

На правах рукописи



ПАВЛОВ ВИКТОР ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ
ВОСКОВОГО СЫРЬЯ**

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
Каширин Дмитрий Евгеньевич

Официальные оппоненты: **Серпокрылов Николай Сергеевич**,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ
ВО «Донской государственный технический
университет», профессор кафедры
«Водоснабжение и водоотведение»

Фролов Владимир Юрьевич, доктор
технических наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина»,
заведующий кафедрой «Механизация
животноводства и безопасность
жизнедеятельности»

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
центр пчеловодства», г. Рыбное

Защита диссертации состоится «22» июня 2021 года в 10.00 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, конференц-зал

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. Воск является ценнейшим продуктом пчеловодства, снискавшим широкое распространение при производстве ряда пищевых продуктов и лекарственных препаратов. Этот продукт также необходим для развития отрасли пчеловодства в целом, а, следовательно, и для увеличения объемов производства продуктов растениеводства. Воспроизводство отрасли и поддержание воскового баланса пасек требует возвращения в оборот до 60-70% производимого воска, и лишь 30-40% получает промышленность. В настоящее время объемы заготовки воска недостаточны. Такое положение дел является следствием несовершенства технических средств, применяемых для его очистки. При получении воска основным загрязняющим компонентом воскового сырья является перга, представляющая собой утрамбованные в ячейки сотов и ферментированные пчелами пыльцевые обножки. Содержание перги в сотах может достигать 25-80% от их массы. При вытопке воска из загрязненного воскового сырья происходит его потеря, так как перга хорошо впитывает расплавленный воск, переводя его в связанное состояние. Кроме того, получаемый из загрязненного воскового сырья воск, как правило, является низкосортным. В связи с вышесказанным, обоснование параметров устройства очистки воскового сырья от загрязнений представляется весьма актуальным.

Степень разработанности темы. Совершенствованием средств очистки воскового сырья занимались многие известные авторы и ученые, такие как: К.В. Богомолов, Н.В. Будникова, Л.А. Бурмистрова, Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, Ю.Н. Кирьянов, В.А. Киселева, В.И. Лебедев, Р.В. Мамонов, Д.В. Митрофанов, Н.Б. Нагаев, В.Ф. Некрашевич, Л.В. Прокофьева, Л.В. Репникова, А. Ритше, А.А. Рогов, А. Рут, Н.С. Серпокрылов, В.А. Темнов, И.А. Успенский, В.Ю. Фролов, М.Н. Харитонов и другие.

На основе проведенного анализа информационных источников было установлено, что проведение очистки воскового сырья позволяет увеличить количество получаемого воска и повышает его качество.

Работа выполнена в соответствии с планами НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2011-2015 гг. по теме «Совершенствование энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в отраслях животноводства» (№ гос. рег. 01201174434) и НИОКР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 гг. по теме «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» (№ гос. рег. АААА-А16-116060910025-5).

Цель исследования – обоснование параметров устройства очистки воскового сырья от загрязнений.

Задачи исследования:

- проанализировать существующие способы и технические средства переработки воскового сырья;
- изучить физико-механические свойства воскового сырья, а также физико-механические свойства и состав содержащихся в нем загрязнений;
- теоретически обосновать параметры устройства очистки воскового сырья;
- экспериментально установить параметры устройства очистки воскового сырья;
- исследовать устройство очистки воскового сырья в производственных условиях и произвести оценку технико-экономического эффекта от его внедрения.

Объект исследования – параметры устройства очистки воскового сырья.

Предмет исследования – зависимость количественных и качественных показателей устройства очистки воскового сырья от его параметров.

Научную новизну работы составляют:

- установленные теоретические зависимости, позволяющие определить рациональные соотношения частоты вращения рабочего вала, а также диаметров камеры измельчения и камеры перемешивания устройства очистки воскового сырья;
- экспериментально установленные математические модели влияния параметров устройства для очистки воскового сырья на его рабочий процесс;
- результаты исследования устройства очистки воскового сырья в производственных условиях и оценка технико-экономического эффекта от его использования.

Теоретическая значимость. Установлены теоретические и экспериментальные зависимости, позволяющие определить рациональные параметры устройства очистки воскового сырья.

Практическая значимость. Разработано устройство очистки воскового сырья от загрязнений, позволяющее получать измельченное и очищенное от перги и других загрязнений восковое сырье. Результаты исследования могут быть использованы в пчеловодческой практике, а также на предприятиях, специализирующихся на переработке продуктов пчеловодства.

Методология и методы исследования. Методологическую базу теоретического исследования составляло применение вероятностного подхода и теории подобия. Лабораторные и производственные исследования проводили с применением методик планирования эксперимента, статистическую обработку результатов осуществляли на основе известных математико-статистических методов с применением компьютерных программ MS Excel 2016, Mathcad 15.0.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретическое обоснование параметров устройства очистки воскового сырья;
- результаты экспериментального исследования устройства очистки воскового сырья;
- результаты производственного исследования и технико-экономические показатели устройства очистки воскового сырья.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Основные положения диссертационной работы и результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований подтверждаются применением современных технических средств исследования, методик анализа и обработки результатов.

Реализация результатов исследования. На основании проведенных исследований был изготовлен опытно-производственный образец устройства очистки воскового сырья от загрязнений, прошедший производственные исследования в КФХ «Бортники» Рыбновского района Рязанской области в 2019 году.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследований, проведении теоретических и экспериментальных исследований лично или с непосредственным участием, обосновании параметров устройства очистки воскового сырья, статистической обработке и анализе полученных результатов исследований.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на научно-практических конференциях различного уровня: VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Образование, наука, практика: инновационный аспект», посвященной 70-летию Рубцовского индустриального института, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова» (2016 г.); Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 40-летию со дня организации студенческого конструкторского бюро, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (2020 г.); 65-й студенческой научно-практической конференции инженерного факультета ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (2020 г.).

Публикации. Основные положения диссертационной работы изложены в 9 печатных работах, в том числе 4 в журналах, включенных в перечень ВАК РФ, 1 патенте РФ на изобретение. Общий объем публикаций по теме диссертации составил 3,18 п.л., из них соискателю принадлежит 1,33 п.л.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 176 наименований и приложений. Работа изложена на 144 страницах основного текста, содержит 66 формул, 11 таблиц и 55 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, приведены основные положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость выполненной работы, реализация результатов.

В первой главе «Состояние вопроса, цель и задачи исследования» дается анализ существующих механизированных способов и средств получения воска из воскового сырья, а также анализ существующих способов повышения качества воска. Обосновывается проведение очистки воскового сырья от загрязнений перед его тепловой переработкой (перетопкой).

Во второй главе «Исследование физико-механических свойств воскового сырья и содержащихся в нем загрязнений» приведены методики и результаты лабораторных исследований: по определению влияния количества загрязнений (перги), содержащихся в восковом сырье, на выход воска при вытопке его из воскового сырья; по определению объемной массы перги и измельченного воскового сырья различного гранулометрического состава; исследование растворимости загрязнений воскового сырья при замачивании в воде без внешних механических воздействий; исследование прочностных свойств перговых гранул.

Проведены исследования для установления зависимости выхода воска в результате перетопки искусственно загрязненного сырья от количества и гранулометрического состава добавленных загрязнений. Сырье искусственно загрязняли измельченной пергой среднего гранулометрического состава 1,75, 3,75 и 5,75 мм (целые гранулы) в различном соотношении. Таким образом получили искусственно загрязненную сушь с восковитостью 76%, 66%, 56%, 46% и 36%.

Критерием оптимизации является процент выхода воска от массы загрязненного сырья. В результате проведенного исследования получено уравнение регрессии:

$$P(V, d) = -18.326 + 2,634 \cdot d - 0.011 \cdot V^2, \quad (1)$$

где V – восковитость сырья, %; d – гранулометрический состав добавляемых загрязнений, мм.

Установленная зависимость (1) представлена графически (рис. 1).

Исследование по определению объемной массы перги и измельченного воскового сырья различного гранулометрического состава проводили с использованием образцовой литровой пурки ПХ-1 (ГОСТ 16464-70) по методике, регламентированной ГОСТ 28254-2014 и ГОСТ 10840-2017.

Полученная эмпирическая зависимость (1) использована для оценки нормы выхода воска в зависимости от качества воскового сырья и его загрязненности органическими примесями, в частности при экономическом обосновании эффективности внедрения предлагаемого оборудования в

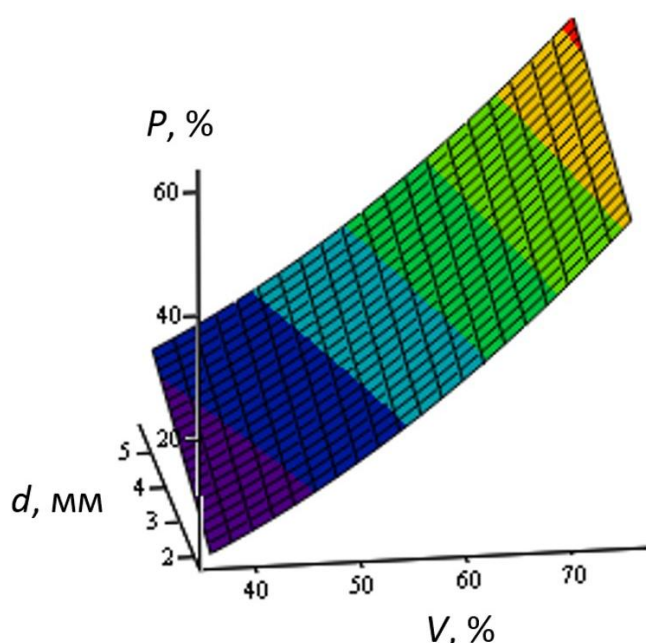


Рис. 1 – Зависимость процента выхода воска P , % из воскового сырья от его процентного содержания в сырье V , % и гранулометрического состава

производство. Результаты оптимизации эмпирической модели (2) позволили определить, что для эффективного растворения органических загрязнений в воде средний гранулометрический состав их частиц должен быть не более 3 мм.

В результате исследования растворимости загрязнений воскового сырья при замачивании без внешних механических воздействий получено следующее уравнение регрессии:

$$P(t, d) = 11,09 - 1,785 \cdot d - 0,055 \cdot t \cdot d + 0,667 \cdot d^2, \quad (2)$$

где P – процент не растворившихся загрязнений (критерий оптимизации), %; t – время выдерживания в воде, час.; d – средний гранулометрический состав частиц фракции, мм.

Оптимизация полученной модели встроенными средствами Mathcad 15 позволила определить значения факторов, при которых функция (2) достигает минимального значения: $P_{\min}(t, d) = P(26, 2.414) = 7.13\%$.

В третьей главе «Теоретическое исследование процесса очистки воскового сырья» приведено теоретическое обоснование параметров устройства, позволяющего очищать восковое сырье (выбракованные пчелиные соты), от водорастворимых органических загрязнений и перги перед вытопкой воска (патент РФ № 2672403).

Устройство (рис. 2) состоит из рамы 1, установленной на ней камеры гидравлической очистки 2, над которой расположена цилиндрическая камера измельчения 3, снабженная загрузочной горловиной 4. Внутри обеих камер вертикально установлен рабочий вал 5, привод которого осуществляется от электродвигателя 6. Внутри камеры измельчения вал снабжен штифтами 7, а внутри камеры гидравлической очистки – мешалками 8.

Теоретическое исследование заключается в обосновании основных конструктивных параметров устройства очистки воскового сырья.

Для обоснования параметров рабочей камеры измельчителя установлена аналитическая зависимость, учитывающая физико-механические свойства измельчаемого материала:

$$D_{II} = \frac{1}{2 \cdot n} \sqrt{\frac{\sigma \cdot \delta}{\gamma}} + b, \quad (3)$$

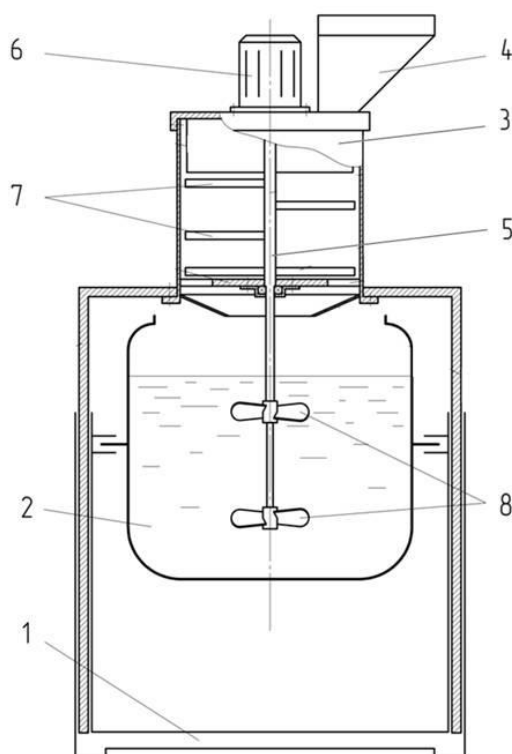


Рис. 2 – Схема устройства очистки воскового сырья

где D_{II} – диаметр камеры измельчения, м; n – обороты рабочего вала, мин^{-1} ; σ – прочность перговых гранул, Па; δ – относительная деформация, возникающая при давлении, при котором происходит разрушение; γ – объемная масса сотов, кг/м^3 ; b – толщина воздушно-продуктового слоя, м.

Зависимость (3) представлена графически на рисунке 3.

Определение рационального соотношения диаметров рабочих камер устройств измельчения и перемешивания проведем на основе выражения, позволяющего определить полезную мощность мешалки:

$$N = 23 \cdot n^3 \cdot d^5 \cdot \rho \cdot \left(\frac{b}{D}\right)^{1,27} \cdot \left(\frac{D}{d}\right), \quad (4)$$

где n – частота вращения вала, с^{-1} ; d – диаметр мешалки, м; b – ширина мешалки, м; D – внутренний диаметр рабочей камеры, м; ρ – плотность воды, кг/м^3 .

Обозначим в (4) стоящие в скобках инварианты геометрического подобия через $i_1 = b/D$ и $i_2 = D/d$.

Тогда выражение для интенсивности перемешивания I , Вт/м^3 будет выглядеть следующим образом:

$$I = \frac{N}{V} = \frac{92 \cdot n^3 \cdot D^3 \cdot \rho}{\pi \cdot H} \cdot \frac{i_1^{1,27}}{i_2^4}, \quad (5)$$

где V – объем перемешивающего устройства (объем столба жидкости высотой H в камере для перемешивания), м^3 .

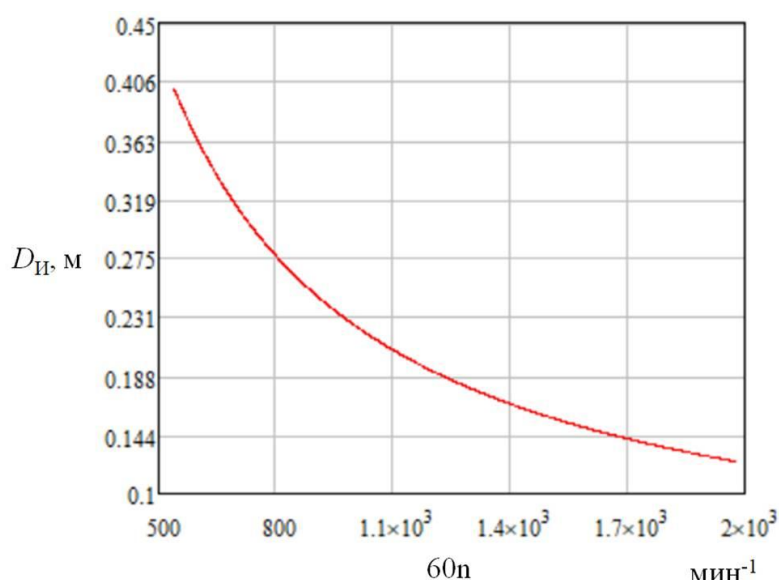


Рис. 3 – Теоретическая зависимость диаметра рабочей камеры измельчителя D_{II} , м от требуемой частоты вращения рабочего вала, мин^{-1}

Введем еще один инвариант $i_3 = H/D$ и выразим диаметр рабочей камеры перемешивающего устройства D_{II} (м):

$$D_{II} = \sqrt{\frac{\pi \cdot I}{92 \cdot n^3 \cdot \rho} \cdot \frac{i_2^4 \cdot i_3}{i_1^{1.27}}} \quad (6)$$

Далее определим искомое соотношение D_{II}/D_{II} (безразмерная величина):

$$\frac{D_{II}}{D_{II}} = \left(\frac{1}{2 \cdot n} \sqrt{\frac{\sigma \cdot \delta}{\gamma}} + b \right) \cdot \sqrt{\frac{92 \cdot n^3 \cdot \rho}{\pi \cdot I} \cdot \frac{i_1^{1.27}}{i_2^4 \cdot i_3}} \quad (7)$$

Установленная аналитическая зависимость (7) позволила провести численное моделирование (рис. 4) и определить рациональные параметры устройства очистки воскового сырь.

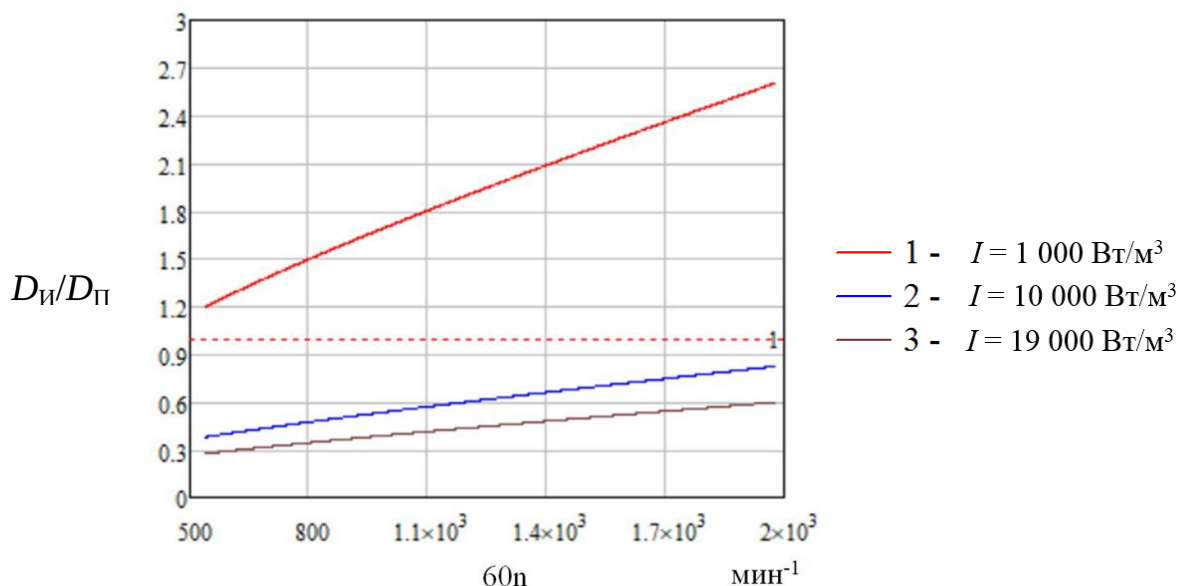


Рис. 4 – Теоретическая зависимость соотношения диаметров рабочей камеры измельчителя D_{II} , м и диаметра камеры для перемешивания D_{II} , м от требуемой частоты вращения рабочего вала, мин⁻¹ при различных значениях интенсивности перемешивания I , Вт/м³

В результате численного моделирования установлено, что диаметру камеры измельчения 190 мм соответствует значение диаметра камеры перемешивания 380 мм и частота вращения рабочего вала с расположенными на нем штифтами и мешалкой 1150 Об/мин при требуемом значении интенсивности перемешивания $1,5 \cdot 10^4$ Вт/м³.

В четвертой главе «Исследование процесса очистки воскового сырья в лабораторных условиях» приведена методика лабораторных исследований (рис. 5), выполняемых для уточнения результатов теоретического исследования и экспериментального обоснования рациональных параметров предложенного устройства.

Задачей исследования измельчающего аппарата являлось установление совместного влияния диаметра штифтов, расстояния между плоскостями их вращения и линейной скорости концов штифтов на критерий оптимизации – содержание восковых частиц размером 3 мм и более в общей массе измельченного воскового сырья.

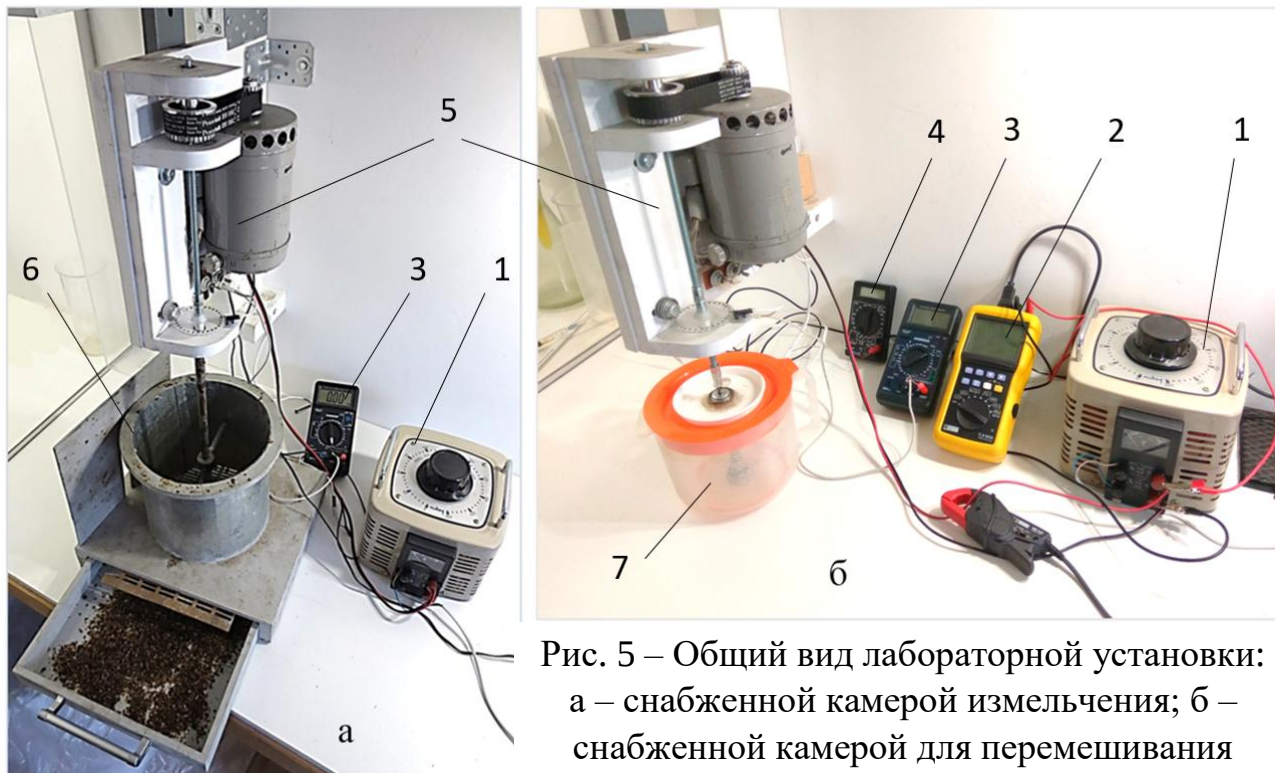


Рис. 5 – Общий вид лабораторной установки:
а – снабженной камерой измельчения; б –
снабженной камерой для перемешивания

Условные обозначения: 1 – ЛАТР; 2 – измеритель однофазной мощности СА 8220; 3 – мультиметр марки М890F с функцией измерения частоты; 4 – мультиметр марки М-838 с функцией измерения температуры; 5 – электропривод рабочего вала лабораторной установки; 6 – устройство для измельчения воскосырья; 7 – устройство для перемешивания измельченной массы воскосырья в воде

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено следующее уравнение регрессии:

$$P(d, l, u) = 602.03 - 50.33 \cdot d + 1.54 \cdot l - 45.46 \cdot u + 1.88 \cdot d^2 - 0.018 \cdot l^2 + 1.98 \cdot u^2 \quad (8)$$

Оптимизация регрессионной модели (10) встроенными операторами Mathcad 15.0 позволила получить следующие результаты: $P_{\min}(d, l, u) = P(13.417, 25, 11.442) = 31.57\%$. При данном сочетании факторов критерий оптимизации, определяющий процентное содержание крупных фракций с размером частиц 3 мм и более в общей массе измельченного воскового сырья, достигает минимального значения, не превышающего 32 % (рис. 6).

На следующем этапе исследований изучали влияние интенсивности перемешивания I (Вт/м³), времени перемешивания t (с) и гранулометрического

состава материала d (мм) на критерий оптимизации, в качестве которого принят процент не растворившихся загрязнений C (%) от их первоначальной массы в пересчете на сухое вещество.

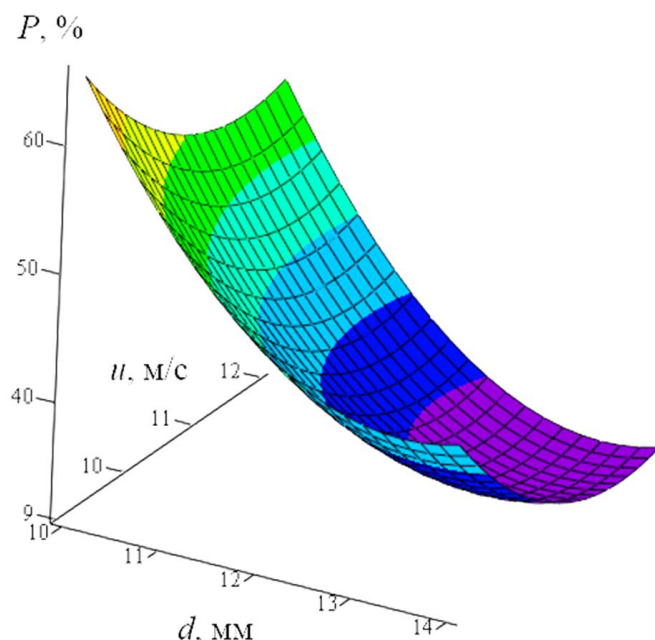


Рис. 6 – Зависимость процента восковых частиц диаметром 3 мм и более в общей массе измельченного воскового сырья P , % от диаметра штифтов d , мм и линейной скорости их концов u , м/с при значении расстояния между плоскостями их вращения l , мм, фиксированном на рациональном уровне

Для этого лабораторную установку снабжали камерой для перемешивания (рис. 5-б), геометрические параметры которой выполнены в соответствии с результатами теоретических расчетов: диаметр сосуда $D = 160$ мм, высота столба жидкости при проведении исследований $H = 85$ мм, четыре отражательные перегородки (внутри цилиндрической камеры) шириной B , при соотношениях $B/D = 0,11$; $D/d = 3,07$; $b/D = 0,07$; $h/H = 0,11$ (здесь h – высота установки мешалки от дна сосуда аппарата).

После проведения трехфакторного эксперимента проводили статистическую обработку опытных данных, установили адекватную математическую модель исследуемого процесса:

$$C(I, t, d) = 3.05 \cdot \exp(0.58 \cdot d - 2 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot t + 7.59 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot d - 4.49 \cdot 10^{-4} \cdot t \cdot d) \quad (9)$$

Оптимизация регрессионной модели (9) в среде Mathcad позволила получить следующие результаты: $C_{\min}(I, t, d) = C(18770, 600, 1.75) = 0.58\%$

В главе 4 также исследовано влияние концентрации (x) измельченного воскового сырья в рабочей камере перемешивающего устройства на полезную мощность мешалки $N(x)$ и процент удаленных из воскового сырья загрязнений $P(x)$:

$$N(x) = 12.2 - 0.00026 \cdot x + 0.000083 \cdot x^2, \quad R^2 = 0.929 \quad (10)$$

$$P(x) = 23.16 + 0.078 \cdot x - 0.000537 \cdot x^2, \quad R^2 = 0.986 \quad (11)$$

Данные эксперимента и полученная зависимость процента удаленных загрязнений от концентрации воскового сырья в воде (11) представлены на рис. 7. В результате проведенного исследования установлено, что предел концентрации измельченного воскового сырья в воде без существенного снижения эффективности процесса очистки находится в диапазоне 120-140 г/л.

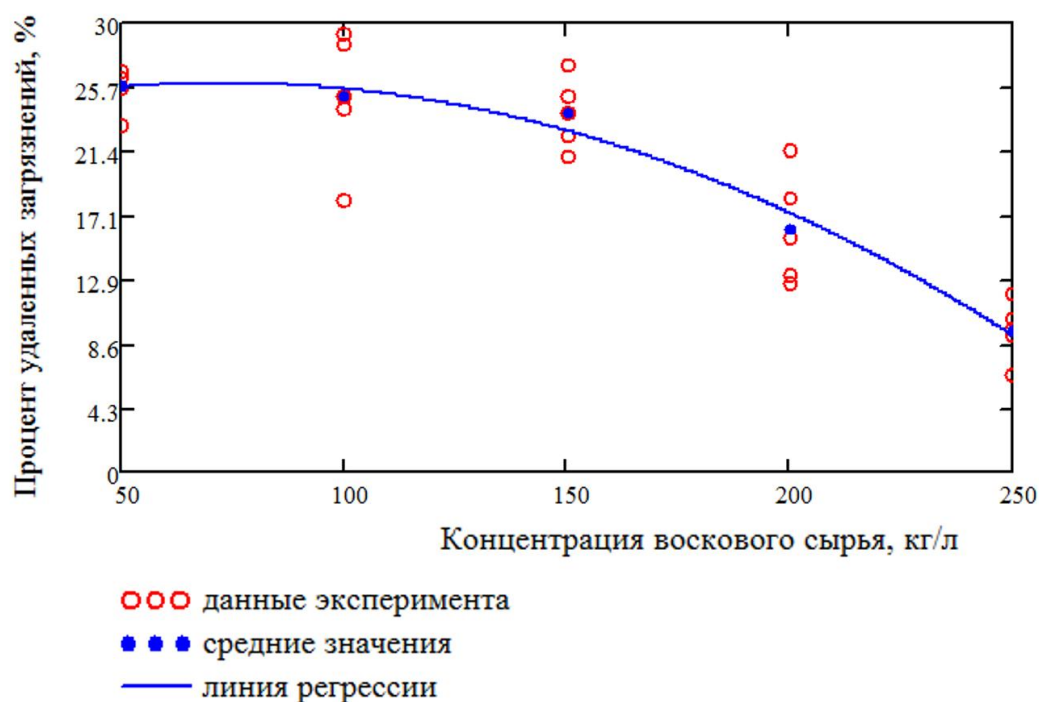


Рис. 7 – Влияние концентрации воскового сырья в воде (кг/л) на процент удаленных загрязнений (%)

В пятой главе «Производственные исследования и экономическое обоснование эффективности внедрения устройства очистки воскового сырья» приведен расчет показателей экономической эффективности внедрения в производство предлагаемого устройства очистки воскового сырья, опытно-производственный образец которого

представлен на рисунке 8. Результаты производственных исследований устройства очистки воскового сырья представлены в таблице 1.

В результате очистки воскового сырья с применением предлагаемого устройства среднее увеличение восковитости составляет 16% (по данным анализа, проведенного в ФГБНУ «ФНЦ пчеловодства»).



Рис. 8 – Общий вид опытно-производственного образца устройства очистки воскового сырья: 1 – рама; 2 – камера гидроочистки; 3 – камера измельчения; 4 – загрузочная горловина; 5 – электродвигатель; 6 – блок управления

Исследования, проведенные на базе КФХ «Бортники» Рыбновского района Рязанской области, показали, что годовой эффект для пасеки размером 400 пчелосемей составит 10100 руб., срок окупаемости капиталовложений 2,47 года.

Таблица 1 – Результаты производственных исследований устройства очистки воскового сырья

№ стр.	Показатели	Ед. изм.	Значение
1	Установленная мощность	кВт	0,55
2	Продолжительность технологического цикла	ч	0,22
3	Время работы оборудования в одном цикле	ч	0,17
4	Масса сырья, перерабатываемого за 1 цикл	кг	3,00
5	Производительность технологического цикла	кг/ч	13,53
6	Производительность оборудования	кг/ч	18,00
7	Энергоемкость	кВт·ч/кг	0,03

Результаты сравнения опытного образца устройства очистки воскового сырья с комплектом серийно выпускаемого оборудования – универсальным измельчителем Glasser-2 и емкостью «Экопром-60», оборудованной мешалкой, показали, что предлагаемое устройство обладает большей производительностью технологического цикла (в 1,78 раза) и меньшей энергоемкостью (в 2,33 раза) по сравнению с аналогичными показателями серийного оборудования.

Заключение

1. Очистка воскового сырья перед тепловой переработкой является операцией, позволяющей увеличить количество воска, получаемого из воскового сырья, что повышает качество получаемого продукта. Установлено, что существующие способы и технические средства переработки воскового сырья не обеспечивают его эффективной очистки от органических загрязнений. С этой целью устройство очистки воскового сырья должно содержать измельчитель штифтового типа и камеру для гидроочистки измельченного продукта.

2. Исследование физико-механических свойств воскового сырья и содержащихся в нем загрязнений показывает, что выход воска при тепловой переработке воскового сырья зависит от количества содержащихся в нем органических загрязнений и их гранулометрического состава и изменяется от 0,9% при восковитости 36% и среднем гранулометрическом составе загрязнений 1,75 мм до 61,9% для сырья восковитостью 76%, загрязненного

неизмельченной пергой. Экспериментально установлено, что для максимального удаления органических загрязнений из воскового сырья его измельчение целесообразно проводить до среднего гранулометрического состава 2,4 мм.

3. Полученные теоретические зависимости позволяют определить рациональные параметры устройства очистки воскового сырья. Так, диаметру камеры измельчения 190 мм соответствует диаметр камеры перемешивания 380 мм и частота вращения рабочего вала с расположенными на нем штифтами и мешалкой 1150 Об/мин.

4. Экспериментально установлено, что требуемый гранулометрический состав измельченного воскового сырья с минимальным содержанием крупных фракций с размером частиц 3 мм и более в общей массе (31,6%) возможно получить при следующем сочетании исследуемых параметров: размер штифтов 13,4 мм; расстояние между плоскостями их вращения 25 мм; линейной скорости концов штифтов 11,4 м/с.

Экспериментально установлено, что критерий оптимизации – процент нерастворенных загрязнений при гидроочистке воскового сырья – достигает минимума (0,58%) при интенсивности перемешивания 18770 Вт/м^3 , продолжительности процесса перемешивания 600 секунд и исходном среднем гранулометрическом составе 1,75 мм. Концентрация воскового сырья в воде не должна превышать 120-140 г/л.

5. В результате внедрения устройства очистки воскового сырья в КФХ «Бортники» Рыбновского района Рязанской области выход товарного воска из воскового сырья увеличился от 22,5% до 37% (до 27,7% по отношению к исходной массе сырья). Годовой экономический эффект для данного хозяйства составит 10100 рублей, срок окупаемости капитальных вложений 2,47 года.

Рекомендации производству

Применение предлагаемого устройства очистки воскового сырья можно рекомендовать пчеловодческим хозяйствам с численностью пчелосемей от 100 ульев, а также предприятиям-переработчикам продукции пчеловодства.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшей перспективе необходимо продолжить работу над совершенствованием технологической операции фильтрации водяной смеси воскового сырья, а также поиском путей удешевления использования данного устройства для малых пасек.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. Каширин, Д.Е. Обоснование рациональных конструктивно-технологических параметров измельчителя воскового сырья / Д.Е. Каширин,

В.В. Павлов, М.Н. Чаткин, И.И. Гришин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4. – С. 96-103.

2. Павлов, В.В. Исследование процесса растворения загрязняющих примесей воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании В.В. Павлов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2017. – № 4 (36). – С. 126-132.

3. Каширин, Д.Е. Теоретическое исследование процесса очистки воскового сырья от загрязнений при интенсивном механическом перемешивании в воде / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, И.А. Успенский, В.А. Макаров, Г.А. Борисов, А.М. Кравченко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 4 (40). – С. 94-99.

4. Каширин, Д.Е. К вопросу обоснования рациональных условий очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / Д.Е. Каширин, И.А. Успенский, В.В. Павлов, И.А. Юхин, А.А. Петухов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 1 (45). – С. 87-91.

Патенты РФ

5. Патент № 2672403 Российская Федерация, МПК А01К59/06 (2006.01). Установка для очистки воскового сырья : № 2018104393 : заявл. 05.02.2018; опубл. 14.11.2018 / Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В., Петухов А.А. ; заявитель ФГБОУ ВО РГАТУ. – 7 с. : ил. – Текст : непосредственный.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

6. Каширин, Д.Е. Исследование энергосберегающего способа очистки пчелиных сот от загрязнений / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.В. Куприянов // В сборнике: Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы. Материалы VI Всероссийской науч.-пр. конф. с междунар. участием, посвященной 70-летию Рубцовского индустриального института. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», Рубцовский индустриальный институт (филиал). – 2016. – С. 245-247.

7. Павлов, В.В. Исследование процесса вытопки пчелиного воска из воскового сырья, загрязненного органическими примесями / В.В. Павлов // В сборнике: Материалы 65-й студенческой научно-практической конференции инженерного факультета ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет». – 2020. – С. 148-152.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1480 подписано в печать 20.04.2021 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