

На правах рукописи



АФАНАСЬЕВ АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ

**АГРЕГАТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДА И СКАРИФИКАЦИИ
ПЕРГОВЫХ СОТОВ**

Специальность: 05.20.01 - Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Костенко Михаил Юрьевич

Официальные оппоненты: **Оськин Сергей Владимирович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», заведующий кафедрой «Электрических машин и электропривода»
Максимов Николай Михайлович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия», доцент кафедры «Автомобили, тракторы и сельскохозяйственные машины»

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный научный центр пчеловодства»

Защита диссертации состоится «23» марта 2021 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан « » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. 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.

Продукты пчеловодства имеют широкое применение в пищевой промышленности, медицине, косметологии и парфюмерии. В настоящее время около 70 % пасек содержат менее 100 пчелосемей. При этом наблюдается рост количества пчелосемей в КФХ и у индивидуальных предпринимателей - рост составил 151,2%. Для использования в условиях небольших пасек целесообразно применить технологические приемы и технологию получения продуктов пчеловодства, разработанные в ФГБОУ ВО РГАТУ. За сезон от одной пчелиной семьи, кроме меда и воска, можно получать 3-5 кг перги. Актуальным для современного момента является разработка агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в изучение вопросов механизации получения меда и перги внесли российские ученые: Бибигов 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 извлечения меда и скарификации перговых сотов.

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.

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 и на полезную модель RUS 189361 от 28.05.2018.

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.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. 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.

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

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.), 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. Получены 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.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель работы и ее народнохозяйственное значение. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Способы и средства механизации извлечения меда и скарификации перговых сотов» осуществлен анализ состояния вопроса, определены задачи исследования.

Проведя анализ способов и средств извлечения меда и скарификации перговых сотов, следует отметить, что на сегодняшний день наиболее перспективным с точки зрения повсеместного применения, являются способы извлечения меда и скарификации перговых сотов с помощью центробежной силы.

Во второй главе «Физико-механические свойства меда и перговых сотов» для обоснования параметров и режимов работы агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов были определены физико-механические и другие свойства обрабатываемого сырья.

В программу исследований входило:

- определение зависимости массы капель и времени истечения меда из воскового отверстия от температуры;
- определение скорости течения мёда в зависимости от угла наклона пластины, изготовленной из различных материалов;
- исследование толщины стенок ячейки пчелиного сота;
- исследование напряжений растяжения образцов из пчелиного воска в зависимости от температуры.

В третьей главе «Теоретические исследования по обоснованию параметров агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов» проведены исследования прочности ячеек при изгибе пчелиных сотов с учетом возникающих центробежных нагрузок, а также изучен процесс извлечения меда в наклоненных сотах.

При изгибе сота под действием центробежных нагрузок внешний слой сота нагружен растягивающими усилиями, таким образом, исходя из величины растяжения внешнего слоя, возможно рассчитать усилия, способствующие растягиванию ячеек и их разрыву (рисунок 1).

Удлинение внешней поверхности пергового сота можно рассчитать по формуле

$$\Delta l = \frac{F_{цб}^{\tau} \cdot l}{E \cdot A} \quad (1)$$

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

l - высота пергового сота, м;

E - модуль упругости воска, Па;

A - площадь поперечного сечения восковых ячеек сота, м².

Для определения реакций, возникающих в углах восковых ячеек сота при центробежном воздействии, применим принцип независимости действия сил,

используем метод вырезания узлов для определения возникающих усилий в ячейке сота (рисунок 2).

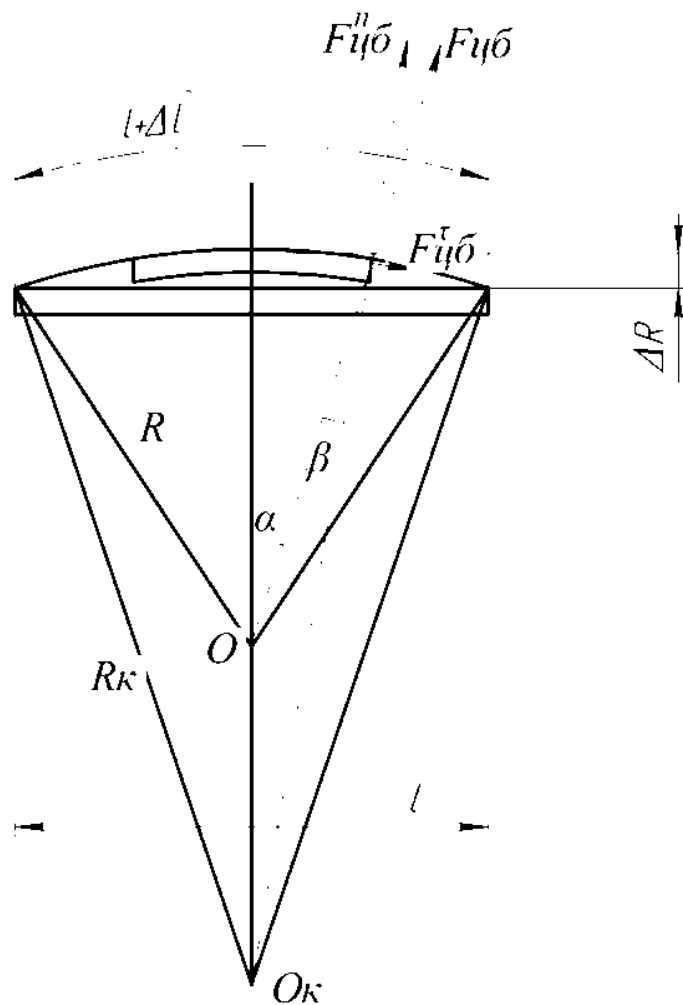


Рисунок 1 – Расчётная схема к определению удлинения внешней поверхности пергового сота

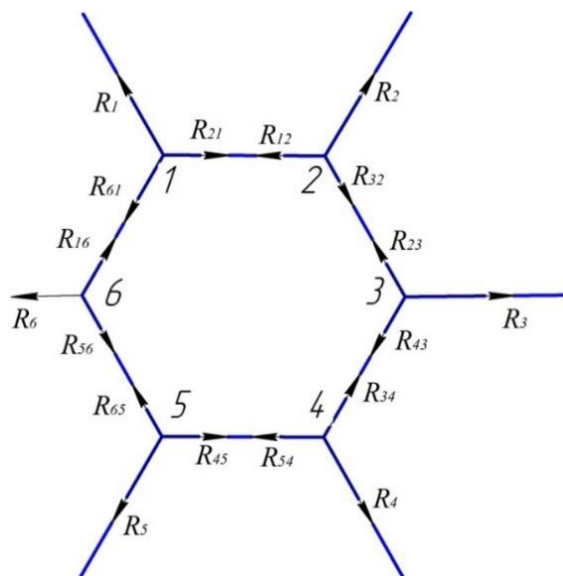


Рисунок 2 – Расчетная схема к определению усилий в узлах 1-6 ячейки сота

Исследуем реакции в ячейках сота при наибольших значениях центробежных сил. Рассмотрим действие сил в узле 1 при поперечном изгибе сотов в кассете ротора центрифуги (перпендикулярно верхнему брусу рамки). Уравнения равновесия выглядят следующим образом

$$\begin{cases} \Sigma x = 0 & R_{61} \cos 60^\circ + R'_1 \cos 60^\circ - R_{21} = 0 \\ \Sigma y = 0 & R_{61} \sin 60^\circ - R'_1 \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Аналогичные уравнения запишем для остальных узлов.

$$\text{Для узла 2:} \begin{cases} \Sigma x = 0 & R_{32} \cos 60^\circ + R'_2 \cos 60^\circ - R_{12} = 0 \\ \Sigma y = 0 & R_{32} \sin 60^\circ - R'_2 \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{Для узла 3:} \begin{cases} \Sigma x = 0 & R_{23} \cos 60^\circ + R_{43} \cos 60^\circ - R'_3 = 0 \\ \Sigma y = 0 & R_{23} \sin 60^\circ - R_{43} \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Для узла 4:} \begin{cases} \Sigma x = 0 & R_{34} \cos 60^\circ + R'_4 \cos 60^\circ - R_{12} = 0 \\ \Sigma y = 0 & R_{34} \sin 60^\circ - R'_4 \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{Для узла 5:} \begin{cases} \Sigma x = 0 & R_{65} \cos 60^\circ + R'_5 \cos 60^\circ - R_{45} = 0 \\ \Sigma y = 0 & R_{65} \sin 60^\circ - R'_5 \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Для узла 6:} \begin{cases} \Sigma x = 0 & F_{ц6}^r - R_{16} \cos 60^\circ - R_{56} \cos 60^\circ = 0 \\ \Sigma y = 0 & R_{16} \sin 60^\circ - R_{56} \sin 60^\circ = 0 \end{cases} \quad (7)$$

В результате решения систем уравнений нами получены значения неизвестных реакций:

$$R_{21} = R_{23} = R_{43} = R_{54} = R_{56} = R_{16} = F_{ц6}^r \quad (8)$$

Рассчитаем растягивающие напряжение, действующее на боковую стенку (восковую пластинку) ячейки сота .

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A} = \frac{2F_{ц6}^r}{h^2 \cdot S} \quad (9)$$

Построим в программе Mathcad 15 зависимость напряжений, возникающих в ячейках при вертикальном расположении сота, от угловой скорости ротора на основании уравнения 9 (рисунок 3).

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. При угловой скорости 28 рад/с возникающие напряжения превышают 416 кПа, что может привести к разрыву ячеек сотов. С учетом допускаемых напряжений для воска при температуре 25 °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.

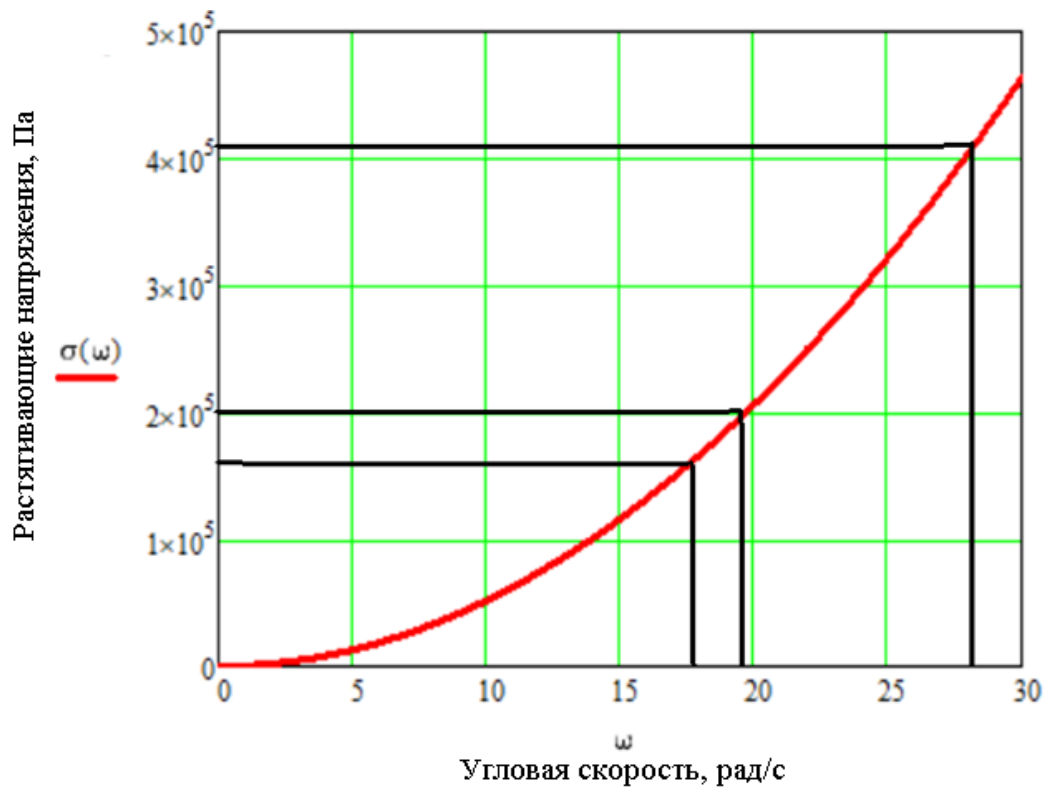


Рисунок 3 – Зависимость напряжений σ_1 (Па), возникающих в ячейках при поперечном изгибе сотов, от угловой скорости ротора ω (рад/с) агрегата

Аналогично исследовав усилия в ячейке, возникающие при продольном изгибе сотов в роторе центрифуги (вдоль верхнего бруса рамки) нами получены значения реакций:

$$R_{21} = R_{23} = R_{43} = R_{54} = R_{56} = R_{16} = \frac{F_{цб}^r}{\sin 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} F_{цб}^r \quad (10)$$

Прочность ячейки сота при продольном изгибе сотов определяется формулой

$$\sigma_2 = \frac{N_3}{A} = \frac{2\sqrt{3}F_{цб}^r}{3h^2 \cdot S} \quad (11)$$

Построим в программе Mathcad 15 зависимость напряжений, возникающих в ячейках при горизонтальном расположении сота, от угловой скорости ротора на основании уравнения 11 (рисунок 4).

При угловой скорости 18 рад/с (рисунок 4) 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. 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, что может привести к разрыву восковых пластинок ячеек.

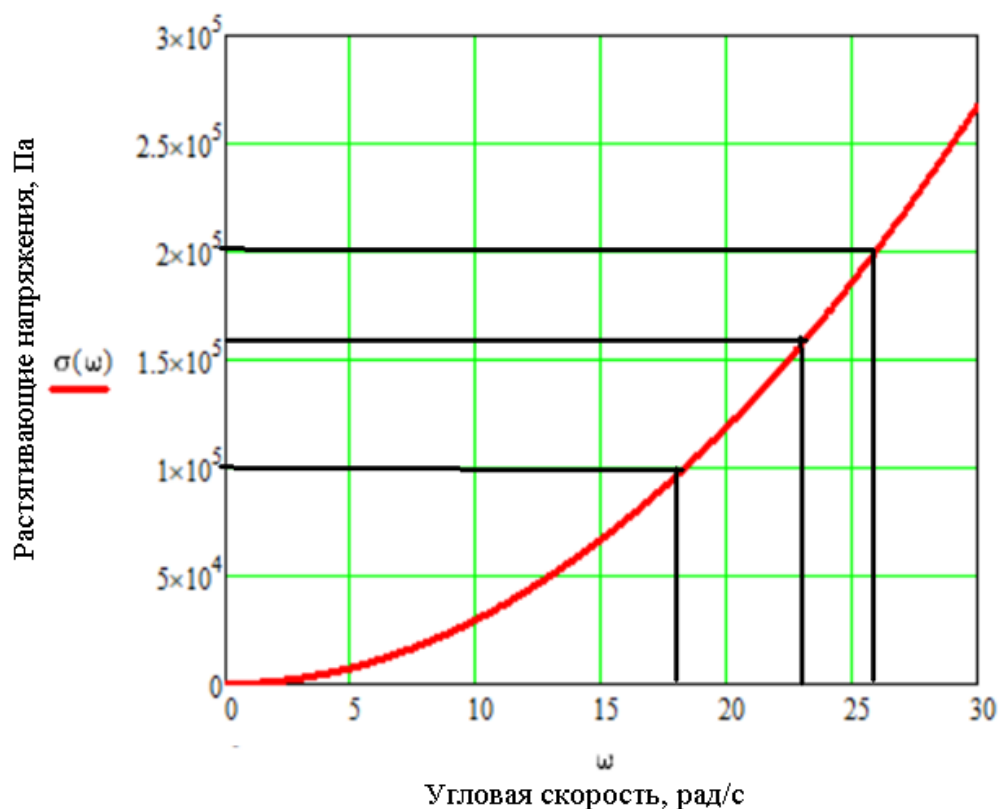


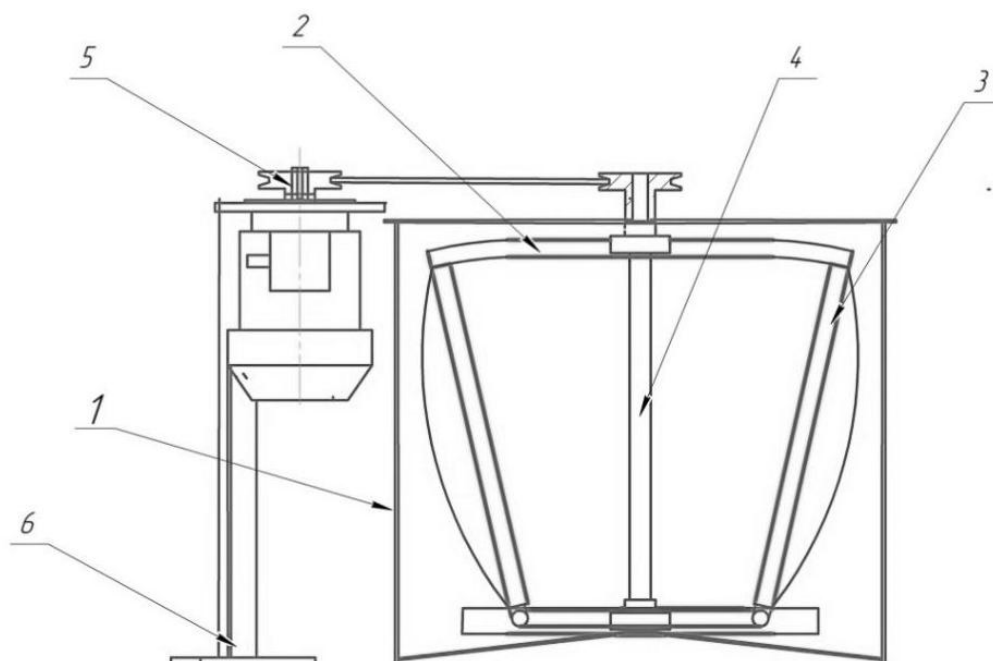
Рисунок 4 – Зависимость напряжений σ_2 (Па), возникающих в ячейках при продольном изгибе сотов, от угловой скорости ω (рад/с) ротора агрегата

Поэтому при извлечении меда следует ограничивать скорость вращения вертикально расположенных рамок для снижения нагрузки и исключения повреждения ячеек пчелиных сотов, особенно в начале процесса извлечения меда. При скарификации перговых сотов для исключения повреждения сотов от планок рамки следует ограничивать угловую скорость около 29 рад/с.

С учетом проведенных исследований характеристик пчелиных сотов разработана схема агрегата (рисунок 5), который состоит из емкости 1, закрываемой крышкой. В емкости находится ротор 2, имеющий возможность установки кассет 3, использующихся в процессе извлечения меда и скарификации перговых сотов. Процесс вращения ротора 2 осуществляется посредством привода 5, укрепленного на опоре 6.

При работе медогонки используется центробежная сила, при этом для извлечения меда рамка закрепляется вертикально. В предлагаемом агрегате для крепления рамок устанавливают специальные кассеты, которые позволяют изменять угол установки рамки, что позволяет помимо центробежной силы дополнительно использовать силу тяжести.

Рассмотрим процесс движения капли меда в наклоненных сотах (рисунок 6). Так как устройство работает с постоянной угловой скоростью, то все скорости и ускорения нам известны, поэтому применим принцип Даламбера. Приложим к капле меда активные силы и силы инерции.



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

Рисунок 5 – Схема агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов

Составим дифференциальные уравнения:

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = F_{цб} - F_{сопр}^x \\ m \frac{d^2z}{dt^2} = G - F_{сопр}^z \end{cases} \quad (12)$$

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

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

G - вес капли меда.

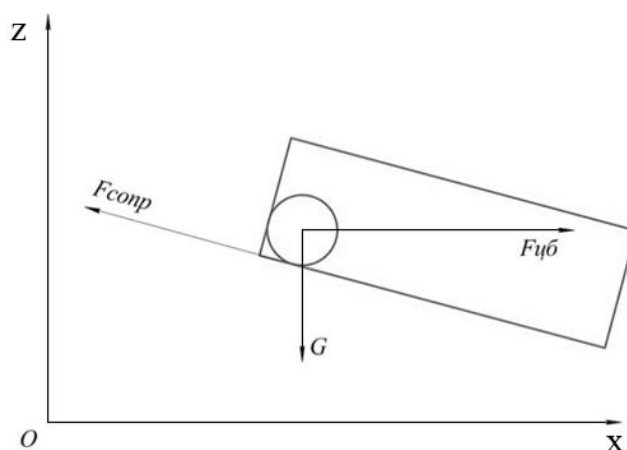


Рисунок 6 – Силы, действующие на каплю меда

$$F_{цб} = m\omega^2 R \quad (13)$$

где m - масса капли меда;

ω - угловая скорость;

R - наименьший радиус расположения капли меда относительно оси вращения агрегата.

$$G = mg \quad (14)$$

где g - ускорение свободного падения.

$$F_{\text{сопр}} = k_{\alpha} k V \quad (15)$$

где k_{α} – коэффициент, учитывающий трение о поверхность ячейки сотов с учетом ее наклона;

k – коэффициент, учитывающий вязкость меда.

Подставим (13-15) в уравнение (12) и разделим все части уравнения на m

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \omega^2 R - \frac{k_{\alpha} k}{m} V_x \\ \frac{dV_z}{dt} = g - \frac{k_{\alpha} k}{m} V_z \end{cases} \quad (16)$$

С учетом постоянных интегрирования скорости капли будут равны

$$V_x = \frac{k_{\alpha} k}{m} \omega^2 R + (V_{x0} - \frac{k_{\alpha} k}{m} \omega^2 R) e^{-\frac{k_{\alpha} k}{m} t} \quad (17)$$

$$V_z = \frac{k_{\alpha} k}{m} g + (V_{z0} - \frac{k_{\alpha} k}{m} g) e^{-\frac{k_{\alpha} k}{m} t} \quad (18)$$

Абсолютная скорость капли при перемещении в соте определится следующим выражением

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_z^2} \quad (19)$$

На основании полученных выражений проведено математическое моделирование с помощью программы Mathcad. Анализируя скорость капли в ячейке установлено, что наибольшая абсолютная скорость достигается в диапазоне углов наклона ячейки от 13° до 17° . Исследования скоростей показывают, что горизонтальная скорость капли меда, зависящая от центробежной силы, значительно больше вертикальной составляющей, зависящей от силы тяжести.

В четвертой главе «Экспериментальные исследования агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов» уточнены параметры и режимы работы агрегаты.

Использование хордиальных медогонок зачастую приводит к изгибам сотов, для оценки целостности ячеек сота было предложено использовать способность воздуха проникать через микротрещины – инфильтрацию. Устанавливая избыточное давление 200 мм водяного столба, через определенные промежутки времени фиксировали изменение давления.

На основе экспериментальных данных был построен график зависимости времени инфильтрации от радиуса кривизны пергового сота (рисунок 6).

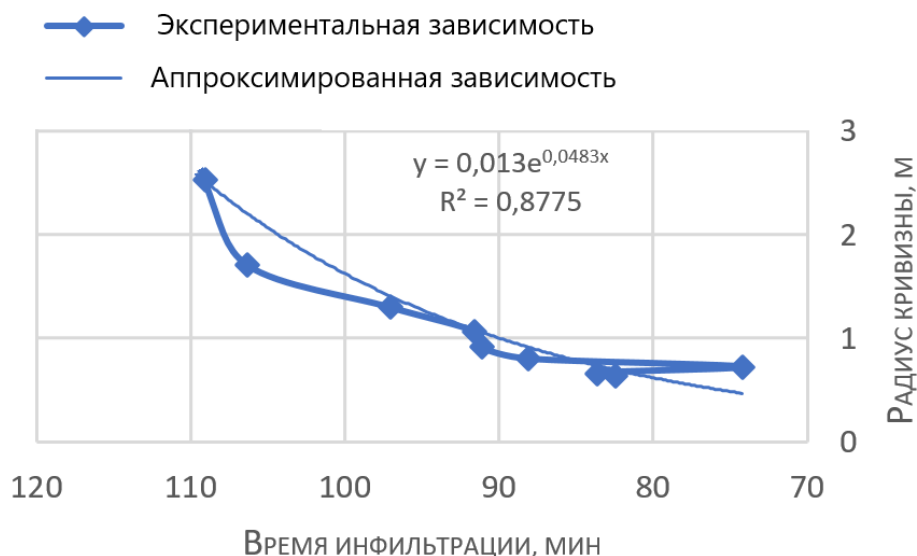


Рисунок 6 – Зависимость времени инфильтрации воздуха через стенки ячейки при изгибе по радиусу

С уменьшением радиуса кривизны при изгибе время инфильтрации снижается, наибольшее снижение времени инфильтрации наблюдается при снижении радиуса кривизны около 0,55 м. Таким образом, для скарификации перговых сотов возможно использовать изгиб сота по радиусу.

Чтобы определить угловую скорость ротора агрегата, при которой достигается наиболее полная скарификация пергового сота, была изготовлена кассета с сеткой, изогнутой вдоль армирующих проволок сота с радиусом кривизны 0,55м. Общий вид агрегата извлечения меда и скарификации перговых сотов представлен на рисунке 7.



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

Рисунок 7 – Общий вид агрегата для извлечения меда и скарификации перговых сотов

В результате исследования извлечения меда из ячеек от угла наклона рамки и угловой скорости ротора агрегата в течении 2 минут и последующей статистической обработки (Statistica 10.0) опытных данных получена зависимость количества оставшегося меда $m_{ост}$ от угла наклона α и угловой скорости ротора агрегата ω (рад/мин).

$$m_{ост} = 103,1311 - 1,6243 \cdot \alpha + 0,8595 \cdot \omega - 0,0882 \cdot \alpha^2 - 0,0166 \cdot \alpha \cdot \omega - 0,0349 \cdot \omega^2 \quad (20)$$

График зависимости представлен на рисунке 8. Наименьшее количество оставшегося меда $m_{ост}$ наблюдалось при увеличении угла наклона рамки более 15° при угловой скорости ротора агрегата 25 рад/с. Наибольшее влияние на извлечение меда оказывает угловая скорость ротора агрегата. Увеличение угла наклона рамки оказывает влияние на скорость извлечения меда в начальный период извлечения. Анализ зависимости количества оставшегося меда при извлечении показывает, что рациональными параметрами агрегата являются угол наклона сота в 15° и угловая скорость ротора агрегата 24,1 рад/с.

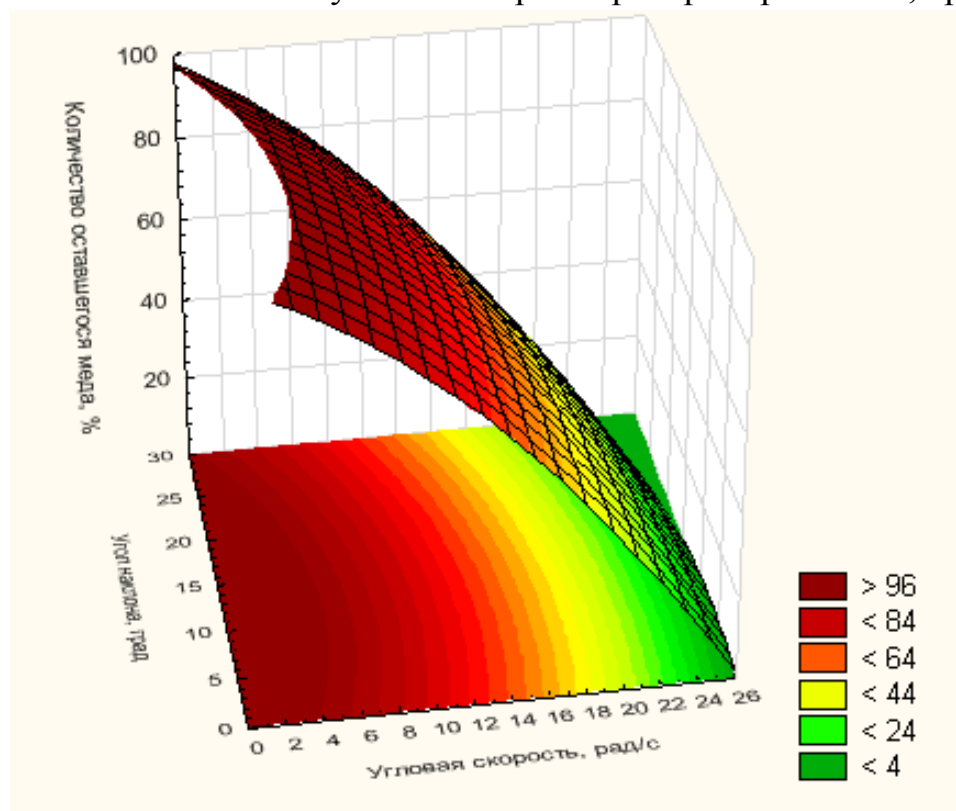


Рисунок 8 – Зависимость количества оставшегося меда от угла наклона рамки и угловой скорости ротора

Установлено, что для скарификации перговых сотов в кассетах с радиусом кривизны 0,55м угловая скорость ротора агрегата должна составлять 30,4 рад/с при радиусе ротора 0,28 м.

В пятой главе «Производственная проверка агрегата и экономическая оценка его применения» определен дисконтированный доход от внедрения агрегата для извлечения меда и скарификации перговых 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, что 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, способных 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.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. Афанасьев, А.М. Исследование прочности ячеек при изгибе пчелиного сота / Афанасьев А. М., Костенко М. Ю., Афанасьев М. Ю., Мамонов Р. А. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. - 2020. - № 1 (45). - С. 70-76.

2. 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.

Публикация в изданиях из международной глобальной базы Scopus

3. N.V. Byshov, I.A. Uspenskiy, D.E. Kashirin, D.N. Byshov, V.V. Pavlov, A.V. Protasov, S.S. Morozov, A.M. Afanasyev, S.N. Gobelev, V.V. Kochenov, A.V. Kupriyanov. Theoretical and experimental study of the process of wet cleaning of wax raw materials from organic impurities // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences VOL. 14, NO. 14, JULY 2019 ISSN 1819-6608

Статьи в материалах конференций и других изданиях

4. 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.

5. Афанасьев, А.М. Сравнение 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.

6. 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.

Патенты

7. 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.

8. 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

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1473 подписано в печать 21.01.2021 г.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1
Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1