для рамок. Под действием пружин, имеющих у каждой из кассет, последние располагаются в роторе в первоначальном положении по радиусу относительно бака медогонки.

Вращение ротора осуществляется через клиновой ремень от гидромuffты, расположенной на валу электродвигателя. С помощью клинового ремня вращающийся момент от гидромuffты передается на шкив ротора, что позволяет ему плавно набирать обороты от нуля до максимальных. При этом кассеты с рамками отклоняются в одну сторону, располагаются тангенциально (веерообразно). При этом, чтобы мед с одной рамки не попадал на другую, с этой целью между ними установлены щитки-отражатели, поворачиваемые на оси.

В медогонке М15ЭГ установка кассет под углом в 48° к хорде ротора, позволяет практически полностью исключить разрушение сотов. Извлечение меда с каждой стороны сота составляет не более 60-75 с. В этой медогонке гидромuffта установлена на оси электродвигателя, в отличие от медогонки М6ЭГ в которой она установлена на роторе, что, при ее относительно небольшой массе - всего в 3,8 кг, позволяет достигать крутящего момента 12 Н·м.

Наличие электрогидропривода совместно с блоком управления позволяет осуществлять автоматически плавный разгон ротора медогонки, производить торможение его и реверсировать вращение ротора, подавать звуковой сигнал в конце цикла извлечения. После чего окончательное торможение ротора оператор

производит вручную с помощью колодочного тормоза. Возможно регулирование времени извлечения меда с каждой стороны сота до 2 минут. Это одна из самых производительных медогонок подобного типа с вертикальным валом [1, 4, 24, 25, 28, 29, 37, 68, 117].

Несмотря на регулируемый электропривод, большинство медогонок предполагают дополнительную настройку частоты и времени вращения в зависимости от условий откачки меда.

Для сушки перговых сотов перед извлечением перги проводят скарификацию. Наиболее простыми способами скарификации являются прокалывание и процарапывание. Для прокалывания применяются ручные игольчатые катки (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 - Общий вид игольчатого катка

При воздействии катков, на крышках ячеек пчелиного сота образуются отверстия, способствующие испарению влаги из перги. Недостатком применения игольчатого ролика является то, что отверстия в крышках ячеек располагаются произвольно, что затрудняет испарение влаги. Аналогично производится скарификация пчелиных сотов с помощью процарапывания (рисунок 1.4.)



Рисунок 1.4 - Общий вид вилки для распечатки сотов

Процарапывание проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях, что значительно снижает время сушки перговых сотов. В тоже время процарапывание требует больших затрат ручного труда.

Для скарификации сотов применяются игольчатые и дисковые барабаны, подпружиненные друг относительно друга (рисунок 1.5) [120]. Они включают два дисковых барабана и механизм подъема и опускания сотов. При опускании соты попадают в зазор между дисковыми барабанами, которые нарушают целостность крышечек ячеек сотов.



Рисунок 1.5 - Общий вид станка для распечатки сотовых рамок с роликовыми ножами

Недостатком данного станка является то, что часть ячеек повреждается из-за разной высоты ячеек сотов.

Для распечатки пчелиных сотов применяют станки с вибрационными ножами (рис. 1.6). Пчелиный сот устанавливают направляющие. При включении электропривода распечатывающие ножи осуществляют возвратно-поступательное движение. При ручной подаче рамки с обеих сторон рамки срезается забрус.



Рисунок 1.6 - Общий вид станка для распечатки сотовых рамок с вибрационными ножами

Недостатком данного способа является то, что не полностью срезаются крышечки ячеек по всей поверхности сотов из-за разной высоты ячеек сотов, что требует дополнительной ручной скарификации с помощью вилки.

Наиболее перспективным способом скарификации перговых сотов является центробежный способ, который нарушает целостность ячеек сотов за счет изгиба восковой основы. В кассету для скарификации устанавливают рамку с перговыми сотами (рисунок 1.7).

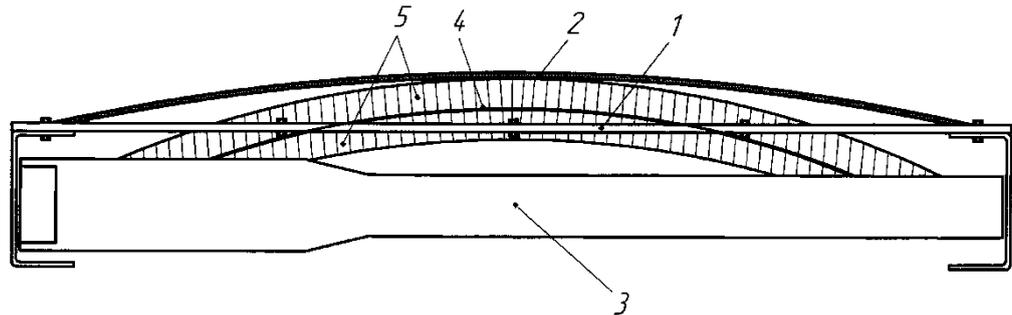


1 – корпус; 2 - ротор с кассетами; 3- основание; 4 электродвигатель; 5 пульт управления; 6- перговые рамки

Рисунок 1.7 - Общий вид агрегата для скарификации сотов и выделения воскоперговой массы АЦСВ - 80

При вращении ротора за счет центробежных сил восковая основа прижимается эластичной мембране и выгибается вместе с ней, что приводит к разрывам ячеек и образованию трещин.

Следует отметить, что восковая основа в этом случае выгибается неравномерно по параболической зависимости, что способствует неравномерному воздействию и может привести к обрыву восковой основы (рисунок 1.8).



1 – кассета; 2 -эластичная мембрана; 3- перговая рамка; 4 вощина с проволоками; 5 соты с ячейками

Рисунок 1.8 - Общий вид кассеты агрегата для скарификации сотов и выделения воскоперговой массы

Анализ существующих средств скарификации пергового сота показал недостатки: при прокалывание и прорезание восковой основы не обеспечивается равномерная скарификация всех ячеек с пергой, а также приводит к дополнительным затратам труда на скарификацию необработанных участков перговых сотов.

1.3 Анализ выполненных исследований

Пчеловодство является важной отрасль сельскохозяйственного производства в которой широко применяются средства механизации. Благодаря исследованиям научно-исследовательского института пчеловодства, работам специализированных конструкторских бюро и пчеловодов разработан целый ряд новых технологических процессов, инвентаря и оборудования для их осуществления. С целью повышения производительности труда пчеловодов,

улучшения качества пчеловодческой продукции многие технологические процессы и оборудование были усовершенствованы [43, 53, 87, 88].

Извлечение мёда из ячеек сотов в современных медогонках осуществляется за счёт воздействия центробежной силы. Обычно скарифицированные медовые соты устанавливаются вертикально в специальные кассеты, которые навешиваются на ротор, расположенный внутри цилиндрического корпуса медогонки. Кассеты в медогонке могут располагаться хордиально, тангенциально или радиально [1, 44, 45].

Основным недостатком медогонок, указанных выше, является нарушение целостности сотов в процессе извлечения мёда, то есть образование в них трещин и даже отрыв части сотов от рамки при частоте вращения ротора выше оптимальной [2, 3, 4]. Использование таких сотов для промышленных целей практически невозможно, так как при повторном использовании их поверхность становится неровной и при скарификации механическими средствами часть ячеек остается не раскрытой [4].

Н.Г. Хорошунов, анализируя движение меда в сотах в процессе его извлечения, выяснил условие удаления меда из сотов [112]:

$$\frac{\pi n_{вр} R_c m_{р.м}}{30} > \Omega \beta \left(\frac{T_n}{T_i} \right), \quad (1.1)$$

где $n_{вр}$ – частота вращения, об/мин;

R_c – расстояние от центра вращения до сота, м;

$m_{р.м.}$ – масса рамки с медом, кг;

Ω - постоянный коэффициент, зависящий от формы, размеров сота и состояния его поверхности;

T_n – номинальная температура центрифугирования меда, $С^0$;

T_i – температура при условиях отличающихся от номинальных, $С^0$.

Используя это неравенство, он также вывел формулу минимальной скорости, требуемой для начала процесса извлечения меда:

$$\omega_{min} = \frac{\Omega \beta \left(\frac{T''}{T'} \right)}{m_{p \text{ и}}}, \quad (1.2)$$

Н.Б. Нагаев рассматривая движение каплею воска по поверхности планок рамки, установил, что их удаление при вытопке воска занимает наибольшее время. Им установлен закон движения капли воска по поверхности рамки в виде дифференциального уравнения [79]:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \omega^2 x - k u \quad (1.3)$$

где m – масса элементарной восковой капли, кг;

ω – угловая скорость вращения центрифуги, рад/с;

x – радиус вращения капли, м;

k – коэффициент вязкости воска, Па·с/м;

u – скорость капли воска, м/с.

Применение полученного закона позволяет определять значения частот, с которыми вращается ротор центрифуги для отделения каплею воска, а также необходимое времени работы центрифуги.

$$x = \frac{\omega^2 x_0 e^{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) t}}{2 \left(\sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right)} + \frac{\omega^2 x_0 e^{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) t}}{-2 \left(\sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right)} \quad (1.4)$$

где x – перемещение восковой капли, м;

ω – угловая скорость вращения центрифуги, рад/с;

Известен центробежный способ скарификации, предложенный М.В. Коваленко, позволяющий нарушать целостность ячеек сота без повреждения гранул перги [26].

Скарификация происходит из-за того, что при воздействии на сот центробежной силы происходит прогиб воскоперговой массы. В результате прогиба восковые стенки ячеек сота деформируются и частично разрываются, что приводит к образованию кольцевого просвета между стенками ячеек и

перговыми гранулами, при этом значительно увеличивается площадь поверхности с которой отводится влага из гранул [26].

М.В. Коваленко вывел формулу для расчета требуемой мощности центробежного скариффикатора:

$$P_{\text{тр}} = \frac{\omega_p^2}{4t_{\text{тр}}} \left(\frac{m_p l_p^2}{6} + m_{\text{ц}} R^2 \right) \quad (1.5)$$

l_p – длина рамки с перговыми сотами, м;

m_p – масса рамки с перговыми сотами, кг;

$m_{\text{ц}}$ – масса ротора скариффикатора центробежного типа, кг;

R – средний радиус ротора скариффикатора центробежного типа, м.

ω_p – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

$t_{\text{тр}}$ – требуемое время скариффикации перговых сотов, с.

Мамоновым Р.А. определено удлинение проволоки при воздействии центробежных сил, а также уточнена возможная величина прогиба армирующей проволоки в рамке.

$$h_{\text{прог}} = \frac{q_{\text{нр}} \cdot l^2}{8 \cdot \sigma \cdot S_{\text{нр}}} \quad (1.6)$$

где $q_{\text{нр}}$ – удельная нагрузка на проволоку, Н/мм;

l – длина проволоки, мм;

$S_{\text{нр}}$ – площадь поперечного сечения проволоки, мм²;

σ – напряжение в проволоке, МПа.

Анализ исследований показал, что на сегодняшний момент нет достаточных знаний о прочности ячеек сота, а применяемые косвенные методы исследования не позволяют судить о прочности восковой основы. Существующие методики расчета прочностных характеристик опираются на предел прочности воска на сжатие, хотя он отличается от предела прочности на разрыв. Поэтому следует изучить вопрос растяжения ячеек сотов на растяжение, а также уточнить предел прочности воска на разрыв.

1.4 Постановка задач исследований

Проведя анализ способов извлечения меда и скарификации перговых сотов установлено, что наиболее перспективным является центробежные способы извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Пчеловоды, на пасеках которых небольшое количество пчелосемей до сих пор используют кустарные и малоэффективные способы для извлечения меда и скарификации перговых сотов. Агрегата, способного выполнять все эти функции не существует.

Поэтому, чтобы повысить рентабельность пасек, требуется создание комплексного оборудования для повышения производительности и интенсификации процесса переработки первичных продуктов пчеловодства, а также уменьшения стоимости его приобретения. В связи с изложенным ранее, цель данной диссертационной работы – обоснование параметров и режимов агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Для выполнения данной цели поставлены **задачи исследований**:

1. Проанализировать современные средства механизации пчеловодства.
2. Исследовать физико-механические свойства пчелиного меда и пергового сота.
3. Исследовать напряжения, возникающие в ячейках от направления растягивающих сил и радиуса изгиба пчелиных сотов.
4. Теоретически и экспериментально обосновать параметры агрегата по извлечению меда и скарификации перговых сотов.
5. Определить чистый дисконтированный доход от внедрения предложенных технических решений.

Глава 2 ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕДА И ПЕРГОВЫХ СОТОВ

2.1. Программа и методики экспериментальных исследований

Для обоснования параметров и режимов работы агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов нужно знать физико-механические свойства и другие характеристики обрабатываемого сырья [9, 10, 12, 14]. Для того, чтобы исключить или максимально уменьшить воздействие центробежной силы на разрушение медовых сотов, необходимо использовать для извлечения мёда из ячеек сотов как центробежную, так и силу тяжести капель самого мёда. Это достигается тогда, когда используемые ячейки сотов имеют наклон к горизонтали под некоторым углом [110]. Для этого необходимо знать величину общего воздействия силы тяжести мёда и центробежной силы. Это возможно, если известна масса капель мёда, ее зависимость от температуры, скорость течения меда по восковой поверхности. Важно рассмотреть зависимость времени течения меда от угла наклона для обоснования параметров агрегата. Поэтому из-за отсутствия необходимой информации в источниках литературы были проведены исследования.

В программу исследований входило:

- определение зависимости массы капель и времени истечения меда из воскового отверстия от температуры;
- определения скорости течения мёда по поверхностям из различных материалов в зависимости от угла наклона пластины;
- исследование толщины стенок ячейки пчелиного сота;
- исследование прочности пчелиного воска.

Методика определения зависимости массы капель и времени истечения меда из воскового отверстия от температуры

Опыт по определению массы капель мёда в зависимости от температуры проводили следующим образом. Для опытов брали емкость большого

диаметра с плоским дном диаметром примерно 100 мм. В центре дна проделывали отверстие диаметром 3 мм. В емкость наливали мёд с толщиной слоя 10 мм и разной температурой, который затем вытекал через отверстие в собирающий сосуд. Большой диаметр емкости и практически неизменная толщина слоя мёда выбиралась с целью минимизации действия давления на массу капель. В измерительный сосуд для увеличения точности проводимого опыта отсчитывали по 20 капель и определяли их массу на электронных весах. Затем вычислив массу одной капли, строили график зависимости между массой капли мёда и её температурой. Зная массу капли мёда, можно определить её диаметр, приняв форму капли за шар, из выражения:

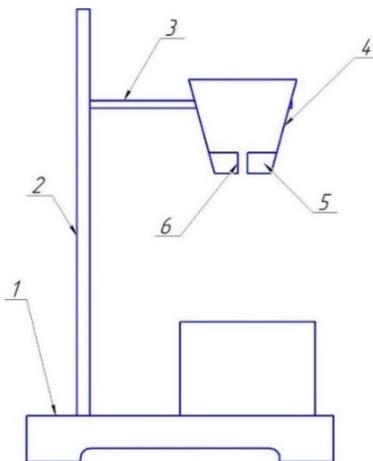
$$D = \sqrt[3]{6m/\pi\rho}, \quad (2.1)$$

где D - диаметр капли мёда, мм;

m - масса капли мёда, г;

ρ - плотность мёда, г/мм³.

Чтобы определять время истечения капли меда сквозь отверстие в воске была разработана установка, состоящая из стойки 1 закрепленной в основании 2. (рис. 2.1).



1-основание; 2-стойка; 3-держатель; 4-емкость с медом; 5-воск; 6-отверстие в воске; 7-емкость для сбора меда

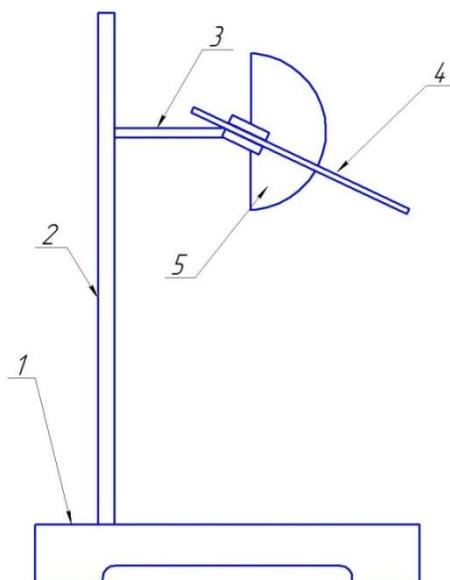
Рисунок 2.1 – Установка для изучения истечения меда из отверстия

В держателе 3 помещалась емкость с отверстием 4. В емкости имелось восковое отверстие 5, толщина и длина, которого соответствовали ячейке сота, а поперечное сечение отверстия 4 в воске 6 соответствует поперечному сечению

ячейки сота. Мед в водяной бане нагревался до заданной температуры, и 50 мл меда выливалось в емкость. Фиксировалось время его истечения из емкости через восковое отверстие. Внизу, непосредственно под отверстием располагалась емкость 7 для сбора вытекающего меда. Для большей точности опыт проделывался многократно с целью прогрева сосуда с восковым отверстием до температуры, близкой к температуре меда [51]. Результаты эксперимента представлены в приложении Д.

Методика определения скорости течения мёда по поверхностям из различных материалов в зависимости от угла наклона пластины

Для определения скорости течения мёда по поверхности пластины в зависимости от угла наклона пластины, изготовленной из различных материалов, использовалась установка, схема которой представлена на рисунке 2.2. В штативе, состоящем из основания и стойки, закреплялся держатель [51, 64].



1-основание; 2-стойка; 3- держатель; 4-пластина из испытуемого материала; 5-шкала

Рисунок 2.2 – Схема установки для изучения течения меда по наклонной поверхности

Для определения скорости течения мёда по восковой поверхности при температуре, соответствующей условиям извлечения меда, были проведены исследования [63]. В держателе также устанавливались пластины из нержавеющей стали или алюминия для пищевых производств, с возможностью изменения угла

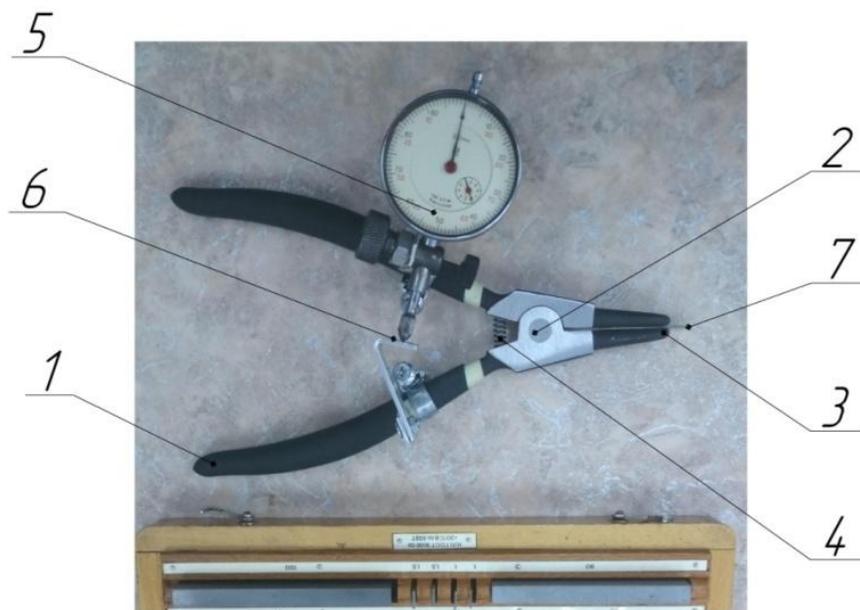
наклона. Угол наклона измерялся с помощью шкалы. Пластины имели по две отметки. Расстояние между отметками равнялось 12 см. На уровне верхней отметки с помощью шприца помещалось 5 мл меда с температурой 35°C и засекалось время стекания меда до достижения им нижней отметки. Эксперимент проводили в трехкратной повторности, результаты представлены в приложении Е.

Методика исследования толщины стенок ячейки пчелиного сота

Прочность сотов определяется свойствами воска и толщиной ячеек сотов. При формировании сота толщина ячеек сота определяется породой пчел, условиями окружающей среды и сроком службы сота, так как при выводе расплода на стенках ячеек сота остаются оболочки [19].

Для определения толщины восковых стенок ячеек сотов и прочности воска были использованы пчелиные соты. Для проведения исследования были отобраны 50 гнездовых и 50 магазинных рамок с светлыми сотами среднерусской породы пчел.

Для проведения опыта был изготовлен прибор, показанный на рисунке 2.3.



1 – рукоятка; 2 – ось; 3 – измерительные поверхности; 4 – пружина; 5 – индикаторная головка; 6 – площадка; 7 – концевая мера длины

Рисунок 2.3 – Прибор, используемый для измерения толщины стенок восковой ячейки сота

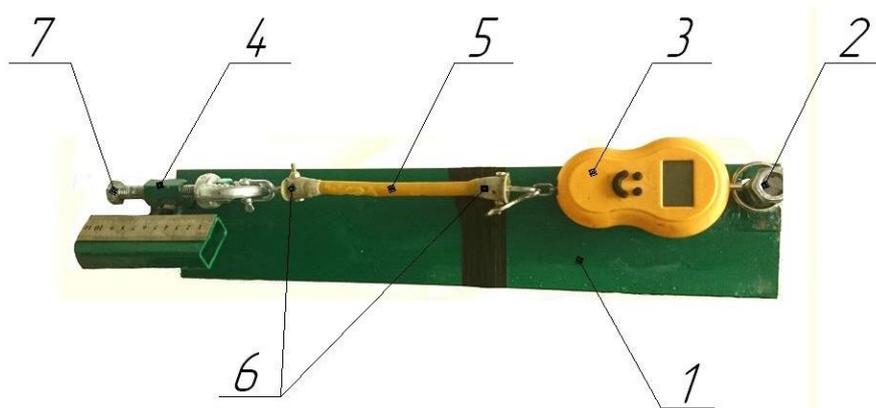
Точность измерения прибора составляет 0,01 мм. Особенностью данного прибора являлось то, что сжатие измерительных губок осуществляется с

помощью тарированной пружины. Для измерений необходимо сжать рукоятки, губки при этом раскроются, устанавливаем прибор на измеряемую стенку ячейки и медленно отпускаем рукоятки придерживая их с помощью индикатора определяем наименьшее значение. Данное значение будет соответствовать толщине стенки ячеек сота. Для настройки прибора и его тарировки применялись плоскопараллельные концевые меры длины марки 2-НЗ-ТГОСТ903890. Настройка и тарировка осуществлялась с помощью последовательного измерения концевых мер с шагом 10 мкм.

Для измерения стенок ячеек сота выбирали 12 участков по диагонали сота, измерение проводили как верхних стенок, так и нижних, измерения проводилось с трехкратной повторностью. Статистические показатели оценивали с помощью критерия Стьюдента [103].

Методика исследования прочности пчелиного воска

Прочность воска исследовали с помощью лабораторной установки (рисунок 2.4). Для проведения эксперимента были изготовлены цилиндрические образцы из воска ГОСТ 21179-2000 диаметром 10 мм, полученного при перетопке пчелиных сотов [120]. Для исследований из воска отливали цилиндрические образцы, которые испытывали на растяжение согласно методике по ГОСТ1497-84.



1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – электронные весы марки WeiHeng JY-002 (b-01); 4 – растягивающее устройство; 5 – испытуемый образец; 6 – держатель; 7 – винт

Рисунок 2.4. Общий вид установки для лабораторного исследования прочности воска

Испытуемый восковой образец 5 на водяной бане нагревали до заданной температуры, после чего закрепляли в держателях 6 электронных весов 3 и растягивающего устройства 4. Растяжение испытуемого образца осуществляли с помощью винтовой пары растягивающего устройства. Винтовая пара растягивающего устройства имеет шаг резьбы 1,75 мм. Снятие силовых характеристик и определение усилий разрушения образца при растяжении образца проводились с трехкратной повторностью [77].

Предел прочности цилиндрического образца вычисляли по формуле:

$$\sigma = \frac{F_p}{S_{об} \cdot 10^3}, \text{ кПа} \quad (2.2)$$

где F_p – усилие растяжения воскового образца, Н;

$S_{об}$ – площадь поперечного сечения цилиндрического образца, m^2 .

Статистические показатели оценивали с помощью критерия Стьюдента.

2.2 Результаты экспериментальных исследований

Результаты определение зависимости массы капель и времени истечения меда из воскового отверстия от температуры

Опытами установлено, что масса одной капли мёда при температуре 35°C составляет 0,042 грамма, а расчёты показывают, что её диаметр при этом будет равен 3,75 мм. Для того, чтобы капля мёда без препятствия вышла из ячейки сотов, ей нужен свободный проход такой же величины по высоте. Этого можно достичь при определенном угле наклона сотов в медогонке.

Из графика (рисунок 2.5) видно, что при повышении температуры от 23 до 43°C масса капель мёда уменьшается с 0,114 до 0,032 грамма, или примерно в 3,25 раза. Причём, при температурах от 35 °C и выше масса капель мёда изменяется незначительно, и стабилизируется выше 40 °C из-за снижения вязкости.

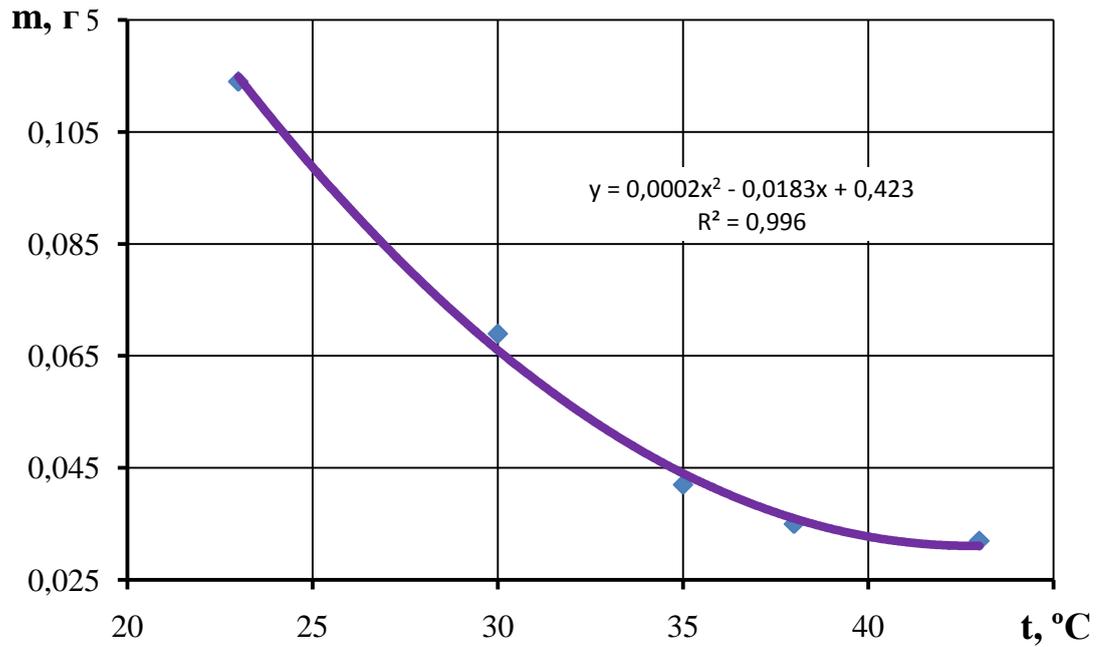


Рисунок 2.5– Графическая зависимость массы капель мёда от температуры

На рисунке 2.6 опытная и аппроксимированная кривые течения мёда через восковое отверстие в зависимости от температуры.

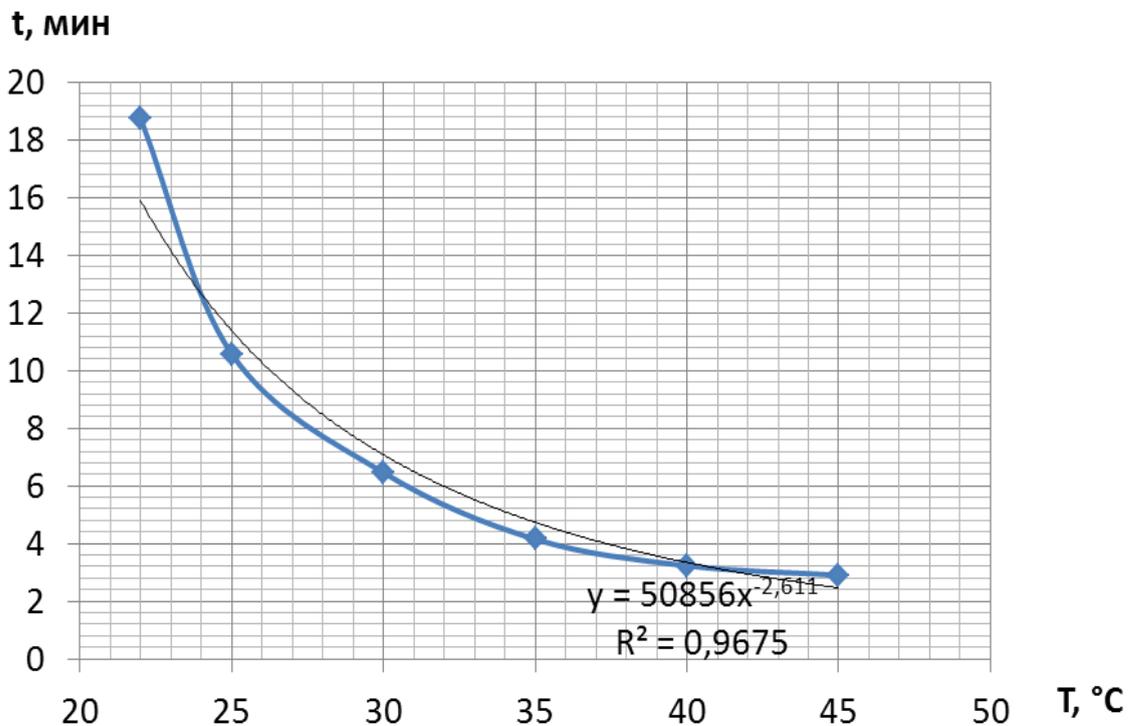


Рисунок 2.6– Зависимость времени течения мёда от его температуры через восковое отверстие

Из графика зависимости очевидно, что имеется значительная зависимость времени истечения меда сквозь отверстие в воске от температуры. Например: при температуре 22 °С для 50 мл меда время истечения составляет 18,75 минут, а при температуре 45 °С – всего 2,9 минуты. Это связано с тем, что значительно снижается вязкость меда при повышении температуры. При этом разница во времени истечения меда, нагретого до температур 35 °С и 45 °С невелика и составляет всего лишь 1,25 минуты. Следовательно, по показателю течения меда через восковое отверстие наилучшими являются температуры нагрева 35-45 °С.

Результаты определения скорости течения мёда в зависимости от угла наклона пластины, изготовленной из различных материалов

Результаты исследования времени стекания меда по наклонным поверхностям приведены на рисунках 2.7 и 2.8.

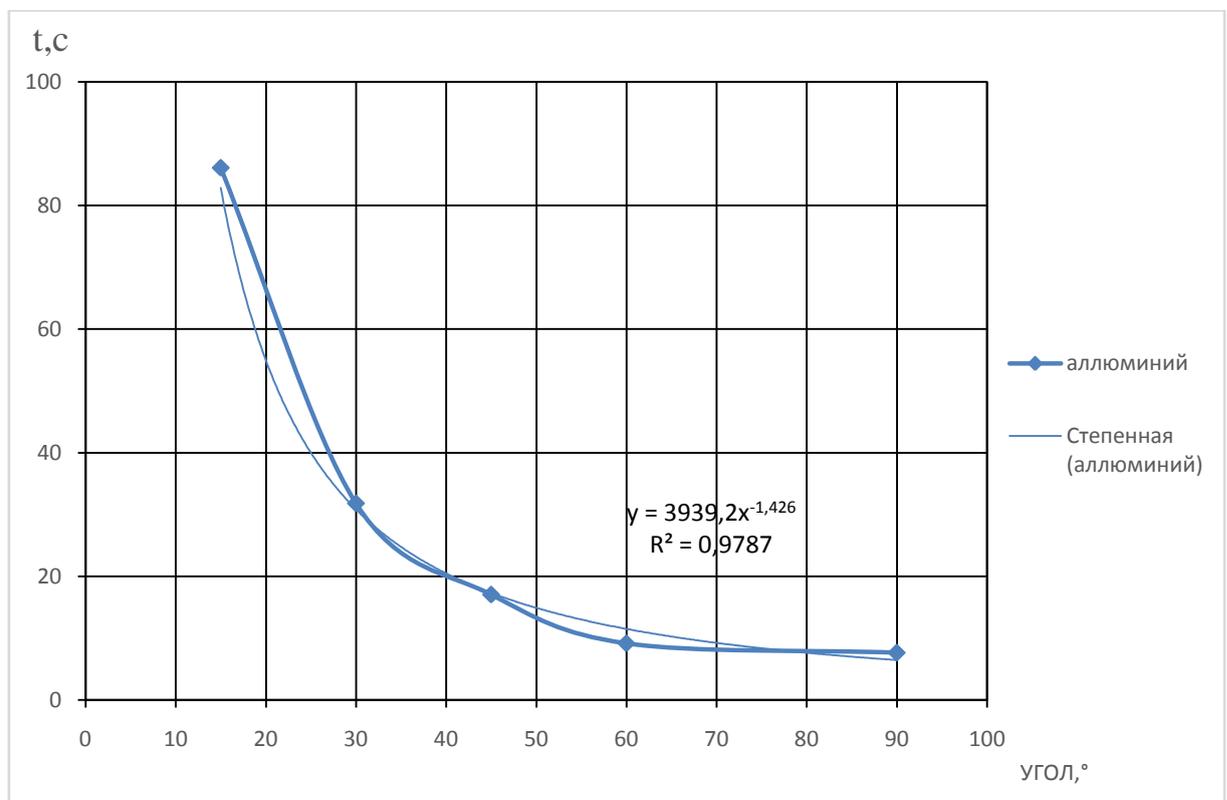


Рисунок 2.7 – Зависимость времени стекания меда от угла наклона алюминиевой поверхности

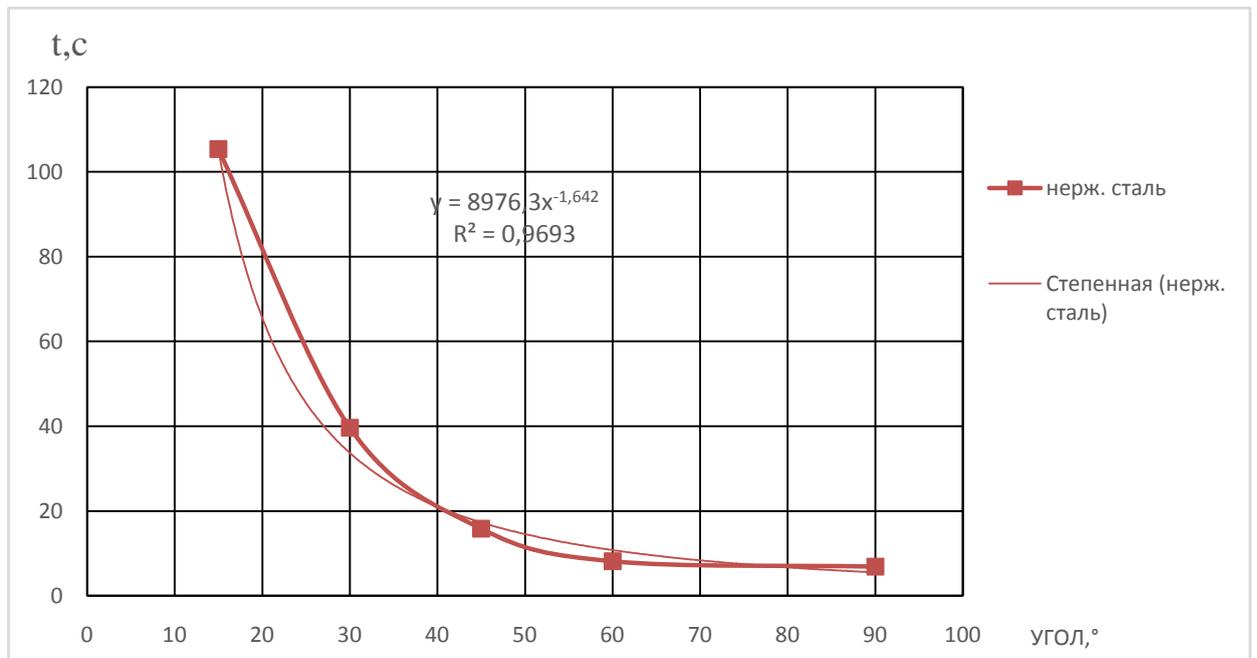


Рисунок 2.8 – Зависимость времени стекания меда от угла наклона поверхности из нержавеющей стали

Аппроксимированные кривые хорошо согласуются с экспериментальными. Время стекания меда по наклонной поверхности при угле наклона пластин в 20 градусов составляет для нержавеющей стали примерно 107 секунд, а для алюминия – 86 секунд. При угле наклона пластин 60 градусов время течения меда как для пластин из нержавеющей стали, так и из алюминия минимально и находится в пределах 7-8 секунд.

Из представленных зависимостей (рисунок 2.7 и 2.8) видно, что быстрее освобождаются поверхности от меда, нагретого до 35 °С с углом наклона 60 градусов и выше.

Результаты опыта по влиянию угла наклона восковой поверхности на скорость стекания мёда приведены на рисунке 2.9. Мёд нагревался до температуры 35°С.

Из графика, представленного на рисунке 2.9 видно, что при увеличении угла наклона пластины, покрытой восковой оболочкой, скорость течения мёда по ней значительно увеличивается. Так, при угле наклона пластины 18 градусов скорость стекания мёда по ней составляет 0,004 м/с, а при угле наклона 80 градусов - 0,029 м/с. Характерно отметить, что при углах наклона пластины в

пределах 70...80 градусов, скорость стекания мёда увеличивается незначительно.

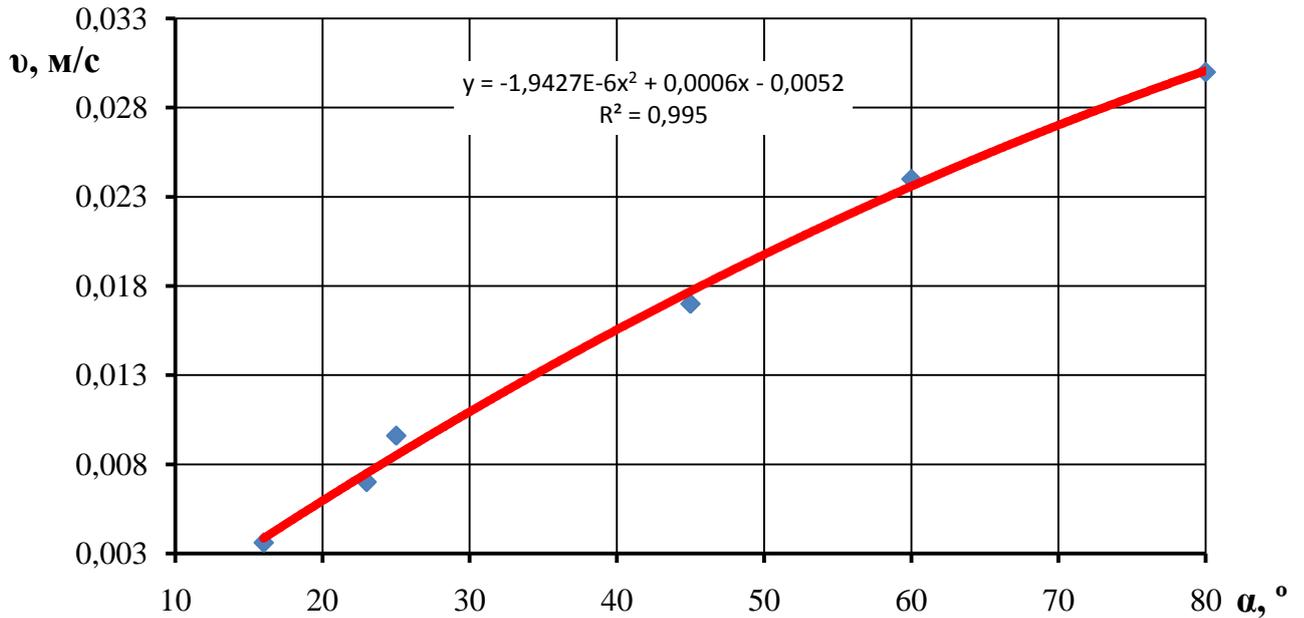


Рисунок 2.9 – Графическая зависимость скорости стекания мёда по восковой поверхности от угла наклона

Для того чтобы гарантировать самотечное движение меда Наклон поверхности дна агрегата относительно горизонтали должен быть более 30 градусов. Этот вывод находит подтверждение и в других работах [65, 68, 89].

Таким образом, из полученных данных можно сделать вывод что, рациональной температурой извлечения меда следует признать 35 °С. При такой температуре достаточно высокая текучесть меда. При данной температуре лучше всего производить извлечение меда, и быстро освободить медогонку от него.

Результаты исследование толщины стенок ячейки пчелиного сота

В результате обработки полученных экспериментальных данных с помощью программы Statistica 6.0 были построены графики распределения толщины стенок ячеек гнездовых и магазинных сотов (рисунки 2.10 и 2.11).

Из анализа гистограммы (рисунок 2.10) видно, что для ячеек гнездовых сотов толщина стенок изменяется от 0,12 до 0,6 мм. Полученный результат объясняется тем, что пчелы используют гнездовые соты для хранения меда, перги и вывода расплода пчел. Стенки восковых ячеек становятся толще при

выведении нового поколения пчел [49]. Средняя величина толщины стенок ячеек гнездовых сотов составляет 0,3 мм.

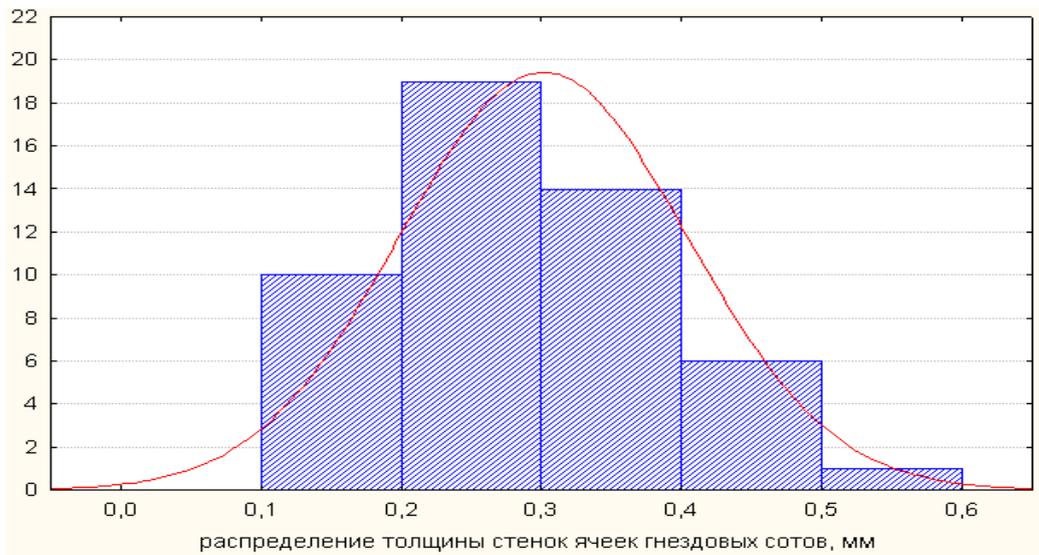


Рисунок 2.10– Гистограмма распределения толщины стенок ячеек гнездовых сотов

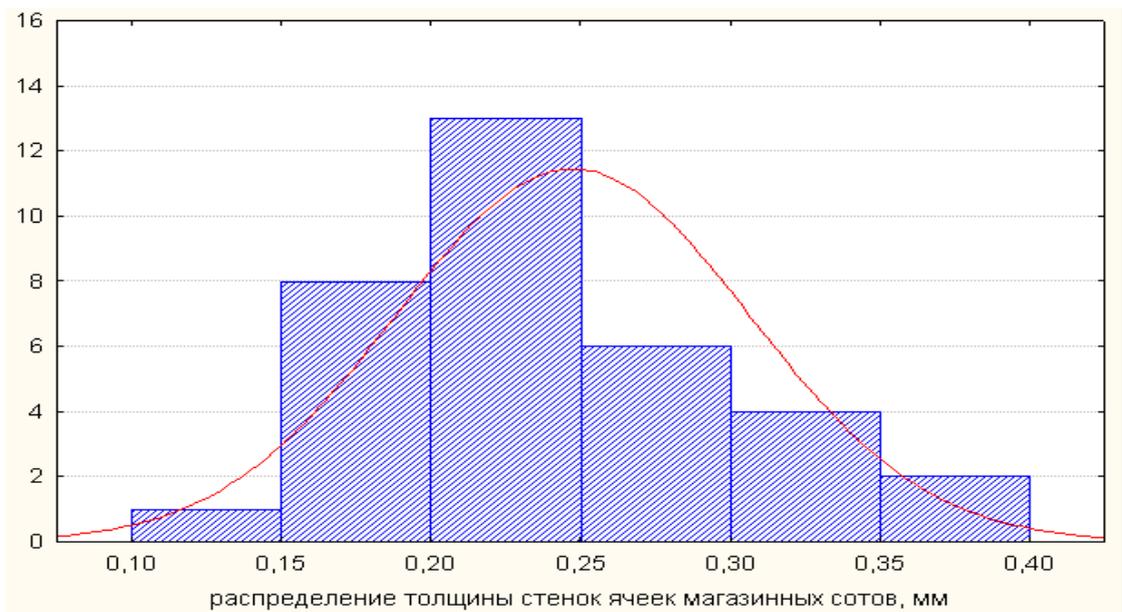


Рисунок 2.11 – Гистограмма распределения толщины стенок ячеек магазинных сотов

Анализируя распределение толщины стенок ячеек магазинных сотов, можно заметить, что на рисунке 2.11, толщина находится в интервале от 0,15 до 0,35 мм. Средняя толщина стенок ячеек магазинных сотов при этом составляет 0,24 мм.

Результаты исследование предела прочности пчелиного воска

В результате обзора работ В.И. Бронникова, Д.Е. Каширина, Н.Е. Лузгина, Н.М. Максимова, Р.А. Мамонова В.Ф. Некрашевича, А.А. Рогова [10, 46, 61] было выявлено, что наибольшее влияние на физико-механические свойства воска оказывает температура. При её изменении температуры от 0°С до + 45 °С воск переходит из твердого состояние в пластичное и жидкое. Поэтому при проведении экспериментов в качестве управляемого фактора приняли температуру испытуемого образца.

В результате обработки результатов экспериментальных данных были получены уравнения регрессии растягивающих напряжений от относительного удлинения образца:

– уравнение регрессии для воска температурой 5 °С имеет вид

$$\sigma_1 = -34,12\varepsilon^3 + 143,1\varepsilon^2 + 76,37\varepsilon - 1,563 \quad (2.4)$$

где σ – растягивающие напряжения, МПа;

ε – относительное удлинение восковых образцов, %.

– уравнение регрессии для воска температурой 25 °С имеет вид

$$\sigma_2 = -68,64\varepsilon^3 + 134,1\varepsilon^2 + 62,84\varepsilon - 1,812 \quad (2.5)$$

– уравнение регрессии для воска температурой 45 °С имеет вид

$$\sigma_3 = 6,497\varepsilon^3 - 46,4\varepsilon^2 + 91,02\varepsilon - 1,392 \quad (2.6)$$

где ε – относительное удлинение испытуемого образца воска, %.

Проверку опытных данных проводили с помощью критерия Стьюдента, на уровне значимости 0,05. Адекватность уравнений регрессии (2.4), (2.5) и (2.6) проводили на основе коэффициента детерминации, они хорошо отражают эмпирические данные, что подтверждают полученные значения коэффициента детерминации в пределах 0,85...0,99. Полученные зависимости нормальных напряжений при растяжении образцов из воска от относительного удлинения образца представлены на рисунке 2.12.

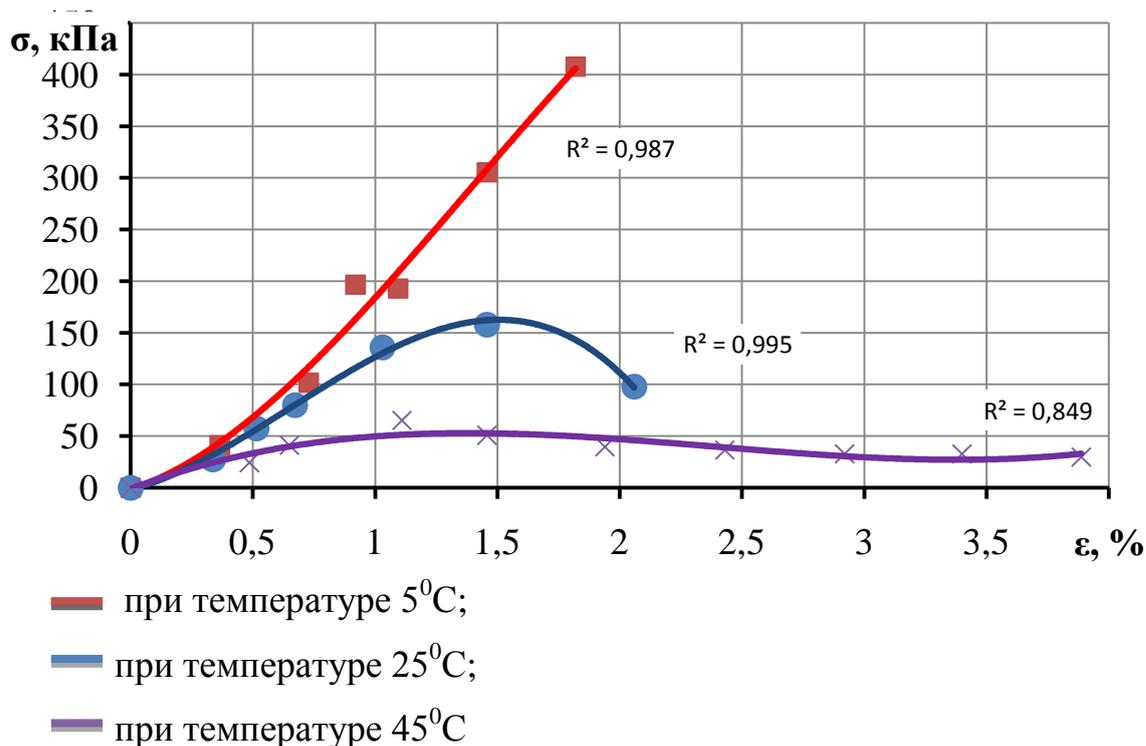


Рисунок 2.12 – Диаграмма растяжения пчелиного воска

Анализируя зависимости, представленные на рисунке 2.12 можно заметить, что при температуре 45°C восковая основа сота ведет себя как пластичный материал [47, 48], относительная деформация испытуемого бруска при этом может достигать 3,9%. Предел прочности пасечного воска составляет 52,7 кПа. При снижении температуры воска предел прочности увеличивается, а относительная деформация уменьшается. При температуре 25 °C предел прочности пасечного воска составляет 162,5 кПа. При снижении температуры пасечного воска до значения 5 °C характер диаграммы растяжения приобретает вид характерный для хрупких материалов, а относительная деформация до разрушения не превышает значения 1,8%. Предел прочности пасечного воска при температуре 5 °C составляет около 407,6 кПа. Для подробного анализа влияния температуры нагрева воска на его прочность были проведены дополнительные исследования (приложение Ж) (рисунок 2.13). В качестве предела прочности на растяжение определялись максимальные напряжения образцов воска.

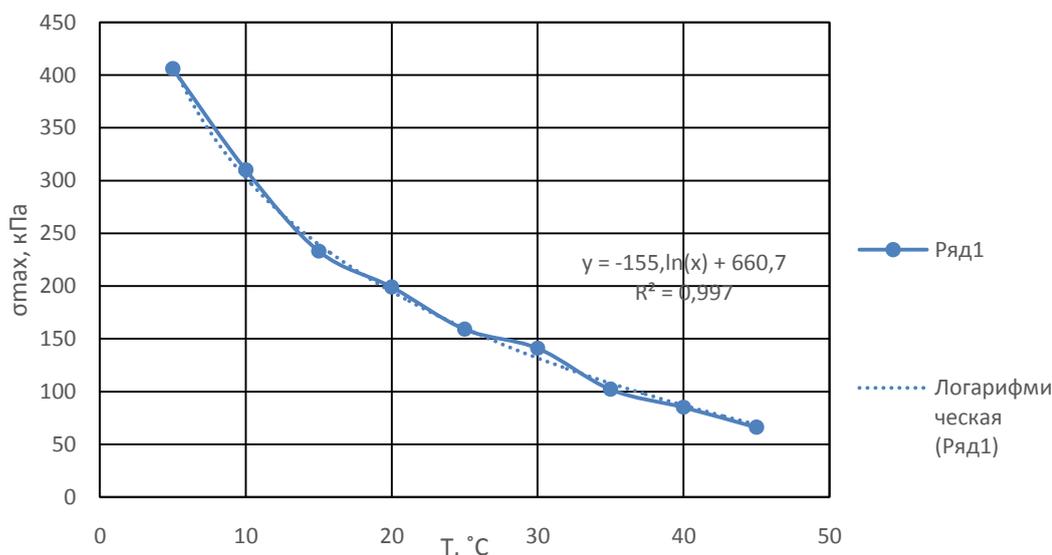


Рисунок 2.13 – Зависимость прочности пчелиного воска от температуры

Анализ рисунка 2.13 показывает снижение прочности восковых образцов с повышением температуры. На основе анализа коэффициентов детерминации различных видов кривых, установлено, что наибольшей адекватностью опытным данным обладает логарифмическая кривая ($R^2 = 0,9974$). Таким образом уравнение регрессии, выражающее зависимость прочности на растяжение пчелиного воска от температуры выглядит следующим образом

$$\sigma_{\max} = -155,5\ln(T) + 659,55 \quad (2.4)$$

где σ_{\max} – максимальные напряжения, МПа;

T – температура восковых образцов, °C.

Прочность восковых образцов снижается с повышением температуры. На основе анализа, установлено, что прочность изменяется по логарифмической кривой от 406 кПа при температуре 5 °C до 52,7 кПа при температуре 45 °C.

Выводы по 2 главе

На основании проведенных исследований сотов и их компонентов можно сделать следующие выводы.

1. При повышении температуры от 23 до 43 °C, масса капель мёда уменьшается с 0,114 до 0,032 г, или в 3,25 раза. Причём, при температурах выше 35 °C, масса капель мёда изменяется незначительно. По показателю времени

течения меда через восковое отверстие (размер ячейки) рациональной является температура нагрева 35°C .

2. Время стекания меда по наклонной поверхности при угле наклона пластин в 20 градусов составляет для нержавеющей стали примерно 107 с, а для алюминия – 86 с. При угле наклона пластин 60 градусов время течения меда как для пластин из нержавеющей стали, так и из алюминия минимально и находится в пределах $7-8$ с. Быстрее освобождаются поверхности от меда, нагретого до 35°C с углом наклона 60 градусов и выше. Исследования движений капель меда по воску позволили установить, что при угле наклона пластины 18 градусов скорость стекания меда по ней составляет $0,004$ м/с, а при угле наклона 80 градусов - $0,029$ м/с.

3. Исследование толщины стенок ячеек магазинных сотов позволили установить, что распределение толщины стенок ячеек находится в интервале от $0,15$ до $0,35$ мм. При этом средний размер стенок ячеек магазинных и гнездовых сотов соответственно составляет $0,24$ мм и $0,30$ мм.

4. Установлено, что при снижении температуры воска прочность увеличивается, а относительная деформация уменьшается. Установлено, что при температуре 45°C восковая основа сота ведет себя как пластичный материал, при температуре ниже 5°C – как хрупкий. При температурах 5°C , 25°C , 45°C относительное удлинение при деформации достигает соответственно $1,8\%$, $2,1\%$, $3,9\%$, а предел прочности – $407,6$ кПа, $162,5$ кПа, $52,7$ кПа. Прочность восковых образцов снижается с повышением температуры. На основе анализа, установлено, что прочность изменяется по логарифмической кривой.

Глава 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ

3.1 Теоретические исследования прочностных характеристик пчелиных сотов

В процессе центробежного извлечения меда возможно нарушение целостности ячеек сотов, что приводит к снижению продуктивности пчел. Разрушенные ячейки восстанавливаются пчелами, однако при этом могут изменяться размеры, что приводит к неравномерности заполнения ячеек в медовых сотах. Следует отметить, что зачастую разрушению подвергаются новые соты, имеющие меньшую прочность [75]

Рассмотрим деформацию рамки под действием центробежных сил. Введем следующие допущения:

- вощина деформируется вместе с проволокой и не оказывает существенного влияния на деформацию ячеек сотов;
- соты заполнены равномерно медом или пергой.

При деформации рамки соты деформируются в результате изгиба, то есть нейтральный слой, где находится вощина, не испытывает напряжения. Внешний слой, состоящий из запечатывающих крышек, растягивается вместе с сотом, а внутренний слой, расположенный ближе к центру вращения, испытывает напряжение сжатия. Расчётная схема для определения возможных прогибов сота представлена на рисунке 3.1. Под действием центробежной нагрузки сот выгибается, предположим, что форма сота представляет собой окружность. Зная допустимую величину прогиба сота, рассчитаем радиус прогиба сота по окружности.

Так как мы имеем дело с равнобедренным треугольником высота делит его на два равных прямоугольных треугольника. Для расчёта гипотенузы применим теорему Пифагора

$$R_{\text{К}}^2 = \left(\frac{l}{2}\right)^2 + (R_{\text{К}} - \Delta R)^2 \quad (3.1)$$

где $R_{\text{К}}$ – радиус кривизны, м;

l – длина сотовой рамки, м;

ΔR – величина искривления сота, м.

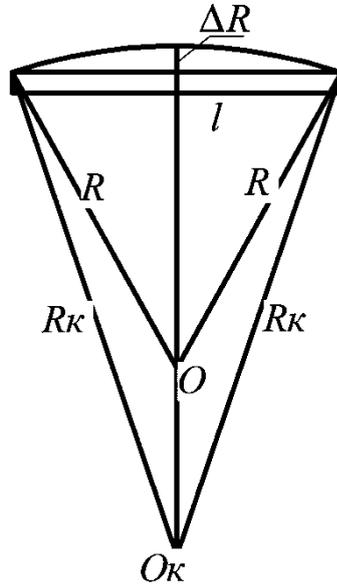


Рисунок 3.1 – Расчётная схема к определению радиуса кривизны пергового сота

Преобразуем выражения разложив квадрат разности на составляющие.

$$R_{\text{К}}^2 = \left(\frac{l}{2}\right)^2 + R_{\text{К}}^2 - 2 \cdot \Delta R \cdot R_{\text{К}} + \Delta R^2 \quad (3.2)$$

Затем, упростив выражение и сгруппировав переменные, окончательно имеем

$$R_{\text{К}} = \frac{l^2}{8 \cdot \Delta R} + \frac{\Delta R}{2} \quad (3.3)$$

При изгибе сота под действием центробежных нагрузок Коваленко [26] рассматривает внешний слой сота как нагруженный растягивающими усилиями, таким образом, исходя из величины растяжения внешнего слоя возможно рассчитать усилия способствующие растягиванию ячеек и разрыву крышек сот (рисунок 3.2). Удлинение внешней поверхности пергового сота определяется кривизной прогиба.

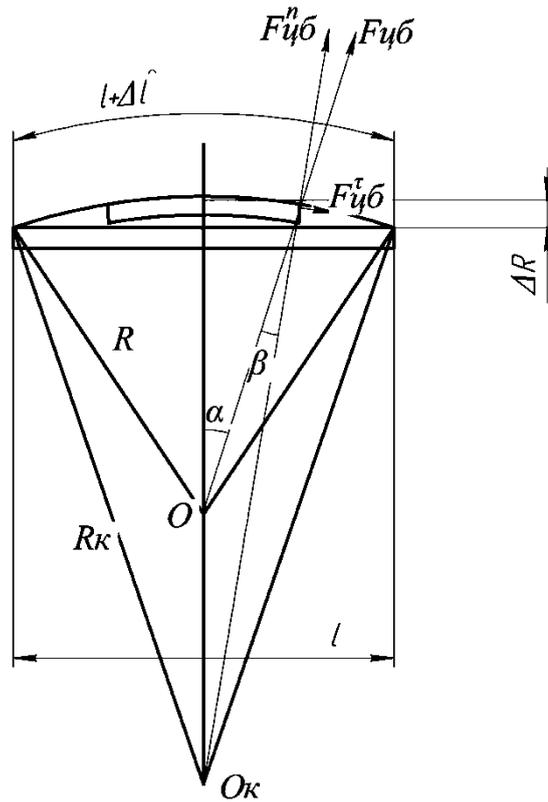


Рисунок 3.2 – Расчётная схема к определению удлинения внешней поверхности пергового сота

Для расчёта площади поперечного сечения восковых ячеек сота мы воспользовались расчётной схемой, изображенной на рисунке 3.3

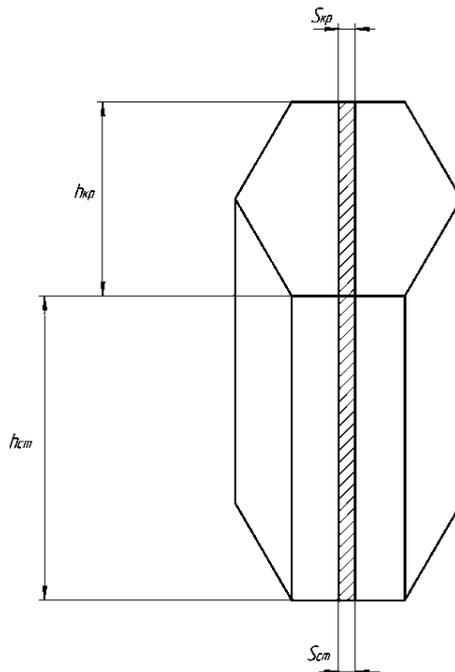


Рисунок 3.3 – Расчётная схема для определения площади поперечного сечения восковых ячеек сота

С другой стороны, удлинение внешней поверхности пергового сота можно рассчитать по формуле

$$\Delta l = \frac{F_{цб}^{\tau} \cdot l}{E \cdot A} \quad (3.4)$$

где $F_{цб}^{\tau}$ - касательная составляющая центробежной силы, Н;

l - длина перговой рамки, м;

E - модуль упругости воска, Па;

A - площадь поперечного сечения восковых ячеек сота, м².

Площадь поперечного сечения одной ячейки

$$A = h_{ст} \cdot S_{ст} + l_{кр} \cdot S_{кр} \quad (3.5)$$

где $h_{ст}$ - высота стенки ячейки сота, м;

$S_{ст}$ - толщина стенки ячейки сота, м;

$l_{кр}$ - длина крышки сота, м;

$S_{кр}$ - толщина крышки сота, м;

Выразим величину центробежной силы необходимую для деформации сота

$$F_{цб}^{\tau} = \frac{E \cdot \Delta l \cdot (h_{ст} \cdot S_{ст} + l_{кр} \cdot S_{кр})}{l} \quad (3.6)$$

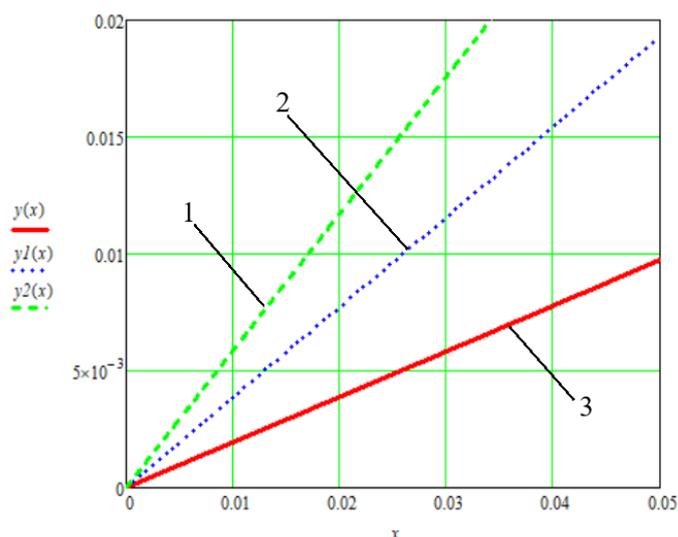
С другой стороны, касательная составляющая центробежной силы будет зависеть от расположения ячейки, её максимальное значение будет наблюдаться у края, либо на краю зоны расположения перги которая определяется углом β

$$F_{цб}^{\tau} = m \cdot \omega^2 R \sin \beta \quad (3.7)$$

Находим $\sin \beta$ по теореме синусов (рисунок 3.4)

$$\sin \beta = \frac{\left(\frac{l^2}{8\Delta R} + \frac{\Delta R}{2} - R \cos \alpha\right) \cdot \sin(\pi - \alpha)}{\frac{l^2}{8\Delta R} + \frac{\Delta R}{2}} \quad (3.8)$$

Для последующих расчетов рассчитаем величину $\sin \beta$ в зависимости от положения ячеек сотов на рамке и построим график зависимости. На графике (рисунок 3.4) видно, что величина $\sin \beta$ снижается с увеличением прогиба. Также величина $\sin \beta$ определяется положением ячейки в сотовой рамке, чем ближе к краю рамки, тем больше величина $\sin \beta$.



1 – величина прогиба сота $\Delta R = 0,02$ м; 2 – величина прогиба сота $\Delta R = 0,03$ м; 3 – величина прогиба сота $\Delta R = 0,04$ м

Рисунок 3.4 – Зависимость синуса угла β от текущего угла на рамке α при различных величинах прогиба сотов

Для определения реакций возникающей в узлах сота определим усилия методом вырезания узлов [101], используя метод суперпозиции рассмотрим усилия, возникающие в узлах сотов.

Введем следующие допущения:

- 1) деформация сота происходит по цилиндрической поверхности, соответственно растягивающие силы будут параллельны друг другу;
- 2) все соты деформируются одинаково в пределах цилиндрической поверхности;
- 3) толщина восковых перегородок сота одинакова между собой;
- 4) толщина крышек на каждой ячейке соте одинакова.

Величина центробежной силы для каждой ячейки зависит от расположения ячеек на сотах и определяется углом β . Наибольшее значение центробежная сила будет принимать при наибольших углах β , то есть на краю сота, в месте крепления вошины к рамке. Рассмотрим реакции сота на краю кассеты при поперечном изгибе сотов (изгиб сотов осуществляется перпендикулярно верхнего бруса рамки).

Рассмотрим узел 1 (рисунок 3.5)

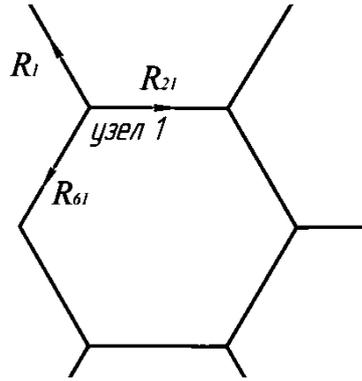


Рисунок 3.5 – Расчетная схема к определению усилий в узле 1 сота под действием центробежной нагрузки

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & R_{61}\cos 60^{\circ}+ R'_{1}\cos 60^{\circ}-R_{21}=0 \\ \Sigma y=0 & R_{61}\sin 60^{\circ}- R'_{1}\sin 60^{\circ}=0 \end{cases} \quad (3.9)$$

Аналогичные уравнения можем написать для остальных узлов.

Для узла 2 (рисунок 3.6):

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & R_{32}\cos 60^{\circ}+ R'_{2}\cos 60^{\circ}-R_{12}=0 \\ \Sigma y=0 & R_{32}\sin 60^{\circ}- R'_{2}\sin 60^{\circ}=0 \end{cases} \quad (3.10)$$

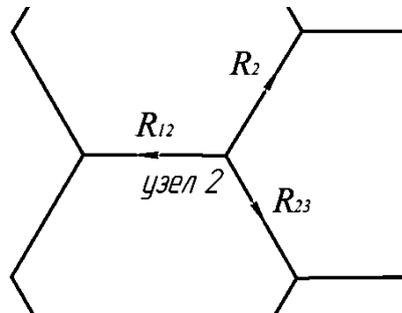


Рисунок 3.6 – Расчетная схема к определению усилий в узле 2 сота под действием центробежной нагрузки

Рассмотрим узел 3 (рис. 3.7).

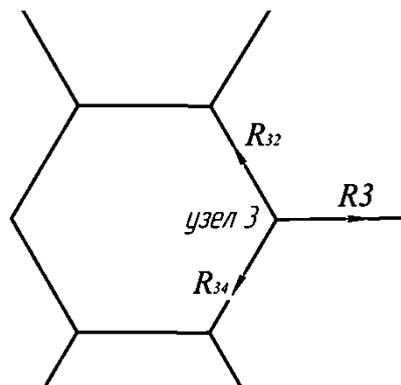


Рисунок 3.7– Расчетная схема к определению усилий в узле 3 сота

Уравнения равновесия для узла 3

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & R_{23}\cos 60^{\circ}+R_{43}\cos 60^{\circ}-R'_{3}=0 \\ \Sigma y=0 & R_{23}\sin 60^{\circ}-R_{43}\sin 60^{\circ}=0 \end{cases} \quad (3.11)$$

Для узла 4 (рис. 3.8):

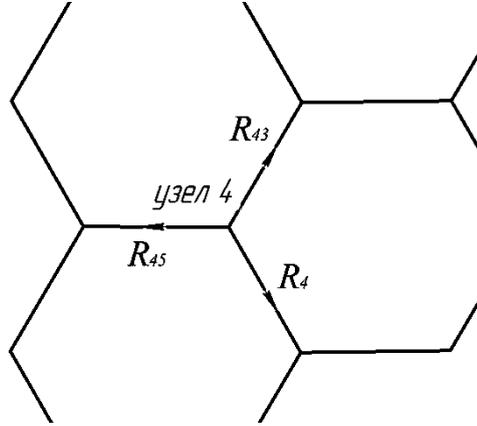


Рисунок 3.8 – Расчетная схема к определению усилий в узле 4 сота под действием центробежной нагрузки

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & R_{34}\cos 60^{\circ}+R'_{4}\cos 60^{\circ}-R_{54}=0 \\ \Sigma y=0 & R_{34}\sin 60^{\circ}-R'_{4}\sin 60^{\circ}=0 \end{cases} \quad (3.12)$$

Для узла 5 (рис. 3.9):

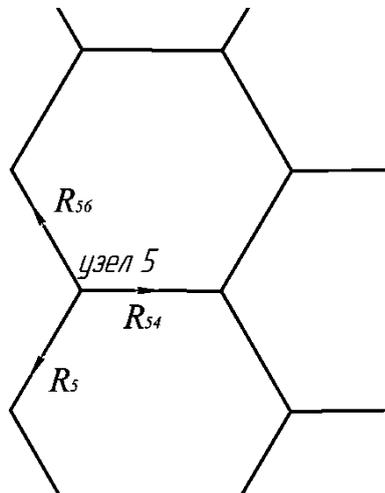


Рисунок 3.9 – Расчетная схема к определению усилий в узле 5 сота под действием центробежной нагрузки

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & R_{65}\cos 60^{\circ}+R'_{5}\cos 60^{\circ}-R_{45}=0 \\ \Sigma y=0 & R_{65}\sin 60^{\circ}-R'_{5}\sin 60^{\circ}=0 \end{cases} \quad (3.13)$$

Рассмотрим узел 6 (рис. 3.10)

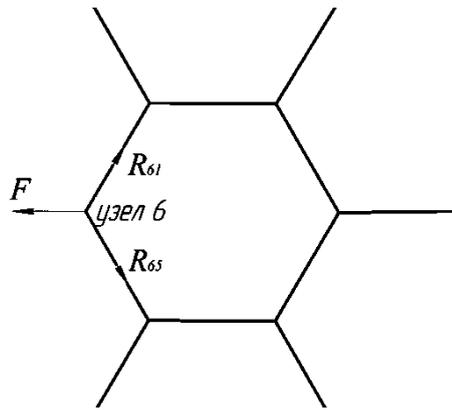


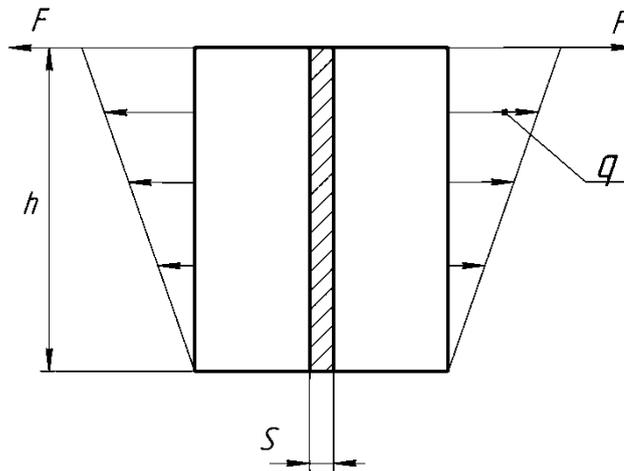
Рисунок 3.10 – Расчетная схема к определению усилий в узле 6 сота под действием центробежной нагрузки

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & F_{ц6}^T - R_{16} \cos 60^\circ - R_{56} \cos 60^\circ = 0 \\ \Sigma y=0 & R_{16} \sin 60^\circ - R_{56} \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

В результате совместного решения систем уравнений были определены значения неизвестных реакций:

$$R_{21} = R_{23} = R_{43} = R_{54} = R_{56} = R_{16} = F_{ц6}^T \quad (3.15)$$

Рассчитаем растягивающее напряжение, действующее на перегородку (стенку) сота представленную на рисунке 3.11.



(F - растягивающее усилие ячейки сота)

Рисунок 3.11 – Расчетная схема для определения прочности ячейки сота при вертикальном расположении

При изгибе напряжения и продольные силы возрастают к периферии сечения. Логично предположить, что максимальные усилия возникают у

внешней стороны сотов (у крышечек) и минимальные значения у вошины (нейтральной слой). Определим значения продольных сил и нормальных напряжений восковой перегородки (стенки ячейки).

Представим продольные силы в виде распределенной нагрузки по высоте ячейки. Тогда максимальное значение определится по формуле

$$q_{\max} = 2F_{цб}^{\tau}/h \quad (3.16)$$

где $F_{цб}^{\tau}$ - касательная составляющая центробежной силы, Н;

h - высота ячейки сота, м.

Так как распределенная нагрузка зависит от высоты ячейки сота то можно записать что

$$q(z_1) = \frac{2F_{цб}^{\tau}}{z_1} \quad (3.17)$$

Рассмотрим сечение восковой пластины (перегородки) сота $0 < z_1 < h$

$$\Sigma z_1 = 0 \quad N = q(z_1) z_1$$

$$\sigma_1 = N_1/A \quad (3.18)$$

где N_1 - продольная сила, Н;

A - площадь поперечного сечения восковой пластины сота, м²

σ_1 - нормальное напряжение при растяжении, Па.

При $z_1=0$; $N_1=0$ $\sigma_1=0$

При $z_1=h$; $N_1 = q(h) h = 2F_{цб}^{\tau}/h$

$$\sigma_1 = N_1/A = 2F_{цб}^{\tau}/(Sh) \quad (3.19)$$

Построим зависимость напряжений от угловой скорости ротора, возникающих в ячейках, при вертикальном расположении сота на основании уравнения (3.19) в программе Mathcad 15 (рисунок 3.12).

Анализ рисунка 3.12 показал, что с увеличением угловой скорости ротора растягивающая нагрузка на ячейки сота интенсивно возрастает при значениях свыше 10 рад/с. При угловой скорости 18 рад/с возникающие напряжения не превышают 162,5 кПа, что соответствует пределу прочности воска на

растяжение при температуре от 25 °С, а при угловой скорости 19 рад/с возникающие напряжения составляют около 200,5 кПа, что соответствует пределу прочности воска на растяжение при температуре 20 °С.

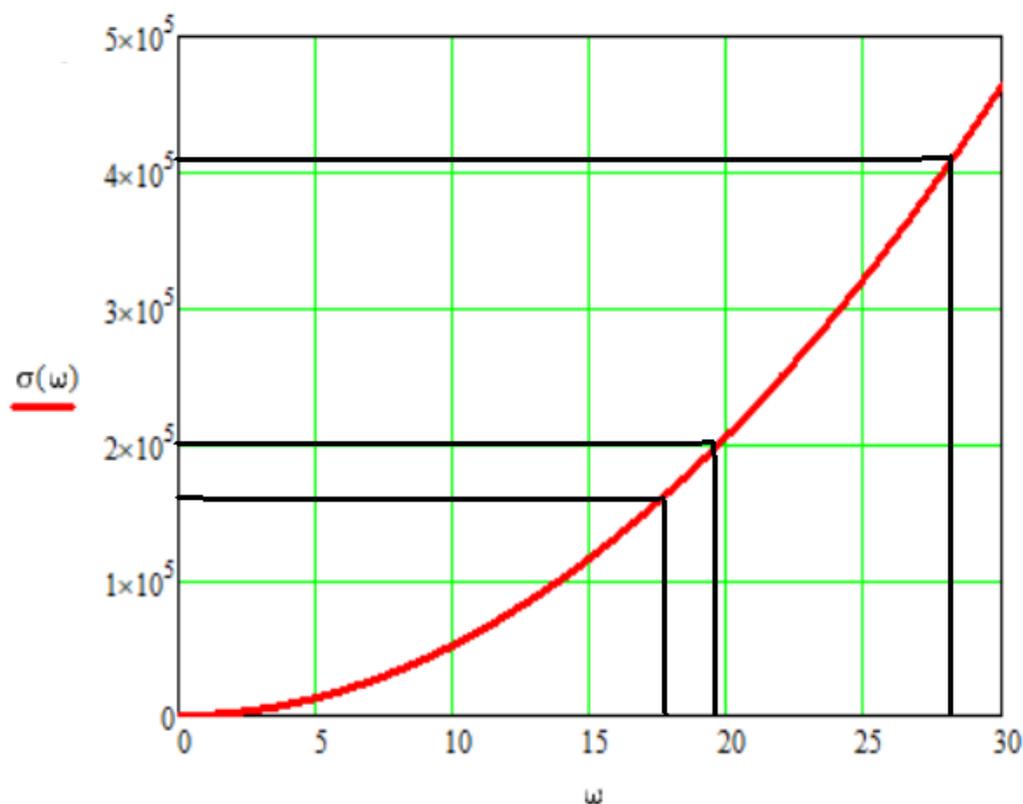


Рисунок 3.12– Зависимость напряжений σ_1 (Па) от угловой скорости ротора ω (рад/с), возникающих в ячейках при поперечном изгибе сотов

При угловой скорости 28 рад/с возникающие напряжения превышают 416 кПа, что может привести к разрыву ячеек сотов. С учетом допустимых напряжений для воска при температуре 25⁰ С, составляющих около 162,5 кПа, увеличение угловой скорости ротора свыше 18 рад/с при поперечном изгибе может привести к разрыву восковых пластинок ячеек при полностью заполненной медом или пергой рамке [9].

Рассмотрим продольное расположение ячеек сотов (изгиб осуществляется вдоль верхнего бруса рамки).

Рассмотрим узел 1 при продольном изгибе ячеек сотов(рисунок 3.13).

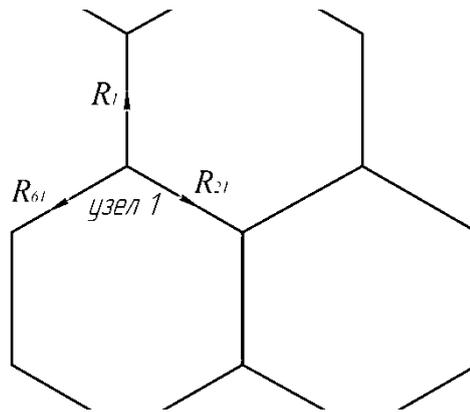


Рисунок 3.13– Расчетная схема для определения реакций в узле 1 под действием центробежной нагрузки при продольном изгибе ячеек сотов

Уравнения равновесия сил в узле 1 запишется в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma x=0 \\ \Sigma y=0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} R_{61} \sin 60^\circ - R_{12} \sin 60^\circ = 0 \\ R_{16} \cos 60^\circ + R_{12} \cos 60^\circ - R_1 = 0 \end{array} \quad (3.20)$$

Рассмотрим узел 2 (рис. 3.14):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma x=0 \\ \Sigma y=0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} R_{12} \sin 60^\circ + R_2 \sin 60^\circ = 0 \\ R_{12} \cos 60^\circ + R_2 \cos 60^\circ - R_{23} = 0 \end{array} \quad (3.21)$$

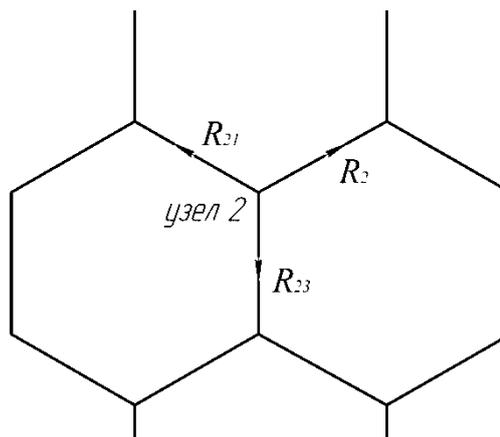


Рисунок 3.14– Расчетная схема для определения реакций в узле 2 под действием центробежной нагрузки при продольном изгибе ячеек сотов

Рассмотрим узел 3 (рис. 3.15):

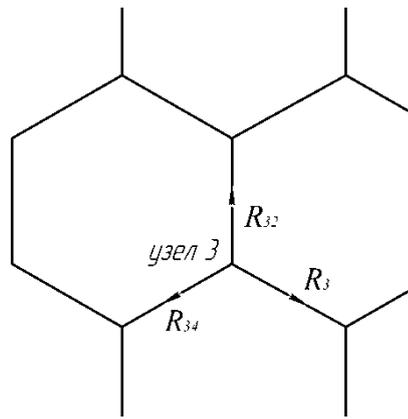


Рисунок 3.15 – расчетная схема для определения реакций в узле 3 под действием центробежной нагрузки продольном изгибе ячеек сотов

Аналогичные уравнения можем написать для узла 3

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma x=0 \\ \Sigma y=0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} R_{34} \sin 60^{\circ} + R_3 \sin 60^{\circ} = 0 \\ R_{34} \cos 60^{\circ} + R_3 \cos 60^{\circ} - R_{23} = 0 \end{array} \quad (3.22)$$

Рассмотрим узел 4 (рис. 3.16):

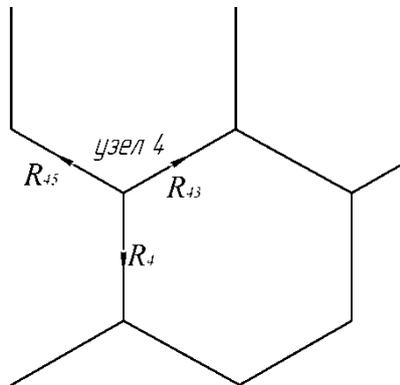


Рисунок 3.16 – Расчетная схема для определения реакций в узле 4 под действием центробежной нагрузки при продольном изгибе ячеек сотов

Аналогичные уравнения можем написать для узла 4:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma x=0 \\ \Sigma y=0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} R_{43} \sin 60^{\circ} - R_{45} \sin 60^{\circ} = 0 \\ R_{43} \cos 60^{\circ} + R_{45} \cos 60^{\circ} - R_4 = 0 \end{array} \quad (3.23)$$

Рассмотрим узел 5 (рис. 3.17):

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & F_{ц6}^{\tau} - R_{54} \sin 60^{\circ} = 0 \\ \Sigma y=0 & R_{54} \cos 60^{\circ} - R_{56} = 0 \end{cases} \quad (3.24)$$

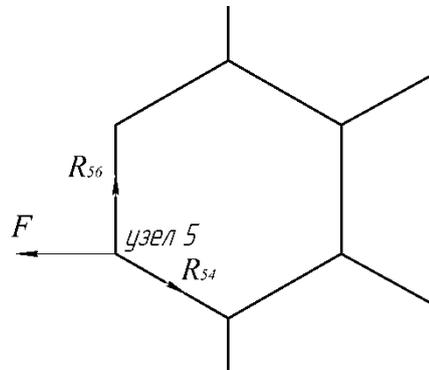


Рисунок 3.17 – Расчетная схема для определения реакций в узле 5 под действием центробежной нагрузки продольном изгибе ячеек сотов

Аналогично узел 6 (рис. 3.18):

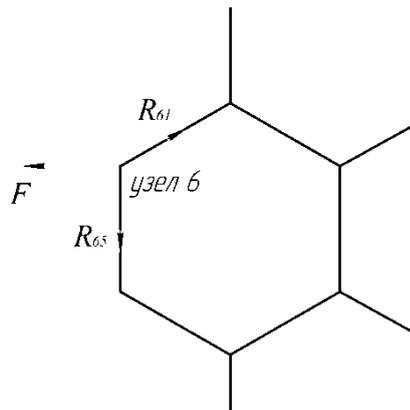


Рисунок 3.18 — Расчетная схема для определения реакций в узле 6 под действием центробежной нагрузки продольном изгибе ячеек сотов

$$\begin{cases} \Sigma x=0 & F - R_{61} \sin 60^{\circ} = 0 \\ \Sigma y=0 & R_{61} \cos 60^{\circ} - R_{65} = 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

В результате решения системы уравнений нами получены значения неизвестных реакций:

$$R_{21} = R_{23} = R_{43} = R_{54} = R_{56} = R_{16} = \frac{F_{ц6}^{\tau}}{\sin 60^{\circ}} = \frac{2\sqrt{3}}{3} F_{ц6}^{\tau} \quad (3.26)$$

Рассмотрим прочность ячейки сота продольном изгибе ячеек сотов.

Так как распределенная нагрузка зависит от высоты ячейки сота то можно

записать что

$$q(z_2) = \frac{\frac{2\sqrt{3}}{3} F_{цб}^{\tau}}{z_2} \quad (3.27)$$

Рассмотрим сечение пластины сота $0 < z_2 < h$

$$\Sigma z=0 \quad N_3 = q(z_2) z_2$$

$$\sigma_2 = N_2/A$$

(3.28)

где N_2 - продольная сила

A - площадь поперечного сечения пластины

σ_2 - нормальное напряжение при растяжении

При $z_2=0$; $N_2=0$; $\sigma_2=0$

При $z_2=h$; $N_2 = q(h)h$; $N_2 = \frac{2\sqrt{3}}{3} F_{цб}^{\tau} h$

$$\sigma_2 = N_2/A = \frac{2\sqrt{3}}{3} F_{цб}^{\tau} / (Sh) \quad (3.29)$$

Построим в программе Mathcad 15 зависимость напряжений, возникающих в ячейках продольном изгибе ячеек сотов, от угловой скорости ротора на основании уравнения 3.29 (рисунок 3.19).

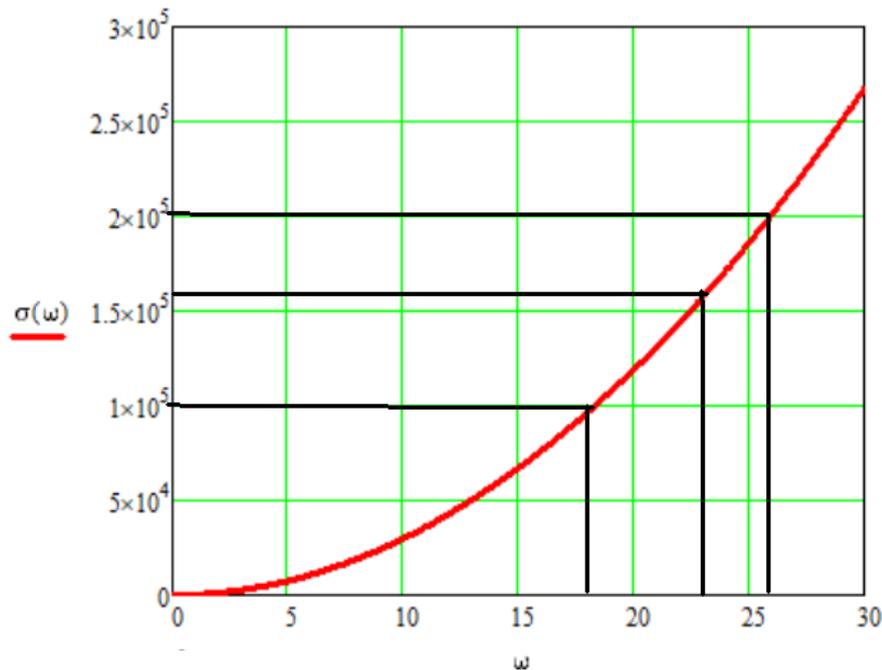


Рисунок 3.19 – Зависимость напряжений σ_2 (Па), возникающих в ячейках продольном изгибе ячеек сотов, от угловой скорости ротора ω (рад/с) агрегата

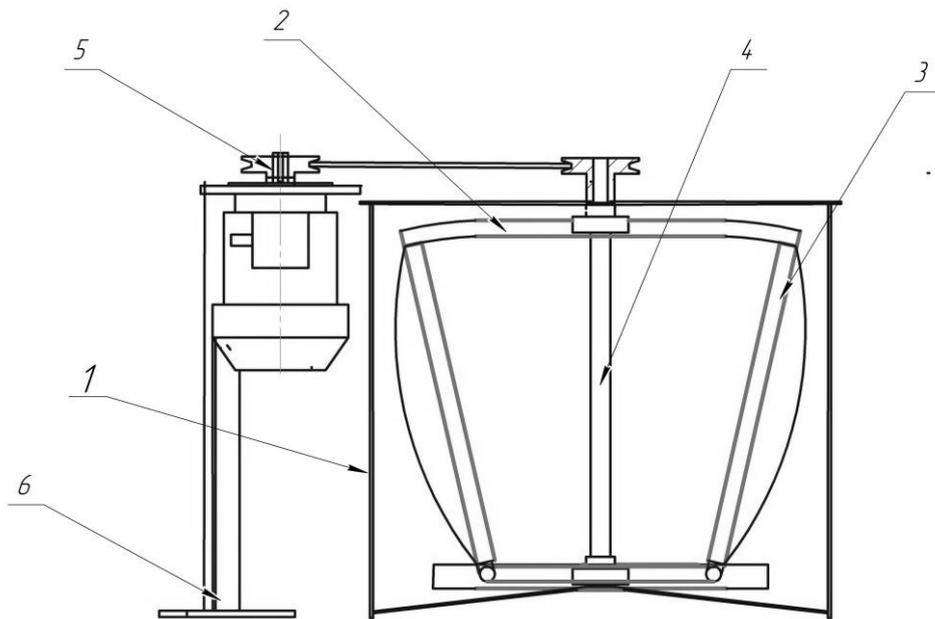
Анализ рисунка 3.19 показывает, что при увеличении угловой скорости вращения ротора растягивающая нагрузка на ячейки при продольном изгибе сотов возрастает менее интенсивно, чем при поперечном изгибе ячеек сотов. При продольном изгибе ячеек сотов предельные растягивающие напряжения 200 кПа достигаются при угловой скорости выше 26 рад/с. При угловой скорости 26 рад/с растягивающие напряжения при поперечном изгибе ячеек сотов составляют $3,479 \cdot 10^5$ почти в 1,73 раза выше, чем при продольном изгибе ячеек сотов $2,009 \cdot 10^5$ Па, и может привести к разрыву восковых пластинок ячеек.

Поэтому при извлечении меда следует ограничивать скорость вращения для снижения нагрузки и исключения повреждения ячеек пчелиных сотов, особенно в начале процесса извлечения меда, так как сетка кассеты может деформироваться в продольном направлении. При продольном изгибе сотов (вдоль армирующей проволоки) снижаются напряжения в восковых пластиках ячеек, и поэтому возможно увеличение угловой скорости вращения центрифуги, либо увеличение температуры восковой основы. Так например, при угловой скорости 18 рад/с возникающие напряжения не превышают 102 кПа, что соответствует пределу прочности воска на растяжение при температуре от 35 °С, а при угловой скорости 23 рад/с возникающие напряжения составляют около 162,5 кПа, что соответствует пределу прочности воска на растяжение при температуре от 25 °С.

3.2 Технологический процесс агрегата для извлечения меда из пчелиных сотов

Агрегат для извлечения меда и скарификации перговых сотов позволяют выполнять несколько процессов на пасеке и представляет собой модернизированную медогонку. На рисунке 3.20 представлена конструктивно-технологическая схема агрегата. Новизна данного агрегата подтверждена патентами РФ на изобретение RUS 2615832 22.04.2016 [97] и на полезную модель RUS 189361. 28.05.2018 [98].

Агрегат для извлечения меда и скарификации перговых сотов (рисунок 3.20) состоит из емкости 1 в форме цилиндра, которая закрывается крышкой, в емкости находится ротор 2. В роторе имеется возможность установки кассет 3, использующихся в процессе извлечения меда, а также скарификации перговых сотов, крепящихся на поворотном механизме и дополнительно фиксируемыми дугами с креплениями. Для удаления меда в боку цилиндрической емкости 1 над дном устанавливается кран, который закрывается заслонкой. Процесс вращения ротора 2 осуществляется посредством привода 5, укрепленного опоре 6.



1 - цилиндрическая емкость, 2 – ротор, 3 – кассета, 4 - вал, 5 – привод, 6 – опора.

Рисунок 3.20 – Конструктивно–технологическая схема агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов

При работе данного агрегата по извлечению меда в роторе должны быть установлены кассеты с прямой сеткой, а в них – распечатанные медовые соты. Ротор начинает вращаться и мед, на который действуют центробежные силы, отделяется от сотов и стекает по расположенной под наклоном части дна и стенкам цилиндрической емкости. После того, как извлечен мед с одной стороны сота, сот вынимается, и процесс извлечения повторяют, поворачивая сот другой стороной.

Для скарификации перговых сотов центробежные силы при вращении ротора соты прогибаются и деформируются до выгнутой сетки кассеты. Это обеспечивает появление трещин восковых стенок ячеек небольшие разрывы, а также образование кольцевых зазоров между стенками ячеек сотов и гранулами перги [8, 70, 76].

Агрегат для извлечения меда из пчелиных сотов позволяет уменьшить повреждения ячеек сотов при откачке меда. При загрузке полновесных медовых рамок, вращение ротора осуществляется при минимальной частоте и максимальных углах наклона рамок. С уменьшением массы медовых сотов а частоту вращения ротора увеличивают. Наклон рамок позволяет улучшить отток меда из ячеек сота. По мере извлечения меда из рамок частота вращения достигает наибольшего значения [8, 82]. Также агрегат позволяет обеспечить равномерную скарификацию перговых сотов, исключая отрыв восковой основы от рамок.

3.3 Обоснование параметров работы агрегата для извлечения меда

При работе медогонки используется центробежная сила, для ускорения извлечения меда рамка закрепляется вертикально и возникают дополнительные силы сопротивления, которые препятствуют движению капель меда по поверхностям ячейки сота. В предлагаемом агрегате для крепления рамок устанавливают специальные кассеты, которые позволяют изменять угол установки рамки. Рассмотрим процесс движения капли меда в наклоненных сотах. Так как устройство работает с постоянной угловой скоростью, то все скорости и ускорения нам известны, поэтому применим принцип Даламбера для исследования процесса движения капель в сотах введем следующие допущения

- сила сопротивления пропорциональна скорости движения капли и учитывает трения капля мёда о стенку сота
- рассмотрим наиболее неблагоприятный случай, при котором ячейка расположена по центру рамки имеет наименьшую центробежную силу.

Приложим к капле меда активные силы и силы инерции.

Составим дифференциальные уравнения:

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = F_{цб} - F_{сопр}^x \\ m \frac{d^2z}{dt^2} = G - F_{сопр}^z \end{cases} \quad (3.22)$$

где $F_{цб}$ - центробежная сила действующая на каплю, Н;

$F_{сопр}$ суммарная сила сопротивления учитывающая трение и вязкость меда, Н;

G - вес капли меда Н.

Силы, действующие на каплю меда представлены на рисунке 3.21.

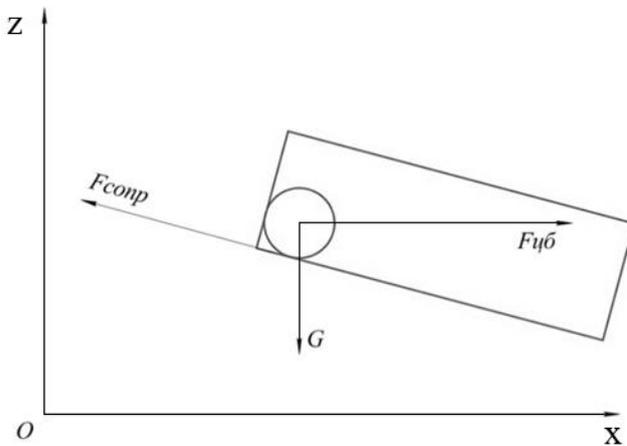


Рисунок 3.21- Силы, действующие на каплю меда

$$F_{цб} = m_k \omega^2 R \quad (3.23)$$

где m_k - масса капли меда, ω - угловая скорость, R - наименьший радиус расположения капли меда относительно оси вращения агрегата

$$G = m_k g \quad (3.24)$$

где g - ускорение свободного падения

$$F_{сопр} = k_\alpha k V \quad (3.25)$$

k_α - коэффициент, учитывающий трения и угол наклона поверхности сота;

k - коэффициент, учитывающий вязкость.

Подставим 3.22 – 3.24 в уравнение 3.1 и разделим все части уравнения на m

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \omega^2 R - \frac{k_\alpha k}{m_k} V_x \\ \frac{dV_z}{dt} = gt - \frac{k_\alpha k}{m_k} V_z \end{cases} \quad (3.26)$$

И проинтегрируем части уравнений

$$\frac{dV_x}{dt} + k_\alpha k V_x = \omega^2 R \quad (3.27)$$

Данное уравнение представляет собой линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$V_x' + k_\alpha k V_x = \omega^2 R \quad (3.28)$$

Для удобства обозначим постоянные коэффициенты:

$$\frac{k_\alpha k}{m_\kappa} = A \text{ и } \omega^2 R = B$$

Тогда уравнение (3.6) запишется в следующем виде

$$V_x' + AV_x = B \quad (3.29)$$

Проинтегрировав имеем

$$V_x(t) = \frac{\int e^{\int Adt} B dt + C}{e^{\int Adt}} \quad (3.30)$$

Преобразуем полученное выражение

$$V_x = ABt + C_1 e^{-At} \quad (3.31)$$

$$V_z = Agt + C_2 e^{-At} \quad (3.32)$$

Для определения постоянных интегрирования проинтегрируем выражения и получим:

$$x = ABt^2 + AC_1 e^{-At} + x_0 \quad (3.33)$$

$$z = Agt^2 + AC_2 e^{-At} + z_0 \quad (3.34)$$

Для определения постоянных интегрирования подставим значения начальных условий: при $t = 0$

$$x = x_0$$

$$z = z_0$$

$$V_x = V_{x0}$$

$$V_z = V_{z0}$$

$$V_{x0} = AB + C_1$$

$$C_1 = V_{x0} - AB \quad (3.35)$$

Аналогично

$$C_2 = V_{z0} - Ag \quad (3.36)$$

С учетом постоянных интегрирования скорости капли будут равны

$$V_x = \frac{k_{\alpha}k}{m_k} \omega^2 R t + C_1 e^{-\frac{k_{\alpha}k}{m_k} t} \quad (3.37)$$

$$V_z = \frac{k_{\alpha}k}{m_k} g t + C_2 e^{-\frac{k_{\alpha}k}{m_k} t} \quad (3.38)$$

С учетом постоянных интегрирования перемещения капли будут равны

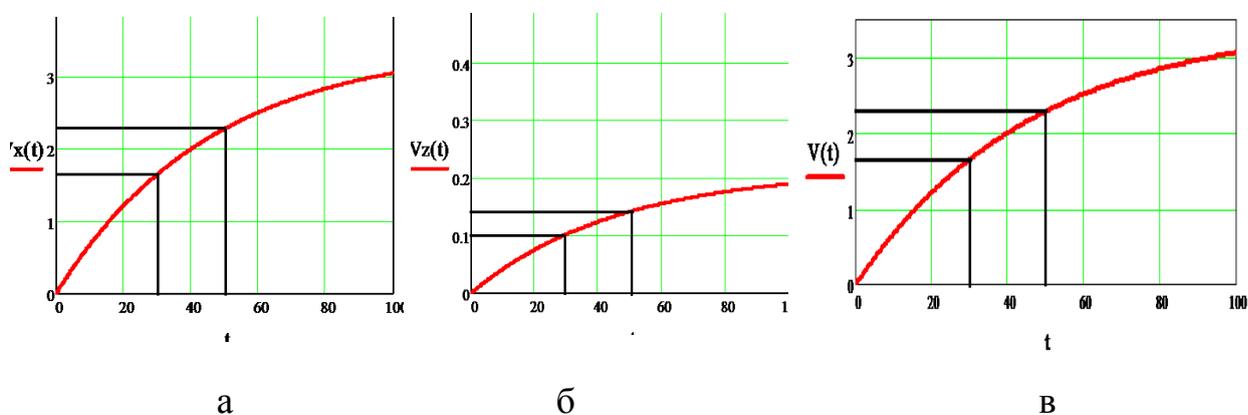
$$x = \frac{k_{\alpha}k}{m_k} \omega^2 R t^2 + \frac{k_{\alpha}k}{m_k} C_1 e^{-\frac{k_{\alpha}k}{m_k} t} + x_0 \quad (3.39)$$

$$z = \frac{k_{\alpha}k}{m_k} g t^2 + \frac{k_{\alpha}k}{m_k} C_2 e^{-\frac{k_{\alpha}k}{m_k} t} + z_0 \quad (3.40)$$

Абсолютная скорость капли при перемещении в соте определится следующим выражением

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_z^2} \quad (3.41)$$

На основании полученных выражений проведем математическое моделирование с помощью программы Mathcad построим график горизонтальной скорости, вертикальной скорости и абсолютной скорости (рис. 3.22)



а – изменение горизонтальной скорости, м/с; б – изменение вертикальной скорости, м/с; в – изменение абсолютной скорости, м/с

Рисунок 3.22 – Зависимости скорости капли меда при движении внутри ячейки сотов от времени

Анализ графиков изменения скоростей показывает, что горизонтальная скорость капли меда зависящей от центробежной силы значительно больше вертикальной составляющей зависящей от силы тяжести.

В тоже время изменение угла наклона сотов способствует уменьшению силы сопротивления движению капли, так как снижается составляющая, обусловленная силой трения, причём на первоначальном этапе движения капли, приобретает большую скорость, что способствует дальнейшему увеличению. Траектория движения капли меда в ячейке сота представлены на рисунке 3.23.

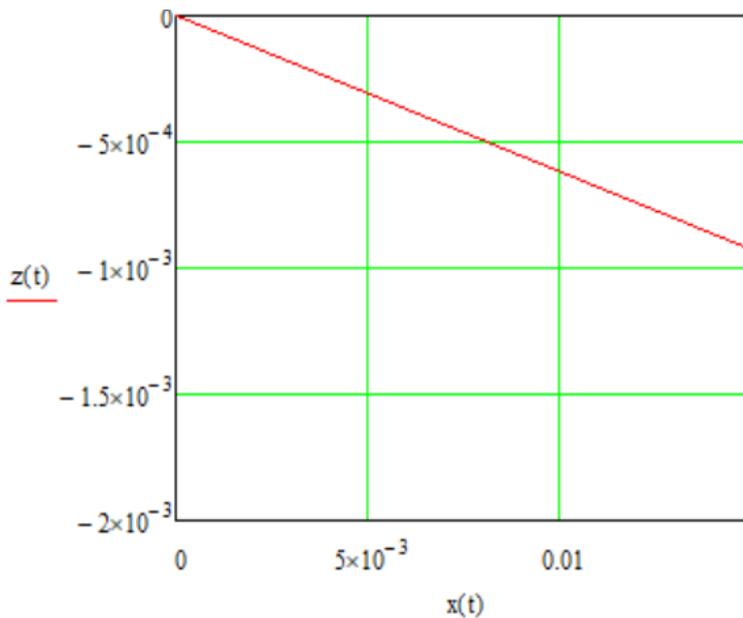


Рисунок 3.23 – Траектория движения капли меда в ячейке сота

По сути дела, при установке сота под углом появляется начальная скорость, обеспечивающая ускорение движения капли. Таким образом, абсолютная скорость движения капли несколько возрастает, особенно в начальный период движения, что способствует большей скорости извлечения меда, с другой стороны, уменьшение сил сопротивления, связанных с трением, будет способствовать лучшему очищению сотов от меда. Анализируя скорость капли в ячейке установлено, что наибольшая абсолютная скорость достигает в диапазоне углов наклона ячейки от 13° до 17° . Расположение сотов по углом меняется характер нагружения с прямого изгиба на косой изгиб и благодаря пространственной конструкции сотов их прочность увеличивается, что способствует повышению жесткости восковой основы сотов при извлечении меда.

3.4 Обоснование параметров работы агрегата для скарификации перговых сотов

Скарификации необходима для сушки перги в сотах. Скарификация деформирует частично и разрушает стенки и крышки ячеек сотов, образуя трещины, и способствует отделению гранулы перги от стенок ячейки. Скарификация не только увеличивает эффективность сушки, но и позволяет вести сушку перги в рамках (восковая основа не должна отрываться от рамки), что снижает трудозатраты. При изгибе пергового сота в специальной кассете также могут растягиваться крышки ячеек сотов. Крышки ячеек сотов будут находиться под действием параллельно расположенных сил, а нагрузка равномерно распределяться её ширине ячеек (рисунок 3.24).

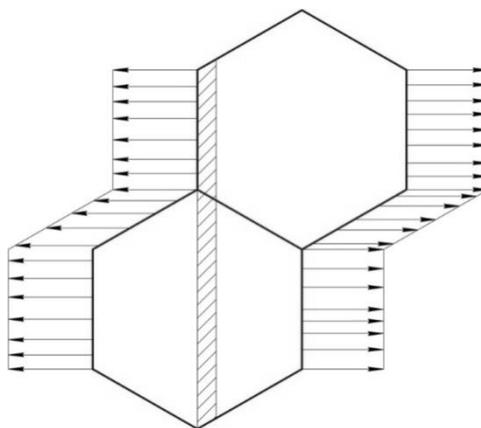


Рисунок 3.24 – Расчетная схема для определения прочности ячейки сота

Если нагрузка равномерно распределена и действует на крышки сотов, то ее можно определить по формуле

$$q_{кр} = 3F_{цб}^{\tau} / 2,5 \cdot l \quad (3.42)$$

где $F_{цб}^{\tau}$ - касательная составляющая центробежной силы, Н;

$2,5 \cdot l$ – ширина двух крышек сота, м.

Распределенная нагрузка действующая по всей ширине крышек сотов можно записать в виде

$$q(z_3) = \frac{F_{цб}^{\tau}}{z_3} \quad (3.43)$$

Рассмотрим поперечное сечение двух крышек сотов на протяжении

$$0 < z_3 < 2,5 \cdot l$$

$$\Sigma z_3 = 0 \quad N_2 = q(z_3) z_3$$

$$\sigma_3 = N_3 / A_{\text{кр}} \quad (3.44)$$

где N_3 - продольная сила, Н;

$A_{\text{кр}}$ - площадь поперечного сечения крышки сота, м²;

σ_3 - нормальное напряжение при растяжении крышки сота

$$\text{При } z_3 = 0; \quad N_3 = 0; \quad \sigma_3 = 0$$

$$\text{При } z_3 = 2,5 \cdot l; \quad N_3 = q(z_3); \quad N_3 = F_{\text{цб}}^r$$

$$\sigma_3 = N_3 / A_{\text{кр}} = F_{\text{цб}}^r / (S_{\text{кр}} l) \quad (3.45)$$

На основании уравнения 3.45 в программе Mathcad 15 построим график зависимости напряжений, возникающих в крышках ячеек сот, от угловой скорости ротора агрегата (рис. 3.25).

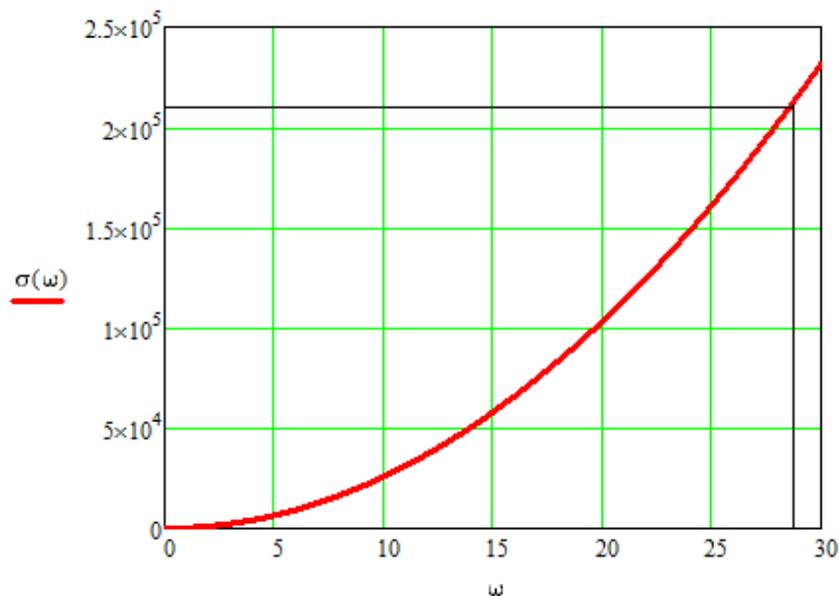


Рисунок 3.25– Зависимость напряжений σ_3 (Па), возникающих в крышках ячеек сота, от угловой скорости ротора ω (рад/с) комплексного агрегата

Анализ зависимости на рисунке 3.25 показал, что напряжения возникающие при центробежной нагрузке на крышки ячейки сопоставимы с напряжениями на стенки ячейки при продольном изгибе сотов. Таким образом, для скарификации крышек ячеек сотов требуется увеличение угловой скорости вращения ротора более 28 рад/с что соответствует максимальным напряжениям

растяжения около 200 кПа, что соответствует пределу прочности воска на растяжение при температуре от 20 °С.

Рассмотрим влияние температуры на прочность восковой основы сотов. Учитывая характер деформации восковых образцов (рисунок 2.12) можно заметить, что при растягивании напряжение вначале достигают максимальных значений, а затем воск деформируется при меньших значениях (аналог площадки текучести у пластичных материалов). Для исключения разрывов восковой основы следует ограничить центробежные нагрузки с учетом температуры воска. На основании выражений (2.4) и (3.29) было получено следующее выражение

$$\frac{2\sqrt{3}}{3} F_{цб}^{\tau} / (Sh) = 659,55 - 155,5 \ln(T) \quad (3.46)$$

Подставив значения $F_{цб}^{\tau}$ из выражения (3.23), имеем

$$\frac{2\sqrt{3}}{3} m \cdot \omega^2 R \sin \beta / (Sh) = 659,55 - 155,5 \ln(T) \quad (3.47)$$

Преобразовав выражение и выразив величину угловой скорости, получим

$$\omega = \sqrt{\frac{\sqrt{3}(659,55 - 155,5 \ln(T))Sh}{2m \cdot R \sin \beta}} \quad (3.48)$$

Полученная зависимость (3.48) позволяет ограничить угловую скорость с учетом влияния температуры на прочность воска. Для визуального представления в программе Mathcad 15 был построен график данной зависимости (рисунок 3.26).

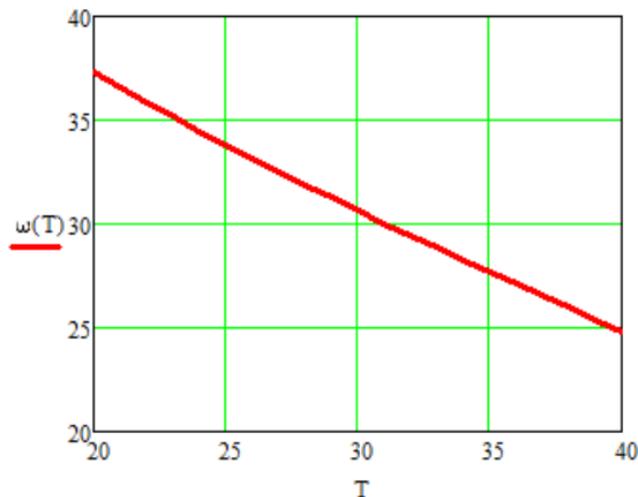


Рисунок 3.26– Зависимость предельной угловой скорости ротора ω (рад/с) от температуры воска T , ($^{\circ}\text{C}$) при максимальных напряжениях σ_{max} (Па) в

ячейках сотов

Полученная зависимость позволяет определить допустимую угловую скорость центрифуг для исключения повреждений (разрыва) восковой основы сотов при разной температуре воска (окружающей среды).

Выводы по главе 3

1. Теоретические исследования изгиба восковой основы сотов, позволили установить, что наибольшие напряжения в ячейках сота, возникают при поперечном изгибе сотов в роторе центрифуги. При угловой скорости 26 рад/с растягивающие напряжения, при поперечном изгибе сотов, составляют 348 кПа почти в 1,73 раза выше, чем при продольном изгибе 200 кПа при температуре 20⁰С. Для снижения растягивающих напряжений и исключения повреждений ячеек при возможном изгибе пчелиных сотов следует ограничивать угловую скорость ротора в зависимости от заполнения ячеек сотов и их температуры. Так например, при угловой скорости 18 рад/с возникающие напряжения не превышают 102 кПа, что соответствует прочности воска на растяжение при температуре 35 °С, а при угловой скорости 23 рад/с возникающие напряжения составляют около 162,5 кПа, что соответствует прочности воска на растяжение при температуре от 25 °С.

2. Конструктивно – технологическая схема агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов должна содержать цилиндрическую емкость с приводным ротором. Ротор имеет возможность установки специальных кассет с поворотным механизмом. При этом, одна сетчатая прямая сторона кассеты используется для извлечения меда, а вторая сетчатая сторона для скарификации перговых сотов выгнута по окружности.

3. Угол наклона сотов способствует движению капли за счет силы тяжести. Абсолютная скорость движения капли несколько возрастает, особенно в начальный период движения, что способствует быстрому извлечению меда и лучшему очищению сотов от меда.

4. Для исключения неравномерности образования разрывов стенок ячеек

прогиб перговых сотов при скарификации центробежными силами целесообразнее проводить вдоль армирующих проволок сотов по ширине рамки, при этом рекомендуется применять специальные кассеты. Для скарификации ячеек сотов требуется угловая скорость ротора около 28 рад/с, что соответствует прочности воска на растяжение около 200 кПа при температуре от 20 °С.

Глава 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ

4.1. Программа исследований

Для определения работоспособности и уточнения параметров агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов проводились экспериментальные исследования, которые предусматривали:

- исследование целостности ячеек пчелиного сота при его изгибе;
- исследование инфильтрации воздуха через стенки ячейки сотов при изгибе;
- уточнение параметров агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов.

4.2 Методика экспериментальных исследований и результаты оценки целостности ячеек сота при изгибе

При извлечении меда на интенсивных режимах возможно изгиб сотов который приводит к повреждениям ячеек, исследуем влияние радиусов кривизны сотов, приводящие к деформации ячеек и разрыву стенок ячеек. Для образования необходимой кривизны были изготовлены деревянные шаблоны. Кривизна определялась с помощью формулы (3.3). Крепления сотов к деревянным шаблонам осуществлялось с помощью пластиковых хомутов (рисунок 4.1).

Для обследования стенок ячеек сота применялся микроскоп марки Альтами МЕТ 1М. Состояние поверхности стенок и их разрывы фиксировались визуально по результатам обследования 10 ячеек каждого образца.

Для исследования деформации ячеек и разрыва стенок ячеек фрагменты сотов крепили к деревянным шаблонам различной кривизны с радиусом: 0,45;

0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80 (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1– Формы для изгибания сотов

Установлено, что критическим радиусом кривизны является 0,55 метра. При радиусе менее 0,55 м наблюдаются разрывы стенок ячеек (рисунке 4.2). При сжатии ячеек с обратной стороны сотов разрывов не наблюдалось, однако происходила деформация восковой основы. Это обусловлено большей прочностью воска на сжатие, чем на разрыв.

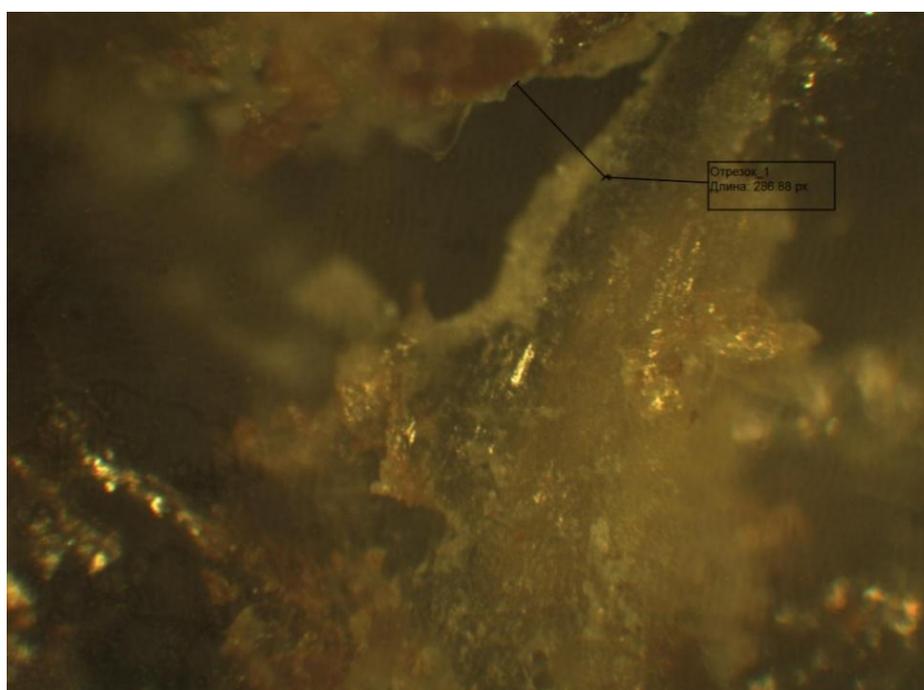


Рисунок 4.2 – Разрыв ячейки сотов при продольном изгибе на шаблоне с радиусом кривизны 0,55 м

Теоретическими исследованиями установлено, что разрушение ячеек определяется направлением изгиба сотов. Экспериментальными исследованиями подтверждена большая прочность сотов вдоль армирующей проволоки при продольном изгибе.

При скарификации перговых сотов кассету с изогнутой по радиусу сеткой целесообразнее располагать вдоль армирующих проволок рамки для исключения повреждения ячеек. Скарифицировать перговые соты следует в специальных кассетах с радиусом кривизны около 0,55 м. Для извлечения меда следует применять кассеты для распределения нагрузки и снижения напряжений в ячейках пчелиных сотов, а также варьировать угловую скорость центрифуги от свойств пчелиных сотов, температуры окружающей среды и заполнения ячеек.

4.3 Методика и результаты исследования инфильтрации стенок ячейки сота при изгибе

Использование хордиальных медогонок зачастую приводит к изгибам сотов, для оценки целостности ячеек сота было предложено использовать способность воздуха проникать через стенку – инфильтрацию.

Для определения инфильтрации конец пипетки окунали в расплавленный воск, а затем наклеивали на аккуратно отделенную стенку ячейки сота затем пипетку соединяли с помощью шланга с водяным манометром рисунок 4.3

Устанавливая избыточное давление 200 мм водяного столба, через определенные промежутки времени фиксировали изменение давления

Измерения проводилось с трехкратной повторностью. Воспроизводимость опыта оценивали с помощью критерия Кохрена.

В результате эксперимента нами получены опытные данные представленные в приложении 3. На основе экспериментальных данных был построен график зависимости времени инфильтрации от радиуса кривизны пергового сота (рис. 4.4).



1 манометр, 2 – штатив, 3 – пипетка с наклеенной стенкой ячейки сота

Рисунок 4.3– Установка для определения пропускной способности стенок ячеек пчелиного сота

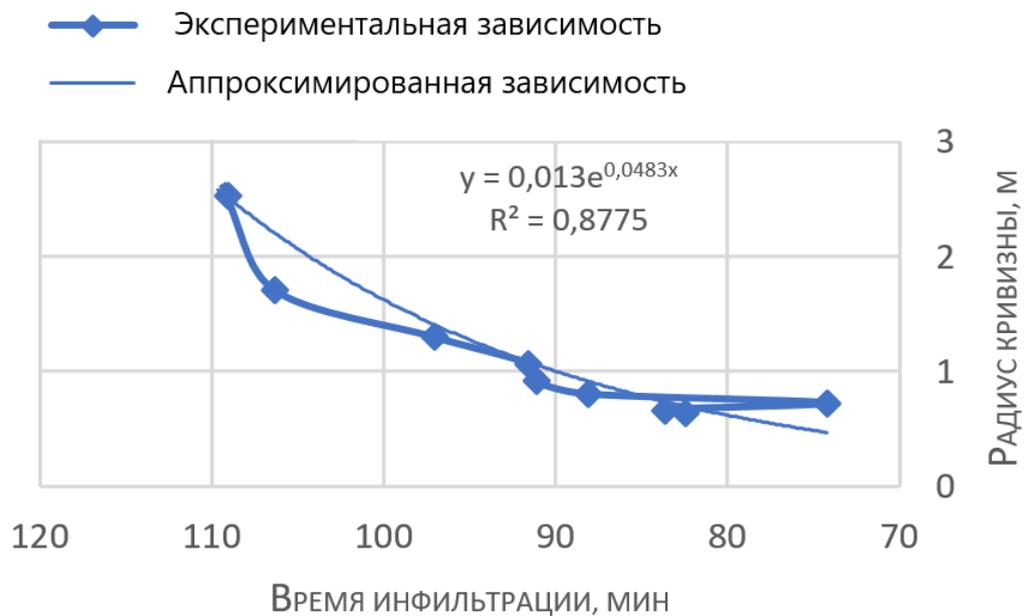


Рисунок 4.4– Зависимость времени инфильтрации воздуха через стенки ячейки при изгибе по радиусу.

Анализ рисунка показывает, что с уменьшением радиуса кривизны при изгибе время инфильтрации снижается, наибольшее снижение времени инфильтрации наблюдается при снижении радиуса кривизны менее 0,8 м. Таким образом, для скарификации перговых сотов возможно использовать изгиб сота по радиусу. Это обусловлено тем, что в процессе деформации происходит нарушение целостности ячеек, что будет способствовать воздухообмену перги с окружающей средой. Кроме того, при изгибе происходит отрыв гранул перги от стенок ячеек.

4.4 Методика и результаты определения влияния угла отклонения от вертикали рамки с сотами и скорости вращения ротора на эффективность извлечения меда

Для определения влияния угла отклонения от вертикали рамки с сотами и скорости вращения ротора на эффективность извлечения меда была разработана лабораторная установка, представленная на рисунке 4.5.



1 - цилиндрическая емкость, 2 – ротор, 3 – кассета, 4 - вал, 5 – привод, 6 – опора.

Рисунок 4.5–Общий вид агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов

Опыты проводились в лаборатории кафедры технологии металлов и ремонта машин. Медовые рамки уменьшенного размера (110x120мм), т.е. $\frac{1}{4}$ магазинной рамки, подогревали в электрической печи ВШ-0,035 завода ЛЭТО города Тулы (220В, 2000Вт, 2000С) (рисунок 4.6) до необходимой температуры, которую контролировали и поддерживали с помощью измерителя – регулятора микропроцессорного КУВФ.421210.002ПС (ТРМА-Д.Т.П.Р) класс точности 0,5. К измерителю – регулятору подключался преобразователь термоэлектрический в мягкой изоляции поверхностный КУВФ.4052220.005ПС (ДТПЛ011-0,5/1,5)

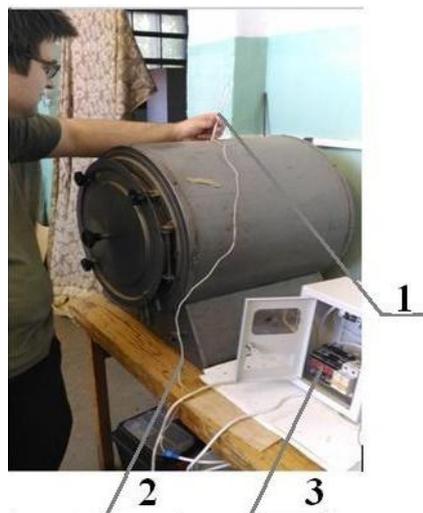
(рисунок 4.7).



Рисунок 4.6 –Сушильный шкаф ВШ-0,035 с помещенной в него рамкой уменьшенного размера

Термоэлектрический преобразователь опускался в контрольное окно электропечи и находился вблизи медовой рамки. Микропроцессорный регулятор был настроен на необходимую температуру так, что электропечь включалась с помощью электромагнитного реле КМИ 11210 при температуре на один градус меньше задаваемой и выключалась при повышении температуры на один градус от задаваемой.

Для повышения точности поддерживаемой температуры в контрольное окно шкафа опускался ртутный термометр с ценой деления $0,2^{\circ}\text{C}$, которым в последствии проверялась температура меда в сотах.



1-термометр, 2- термопара, 3 -микропроцессорный регулятор

Рисунок 4.7 – Установка для нагревания рамки с медом до заданной температуры

После нагревания до заданной температуры рамку закрепляли в специально изготовленной кассете. Кассета для простоты установки в медогонку была закреплена внутри стандартной кассеты. Крепление кассеты выполнено на двух болтах М8 с проставками так, что имеется возможность поворота ее плоскости под любым углом к горизонту. Для контроля угла установки на корпусе уменьшенной кассеты закреплен транспортир так, что его ось совпадает с осью поворота кассеты. Так как лабораторные опыты проводились для любых углов наклона рамки к горизонту (от 0^0 до 90^0), то для предотвращения выброса рамки из кассеты, в ней предусмотрен фиксатор, удерживающий рамку во время вращения. Для выполнения производственного опыта была изготовлена кассета по размерам магазинной рамки. Одновременно были установлены такие же рамки вертикально. Частота вращения вала медогонки контролировалась тахометром АКТАКОМАТЕ-6008, предназначенного для контактного и бесконтактного измерения частоты вращения валов и линейной скорости. Часто вращения измерялась бесконтактным методом с помощью фототахометра, диапазон измерений которого от 2 до 99999 мин^{-1} с разрешением 0,1 мин^{-1} при частоте 9999,9 мин^{-1} . Погрешность измерений составила 0,05% +1 единица младшего разряда индикатора тахометра. На работы фототахометра на черный матовый вал медогонки была наклеена светоотражающая полоска. Лазерный луч тахометра был направлен на вал и с каждым отражением луча от полоски производилось измерение частоты вращения вала, что позволяло постоянно контролировать заданную частоту.

Общий вид установки представлен на рисунке 4.8.

Для дальнейших опытов вал медогонки с помощью ременной передачи соединен с электродвигателем. Шкивы медогонки и электродвигателя имеют одинаковый размер, поэтому частоту вращения вала медогонки задавали изменением частоты тока в двигателе. Привод смонтирован таким образом, что есть возможность регулировки натяжения ремня с помощью перемещения кронштейна с закрепленным на нем электродвигателем. Двигатель разместили сверху на достаточно большом расстоянии от вала медогонки, и чтобы

предотвратить ее падение, к нему была прикреплена дополнительная опора, сваренная из стального уголка 40x40мм. Размер приводного ремня 833x8,5мм.



1 – центробежный агрегат; 2 – частотный преобразователь DELTA VFD 007L 21B; 3 – электродвигатель.

Рисунок 4.8– Общий вид установки для определения влияния угла отклонения от вертикали рамки с сотами и скорости вращения ротора на эффективность извлечения меда

Трехфазный электродвигатель был включен в однофазную сеть с помощью преобразователя частоты VFD-007L. Максимальная мощность двигателя 0,75 кВт. Частота регулируется преобразователем частоты VFD-007L от 3Гц до 10 кГц. Дискретность регулируемой частоты 0,1 Гц, то есть частота вращения двигателя регулируется изменением частоты проходящего через него переменного тока.

Для определения электроэнергии, затрачиваемой на извлечение меда, был собран электрощиток с трехфазным счетчиком электрической энергии НИВА304 1SO, рассчитанный на номинальное напряжение 220/380В (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9– Электрощиток с трехфазным счетчиком электрической энергии НИВА304 1SO

Базовый (максимальный ток) 5 (50) А с электронным счетным механизмом и жидкокристаллическим индикатором. Постоянная счетчика (количество импульсов на 1кВтч составила 1600 импульсов на киловатт-час. При проведении экспериментов двигатель был запитан от одной фазы, на вход счетчика было подано напряжение только на фазу С и ноль. Входной провод соединялся с электрической вилкой, а выходной с электрической розеткой, таким образом, счетчик включался последовательно к электродвигателю, затраты энергии на котором измерялись. Потребляемая мощность электродвигателя была небольшой (не превышала 200Вт) и время извлечения меда из экспериментальных сотов составляло 120 с, а на счетном устройстве самый маленький разряд значения электроэнергии составлял 0,01 кВтч.

Установка частоты вращения ротора осуществлялась с помощью частотного преобразователя, контроль частоты - тахометром АКТАКОМ АТЕ-6008 (рисунок 4.10). В начале частотный преобразователь настраивали на определенную частоту переменного тока и включали двигатель, в установившемся режиме к вращающему валу ротора центрифуги прижимали коническую насадку тахометра. Сопоставляя показания частоты переменного

тока и частоты вращения ротора, был построен тарифовочный график для определения частоты вращения ротора центрифуги, представленный в приложении И [108].



Рисунок 4.10—общий вид тахометра АКТАКОМ АТЕ-6008

Чтобы определить влияние угла наклона медового сота и частоты вращения ротора на извлечение меда был проведен многофакторный эксперимент. Эксперимент проводился с помощью кассеты, представленной на рисунке 4.11. Результаты представлены в приложении К.



Рисунок 4.11 –Специальная кассета для определения зависимости зависимости количества оставшегося меда от угла наклона рамки и угловой скорости ротора.

Диапазоны варьирования факторов выявлялись в ходе проведенных поисковых экспериментов. Время извлечения меда из экспериментальных сотов составляло 120 с. Для проведения опыта был выбран план Бокса-Бенкина второго порядка из каталогов планов. Факторы, интервалы и уровни варьирования экспериментальных исследований. Для устранения случайных ошибок вследствие неоднородности исследуемых материалов и неучтенных факторов проводилась рандомизация реализации опытов по ГОСТ [15, 17, 18] приведены в таблице 4.1. Уточнение параметров проводилось по эффективности извлечения меда, которая оценивалась по отношению количества извлеченного меда к его общему количеству, выраженному в процентах. При проведении эксперимента осуществлялось варьирование указанных выше факторов, в соответствии с требованиями однородности, управляемости, совместимости и отсутствия корреляционных зависимостей между ними.

Таблица 4.1 – Факторы эксперимента и их уровни варьирования

Уровни и интервал варьирования	Факторы	
	Угол отклонения рамки от вертикали, °	Частота вращения ротора центрифуги n , мин ⁻¹
Верхний уровень (+1)	30	230
Основной уровень (0)	20	210
Нижний уровень (-1)	10	190
Интервал варьирования	10	20

Экспериментальные исследования проводились в трехкратной повторности с учетом проверки воспроизводимости эксперимента. Полученные данные в соответствии с общеизвестной методикой обрабатывались в статистической программ Statistica 10.0. [18]

Была получена зависимость количества оставшегося в рамке меда в процентах от угла наклона рамки α и угловой скорости ротора ω

$$m_{\text{ост}} = 103,1311 - 1,6243 \cdot \alpha + 0,8595 \cdot \omega - 0,0882 \cdot \alpha^2 - 0,0166 \cdot \alpha \cdot \omega - 0,0349 \cdot \omega^2 \quad (4.1)$$

Анализ этой статистической зависимости включал оценку значимости коэффициентов регрессии $R = 0,943$ и адекватность описания зависимости опытных данных на основании коэффициента детерминации равного $0,89$. По полученной регрессионной зависимости был построен график количество оставшегося меда $m_{\text{ост}}$ в процентах от угла наклона рамки α и угловой скорости ротора ω , представленный на рисунке 4.12.

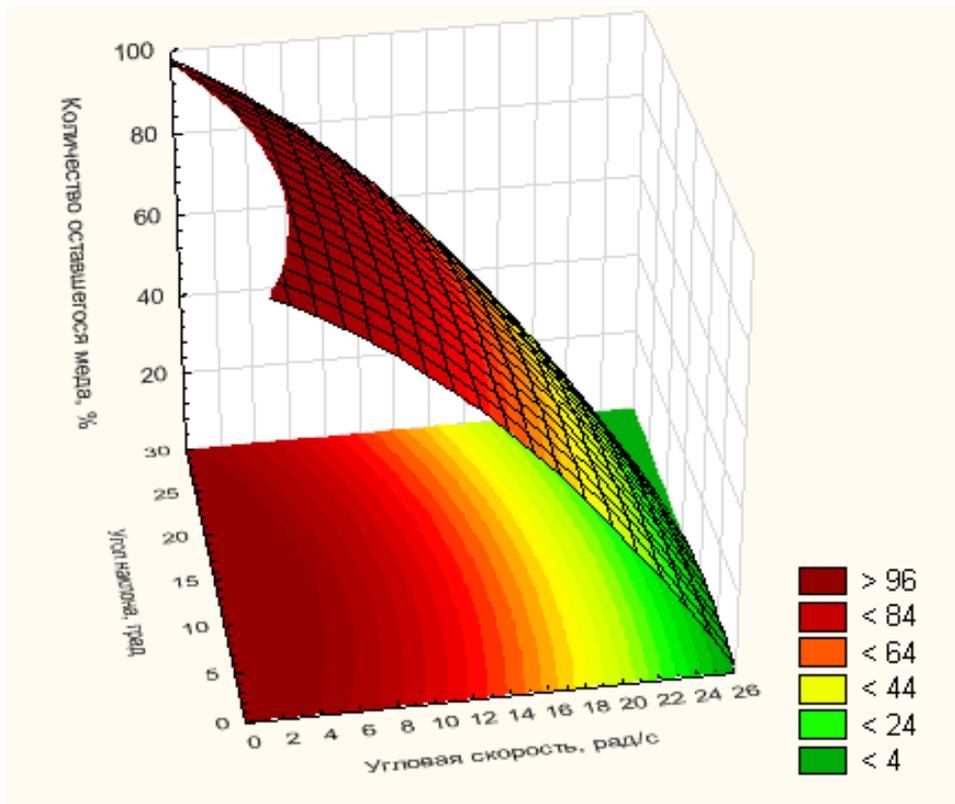


Рисунок 4.12 – Зависимость количества оставшегося меда от угла наклона рамки и угловой скорости ротора

Наименьшее количество оставшегося меда $m_{\text{ост}}$ наблюдалось при увеличении угла наклона рамки более 15° при угловой скорости ротора агрегата свыше 24 рад/с. Увеличение угла наклона рамки оказывает влияние на извлечение меда в начальный период извлечения. Наибольшее влияние на извлечение меда оказывает угловая скорость ротора агрегата.

Эффективность извлечения меда возрастает с увеличением угла наклона

рамки особенно при низкой угловой скорости ротора, так как при этом соты расположены так, что результирующая силы тяжести и центробежной силы направлена вдоль ячеек сотов, что обеспечивает быстрое и без поломки сотов извлечение меда. Опыт показал, что при прочих равных условиях рамки, установленные под углом, освобождались от меда быстрее и качественнее при меньшей частоте вращения.

Для исследования интенсивности извлечения меда на разных режимах работы центрифуги был разработан критерий извлечения меда K ,

$$K = \frac{m_n - m_u}{m_n - m_o} \quad (4.1)$$

где m_n – масса полной рамки с медом с удаленным за брусом, кг;

m_u – масса рамки после извлечения меда, кг;

m_o – масса осушенной пчелами рамки, кг.

Для исследований применялись мини рамки для сотового меда. Центрифугу включали на 40 с (угловая скорость 24,1 рад/с) и затем взвешивали рамки с точностью до 0,1г. По окончании экспериментов и после осушивания рамок пчелами, рассчитывали критерий извлечения меда. Результаты эксперимента представлены в приложении Л. По результатам эксперимента получены зависимости интенсивности извлечения меда при разных углах наклона рамок (рисунок 4.13).

Анализ зависимости интенсивности извлечения меда показал, что с увеличением угла наклона интенсивность извлечения меда возрастает, особенно, в начальный период. Наибольшее изменение интенсивности извлечения меда в начальный период наблюдается при углах до 15°, кроме того увеличение наклона рамок требует увлечения диаметра бака центрифуги [7, 52].

Таким образом, на основании проведенных исследований извлечения меда установлено, что рациональными параметрами агрегата являются угол наклона сота в 15° и угловая скорость ротора агрегата 24,1 рад/с.

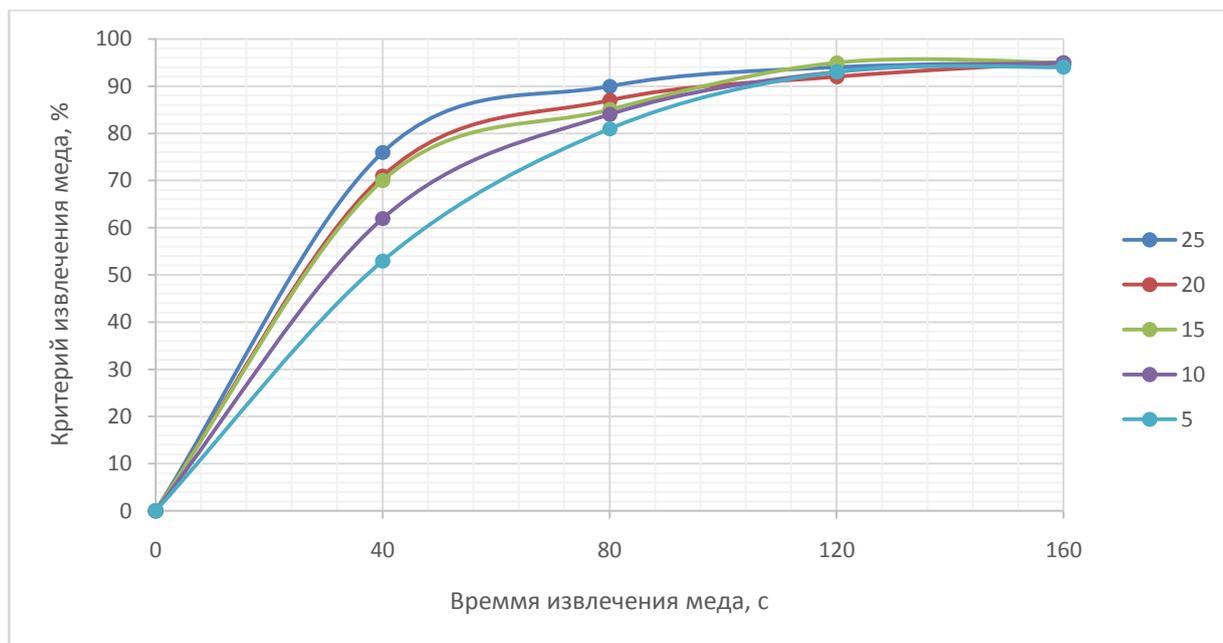


Рисунок 4.13 – Зависимость интенсивности извлечения меда при различных углах наклона рамки

Чтобы определить оптимальную угловую скорость ротора, при которой достигается эффективная скарификация пергового сота, была изготовлена кассета с сеткой изогнутой вдоль армирующих проволок сота с радиусом кривизны 0.55 м (рисунок 4.14).



Рисунок 4.14 – Кассета для скарификации перговых сотов

Эффективность скарификации в центрифуге оценивалась достижением прилегания рамки к кассете. При скарификации перговых сотов в кассетах с радиусом кривизны 0,55 м установлено, что рациональная частота вращения ротора агрегата должна составлять 30,4 рад/с при радиусе ротора 0,28 м.

Выводы по главе 4

1. Установлено, что при изгибе перговых сотов разрыв стенок ячеек происходит с наружной стороны сота. Скарификацию сотов целесообразнее проводить вдоль армирующих проволок сота по ширине рамки, а при извлечении меда следует ограничивать угловую скорость ротора вертикально расположенных рамок для снижения нагрузки и исключения повреждения ячеек пчелиных сотов. Так же установлено, что процесс скарификации перговых сотов целесообразно производить в специальных кассетах, позволяющих обеспечить прогиб с радиус кривизны около 0,55 м.

2. Установлено, что с уменьшением радиуса кривизны при изгибе время инфильтрации снижается, наибольшее снижение времени инфильтрации наблюдается при снижении радиуса кривизны менее 0,55 м. Таким образом, для скарификации перговых сотов возможно использовать изгиб сота по радиусу. Это обусловлено тем, что в процессе деформации происходит нарушение целостности ячеек, что будет способствовать воздухообмену перги с окружающей средой. Кроме того при изгибе происходит отрыв гранул перги от стенок ячеек.

3. Установлено, что наибольшая эффективность извлечения меда наблюдается при частоте вращения ротора 230 об/мин. При увеличении частоты вращения от 190 до 230 об/мин повышается эффективность извлечения меда с 73,3% до 99,7 %, при угле наклона 13°. Частота вращения ротора имеет большую значимость в сравнении с углом наклона рамки по влиянию на эффективность извлечения меда. Рациональными параметрами агрегата для извлечения меда являются частота вращения ротора 230 об/мин и угол наклона сота в 13°.

4. При скарификации перговых сотов в кассетах с радиусом кривизны 0,55 м установлено, что рациональная частота вращения ротора агрегата должна составлять 290 об/мин при радиусе ротора 0,28 м.

Глава 5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА АГРЕГАТА И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

5.1 Экспериментальные исследования агрегата

Производственный образец агрегата был разработан, а затем изготовлен, основываясь на рациональных конструктивно-технологических параметрах, выявленных с помощью лабораторных и теоретических исследований. Однако удельные энергозатраты и производительность агрегата при работе в различных режимах остаются не определенными.

В связи с этим, определение удельных энергозатрат и производительности агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов является целью дальнейших экспериментальных исследований.

Для проведения экспериментальных исследований в научно-исследовательской лаборатории инновационных и энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в растениеводстве и животноводстве Рязанского ГАТУ была изготовлен агрегат, общий вид которой представлен на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Общий вид опытно-производственной установки

Агрегат в режиме извлечения меда работает следующим образом. распечатанные медовые соты устанавливаются в кассеты с сеткой ротора, причем кассеты расположены под наклоном в 15° к вертикали. Привод ротора

осуществляется при помощи электродвигателя с частотным преобразователем, при вращении ротора под воздействием центробежной силы и мед отделяется от сотов, и стекает по стенкам цилиндрической емкости на дно агрегата, а после через кран с заслонкой в подготовленный сосуд. При опустошении ячеек сота с одной стороны рамки, ее вынимают и поворачивают на 180° , тем самым проводя извлечение меда с другой стороны.

Скарификация перговых сотов проводится при установленных в ротор кассет с изогнутой сеткой. В них помещаются перговые соты. Ротор вращается, соты выгибаются по форме изогнутой сетки с помощью центробежной силы, нарушается целостность ячеек пергового сота, что позволяет значительно уменьшить затраты энергии при дальнейшей сушке. После завершения скарификации одной стороны перговых сотов, рамку поворачивают другой стороной в кассете и повторяют скарификацию. После скарификации сотов с двух сторон перговую рамку направляют на сушку.

5.2 Экономический эффект применения агрегата

Эффективность внедрения агрегата определялась на пасеке, состоящей из 100 ульев. Выраженная через основные экономические показатели, эффективность включает в себя чистый дисконтированный доход и достигается путём уменьшения вероятности поломки сотов.

Расчет необходимых капитальных вложений, приходящихся на один улей (руб./улей), проводили для одного агрегата, который использовали для выполнения годового объема работ на пасеке по формуле:

$$K_{\text{пр.уд.}} = \frac{M_n + П_n + T_3 + C + ОП + ОХ}{W_{\text{год}}}, \quad (5.1)$$

где, M_n - затраты на покупку используемых материалов, руб.;

$П_n$ - затраты на покупку готовых изделий, руб.;

T_3 - транспортные затраты, руб.;

C - затраты на заработную плату при изготовлении агрегата, руб.;

$ОП$ - общепроизводственные затраты, руб.;

ОХ – общехозяйственные затраты, руб.;

$W_{\text{год}}$ — срок службы агрегата, лет.

Транспортные затраты рассчитывали исходя из удельной стоимости покупки материалов и изделий:

$$T_3 = \frac{(P_n + M_n) \cdot \mu_{mp}}{100}, \quad (5.2)$$

где, μ_{mp} — процент транспортных затрат (20%).

Затраты на заработную плату при изготовлении агрегата рассчитывали по формуле:

$$C_3 = OT_{\text{тар}} \cdot \alpha_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{доп}} \cdot \alpha_{\text{отч}} \quad (5.3)$$

где, $OT_{\text{тар}}$ – тариф на оплату труда, руб.;

$\alpha_{\text{п}}$ - коэффициент, учитывающий премии, принимали в размере 1,2... 1,4;

$\alpha_{\text{доп}}$ - коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда, принимали в размере 1,12... 1,16;

$\alpha_{\text{отч}}$ - коэффициент, учитывающий отчисления на страхование, принимали в размере 1,261.

Тариф на оплату труда определяли по трудоемкости работ и квалификации персонала, соответствующих разрядов:

$$OT_{\text{тар}} = \tau_{\text{час}} \cdot T_{\text{ем}} \cdot n \quad (5.4)$$

где, $\tau_{\text{час}}$ — тарифная ставка персонала соответствующего разряда, руб.;

$T_{\text{ем}}$ — трудоемкость работ, по изготовлению агрегата, чел/ч.

Общехозяйственные и общепроизводственные затраты определяли с учетом зарплаты по изготовлению агрегата:

$$OP = \frac{\mu_{\text{оп}} \cdot OT_{\text{тар}}}{100} \quad (5.5)$$

где, $\mu_{\text{оп}}$ - коэффициент общепроизводственных затрат (10... 15%).

$$OX = \frac{\mu_{\text{ох}} \cdot OT_{\text{тар}}}{100} \quad (5.6)$$

где, $\mu_{\text{ох}}$ - коэффициент общехозяйственных затрат (15.. 20%).

Удельные капиталовложения на один улей определяли по формуле:

$$K_{\text{б.уд.}} = \frac{K \cdot \Pi_{\text{об}}}{W_{\text{год}}} \quad (5.7)$$

где, $\Pi_{\text{об}}$ – стоимость агрегата, руб.

Удельные эксплуатационные затраты на обслуживание (извлечение меда и скарификация перговых сотов) одного улья определяли по формуле:

$$И_3 = A + З + C_3 + T_p + \Pi_p, \quad (5.8)$$

где, A – удельные амортизационные отчисления агрегата, руб./улей;

$З$ - удельная годовая заработная плата с начислениями, руб./улей;

C_3 — удельные годовые затраты на электроэнергию, руб./улей;

T_p — удельные отчисления на ТО и ремонт, руб./улей;

Π_p — удельные прочие затраты, руб./улей.

Удельную годовую заработную плату с начислениями определяли по формуле:

$$З = \frac{\alpha_n \cdot \alpha_{\text{отч}} \cdot \alpha_{\text{доп}} (T_{\text{год}} \cdot \tau_{\text{час}})}{W_{\text{год}}}, \quad (5.9)$$

где, $T_{\text{год}}$ - трудоемкость работ по извлечению меда и скарификации перговых сотов, чел.-ч.

Удельные амортизационные отчисления агрегата в расчете на один улей (руб./улей) определяли по формуле:

$$A = \frac{N_A \cdot K_{\text{б.уд.}}}{100 W_{\text{год}}}, \quad (5.10)$$

где, N_A - норматив амортизационных отчислений агрегата (12,5%).

Удельные отчисления на ТО и ремонт агрегата в расчёте на один улей определяли по формуле:

$$T_p = \frac{N_p \cdot K_{\text{б.уд.}}}{100 W_{\text{год}}}, \quad (5.11)$$

где N_p — норматив отчислений на ТО (16 %).

Удельные годовые затраты на электроэнергию определяли по формуле:

$$C_{эл} = \frac{P \cdot T_э \cdot t \cdot K_з}{W_{год} \cdot n}, \quad (5.12)$$

где P — мощность электродвигателя агрегата, кВт;

$T_э$ — стоимость электроэнергии, кВт*ч/ руб.;

t — годовое время работы, ч.;

$K_з$ - коэффициент загрузки агрегата;

n – количество обслуживаемых ульев, шт.

Удельные прочие затраты определяли по формуле:

$$П_{уд} = 0,10 \cdot (З + T_p + A + C_э), \quad (5.13)$$

Удельный дополнительный эффект от применения агрегата определяли по формуле:

$$УД = Ц \cdot (ВП_{на} - ВП) / n, \quad (5.14)$$

где, $ВП_{на}$ - валовая продукция нового агрегата, кг;

$ВП$ - валовая продукция базисного агрегата, кг.

Срок окупаемости внедрения агрегата определяли по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{б.уд.}}{УД - И_э} \quad (5.15)$$

Определение дисконтированного дохода от внедрения агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов:

Эффективность применения агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов определяется денежным потоком, являющимся зависимостью денежных переводов от времени в расчётный период. Расчётный период для проведения экономического обоснования определяется интервалом – сроком службы агрегата. Расчётный период разбивают на промежутки, позволяющие полноценно анализировать финансовые показатели – в условиях пасеки это

годовой цикл работ. Денежный поток в годовом цикле работ определяется величинами оттока и притока денежных средств [16, 55, 56, 57]

Дисконтирование применяют для сравнения значений денежного потока к капиталовложениям в начальный период, что позволяет в финансовых вычислениях учитывать фактор времени, связанный с инфляцией, банковскими ставками и т.п. Влияние временного фактора определяется результатами, эффектами, и разновременными затратами учитывается нормой дисконта (E), равной норме дохода на капиталовложения и выражается в процентах.

Денежный поток рассчитывается как капиталовложения в начальный момент времени, умноженные на коэффициент дисконтирования α_m , определяемый для нормы дисконта E :

$$\alpha_m = \frac{1}{(1 + E)^m} \quad (5.16)$$

где m – шаг дисконтирования ($m=1,2,\dots,n$).

Чтобы проанализировать экономическую эффективность, в настоящее время в мире используют такие показатели как: срок окупаемости капиталовложений, чистый дисконтированный доход, индекс доходности и внутренние нормы.

Чистым дисконтированным доходом (ЧДД) от внедрения агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов с учётом неравномерности эффектов, которые относятся к различным моментам времени, определяется превышение суммарных поступлений над суммарными затратами. При выполнении сравнительного анализа предпочтение отдают проекту с наибольшим значением ЧДД. В проекте величина ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{m=0}^n \frac{\Pi_m}{(1 + E)^m} - \sum_{m=0}^n \frac{K_m}{(1 + E)^m} \quad (5.17)$$

где Π_m – прибыль, получаемая на m -том шаге;

K_m – капитальные вложения на m -том шаге.

Доход от внедрения агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов, достигается за счет снижения вероятности поломки сотов и

увеличения производительности агрегата.

Полученные данные из расчёта ЧДД при разной банковской ставке и уровнях инфляции показаны в таблицах 5.1 – 5.3.

Таблица 5.1 Определение ЧДД при уровне инфляции $\delta=0,1$ и норме доходности $E=0,08$

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Капиталовложения, руб.	-26200					
Прибыль за счет снижения вероятности поломки сотов, руб.		12566	12566	12566	12566	12566
Денежные потоки	-26200	12566	12566	12566	12566	12566
Коэффициент дисконтирования, α_m		0,926	0,857	0,794	0,735	0,681
Годовой дисконтированный доход, руб.	-26200	11636,12	10774,18	9976,09	9237,12	8552,89
ЧДД, руб.						23976,4

Таблица 5.2 Определение ЧДД при уровне инфляции $\delta=0,1$ и норме доходности $E=0,1$

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Капиталовложения, руб.	-26200					
Прибыль за счет снижения вероятности поломки сотов, руб.		12566	12566	12566	12566	12566
Денежные потоки	-26200	12566	12566	12566	12566	12566
Коэффициент дисконтирования, α_m		0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
Дисконтированный годовой доход, руб.	-26200	11422,49	10384,08	9440,08	8581,89	7801,72
ЧДД, руб.						21430,26

Таблица 5.3 Определение ЧДД при уровне инфляции $\delta=0,1$ и норме доходности $E=0,12$

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Капиталовложения, руб.	-26200					
Прибыль за счет снижения вероятности поломки сотов, руб.		12566	12566	12566	12566	12566
Денежные потоки	-26200	12566	12566	12566	12566	12566
Коэффициент дисконтирования, α_m		0,893	0,797	0,712	0,636	0,567
Дисконтированный годовой доход, руб.	-26200	11221,44	10019,14	8945,66	7987,2	7131,43
ЧДД, руб.						19104,87

В данных таблицах представлены расчеты ЧДД для различных уровней банковских ставок и инфляции. ЧДД изменяется от 19104,87 руб. до 23976,4 руб.

Выводы по главе 5

1. Из расчета экономической эффективности следует, что основной доход при использовании агрегата обусловлен снижением вероятности поломки сотов. Чистый дисконтированный доход рассчитан для различных уровней инфляции и банковской ставки, в частности при уровне инфляции 0,1 и уровне доходности 0,08 ЧДД за 5 лет будет равен 23976,4 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современных средств механизации пчеловодства показывает, что применяемые на небольших пасеках машины и аппараты имеют низкие показатели работы. Они выполняют только одну операцию и используются непродолжительный период в году.

2. Исходя из условий каплеобразования и скорости стекания капель меда, предпочтительной температурой для извлечения меда является 35 °С. Установлено, что толщины стенок ячеек изменяются от 0,15 до 0,35 мм. При этом средняя величина стенок ячеек магазинных сотов составляет 0,24 мм. Прочность восковых образцов снижается с повышением температуры. На основе анализа, установлено, что прочность изменяется по логарифмической кривой от 407,6 кПа при температуре 5°С до 66 кПа при температуре 45 °С.

3. Теоретически установлено, что при угловой скорости 26 рад/с растягивающие напряжения при поперечном изгибе сотов составляют $3,479 \cdot 10^5$ Па почти в 1,73 раза выше, чем при продольном изгибе сотов $2,009 \cdot 10^5$ Па, и может привести к разрыву восковых пластинок ячеек.

4. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что рациональными параметрами агрегата при извлечении меда являются угол наклона сота в 15° и угловая скорость ротора агрегата 24,1 рад/с. При скарификации перговых сотов в кассетах с радиусом кривизны 0,55 м рациональная угловая скорость ротора агрегата должна составлять 30,4 рад/с при радиусе ротора 0,28 м.

5. При уровне инфляции 0,1 и уровне доходности 0,08 чистый дисконтированный доход за 5 лет будет равен 23976,4 руб.

Рекомендации производству

Применение усовершенствованного агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов позволяет снизить повреждения восковой основы сотов. Для условий небольших пасек следует развивать создание универсальных агрегатов, способны выполнять несколько операций для получения различных продуктов пчеловодства.

Перспектива дальнейшей разработки темы

Совершенствование агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов следует вести в направлении автоматизации управления режимами работы в зависимости от условий работы и начальных параметров перговых и медовых сотов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. № 119561 СССР, МКИ А 01 К 59/ 06. Устройство для извлечения продуктов пчеловодства из сотов / И.А. Дудов, Ю.В. Донченко, А.Н. Малик и др. (СССР). № 3702912/ 30-15 Заявлено 20.02.84; Оpubл. в Б.И., 1985, №45.
2. А.с. № 184556 СССР, А 01 К 59/02. Установка для распечатывания сотов / И.П. Евдокименко (СССР). - № 931693/30-15; Заявлено 30.11.1964 Оpubл. 21.7.1966. Бюл. № 15.
3. А.с. № 361779 СССР, МКИ А 01 К 59/06. Устройство для извлечения твердого материала / П.В. Бибииков, Л.А. Бондарь (СССР). - № 1653907/30-15; Заявлено 12.04.71. Оpubл. в Б.И., 1973, № 2.
4. А.с. № 820761 СССР, А 01 К 59/02. Устройство для вскрытия медовых сотов / В.А. Черный, Н.Г. Плотникова, В.В. Ворожбитов (СССР). – № 2510326/30-15; Заявлено 21.07.77. Оpubл. 15.04.81. Бюл. № 14.
5. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 279с.
6. 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.
7. Афанасьев, А.М. Сравнения теоретических и экспериментальных исследований центробежной скарификации пчелиных сотов / А.М. Афанасьев, М.В. Коваленко, Р.А. Мамонов // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона: материалы 67-ой Международной научно-практической конференции. - Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. - С. 9-13.
8. Афанасьев, А.М. Конструкция комбинированного агрегата для

обработки пчеловодческой продукции/ А.М. Афанасьев, М.Ю. Афанасьев// Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2017.- № 2 (5). - С. 175-178.

9. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 2 / М.И. Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. - М.: Наука, 1985. - 560с.

10. Бронников, В.И., Каширин Д.Е. Исследование физико-механических свойств перги и воскового вороха // Современные энерго и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Часть 2, Рязань, 1999, с. 70-71.

11. Бышов, Н.В. Совершенствование энергосберегающих технологий извлечения перги / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, И.А. Успенский, И.А. Мурог, И.К. Данилов, Г.Д. Кокорев, И.А. Юхин, С.Н. Гобелев, С.В. Колупаев. - Рязань, 2017. – 192 с.

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

13. Винокуров, С.В. Технология и установка для сушки перги в сотах: дис.канд. тех. наук: 05.20.01 / Винокуров Святослав Викторович. - Рязань, 2002. - 196с.

14. Волкова, Н.А. Экономическая оценка инженерных проектов: Методика и примеры расчетов на ЭВМ / Н.А. Волкова, В.В. Коновалов, И.А. Спицын, А.С. Иванов. - Пенза: РИО ПГСХА, 2002. - 242с.

15. ГОСТ 11.003-73 Прикладная статистика. Равномерно распределенные случайные числа. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1974. - 15с.

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

17. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. - М.: Государственный комитет СССР

по управлению качеством продукции и стандартам, 1981 - 19с.

18. ГОСТ Р ИСО 24153-2012 Статистические методы. Процедуры рандомизации и отбора случайной выборки. - М.: Стандартинформ, 2014.- 35 с.
19. Еськов, Е. К. Факторы, влияющие на размеры ячеек пчелиных сотов / Е. К. Еськов, М. Д. Еськова // Пчеловодство. -2012. -№ 8. -С. 18-21
20. Ишмуратова, Н. М. Маточное вещество пчел как пищевой аттрактант / Н. М. Ишмуратова, К. А. Тамбовцев, Г. Ю. Ишмуратов // Пчеловодство. -2012. -№ 7. -С. 18-19
21. Касьянов, А.И. Соты – основа гнезда пчелиной семьи / А.И. Касьянов, В.И. Лебедев // Пчеловодство. – 2014. - № 4. – С.52-55.
22. Каширин, Д.Е. Технология и устройство для измельчения перговых сотов: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Каширин Дмитрий Евгеньевич. - Рязань, 2001. - 182с.
23. 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. - 474с.
24. Кирьянов, Ю.В. / Пчеловодный инвентарь и пасечное оборудование. – М.: Мир, 2004.
25. Кирьянов, Ю.В., / Технология производства и стандартизации продуктов пчеловодства // Ю.В. Кирьянов, Т.М. Русаков. – М.: Колос, 1998.
26. Коваленко, М.В. Совершенствование технологии извлечения перги из пчелиных сотов с обоснованием параметров и режимов работы центробежного скариффикатора: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Коваленко Михаил Валерьевич. - Рязань, 2016. - 191с.
27. Колтовская, Е.В. Исследование способов скариффикации перговых сотов / Е.В. Колтовская, Д.Е. Каширин, Д.Н. Бышов, Е.О. Трубчанинов, И.И. Ерёмин // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2019. - С. 203-206.
28. Комаров, А.А. Да ужалит вас пчела / А.А. Комаров. - Тула:

Коммунар, 1991. - 64с.

29. Комаров, А.А. Пчеловодство. Учебно-справочная книга / А.А. Комаров. - Тула: Ритм, 1992. - 224с.

30. Королев, В. П. Пчеловодство : большая энциклопедия : [пасека, мед, рецепты здоровья и красоты, инвентарь, методы и приемы работы с пчелами, профилактика заболеваний и лечение пчел] / В. П. Королев. -Москва : Эксмо, 2012. -414, [1] с. : ил., табл

31. Корж, В.Н.. Начало пчеловодного дела: общие сведения о пчелиной семье, основные приемы ухода за пчелами, продукты пчеловодства, пасечный инвентарь / В. Н. Корж. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2015. - 205, [1] с. : ил. ; 21 с

32. Кривцов, Н.И. Получение и использование продуктов пчеловодства / Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев. - М.: Нива России, 1993. - 285с.

33. Кривцов, Н.И. Пчеловодство / Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев, Г.М. Туников - М.: Колос, 1999. - 399 с.

34. 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.

35. Курдюмов, В.И. Энергосберегающее устройство для сушки перговых сотов / В.И. Курдюмов, А.В. Журавлев // В мире научных открытий: Материалы II Всероссийской студенческой научной конференции– Ульяновск, 2013. – С.71-74.

36. Ларин, А.В. Технология извлечения перги из пчелиных сотов с разработкой установки для их скарификации: дис. ... канд. тех.наук: 05.20.01 / Ларин Александр Васильевич. - Рязань, 2007. - 173 с.

37. Лебедев В.И. Инновационные приемы и методы пчеловодства / В.И. Лебедев, Л.В. Прокофьева, А.П. Савин, А.В. Бородачѳев, Л.Н. Савушкина, Д. Ковач, Н.В. Будникова, М.Н. Харитоновна, Н.П. Андреева, Н.Г. Билаш // ред.: О.С. Мелентьевой. - Сергиев Посад -2018

38. Лебедев В.И. Научно обоснованная технология получения перги на

пасеке / В.И. Лебедев, М.Н. Харитонова // Сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству - 2016. - С. 122-129.

39. Лебедев, В. И. Факторы, влияющие на восковыделение и строительство сотов пчелами / В. И. Лебедев, Т. Г. Чепко // Пчеловодство. -2012. -№ 4. -С. 15-17.

40. Лебедев, В.И. Перга и ее заготовка на пасеке//Пчеловодство.–2005.- №8. – С. 50-51.

41. 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.

42. Лебедев В.И. Основные задачи по развитию пчеловодства России на ближайшее десятилетие / В.И. Лебедев, Ян.Л. Шагун // Сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству и апитерапии - 2018. - С. 7-11.

43. Лебедев В.И. Состояние и основные направления стратегии развития пчеловодства в России / В.И. Лебедев, Л.В. Прокофьева, Ю.В. Докукин, Я.Л. Шагун // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2018. - № 1 (37). - С. 42-47.

44. Лебедев В.И. Пчеловодство России / В.И. Лебедев, Л.В. Прокофьева, Ю.В. Докукин // сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству - 2016. - С. 3-9.

45. Лебедев В.И. Научно обоснованный регламент производства продуктов пчеловодства / В.И. Лебедев, М.Н. Харитонова // Журнал Пчеловодство. - 2017. - № 2. - С. 46-50.

46. Максимов Н.М. Анализ оборудования для получения пчелиного воска на пасеках Н.М. Максимов.//Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2018. - № 1 (6). - С. 66-71.

47. Максимов Н.М. Перспективная технология переработки воскового сырья на пасеках с использованием парогенератора / Н.М.

Максимов, В.В. Морозов //Традиции и инновации в развитии АПК: Материалы международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 493-499.

48. Максимов Н.М. Предпосылки к разработке технологии переработки воскосырья на пасеках с использованием парогенератора // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 69-ой международной научно-практической конференции. Рязань: Изд-во Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, - 2018. - С. 235-239.

49. Максимов Н.М. Совершенствование технологии переработки воскосырья на пасеках с использованием парогенератора // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы международного молодежного аграрного форума. Майский: Изд-во Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, - 2018. - С. 148-151.

50. Максимов Н.М. Упрощённый способ извлечения перги из пчелиных сот / Н.М. Максимов, Е.В. Лосякова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 2 (66). - С. 57-61.

51. Мамонов Р.А. Свойства меда и сотов, необходимые для конструирования комплексного агрегата/ Р.А. Мамонов, А.М. Афанасьев, М.Ю. Афанасьев // Журнал Пчеловодство. - 2017.- № 7. - С. 43-45.

52. Мамонов, Р.А. Результаты исследования процесса центробежной скарификации воскоперговой массы пчелиных сотов / Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 69-ой Международной научно-практической конференции. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2018. - С. 265-270.

53. Мелихов А.А. Перспективы внедрения инновационных технологий в отечественное пчеловодство/ А.А. Мелихов //В сборнике: Инновационные процессы в экономике, управлении и социальных коммуникациях Сборник материалов международной научной конференции. - 2015. - С. 300-304.

54. Медогонка "Оптима-3.1" [Электронный ресурс] // Пчеловод.КОМ. URL: <https://pchelovod.com/prod2522.html> (Дата обращения: 03.03.2020)
55. Методика определения экономической эффективности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в машиностроении для животноводства и кормопроизводства. - М.: ВНИПИ, 1986. - 51с.
56. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. - М.: РИЦ ГОСНИТИ., 1998. - 331с.
57. Методические рекомендации по разработке плана производственно-финансовой деятельности сельскохозяйственного предприятия. - М.: МСХ, 2001.
58. 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.
59. Миньков С. Г. Справочник пчеловода / С. Г. Миньков, И. С. Плотников // 3-е изд., перераб. и доп. — Алма-Ата: Кайнар, 1983. — 336 с
60. Некрашевич, В.Ф. Агрегат АИП-10 для извлечения перги из сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, И.Ф. Карачун // Журнал Пчеловодство. - 2014. - № 9. - С. 58-59.
61. Некрашевич, В.Ф. Анализ средств измельчения перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, К.В. Буренин // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной юбилею специальных кафедр инженерного факультета (60 лет кафедрам «Эксплуатации машино-тракторного парка», «Технологии металлов и ремонта машин», «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины», 50 лет кафедре «Механизации животноводства»).Рязань:ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. - С. 54-58.
62. Некрашевич, В.Ф. Извлечение перги из сотов / В.Ф. Некрашевич,

С.А. Стройков, В.И. Бронников //Пчеловодство. - 1988. - № 10. - С. 29-30.

63. Некрашевич, В.Ф. Масса капель меда и скорость его течения по восковой поверхности / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, А.М. Афанасьев, М.Ю. Афанасьев // Журнал «Пчеловодство» – 2018 - № 4. - С. 46-47.

64. Некрашевич, В.Ф. Влияние температуры на коэффициент трения пчелиного сота о нержавеющую сталь / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, В.В. Миронов, А.М. Афанасьев //Журнал «Пчеловодство» - 2017. - № 2. - С. 42-43.

65. Некрашевич, В.Ф. Инновационная технология и средства механизации в пчеловодстве / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.Н. Щипачев, М.В. Коваленко, К.В. Буренин // Материалы III Международного форума пчеловодов «Медовый мир», Ярославль. - 2012. - С. 24-25.

66. Некрашевич В.Ф. Совершенствование средств механизации первичной обработки продукции пчеловодства/ В.Ф. Некрашевич, А.А. Курочкин, А.М. Афанасьев // Журнал «Инновационная техника и технология» - 2016. - № 1 (6). - С. 19-23.

67. 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.

68. Некрашевич, В.Ф. Механизация пчеловодства / В.Ф. Некрашевич, Ю.Н. Кирьянов. - Рязань, 2005. - 291 с.

69. Некрашевич, В.Ф. Определение количества перги в сотах при организационно-экономических взаимоотношениях пчеловодов и переработчиков / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, М.В. Коваленко, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Вестник «Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева». - 2014. - № 4 (24). - С. 77-81.

70. Некрашевич, В.Ф. Инновационная технология извлечения перги из пчелиных сотов и экономические аспекты ее производства/ В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженева, Р.А. Мамонов, А.М. Афанасьев // Сборник «Наилучшие

доступные технологии». Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - 2016. - С. 49-54.

71. Некрашевич, В.Ф. Перга и способы извлечения ее из сотов/ В.Ф. Некрашевич, В.И. Бронников, С.В. Винокуров // Сб. науч. тр. асп., соиск., сотруд. РГСХА. - Рязань, 2001. - С. 398-401.

72. Некрашевич, В.Ф. Перга: технология, оборудование и экономические аспекты её производства / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, А.Г. Чепик, Т.В. Торженова, М.В. Коваленко // «Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии». - 2012. - №1- С. 139- 143.

73. Некрашевич, В.Ф. Результаты исследования процесса сушки перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, В.И. Бронников // Комплексная механизация возделывания сельскохозяйственных культур: Сб. науч. тр. - М., 1991. - С. 176-182.

74. Некрашевич, В.Ф. Результаты исследования прочностных свойств гранул перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин // Аграрная наука сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. IX Международная научно-практическая конференция (5-6 февраля 2014 г.). - Барнаул: РИО АГАУ, 2014. - Кн. 3. - С. 42-44.

75. Некрашевич, В.Ф. Результаты исследования прочностных свойств перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко, К.В. Буренин // Современная наука глазами молодых ученых: достижения, проблемы, перспективы: Материалы межвузовской научно- практической конференции 27 марта 2014 года. Часть 1. - Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. - С. 33-37.

76. Некрашевич В.Ф. Энерго- и ресурсосберегающая технология извлечения перги из пчелиных сотов и экономические аспекты ее производства/ В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженова, Р.А. Мамонов, А.М. Афанасьев, Е.И. Буренина// Журнал «Инновационная техника и технология». - 2016.- № 4 (9). - С. 31-35.

77. Некрашевич В.Ф. Исследование прочностных свойств восковой основы сотов/ В.Ф. Некрашевич, Мамонов Р.А., А.М. Афанасьев, М.Ю.

Афанасьев, М.Ю. Костенко, А.В. Шемякин //Пчеловодство. - 2020. - № 2. - С. 48-50.

78. 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.

79. Некрашевич, В.Ф. Технологическая линия извлечения перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Н.Б. Нагаев, К.В. Буренин, М.В. Коваленко, Е.И. Буренина // Журнал Пчеловодство. - 2015. - № 9. - С. 56-59.

80. Некрашевич, В.Ф. Технология, средства механизации и экономика производства перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, М.В. Коваленко.- Монография. -Рязань, 2013. - 102 с.

81. Некрашевич, В.Ф. Энергосберегающая технология и средства механизации извлечения перги из пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко, Т.В. Торженева, К.В. Буренин // Энергоэффективные и энергосберегающие технологии и системы: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию института механики и энергетики. – Саранск, 2012. - С. 128-132.

82. Некрашевич В.Ф. Комбинированный агрегат для переработки пчеловодной продукции/ В.Ф. Некрашевич, А.А. Курочкин, А.М. Афанасьев // Журнал «Пчеловодство» - 2016. - № - 5. - С. 48-49.

83. Омаров, Ш.М. / Апитерапия при заболеваниях желудочно-кишечного тракта // Пчеловодство. - 1995. - №12. - С. 16-18.

84. Осипов, В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена / В.А. Осипов. - М.: Энергия, 1969. - 392с.

85. Оськин С. В. Адаптивная технология зимнего электрообогрева пчел/ С. В.Оськин, Л.В. Потапенко, Д.А. Овсянников, Я.А. Ильченко// Научный журнал КубГАУ - №132(08) - 2017 – с. 3-11

86. Оськин С.В. Внедрение электротехнологий в пчеловодство / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 201-205.
87. Оськин С.В. Перспективы внедрения электротехнологий в пчеловодстве / С.В. Оськин, А.А. Кудрявцева, С.П. Волошин, Г.А. Султанов // журнал Сельский механизатор - 2019.-№ 3. - С. 21-23.
88. Оськин С.В. Способы повышения производительности труда в пчеловодстве / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год. – 2016. - С. 335-336.
89. Оськин С.В. Теплофизическое моделирование пчелиного улья – составная часть безопасной зимовки/С.В. Оськин, Л.В. Потапенко, Е.В. Пустовойтова, Н.Г. Рассолов// Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. - №29 (1) -Краснодар 2017.- С. 115-121
90. Оськин С.В. Электротехнологические способы повышения производительности труда в пчеловодстве/ С.В.Оськин, Л.В. Потапенко, А.А. Блягоз, Я.А. Ильченко //Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 69. - С. 333-336.
91. Патент на изобретение № 2185726 РФ, А01К59/00. Способ извлечения перги из сотов / В.Ф. Некрашевич, В.И. Бронников, С.В. Винокуров (РФ). № 2000130858/13; Заявлено 08.12.2000; Опубликовано. 27.07.2002. Бюл. № 21.
92. Патент на изобретение № 2280981 РФ, А01К59/02. Установка для скарификации перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Д.Е. Каширин, А.В. Ларин (РФ). № 2005104061/12; Заявлено 15.02.2005; Опубликовано 10.08.2006. Бюл. № 22.

93. Патент на изобретение № 2452175 РФ, А01К59/00. Агрегат для извлечения перги / В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженева, С.В. Некрашевич, Р.А. Мамонов (РФ). № 2010147625/13; Заявлено 22.11.2010; Опубликовано 10.06.2012. Бюл. № 16.

94. Патент Российской Федерации № 147422, МПК А01К 59/00. Кассета для центробежной скарификации перговых сотов / Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А., Торженева Т.В., Коваленко М.В., Буренин К.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. - № 2014122358/13; заявл. 02.06.2014; опубл. 10.11.2014, Бюл. № 31. – 2 с.

95. Патент Российской Федерации № 2472340, МПК А01К 59/00. Способ скарификации перговых сотов / Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А., Коваленко М.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. - № 2011123184/13; заявл. 08.06.2011; опубл. 20.01.2013, Бюл. № 2. – 10 с.

96. Патент Российской Федерации № 2569482, МПК А01К 59/02. Способ отделения воскоперговой массы от ульевой рамки Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А., Торженева Т.В., Коваленко М.В., Буренина Е.И., Чепик А.Г., Шабуров Г.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. - № 2014122366/13; заявл. 02.06.2014; опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. – 4 с.

97. Патент Российской Федерации № 2615832, МПК А01К 59/02. Комбинированный агрегат для откачки меда, скарификации перговых сотов и отделения воскоперговой массы от рамок Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А., Торженева Т.В., Афанасьев А.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. - № 2016115950/13; заявл. 22.04.2016; опубл. 11.04.2017, Бюл. № 14.

98. Патент Российской Федерации № 189361 МПК А01К 59/04 Агрегат для откачки меда, скарификации перговых сотов и выделения из них воскоперговой массы / Афанасьев А.М., Афанасьев М.Ю., Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. -. № 2018119603; заявл. 28.05.2018. опубл. 21.05.2019, Бюл. № 31

99. Пестис, В.К. Пчеловодство/ В.К. Пестис, Н.И. Кривцов, В.И.Лебедев и др. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА - М., 2012 – 480с.

100. Прокофьева Л.В. Аспекты стратегии развития пчеловодства в России / Л. В. Прокофьева, Ю. В. Докукин, Я. Л. Шагун, В. И. Лебедев // Пчеловодство. – 2017. - № 2. – С. 6-7
101. Пустильник, Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е.И. Пустильник. - М.: Наука 1968. - 288с.
102. Радиальная медогонка с горизонтальной осью вращения [Электронный ресурс]// АСП СДЕЛАЕМ ПЧЕЛОВОДСТВО ПОНЯТНЕЕ И ПРОЩЕ. URL: <http://pas-journal.narod.ru/medogonka2.htm> (Дата обращения: 20.02.2020)
103. Румшинский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшинский. - М.: Наука, 1971. - 192с.
104. Синяков, А.Ф. Большой медовый лечебник/ А.Ф. Синяков. - М.:Эксмо,2012. - 640с.
105. Сокольский, С.С. Научно обоснованная технология производства продуктов пчеловодства /С.С. Сокольский, Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев // Краснодар: «Агропромполграфист». – 2000. – 277с.
106. Торженова Т.В. Организационно-экономические аспекты эффективного производства перги: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Торженова Татьяна Владимировна.- Рязань, 2010. - 181 с
107. Торженова, Т.В. Механизация и экономические аспекты промышленного производства перги / Т.В. Торженова, Р.А. Мамонов, В.Д. Хмыров // Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: Материалы национальной конференции. – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. - С.128-131.
108. Фролов, Д.И. Прочностной анализ модели рабочего органа при влиянии на него центробежной силы / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2015. - № 2. – С. 34-39.
109. Хисматулина, Н.З. Апитерапия / Н.З. Хисматулина. - Пермь: Мобиле, 2005. - 43с.
110. Хмыров В.Д. Результаты определения зависимости угла трения

пчелиного сота по нержавеющей стали от температуры / В.Д. Хмыров, Е.И. Буренина, В.В. Миронов, А.М. Афанасьев //Журнал «Инновационная техника и технология». – 2017. – №1. – С. 5-8.

111. Хорн, Хельмут. Все о меде: производство, получение, экологическая чистота и сбыт: пер. снем. / Хельмут Хорн, Корд Люльманн. - Москва : АСТ : Астрель, 2011. - 316 с.

112. Хорошунов Н.Г. Режим работы электропривода центрифуги для откачки меда из соторамок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.02 / Н.Г. Хорошунов; [Место защиты: Кубан. гос. аграр. ун-т].- Краснодар, 2011.- 144 с.: ил.

113. Хорошунов Н.Г. Технико-экономическое обоснование применения электропривода центрифуги для откачки меда с рациональным режимом работы /Н.Г. Хорошунов, Д.А. Овсянников//Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. - Краснодар: КубГАУ, 2011 - №01(65). - Шифр Информрегистра: 0421100012/2011. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/11/>

114. Хорошунов Н.Г. Экологически чистые методы повышения производительности труда в пчеловодстве /Н.Г. Хорошунов, Д.А. Овсянников// Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность № 1-2 (4-5), 2010, С. 134

115. Хорошунов Н.Г. Поведение меда в сотах в процессе откачки./ Н.Г. Хорошунов, С.В. Оськин //В сборнике: Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе III Российская научно-практическая конференция. - 2005. - С. 276-280-136.

116. Чепик, А.Г. Экономика и организация инновационных процессов в пчеловодстве и развитие рынка продукции отрасли / А.Г. Чепик, В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженова. - Монография; Рязань: Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина, 2010. - 212с.

117. Чудаков, В.Г. Технология продуктов пчеловодства / В.Г. Чудаков. - М.: Колос, 1979. - 160с.

118. Юраш, Н. И. Пчелы и мед: лечение и здоровое питание / Н. И.

Юраш. - Изд. 2-е. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2011. - 189 с.

119. Ярмош, Г.С. Малая механизация на любительских пасеках. / Г.С. Ярмош, А.Г. Ярмаш – М.: Агропромиздат, 1991.

120. Bogdanov, S. Quality and standards for pollen and beeswax / S. Bogdanov // XXXVIIth Apimondia international apicultural congress. Ljubljana. - 2003. - P.604.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2615832

**КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОТКАЧКИ МЁДА,
СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ
ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ ИЗ СОТА**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (RU)*

Авторы: *Некрашевич Владимир Федорович (RU), Мамонов Роман Александрович (RU), Торженева Татьяна Владимировна (RU), Афанасьев Александр Михайлович (RU)*

Заявка № 2016115950

Приоритет изобретения 22 апреля 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 11 апреля 2017 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 22 апреля 2036 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 615 832** (13) **C1**(51) МПК
A01K 59/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2016115950, 22.04.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.04.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.04.2016

(45) Опубликовано: 11.04.2017 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО
РГАТУ, Отдел патентной и изобретательской
работе, Липину В.Д.

(72) Автор(ы):

Некрашевич Владимир Федорович (RU),
Мамонов Роман Александрович (RU),
Торженова Татьяна Владимировна (RU),
Афанасьев Александр Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Рязанский государственный
агротехнологический университет имени
П.А. Костычева" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 880378 A1, 15.11.1981. RU
2488269 C1, 27.07.2013. CN 102669012 A,
19.09.2012. CN 103355223 A, 23.10.2012. US
3007255 A1, 07.11.1961. RU 2523007 C1,
20.07.2014.(54) **КОМБИНИРОВАННЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОТКАЧКИ МЁДА, СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ ИЗ СОТА**

(57) Формула изобретения

Комбинированный агрегат для откачки меда, скарификации перговых сотов и выделения воскоперговой массы из сота, включающий цилиндрическую емкость, ротор с приводом и имеющий возможность установки в нем хордиально и поочередно сменных кассет для откачки меда, скарификации перговых сотов и выделения воскоперговой массы из сота, отличающийся тем, что под кассетами на валу ротора расположены лопасти, выполненные по форме дна и снабженные в нижней части эластичными элементами, дно цилиндрической емкости выполнено по центру горизонтально, затем с уклоном вниз, а по периферии закончено канавкой, для удаления меда и выделенной из сота воскоперговой массы, в дне, начиная с конца горизонтальной части дна, сделан V-образный вырез, а в нем помещен лоток V-образной формы, снаружи цилиндрического корпуса закрываемый заслонкой.

Сведения об изменениях или дополнениях
отражаются в документе об изменениях

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 189361

АГРЕГАТ ДЛЯ ОТКАЧКИ МЕДА, СКАРИФИКАЦИИ
ПЕРГОВЫХ СОТОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗ НИХ
ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018119603

Приоритет полезной модели 28 мая 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 21 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 28 мая 2028 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **189 361** (13) **U1**
 (51) МПК
A01K 59/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
 ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК
A01K 59/04 (2013.01)

(21)(22) Заявка: 2018119603, 28.05.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.05.2018

Дата регистрации:
 21.05.2019

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 28.05.2018

(45) Опубликовано: 21.05.2019 Бюл. № 15

Адрес для переписки:
 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО
 РГТУ, Безносюк Р.В.

(72) Автор(ы):

Афанасьев Александр Михайлович (RU),
 Афанасьев Михаил Юрьевич (RU),
 Некрашевич Владимир Фёдорович (RU),
 Мамонов Роман Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Рязанский государственный
 агротехнологический университет имени
 П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГТУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2615832 C1, 11.04.2017. RU
 2523007 C1, 20.07.2014. US 1559319 A1,
 27.10.1925. BY 19353 C1, 30.08.2015. SU 880378
 A1, 15.11.1981. KR 101625808 B1, 30.05.2016.
 KR 101655044 B1, 07.09.2016.

(54) АГРЕГАТ ДЛЯ ОТКАЧКИ МЕДА, СКАРИФИКАЦИИ ПЕРГОВЫХ СОТОВ И ВЫДЕЛЕНИЯ
 ИЗ НИХ ВОСКОПЕРГОВОЙ МАССЫ

(57) Формула полезной модели

Комплексный агрегат для откачки меда, скарификации перговых сотов и отделения воскоперговой массы от рамок, включающий цилиндрическую емкость, закрываемую крышкой, ротор с приводом, отличающийся тем, что имеется поворотный механизм, расположенный хордиально, в который поочередно устанавливаются сменные кассеты для откачки меда, скарификации перговых сотов и отделения воскоперговой массы от сота, которые могут поворачиваться на оси для занятия места другой повернутой кассеты, под кассетами на валу ротора располагаются лопасти, выполненные по форме дна и снабженные в нижней части эластичными элементами, а дно выполнено по центру горизонтально, затем с уклоном вниз, а по периферии заканчивается канавкой, причем для удаления меда и отделенной от сота воскоперговой массы в дне сделан V-образный вырез, начиная с конца горизонтальной части дна, и помещенный в вырезе лоток V-образной формы, снаружи цилиндрического корпуса закрываемый заслонкой.

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

В процессе откачки меда частота вращения ротора составляла 230 об/мин, а угол наклона сота 15° к вертикали. В результате экспериментальных исследований было откачено 220 кг меда. Производительность агрегата для откачки меда составила 56 рамок в час.

Для изменения частоты вращения: для откачки меда 230 об/мин, для скарификации перговых сотов 310 об/мин применялся преобразователь частоты переменного тока DELTA VFD 007L. Для скарификации перговых сотов применялись специально изготовленные кассеты для изгиба рамок по радиусу 0,65 м. В процессе скарификации было обработано 14 рамок, производительность составила 84 рамки в час. Время сушки скарифицированных перговых рамок до влажности перги 14-15% составила 16,4 часа. Применение центробежной скарификации позволило сократить время сушки перги на 40%.

За время испытаний агрегат для откачки меда показал высокую надежность: поломок и отказов не наблюдалось.

Профессор кафедры «Технологии металлов
и ремонта машин»

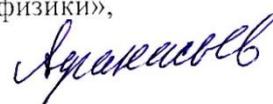
д.т.н., доцент



М.Ю. Костенко

доцент кафедры «Электротехники и физики»,

к.с/х.н., доцент



М.Ю. Афанасьев

Старший преподаватель кафедры «Электроснабжение»

к.т.н.



Н.Б. Нагаев

Соискатель



А.М. Афанасьев

Руководитель КФХ «Богдановская пасека»



К.А. Половинкин

**XXIII Московский международный
Салон изобретений и инновационных технологий**



«АРХИМЕД 2020»

ДИПЛОМ

*Решением Международного Жюри
награждается*

БРОНЗОВОЙ МЕДАЛЬЮ

*Рязанский инновационный клуб и
ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева"
за проект: «Агрегат для откачки меда, скарификации перговых
сотов и выделения воскоперговой массы»*

**Председатель
Международного Жюри,
академик,
член президиума РАН**

С.М. Алдошин

Президент Салона

Д.И. Зезюлин

**Руководитель
Федеральной службы
по интеллектуальной
собственности**

Г.П. Ивлиев

Россия, Москва, 24.03 - 27.03.2020 г.

Результаты эксперимента по определению зависимости времени течения меда через восковое отверстие от его температуры

Таблица Д Время течения меда через восковое отверстие в зависимости от его температуры

T, °C	t, c
22	18,75
25	10,58
30	6,46
35	4,15
40	3,23
45	2,9

Результаты эксперимента по определению зависимости времени стекания меда от угла наклона поверхностей алюминиевых пластин и пластин из нержавеющей стали.

Таблица Е Время течения меда по наклонной поверхности пластин из разного материала в зависимости от угла наклона

алюминий		нерж. сталь	
\angle	t	\angle	t
15	86,1	15	105,36
30	31,81	30	39,65
45	17,05	45	15,84
60	9,16	60	8,14
90	7,65	90	6,88

Результаты эксперимента по определению зависимости предела прочности пчелиного воска от температуры

Таблица Ж Зависимость предела прочности пчелиного воска от температуры

$T, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{max}}, \text{кПа}$
5	406
10	310
15	233
20	190
25	159
30	141
35	102
40	85
45	66

Таблица 3 Зависимость времени инфильтрации от кривизны изгиба пергового сота

№	Время инфильтрации									
	1	68	136	118	95	46	95	44	14,6	51
2	174	54	125	102	73	49	105	58	33	123
3	102	111	107	51	112	64	112	123	102	107
4	86	163	83	76	142	143	126	75	112	31
5	152	82	159	129	106	102	74	69	96	22
6	74	126	51	74	54	59	63	128	120	133
7	161	136	144	89	121	111	39	108	46	56
8	138	141	63	144	66	107	140	41	71	131
9	79	69	112	118	106	88	96	67	96	99
10	115	73	101	93	89	93	82	59	109	94
	114,9	109,1	106,3	97,1	91,5	91,1	88,1	74,26	83,6	82,5
R=	5,01	2,525	1,704	1,3	1,0625	0,908	0,802	0,725	0,668	0,625

Тарировочный график частотного преобразователя DELTAVFD 007L 21B

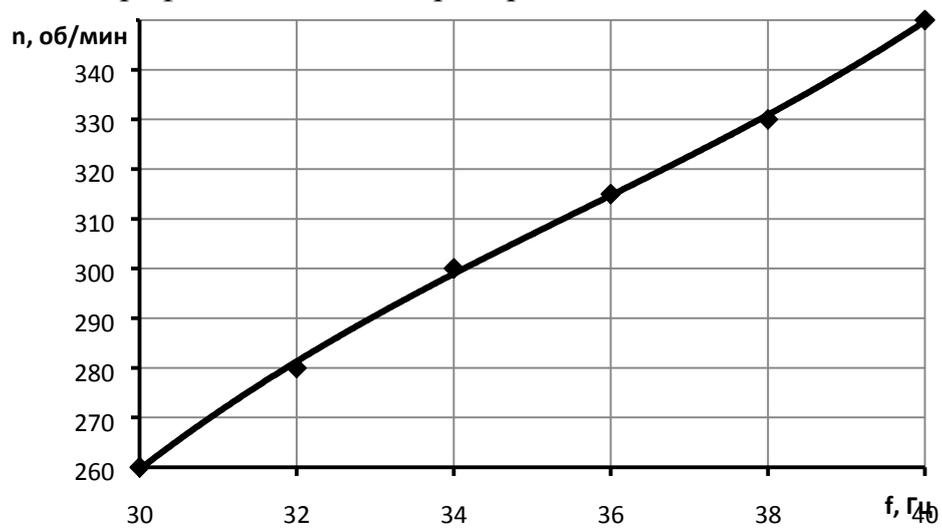


Рисунок И – Тарировочный график частотного преобразователя DELTAVFD 007L 21B

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Результаты эксперимента по определению зависимости эффективности извлечения меда от угла наклона рамки и частоты вращения ротора

Таблица К Зависимость эффективности извлечения меда от угла наклона рамки и частоты вращения ротора

Частота, об/мин	Угловая скорость, рад/с	Угол	Масса рамки, г	Количество оставшегося меда, %
0	0,00	0	400	100,0
110	11,51	0	387	88,4
130	13,61	0	360	64,3
150	15,70	0	349	54,5
170	17,79	0	335	42,0
190	19,89	0	318	26,8
210	21,98	0	310	19,6
230	24,07	0	289	0,9
250	26,17	0	288	0,0
0	0,00	10	385	100,0
110	11,51	10	371	89,3
130	13,61	10	357	78,6
150	15,70	10	340	65,6
170	17,79	10	318	48,9
190	19,89	10	307	40,5
210	21,98	10	295	31,3
230	24,07	10	287	25,2
250	26,17	10	278	18,3
0	0,00	20	333	100,0
110	11,51	20	308	82,6
130	13,61	20	280	63,2
150	15,70	20	249	41,7
170	17,79	20	227	26,4
190	19,89	20	208	13,2
210	21,98	20	197	5,6
230	24,07	20	193	2,8
250	26,17	20	189	0,0
0	0,00	30	180	100,0

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К

110	11,51	30	156	79,3
130	13,61	30	136	62,1
150	15,70	30	113	42,2
170	17,79	30	86	19,0
190	19,89	30	72	6,9
210	21,98	30	66	1,7
230	24,07	30	64	0,0
250	26,17	30	64	0,0
0	0,00	40	382	100,0
110	11,51	40	372	92,7
130	13,61	40	350	76,6
150	15,70	40	311	48,2
170	17,79	40	280	25,5
190	19,89	40	269	17,5
210	21,98	40	260	10,9
230	24,07	40	254	6,6
250	26,17	40	247	1,5
0	0,00	50	389	100,0
110	11,51	50	360	81,4
130	13,61	50	345	71,8
150	15,70	50	320	68,5
170	17,79	50	290	36,5
190	19,89	50	275	26,9
210	21,98	50	254	13,5
230	24,07	50	249	10,3
250	26,17	50	244	7,1
0	0,00	60	229	100,0
110	11,51	60	205	84,7
130	13,61	60	159	55,4
150	15,70	60	131	44,4
170	17,79	60	106	21,7
190	19,89	60	98	16,6
210	21,98	60	85	8,3
230	24,07	60	80	5,1
250	26,17	60	77	3,2
0	0,00	70	228	100,0

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К

110	11,51	70	189	74,5
130	13,61	70	153	51,0
150	15,70	70	122	30,7
170	17,79	70	109	22,2
190	19,89	70	84	5,9
210	21,98	70	79	2,6
230	24,07	70	76	0,7
250	26,17	70	75	0,0

Результаты эксперимента по определению зависимости интенсивности извлечения меда при различных углах наклона рамки

Таблица Л Зависимость интенсивности извлечения меда при различных углах наклона рамки

Время извлечения меда, с	Критерий извлечения меда, %				
	5	10	15	20	25
0	0	0	0	0	0
40	71	76	70	62	53
80	87	90	85	84	81
120	92	94	95	93	93
160	95	95	95	95	94