

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА»

На правах рукописи

Нагаев

Нагаев Николай Борисович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТОПКИ ВОСКА С
ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО АГРЕГАТА**

Специальность **05.20.01** – технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
заслуженный деятель науки
и техники Российской Федерации
доктор технических наук,
профессор **Некрашевич В.Ф.**

Рязань 2015

Содержание	
Аннотация	6
Введение	8
1. Анализ способов и средств вытопки воска из воскового сырья.	12
1.1 Использование воска в народном хозяйстве	12
1.2 Обзор существующих способов извлечения воска из воскового сырья и рамок с восковым сырьем	17
1.3 Анализ устройств для извлечения воска из воскового сырья	19
1.4 Анализ проведенных исследований по вопросам извлечения воска из воскового сырья	38
1.5 Цель работы и задачи исследования.	43
2. Исследование физико-механических и теплофизических свойств воскового сырья и воска.	46
2.1. Программа и методика исследования.	46
2.1.1 Методика определения исходной влажности и объемной массы воскового сырья.	47
2.1.2 Методика определения статического и динамического коэффициентов трения воскового сырья и воска	47
2.1.3. Методика определения влияния температуры на адгезию воска	50
2.1.4. Методика определения вязкости воска	54
2.1.5 Методика определения теплофизических характеристик воскового сырья	57
2.1.6 Обоснование оптимального угла течения разваренного воскового сырья	62
2.2 Результаты исследований	64
Выводы	74
3. Теоретическое исследование процесса вытопки воска с	76

использованием центрифуги и отжатием шнековым прессом

3.1. Конструктивно-технологическая схема центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем	76
3.2. Геометрические размеры центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем	79
3.3. Параметрическая модель процесса вытопки воска	83
3.4. Расчет теплового баланса агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем	85
3.5 Теоретическое исследование процесса отделения воскового сырья от рамок центробежными силами	90
3.6 Расчет мощности привода шнека воскопресса	97
Выводы	99
4. Исследование процесса вытопки воска в лабораторных условиях.	101
4.1 Программа исследований	101
4.2 Опытный образец центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем	102
4.3 Методика лабораторных исследований	106
4.3.1 Методика определения выхода воска при вытопке воска на центробежном агрегате для вытопки воска без отжима разваренного сырья в воскопрессе	110
4.3.2 Методика определения частоты вращения ротора центрифуги	109
4.3.3 Методика определения времени вращения ротора центрифуги	111
4.3.4 Методика определения частоты вращения шнека воскопресса	112
4.3.5 Методика определения подачи пара	113
4.3.6 Планирование многофакторного эксперимента	114
4.4 Результаты исследований	118
4.4.1 Результаты исследования по определению выхода воска без отжима разваренной массы в воскопрессе	118
4.4.2 Результаты исследований по определению влияния частоты	119

вращения ротора центрифуги на массу вытопленного воска, процент выход воска, производительность, затраты энергии и энергоемкость процесса вытопки

4.4.3 Результаты исследования зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, производительности, затраченной энергии и энергоемкости процесса вытопки от времени вращения ротора центрифуги 123

4.4.4 Результаты исследования зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, производительности, затрат энергии и энергоемкости процесса вытопки от частоты вращения шнека воскопресса 127

4.4.5 Результаты исследования зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, затрат энергии, энергоемкости процесса вытопки и времени вытопки от расхода пара 131

4.4.6 Результаты исследований совместного влияния частоты вращения ротора центрифуги, шнека воскопресса и подачи пара на выход воска и энергоемкость во время процесса вытопки воска 135

Выводы 144

5. Испытания центробежного агрегата для вытопки воска в производственных условиях и экономическая эффективность его применения 146

5.1 Программа и методика производственных исследований 146

5.1.1 Описание устройства и принципа работы опытно-производственного образца агрегата для вытопки воска 146

5.1.2 Методика определения производительности и энергозатрат агрегата для вытопки воска 151

5.2 Определение оптимального количества воды для процесса вытопки воска из рамок с восковым сырьем 152

5.3 Определение времени разваривания воскового сырья во время процесса вытопки 153

5.4 Определение выхода воска от восковитости воскового сырья и 154

конечной восковитости вытопок	
5.5 Результаты производственных испытаний	156
5.6 Экономическая эффективность применения центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем	158
Выводы	165
Заключение	166
Список литературы	168
Приложения	199

Аннотация

Целью настоящей диссертационной работы является повышение эффективности процесса вытопки воска, за счет увеличения выхода воска из воскового сырья и дезинфекции рамок, путем разработки и обоснования параметров и режимов работы центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем с отжатием воска от мервы.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель и задачи исследований, научная новизна выполненной работы. Приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе дан обзор и проведен анализ способов и устройств для вытопки воска. Рассмотрен процесс вытопки из рамок с восковым сырьем с помощью различных видов тепловой энергии. Аргументирована необходимость создания агрегата для вытопки, обеспечивающего высокий выход качественного воска и дезинфекцию рамок, для увеличения количества получаемого воска с помощью отжима воска от мервы.

Во втором разделе приведены методики исследования коэффициентов трения воскового сырья и воска, адгезионных свойств воска, вязкости воска выше температуры плавления, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности и удельной теплоемкости воскового сырья. Так же выявлены и представлены эмпирические зависимости данных свойств воска и воскового сырья от изменения температуры.

В третьем разделе описана конструктивно – технологическая схема агрегата для вытопки воска и принцип его работы. Получено уравнение теплового баланса процесса вытопки воска из рамок с восковым сырьем. Рассмотрена параметрическая модель процесса вытопки. Теоретически исследован процесс отделения разваренного воскового сырья от рамок центробежными силами и определена требуемая частота вращения и время вращения ротора центрифуги.

В четвертом разделе изложена программа и методика лабораторных исследований. Представлен опытный образец центробежного агрегата. Определены рациональные значения факторов, и уровни их варьирования для работы

центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем с отжатиюм воска от мервы. Представлена сходимостъ теоретических и экспериментальных исследований.

В пятом разделе приведены программа, методика и результаты производственных испытаний. Представлена методика и расчет экономической эффективности применения центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем с отжатиюм воска от мервы.

Сделаны выводы и по результатам проведенных исследований даны рекомендации производству. Представлен список используемой литературы, приложения.

Введение

Актуальность темы. В условиях жестких экономических санкций в нашей стране, покупающей пчелиный воск за рубежом около 700 тонн ежегодно, все острее стоит проблема импортозамещения этого продукта. Разрешение сложившейся ситуации осуществимо при соблюдении отечественными пчеловодами определенной дисциплины по сбору воска во время активной отстройки пчелами сотов. Кроме того на пасеках нашей страны используются морально устаревшие воскотопки способные извлекать не более 70 % воска из воскового сырья. Остальной воск, остающийся в мерве, в большинстве случаев не отжимается и не сдается в соответствующие организации для более полного извлечения.

Ситуация на внутреннем рынке обязывает на крупных и средних пасеках пчеловодов использовать на пасеках более современные и эффективные установки, способные извлекать больше воска из того же количества воскового сырья для решения проблем импортозамещения этого продукта. Повысить эффективность процесса вытопки воска, возможно благодаря отжиму разваренной мервы, в которой содержится в связанном состоянии около 40-50% воска. Кроме того, необходимо повышать качество получаемого воска с помощью фильтрации в процессе отжима.

Степень разработанности темы. Анализ современной теории процесса вытопки воска, способов и оборудования для его вытопки, изложены в работах: К.В. Богомоллова, Н.В. Бышова, Л. В. Давыдова, Д.Е. Каширина, Ю.Н. Кирьянова, В.Ф. Некрашевича, А. Ритше, А.А.Рогова, А. Рута, В.А. Темнова и других авторов показал, что вопрос получения большего количества воска высокого качества при его вытопке требует более тщательного изучения и исследования.

Работа выполнена в соответствии с планом НИОКР ФГБОУ ВО РГАТУ, тема 6 «Совершенствование энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в отраслях животноводства» (№ гос. рег. 01201174434) в рамках раздела 6.4 «Технологии и технические средства для производства подкормок

пчелам и переработки продукции пчеловодства (воска, перги, прополиса)», а так же инновационного проекта У.М.Н.И.К (г. Рязань, 2014г.) по теме «Разработка энергоресурсосберегающей технологии и агрегата для вытопки воска паром с отжатием мервы»

Цель исследований: Повышение эффективности процесса вытопки воска путем разработки центробежного агрегата, увеличивающего его выход.

Для достижения указанной цели поставлены **задачи** исследования:

- провести анализ существующих способов вытопки воска и определить направление совершенствования устройств для его вытопки;
- исследовать физико-механические и теплофизические свойства воскового сырья и воска;
- разработать рабочий процесс центробежного агрегата для вытопки воска;
- обосновать теоретически и экспериментально уточнить параметры центробежного агрегата для вытопки воска;
- произвести проверку разработанного центробежного агрегата для вытопки воска в производственных условиях и определить экономическую эффективность его применения.

Научная новизна диссертационной работы:

- рабочий процесс центробежного агрегата для вытопки воска;
- параметры центробежного агрегата для вытопки воска;
- результаты экспериментальных исследований центробежного агрегата для вытопки воска.

Техническая новизна центробежного агрегата для вытопки воска подтверждена патентом РФ на изобретение №2528960

Теоретическая и практическая значимость работы. Предложенные теоретические зависимости позволяют расчетным путем определять конструктивно-режимные параметры центробежного агрегата для вытопки воска. Новизна подтверждена патентом на изобретение РФ №2528960 «Агрегат для вытопки воска». Разработанный центробежный агрегат позволяет увеличить выход

воска и снизить энергоемкость процесса вытопки. Результаты теоретических и экспериментальных исследований имеют большую практическую значимость для конструкторских, проектных организаций и пчеловодческих предприятий.

Методология и методы исследования. При проведении теоретических исследований использовались известные законы физики, теоретической и прикладной механики, а так же математики. При осуществлении лабораторных исследований свойств воскового сырья и воска применялись общеизвестные методики и разработанные на их базе – частные. Лабораторные и производственные испытания проводились с использованием современных электронных и механических устройств, установок и приборов специально разработанных и изготовленных. Обработка экспериментальных данных исследований осуществлялась методом математической статистики с использованием ПК и современных компьютерных программ: Statistica 10, Mathematica 10, Mathcad 15, Microsoft Excell 15.

Положения, выносимые на защиту:

- рабочий процесс центробежного агрегата для вытопки воска;
- параметры центробежного агрегата для вытопки воска;
- результаты лабораторных исследований параметров центробежного агрегата для вытопки воска;
- результаты проверки эффективности разработанного центробежного агрегата для вытопки воска в производственных условиях.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных положений подтверждена высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, применением современных методик и устройств, а так же средств обработки результатов экспериментов.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практической конференции «Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК» (г.Рязань, ФГБОУ ВПО РГАТУ апрель 2012г.), на 64-ой международной научно-практической конференции «Научные

приоритеты в АПК: инновационные достижения, проблемы, перспективы развития» (г. Рязань. ФГБОУ ВПО РГАТУ 15 мая 2013г.), на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения» (Рязань, ФГБОУ ВПО РГАТУ 19 ноября 2013г.), на международной научно-практической конференции «Интермед - 2013», (г. Москва Дом науки ФГБНУ ВСТИСП, 2013 г), Международной научно – практической конференции «Пчела и человек», (г. Рыбное, Академия пчеловодства, 14 - 16 декабря 2013 г.), на всероссийской научно-практической конференции «Инновации в строительстве», (г.Рязань МАМИ 21 декабря 2013 г.), на международной научно-практической конференции «Пчела и человек», (г. Москва. Дом науки ФГБНУ ВСТИСП 6-7 октября 2014 г.), на международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития пчеловодства России» (Рязань, ФГБОУ ВПО РГАТУ 4-5 декабря 2014г.), на онлайн – конференции аспирантов и молодых ученых, посвященной Дню Российской науки «Исследования молодых ученых – аграрному производству» (ФГБОУ ВПО РГАТУ, 4 февраля 2015 г, Ассоциация аграрных ВУЗов центрального федерального округа), на международной научно-практической конференции «Пчела и человек» (г. Москва Дом науки ФГБНУ ВСТИСП 26-28 марта 2015) и опубликованы в 13 научных работах, в том числе 6 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 2 патентах РФ на изобретение и полезную модель.

1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫТОПКИ ВОСКА ИЗ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ

1.1 Народнохозяйственное использование воска

Воск пчелиный – продукт жизнедеятельности пчёл, жироподобное зернистое вещество, сложное органическое соединение - полностью ещё не исследованное и в настоящее время. Состав пчелиного воска включает более 15 самостоятельных компонентов (эфирные компоненты моноэфиры, диэфиры, триэфиры и оксиэфиры) - 70 -75%, свободные жирные кислоты (церотиновая, монтаниновая и олеиновая) - 13 - 15%, предельные углеводороды - 12 - 17%, вода - 0,4%, углеводы (гептакозан и пентакозан), минеральные вещества, витамины (не разрушаются после перетапливания), а также пахучие и красящие компоненты, благодаря которым у него приятный запах и цвет. Так же пчелиный воск зарегистрирован в качестве пищевой добавки E-901 [146,150,158,161,164,167,180,241,247].

Воск сочетает хрупкость и пластичность, твердость и мягкость, он горит и является прекрасным изолятором тепла, источает ароматические вещества и в тоже время впитывает их. Обладая противоположными по своей сути свойствами, воск вписывается во все области человеческой деятельности. Пчелиный воск — неопровержимый материал жизни, образец вещества, которое только предстоит создать химикам и технологам. Воск — очень стойкое вещество и способное храниться на протяжении сотен лет, не теряя своих физических свойств. Это подтверждается находками кусков пчелиного воска в древних египетских пирамидах, сохранивших свои качественные свойства [1, 8,15,150,158,167,180,241,247,253].

Замечательные свойства воска привлекали внимание людей с самых истоков человеческого познания. Задолго до изобретения бумаги для письма люди начали использовать плоские деревянные дощечки, на которые наносились буквы, покрытые ровным слоем воска. О приспособлении воска в истоках человечества, а именно кусков полотен облитых расплавленным воском, упоминают в своих

произведениях Гомер, Плиний Старший, Аристофан и Катулл[8, 9, 30,59, 68,150,284,320,341].

Пчелиный воск занимает важное место в косметике и медицине. Упоминание о использовании воска в качестве лекарственного сырья содержится в египетском "папирусе Эберса"[15,59,64,150], относящемуся к 1700 году до н.э.. Гиппократ рекомендовал при заболеваниях горла на шею накладывать слои воска[15,59,75,150]. Знаменитый врач и ученый Абу Али Ибн Сина (Авиценна) советовал использовать воск для повышения лактации молока у кормящих женщин, а также для смягчения кашля[15,43,75]. Плиний в своих трудах отмечал, что пчелиный воск обладает свойствами согревать и смягчать, кроме этого способствуют обновлению человеческого тела; и считал свежеполученный воск самым эффективным для лечения [15,43,59,150]. В старорусских рукописных лечебниках указывается, что «воск смягчает вся болячки и на тяжёлость грудей пособляет... жилы и раны отмягчает»[43,150]. Английский эскулап 18 века Д. Мор говорил, что пчелиный воск при нагревании превращается в масло невиданной силы: при ранах и болезнях оно творит чудеса [15,43,150]. В трактатах «Фармакопея Испана» (1817 год) воск рекомендовался для изготовления 25 препаратов и 17 мазей[15,42,43].

В настоящее время пчелиный воск имеет исключительное значение для народного хозяйства нашей страны: более 50 отраслей отечественной промышленности и не только используют его.

Пчелиный воск входит в состав большого количества лечебно-профилактических и косметических препаратов благодаря высокому содержанию витаминов и антиоксидантов (в 100 г воска около 4 г провитамина А, по сравнению со 100 г моркови, в которых всего 0,01 г) и является сгущающей основой для помад, кремов, лосьонов, и т.п.[15,52,53] Воск отлично впитывается кожей и придаёт ей нежный и гладкий вид. Он служит ключевым ингредиентом для большого множества различных продуктов: защитные и питательные кремы для лица, омолаживающие маски и лосьоны для лица, очищающие гели и маски

для лица, средства для защиты от ультрафиолетовых лучей солнца, средства по уходу за кожей рук и ног, помады и бальзамы для губ [6,15,52,53,99,150].

Воск используется в металлургической промышленности для контролирования форм для ответственных чугунных отливок, на оптических предприятиях он необходим и незаменим для гравировки стёкол и производства полировочных и склеивающих мастик. В авиационной промышленности воск используется в различных покровных и пропиточных эмульсиях, для железнодорожного транспорта – он используются в прожировочных составах, необходимых для тормозного хозяйства [4,12,70,150,181,261,304].

В радио и телефонном производстве воск обязателен при изготовлении конденсаторов, электропроводов, в электропромышленности – при производстве электродвигателей и в гальванопластике. В кожевенной промышленности воск внедрен в состав различных полировочных и пропиточных мастик, которые помогают коже отталкивать воду [4,12,70,150,304].

В кондитерской промышленности воск тонким слоем наносят на некоторые сорта шоколадных конфет, во избежание приклеивания их к обёртке нарушении формы. При изготовлении нежнейших сортов пирожных формы для выпекания смазывают расплавленным воском, а не подсолнечным маслом. Воск является компонентом красок, которые применяются в полиграфическом деле, благодаря пчелиному воску свежееотпечатанная газета не пачкает рук. Лакокрасочная промышленность использует воск, входящий в состав множества лаков [8,40,57,150].

Воск применяется в автомобильной, бумажной, стекольной, текстильной промышленности. Он входит в состав лыжной мази, гусеничного клея и покровного материала, применяемого для прививки деревьев; от него напрямую зависит стойкость и сохранение красок на картинах, применяется он для изготовления восковых фигур в Музее мадам Тюссо (*Madame Tussauds*) [59,68,150,236,251,298]. Для записи граммофонных пластинок также применялся воск. Благодаря этому мы можем сейчас слышать голоса Льва Толстого, Блока, Маяковского, Шаляпина и др. Воск сейчас применяется в производстве

анатомических препаратов и ростовых манекенов для обучения студентов медицинских учебных заведений. [99,128,171,285].

Пчелиный воск в данное время находит применение в 3D моделировании, в качестве материала для печати на новейших принтерах трехмерных лабораторных макетов для проверки работоспособности разработанных узлов и установок, благодаря прочностным свойствам пчелиного воска и невысокой стоимости печати[209].

Главный потребитель пчелиного воска сама отрасль пчеловодства, требующая переработки примерно 80% всего валового выхода в искусственную вошину, ведь без достаточного ее количества невозможен качественный рост численности пчелиных семей, а так же повышение рентабельности пасек[123,150,171]. По данным Росстата наша страна ежегодно импортирует около 700 тонн воска, причем качество импортного сырья не всегда дает возможность использовать его для производства вошины[356]. Для решения проблем импортозамещения перед пчеловодством стоит ключевая задача – увеличивать количество производимого воска. Это реально сделать по двум направлениям [1,74,150,160].

Во-первых, нужно вести пчеловодческое хозяйство таким образом, чтобы пчелы могли выделять больше воска. При многокорпусном содержании пчелиных семей, пчеловод, накопивший достаточный запас сотов, должен изымать из улья рамки с мёдом только полностью запечатанные пчелами[164,165,166,168,186]. Это относится ко всем системам содержания, так как из полностью запечатанных рамок откачивают дозревший мёд высочайшего качества и симультанно увеличивается выход высокосортного воска за счёт наличия на сотах большего количества забруса[89,167,192,341].

В зависимости от толщины используемой вошины при отстройке ячеек сотов пчелы прибавляют разное количество воска. Опыты проводил М. Громиш (Польша, 1964г.) и получил следующие результаты: к толстому листу вошины (8,75г в 1 дм²) пчелы добавили 19% воска; к листу вошины нормальной толщины (6,26г) – 31,7%; к тонкому листу вошины (5,05г) – 41,4%[91,150,167,168].

Количество воска, которое пчелы добавляют при отстройке искусственной вошины, варьируется от их породы и силы семьи. В сильных семьях (8-9 рамок после зимовки) пчелы к вошине прибавляли 36,6% воска, умеренной силы (7-6 рамок) – 29%, плохо перенесшие зиму (4 рамки) – 22,7% [91,150,167,168].

При отстройке листов вошины эндемические пчелы добавили воска 26,9%, помесь итальянских и местных – 32,8%, метисы карпаток и местных – 29,8% [91,150,167,168].

Потребность в воске чрезвычайно велика, однако пчеловодство реализует в отрасли промышленности лишь около 20% от общего выхода [123,171]. Заменить его иными сортами импортного и соответственно более дешёвого и доступного непчелиного воска (парафины, церезины) вызывает снижение качества продукции и в большинстве случаев нереально.

Второе направление увеличения выхода воска – сокращение потерь при его извлечении из воскового сырья и при хранении. В этом отношении в настоящее время и следует развиваться, так как есть еще большие резервы для получения высококачественного сырья. Большое количество воска уничтожают личинки восковой моли, довольно много его остается в отходах (мерве) после переработки, выбрасывающиеся в большинстве случаев из-за большой трудоемкости извлечения воска из мервы. При нарушении правил переработки воскового сырья в большинстве случаев получается некондиционный воск – темного или даже черного цвета, ноздреватый и пережженный и т. д., который непригоден для производства искусственной вошины [40,41,59,74,123,171,252,255].

Исходя из анализа существующих проблем в области получения и переработки воскового сырья, было решено двигаться к достижению важнейшей цели – увеличение выхода воска, а именно к усовершенствованию процесса извлечения воска и возможности получения большего количества воска высших сортов с помощью сокращения потерь качественного продукта в процессе его переработки [40,41,59,74,122,123,171,252,255].

1.2 Обзор существующих способов извлечения воска из воскового сырья и рамок с восковым сырьем

В качестве исходного воскового сырья для извлечения используют:

1. обрезки сотов, получающиеся при работе с пчелами на пасеке;
2. выбракованные, по разному роду причинам соты;
3. забрус или восковые крышечки сотов;
4. воск, получающийся после поедания мёда в сотах.

Известны два способа переработки воскового сырья – пасечный и заводской[1,8,24,48,49,50,51,52,66,70,123,150,155,160,166,167,168,180,].

Пасечный способ – это переработка с помощью несложного оборудования в условиях личных пасек[24,68,150,353]. Нагрев выше температуры плавления воска основной принцип, которым пользуются пчеловоды, перерабатывая восковое сырьё на личных хозяйствах[24,68,126,150,353].

Воск, который получили пасечным способом, называют пасечным воском. Он плавится при температуре 63,0 - 66,0⁰С. Воск, полученный заводским методом, из пасечных вытопок называется производственным воском, плавится при 63,0 - 69,0⁰С, менее плотный, мелкозернистый, неоднородный в изломе[24,165,353]. Требования к качественным показателям и составу воска регламентируются требованиями ГОСТ Р 21179-2000 «Воск пчелиный» [24,353].

В настоящее время используют два метода тепловой переработки воскового сырья – сухой и влажный.

Сухой метод - это переработка восковое сырьё без соприкосновения с водой или влажным паром. Нагревание сырья происходит с помощью передачи тепловой энергии лучеиспусканием (энергия солнца, ИК и СВЧ излучатели), кроме этого при непосредственном контакте с нагретыми стенками элементов технологического оборудования, перегретым паром или сухим горячим воздухом. Применение такого метода способствует получению качественного воска и весьма эффективен при обработке светлого воскового сырья с высокими показателями восковитости (1-2 сорта). Полученный с помощью сухого метода, воск фактически не содержит воды.

Недостатком такого метода является то, что в полученном воске весьма вероятно будут присутствовать растворимые в нем красящие компоненты, растительные смолы и загрязняющие примеси, в некоторой мере попавшие в воск из сырья[24,150,165,353].

Влажный метод – это переработка воскового сырья, путем взаимодействия с горячей водой, влажным паром или конденсатом. При применении разваривания исходного воскового сырья увеличивается выход чистого воска. Это позволяет перерабатывать влажным методом старые соты, использующиеся на пасеке больше года. Воск, получившийся при влажном методе обработки, соответственно будет содержать в себе больше воды, чем при сухом, что требует просушки воска перед длительным хранением, и соответствию его качества ГОСТу. При постоянном контакте с нагретой водой, и постоянном перемешивании в ней воскового сырья, в потенциале образуются эмульсии, что может сказаться на качестве получаемого сырья [30,40,74,150,313,342,351,352].

На крупных воскоперерабатывающих воскозаводах существует технология получения воска из пасечных вытопкок (мервы). Экстракция бензином, нефрасом, горячим техническим спиртом, трёх — и четырёххлористым углеродом предусматривает размачивание заводской мервы (вытопок после прессования) в одном из названных растворителей и упаривание в мягких условиях отфильтрованного экстракта. Такая технология является весьма энергозатратной и дорогой и недоступной даже самым крупным пчеловодческим хозяйствам[66,95,150,165].

Следовательно, из вышеперечисленных способов получения воска из воскового сырья, наиболее перспективная технология переработки воскового сырья влажным методом, с использованием более дешёвого и безопасного насыщенного пара[120,122,123].

Для каждого способа переработки воскового сырья соответственно применение определённого метода получения из него воска. Данные способы применяются для различного качества воскового сырья и применение разного вида технологического оборудования[123,150].

В заключение обзора существующих способов получения воска из воскового сырья, предлагаем схему переработки и применения пчелиного воска, существующую в нашей стране [358] (рис. 1.1).

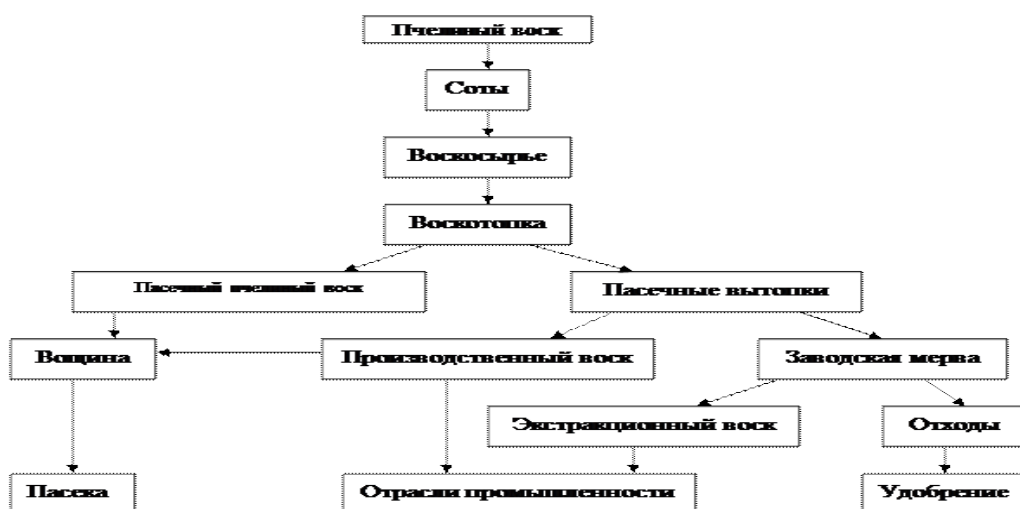
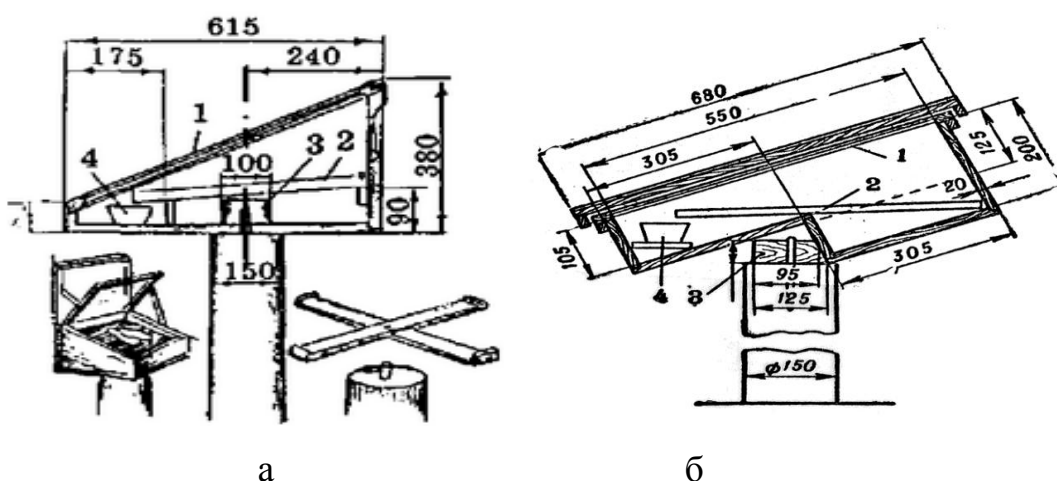


Рисунок 1.1 – Схема переработки и применения воска

1.3. Анализ устройств для извлечения воска из воскового сырья

Наиболее доступен, из-за простоты и стоимости, сухой способ извлечения чистого воска из воскосырья на солнечных воскотопках путем применения солнечной энергии. Его применение возможно только для сырья с высокой восковитостью [123,150,155,181].



1 – стеклянная рама; 2 – лоток для воскосырья; 3 – бобышка; 4 – корытце для чистого воска.

Рисунок 1.2 – Солнечные воскотопки (а) типовая, (б) конструкции НИИП

Солнечная воскотопка (рис. 1.2) состоит из плоского деревянного короба, прямоугольной или квадратной формы, в нем смонтирован наклонный лоток (противень) из нержавеющей стали или стекла. Восковое сырьё (вырезки из воскостроительной рамки, выбракованные соты, и т. п.) размещается на лотке. Затем воскотопку накрывают откидной крышкой, которая бывает одинарной или двойной. С внутренней стороны откидной крышки устанавливается лист зеркальной стали (лужёной или никелированной), так для этого подойдет зеркало. Стенки воскотопки снаружи и внутри выкрашены в чёрный цвет. Лучи солнца падают на размещенное восковое сырьё. Вместе с этим часть солнечных лучей отражается от внутренней стороны крышки, на которой размещена зеркальная поверхность, а затем поступает в полость воскотопки. Благодаря окрашенным в чёрный цвет стенкам внутри воскотопки действует тепло поглощённое из-за их темного окраса. Температура в таких воскотопках, при благоприятной погоде и правильной установке достигается температура около 100°C . Воск, вытопленный путем воздействия высокой температуры, по лотку попадает в размещенную для этого ёмкость, которая имеет вид продолговатого корытца (корытце вверху шире к низу сужение). В процессе вытопки воскового сырья в корытце не имеет смысла наливать воду для лучшего разваривания, так как она испаряется, крышка запотекает и снижается пропускная способность для солнечных лучей, что влечет за собой понижение температуры внутри воскотопки. Воск в корытце за ночь застынет, после этого утром перед повторным заполнением восковым сырьём удаляют его из корытца [150,180,359].

Наклон воскотопки необходимо установить и поддерживать в необходимом положении (под углом 36° по направлению к движению солнца). В течение дня нужно постоянно регулировать положение воскотопки относительно солнца, если нет возможности, то оптимальным вариантом станет установка её по направлению на юг. При таком положении воскотопки летом в солнечный день наиболее высокой температуры в ней достигается около 13-14 часов дня [55,150,180,359].

В солнечные дни весны и лета, правильную установку солнечной воскотопки обеспечит комбинация с поилкой для пчёл для стекания воды. Регулировка

вытекания воды производится следующим образом. Вода из бочка поилки будет вытекать исключительно во то время, когда заходит солнце. Принципиально это устройства действует так: в бак на воду кладут отяжеленный поплавок, поворачивающий солнечную воскотопку при помощи блоков, вслед за положением солнца и это зависит от скорости опустошения из бака поилки воды. При снижении уровня воды поплавок будет опускаться вниз и с помощью блока одновременно поворачивать всю солнечную воскотопку [55,150,172,180,359].

Главной отличительной особенностью и преимуществом солнечных воскотопок заключается в использовании дешёвой солнечной энергии в летний период. Воск, вытопленный таким способом, получается высокого качества. Другим плюсом использования этого способа является то, что можно перерабатывать все отходы воска, получающиеся в летний период при работе с пчелами. Без применения отражательного зеркала с помощью солнечной воскотопки получают жёлтый воск, а при его наличии получается воск более тёмного цвета. Потемнение цвета вызвано наличием примесей прополиса, расплавившегося при повышенной температуры. Изменение цвета воска не влияет на его качество[150,172,359].

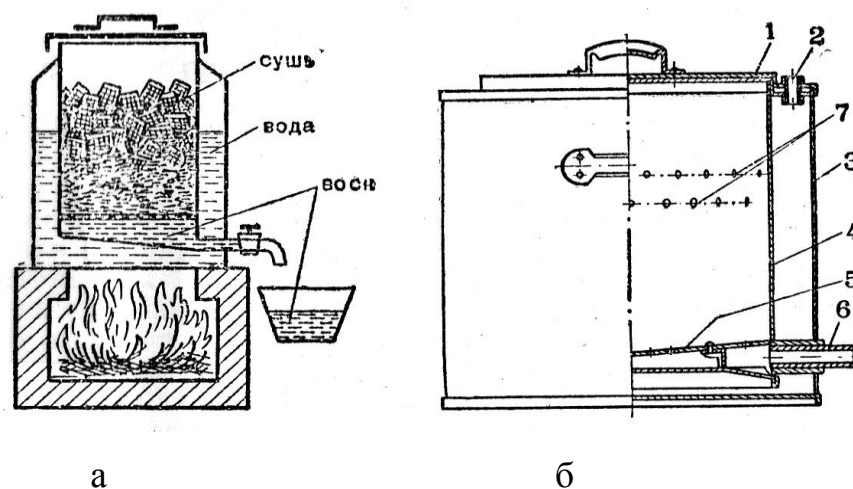
Ключевой недостаток использования солнечной воскотопки заключается в том, что в вытопках (остающиеся отходы при переработке тепловым способом), преимущественно от темных старых сотов остается большое количество воска (45-66 %). При перетопке светлого воскового сырья в пасечных вытопках содержится лишь 28-38% чистого воска, в то время как свежестроенные соты перерабатываются в воск вовсе без потерь. Кроме этого, сезонность эксплуатации солнечных воскотопок является недостатком их применения – их использование ограничено солнечными днями с мая по сентябрь[150,172,359].

Водяная воскотопка (рис. 1.2а) состоит из двустенного бака, между его стенками наливаются вода. Бак размещается на любые источник тепловой энергии (газовые и электрические плиты, открытый огонь). Вода, которая находится в межстенном пространстве, нагревается до температуры кипения и растапливает воск, содержащийся в восковом сырье. Внутренний бак выполняется из алюминия

или из пищевой стали. На таких воскотопках рекомендуется переработка очистков с сотов, забрус и т. д. [150,172,359].

Паровые воскотопки различаются по конструкции, это связано с изменением объема загружаемого сырья. В настоящее время изготавливаются для мелких пасечников воскотопки ВТП (рис. 1.3 б), а для крупных – воскотопки ВТ-11 [150,172,359].

Воскотопка ВТП (рис. 1.3 б) содержит наружный и внутренний баки, закрывающиеся общей крышкой, кроме этого воскотопка, снабжена решетчатой подставкой и сливным патрубком. Область применения - переработка незначительного количества выбракованного воскового сырья (около 3кг за один цикл). Для начала работы через горловину в межстенное пространство заливают 5-6 литров воды. Восковым сырьём заполняют доверху внутренний бак и накрывают плотно сидящей крышкой. После этого воскотопку располагают на любом источнике тепла. Сливной патрубок постоянно открыт. При кипении воды образуется пар, проходящий через отверстия во внутреннем баке, растапливает воск, который впоследствии стекает в соответствующую емкость, находящуюся под воскотопкой через решетчатую подставку и сливной патрубок [55,123,150,172,342,359].

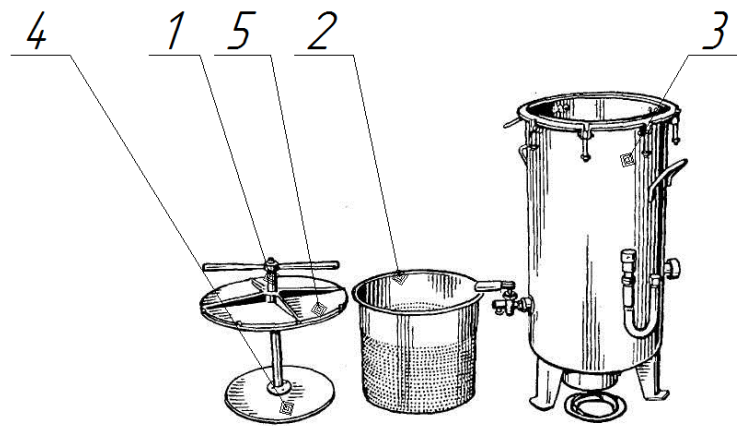


1 – крышка воскотопки; 2 – заливной патрубок; 3 – наружный толстостенный бак; 4 – внутренний решетчатый бак; 5 – решетчатая подставка для очистки; 6 – сливной патрубок воскотопки; 7 – отверстие для прохода пара во внутреннем баке.

Рисунок 1.3 – Воскотопки (а) водяная (б) паровая ВТП

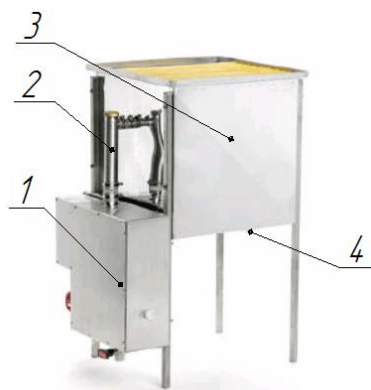
Известны паровые воскотопки, создающие в процессе вытопки давление выше атмосферного. Использование данных устройств позволяет достигать высокого выхода воска (рис. 1.4). Конструкция представляет собой лужёный двустенный бак 3, между стенками заливается вода. В бак вставляется сетчатая кассета из белой жести для загрузки измельчённого воскового сырья. Наружный бак накрывают толстостенной крышкой, ее уплотнение происходит путем закручивания барашков. Через центр крышки воскотопки 5 проходит болт 1 воскопресса, который предназначен для отжима остающихся восковых отходов, находящихся в сетчатой кассете 2. На крышке бака имеется предохранительный клапан. На небольшом отдалении от дна установлено сливной патрубок, снабженный краном для удаления жидкого воска в соответствующую ёмкость[55,123,150,172,342,359].

Процесс вытопки воска построен следующим образом: через заливной патрубок в межстенное пространство бака заливают воду (до одной трети общей высоты воскотопки). Восковое сырьё загружают в сетчатую кассету и размещают в паровой воскотопке. Воскотопку накрывают крышкой и устанавливают на нагревательный прибор. При нагревании воды образуется пар, переходящий через трубку-удлинитель выше, попадая через отверстия кассеты к загруженному восковому сырью. Действие насыщенного пара растапливает воск, который попадает на дно камеры бака воскотопки. Через некоторое время от начала действия пара под сливной патрубок устанавливают алюминиевую или эмалированную ёмкость. Затем открывают сливной кран, через который начинает течение полученный воск. Через полчаса после интенсивного кипения воды воск уже перестаёт течь. После этого начинаем вращать болт, с помощью которого происходит отжим восковых отходов (вытопки), оставшихся в кассете. После полной отжима воскового сырья воскотопку открывают, вынимают кассету, а оставшиеся в ней вытопки, удаляют деревянной лопаткой. В остающейся мерве, находится ещё около 22% общего количества воска, содержащегося в восковом сырьё[55,125,150,172,342,359].



1 – болт нажимной; 2 – кассета сетчатая; 3 – бак двустенный; 4 – площадка прессующая; 5 – крышка.

Рисунок 1.4 –Воскотопка - воскопресс паровая ВВ-3.



1–парообразователь, 2–патрубок, 3–камера для разваривания воскового сырья, 4–сливной патрубок

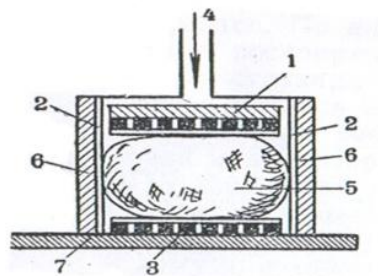
Рисунок 1.5 – Воскотопка O-Fix 12

Высокопроизводительный агрегат O-Fix 12 (рис. 1.5) с встроенным парогенератором, предназначен для вытопки одновременно 12 рамок Дадант. Через 60 секунд полностью работоспособен. Процесс вытопки продолжается примерно 20 минут. Осуществляется прямое подключение к водоснабжению, подача воды автоматически регулируется магнитным клапаном. В случае отключения водоснабжения, защитный термостат отключает автоматически систему подачи пара[47,350].

Процесс вытопки организован следующим образом. В камере горизонтально размещаются рамки, герметично закрывается крышка. Включается парообразователь разваривает восковое сырьё в рамках. Проникая через сетчатое дно вытопленный воск собирается в соответствующую емкость для сбора. Агрегат полностью выполнен из нержавеющей стали, не поддаётся старению[47,350].

Данный агрегат обладает высокой производительностью, но большого выхода воска не получить, кроме того цена агрегата не по «зубам» мелким и средним пчеловодам.

В условиях личных пасек гораздо эффективнее переработка исходного сырья на воскотопках-воскопрессах. С их помощью сырьё не только полностью разваривается, так же в процессе вытопки происходит отжим разваренной массы, что позволяет получить больший выход воска. Воскопрессы различают на пасечные и заводские. По способу давления классифицируют на клиновые, рычажно-винтовые, гидравлические и другие воскопрессы. В гидравлических и рычажно-винтовых прессах отпрессовка происходит в ступе (баке), которая может быть выполнена из нержавеющей металла или дерева[125,150,170,183,359]. Схема обозначенного устройства ступы показана на рисунке 1.6.



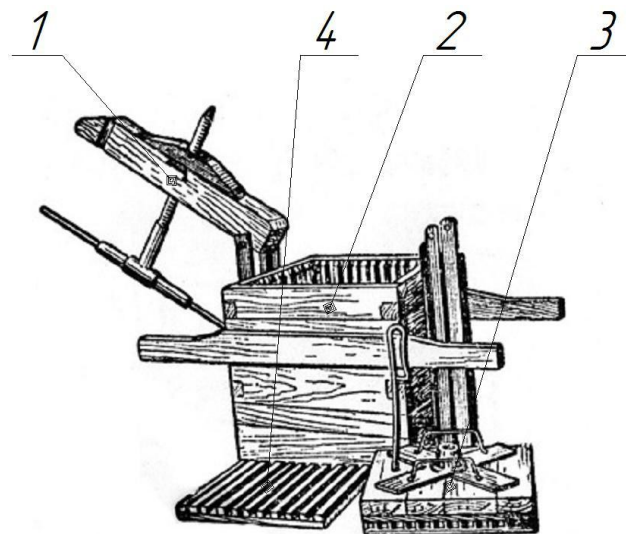
1 – пресс; 2 – вертикальные брусья; 3 – решётка; 4 – ось винта, передающая давление; 5 – прессуемый мешок с восковым сырьём; 6 – корпус ступы; 7 – основание.

Рисунок 1.6 –Схема ступы воскопресса

Характеристикой любых прессов является мощность, которая обозначается создаваемым давлением на 1 см^2 прессующей плиты. Мощность пресса равна силе,

передаваемой по центральной оси, поделенной на площадь поверхности прессующей поверхности. Пасечные воскопрессы способны создавать давление не более 7 кг на 1 см², а заводские – от 10 кг на 1 см². Далее приведено описание воскопрессов, используемых для переработки воскового сырья в условиях пасек [60,69,74,125,150,151,157,167,168,171,180,192,193].

Воскопресс разработанный В.А. Темновым (рис. 1.7). Он содержит деревянные прессующую плиту и ступу, связанную с отстойником в единый механизм. На данном воскопрессе разваренное восковое сырье прессуется «сухим» методом, при этом воск не остается в ступе, а стекает через предусмотренные для этого отверстия у ее основания непосредственно в отстойник. Высокая и узкая форма ступы подразумевает создание высокого давления на прессуемое восковое сырье, а сообщение с отстойником позволяет сократить потери тепла прессуемой массы[125,150,167,359].



1 – планка рамы с винтом; 2 – ступа; 3 – прессующая пластина; 4 – нижняя фильтрующая решётка.

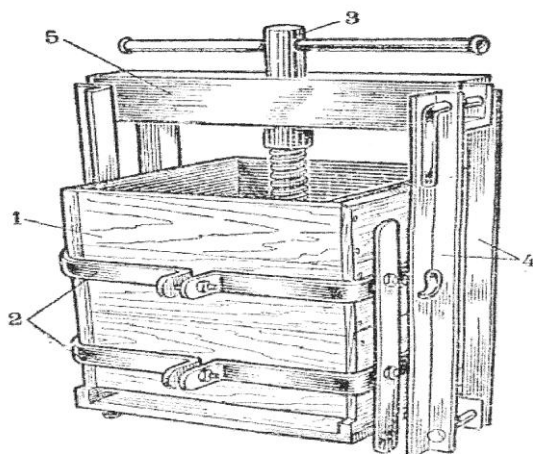
Рисунок 1.7 – Схема воскопресса В. А. Темнова

Планка рамы с прессующим винтом 1 откидывается для удобства загрузки воскопресса. Основным недостатком такой конструкции является его большие размеры. Выполнение ступы 2 из дерева не позволяет говорить о долговечности и

надежности, по сравнению с металлической. Кроме этого, затруднятся отжим сырья, из-за частого загрязнения нижних отверстий вытопками [125,150,167,359].

Пасечный воскопресс ПВ (рис.1.8). Данный пресс предназначен для отжима разваренного воскового сырья. Конструкция пресса представляет собой деревянную ступу 1. Ступа для обеспечения жесткости помещена в металлический каркас 2. Передача усилия прессования осуществляется с помощью рычажно-винтового механизма 3 [125,150,165,167,170,359].

Для снижения потерь тепла и повышения производительности, а именно выхода чистого воска в полость ступы укладывается решетка из перфорированного металлического листа. Создаваемое давление отжима 5 кг/см^2 , 13л - рабочий объем камеры ступы. Производительность при отпрессовке суши 2 и 3 сорта составляет 11кг/ч [125,150,167,359].



1 – ступа; 2 – металлический окантовка; 3 – рычажно-винтовой привод; 4 – сдерживающее устройство; 5 – верхняя планка.

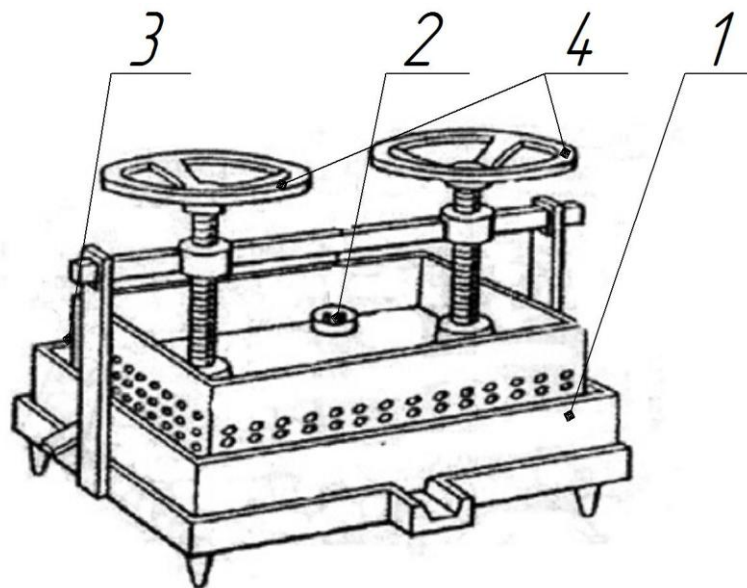
Рисунок 1.8 – Винтовой пасечный воскопресс ПВ

Перед началом работы следует установить воскопресс над емкостью с нагретой водой. Для загрузки воскопресса отодвинуть верхнюю планку с винтом и вытащить плиту с крестовиной. Заранее разваренное восковое сырье в мешковине разместить на дренажной решетке в ступе, расположить плиту с крестовиной, и перевести верхнюю балку в рабочее положение путем вращения рычага винта произвести отжим мешков с воскосырьем [40,55,56,123,150,155,160].

Наиболее эффективны и удобны в эксплуатации воскотопки – воскопрессы нагревом воды в межстенном пространстве, разработанные в НИИ пчеловодства[68,73,101,150,161,172,359].

Так же известен электрический воскопресс производство Польша (рис.1.9). Данный пресс снабжен загрузочной камерой 1 вместимостью, которая составляет 5-6кг воскосырья, электронагревательной плитой 2 суммарной мощностью 900Вт, нажимной плиты 3. При помощи вращения двух ручных винтов 4 происходит отжим разваренного сырья. Продолжительность цикла нагрева и отжима 2 - 2,5 часа[49,101,150,161,172,359].

Ранее перечисленные воскопрессы для перерабатывания воскового сырья сухим способом приспособлены для использования в закрытом помещении. При их применении воск получается светлым и чистым, содержание механических примесей и воды минимально[1,24,101,150,359].



1 – камера загрузочная; 2 – плита электронагревательная; 3 – плита нажимная; 4 – винт

Рисунок 1.9 – Воскопресс электрический (Польша)

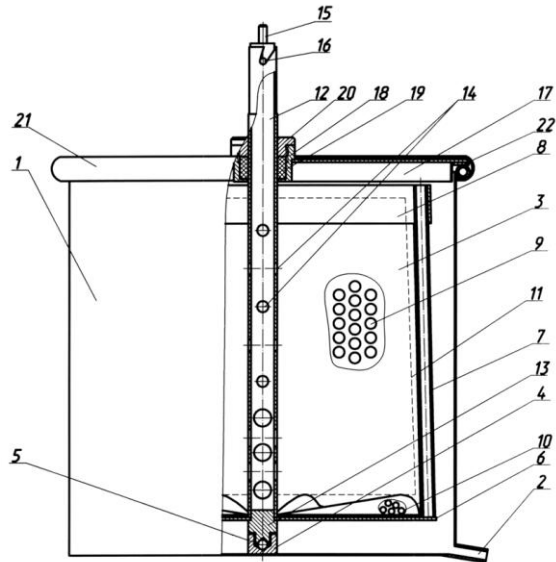
В заводских условиях воск извлекают с помощью центрифуг или прессов[101,150,359]. Заводские воскопрессы характеризуются большей мощностью и высокой производительностью в отличие от пасечных. В настоящее время воскозаводы в большей массе оборудуют гидравлическими прессами,

способные создать на 1 см^2 поверхности пресса давление около 20кг. Ключевой частью такого воскопресса является гидравлический насос, который состоит из труб, цилиндра и поршня. Гидравлический насос функционирует, как правило, от электромотора. Подача рабочей жидкости в цилиндр пресса регулируется автоматически клапаном-регулятором. При непрерывно работающем насосе он сохраняет давление напорной жидкости на заданном уровне [101,150,359].

Наиболее перспективным и высокопроизводительным способом переработки воскового сырья по сравнению с другими видами вытопки является центробежный [47,48,49,50,51,52,53,101,123,150,352]. Существует различные центробежные воскотопки.

Воскотопка-центрифугу, изображённую на рисунке 1.9 разработал Торманов Н.А.. Она работает следующим образом: мешок 11 через прорезь пропускается через ось 12 и помещается в ротор 3. После чего в мешок 11 загружается сушь. Крышка 17 одевается на ось 12 ротора 3, ложится на уплотнение 22 корпуса 1 и закрепляется на корпусе 1 с помощью обруча с защелкой 21. Ось 12 ротора 3 уплотняется для предотвращения выхода пара сальником 19 закручиванием гайки 20. Затем в воскотопку-центрифугу от парообразователя через шланг, одетый на полуось 12 ротора 3 подается пар. Пар через отверстия 14 оси 12 ротора 3 поступает в мешок 11 с сушью. Сушь разваривается (расплавляется воск). После полного расплавления воска шланг подачи пара отсоединяется. Далее выполняется операция центрифугирования. Для этого к поводку 15 с фиксатором 16 присоединяется дрель. Дрель приводится во вращение[129].

Вращение от дрели через поводок 15 и фиксатор 16 передается ротору 3. За счет возникающих центробежных сил капельки расплавленного воска проходят через ткань мешка 11 и отверстия сетки 9 в пространство между ротором 3 и корпусом 1. В мешке 11 остаются посторонние примеси. Расплавленный воск из пространства между ротором 3 и корпусом 1 через сливной штуцер 2 вытекает в приемную емкость[129].



1 – корпус; 2 – сливной штуцер; 3 – ротор; 4 – опора; 5 – шарик; 6 – основание; 7 – стойка; 8 – шина; 9 – сетка; поз. 10 – дискпоз. 11 – мешок; 12 – ось; 13 – направляющая; поз. 14 – отверстия; поз. 15 – поводок; 16 – фиксатор; 17 – крышка; 18 – втулка; 19 – сальник; 20 – гайка; 21 – обруч; 22 – уплотнение.

Рисунок 1.10 – Востотопка центрифуга

Так же известна СВЧ установка для вытопки пасечного воска непрерывного действия (рис. 1.11) содержит цилиндрический экраный корпус 1[357] Внутри него коаксиально расположена цилиндрическая резонаторная камера 2, выполненная в виде перфорированного барабана из неферромагнитного материала, с возможностью вращаться в вертикальной плоскости. Для этого в основание барабана вмонтирован вал для привода, а вторым основанием служит диэлектрическая дверь 3, имеющая отверстие для измельчающего механизма (набора ножей и решеток) волчка 5. Параллельно этой двери находится общая дверь 4 из неферромагнитного материала, куда вмонтирован СВЧ генераторный блок 6 так, что излучатель направлен в сторону барабана. Измельчающий механизм волчка 5 состыкован с отверстием, имеющимся на диэлектрической двери 3, а подающий шнек и электропривод волчка 5 находятся за пределами двери 3. В зазоре между барабаном 2 и экраным корпусом 1 в нижней части установки имеется нагревательный элемент 7. Экраный корпус содержит выходной 8 и входной 9 патрубки. Исходное восковое сырье 10 загружается в приемный

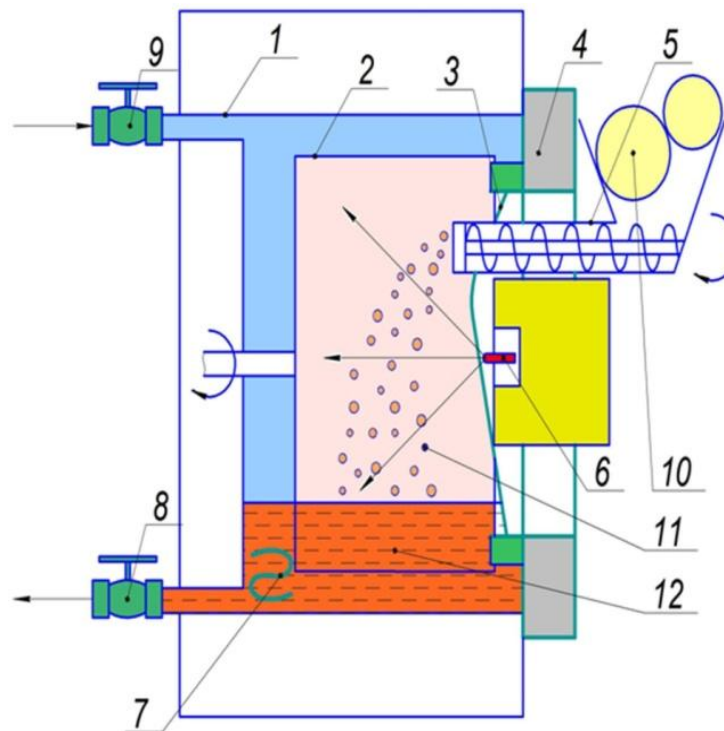
патрубок измельчителя; измельченное восковое сырье 11 попадает внутрь резонаторной камеры 2. Вытопленное восковое сырье 12 протекает через перфорацию резонаторной камеры 2[357,360,361].

Процесс термообработки пасечного воска осуществляется следующим образом. Загружают восковое сырье 12, освобожденное из рамок и проволок, в приемный бункер измельчителя-волчка 5. С помощью электропривода включают измельчитель-волчок 5, одновременно включают СВЧ генераторный блок 6 и открывают вентиль на входном патрубке 9. После чего пароводяная смесь попадает через перфорацию внутрь барабана 2. Измельченное восковое сырье 11 попадает в резонаторную камеру 2 и увлажняется. После накопления частичной жидкости в барабане 2 включают трубчатый нагревательный элемент 7, который нагревает пароводяную смесь и частично вытопленный воск, просочившийся через перфорацию барабана. Измельченное увлажненное пасечное сырье в резонаторной камере подвергается эндогенному нагреву за счет токов поляризации диполей воды под воздействием электромагнитного поля СВЧ и кондуктивного нагрева от горячей поверхности барабана. Поток энергии электромагнитных излучений СВЧ диапазона направлен в резонаторную камеру 2 через диэлектрическую дверь 3. Барабан из ферромагнитного материала нагревается вытопленным воском 12. Вытопленный воск центрифугируется через перфорацию барабана и продолжает нагреваться за счет трубчатого электронагревателя 7 (ТЭН). Такой дополнительный нагрев исключает затвердевание вытопленного воска за пределами резонаторной камеры 2, и выходной патрубок 8 не забивается. Процесс вытопки происходит в проточном режиме, поэтому скорость выгрузки готовой продукции через выходной патрубок 8 регулируется вентилем. Вытопленный воск 12 за счет центробежной силы в процессе вращения барабана (резонаторной камеры 2) просачивается через перфорацию. Пароводяная смесь подается в непрерывном режиме через вентиль 9 внутрь экранного корпуса 1. Скорость эндогенного нагрева измельченного сырья за счет пароводяной смеси резко увеличивается, а качество и цвет готовой продукции улучшаются. После накопления определенного осадка (мерва) в резонаторной камере установку

следует выключить, открыть обе двери 3,4 и очистить перфорированную резонаторную камеру 2 от твердого осадка[357,360,361]

Итак, предлагаемая СВЧ воскотопка предусматривает:

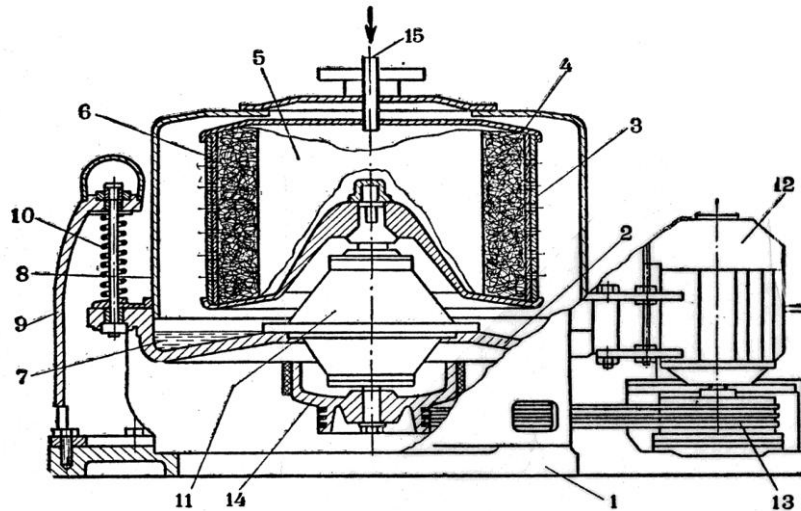
- загрузку предварительно измельченного воскового сырья в перфорированную резонаторную камеру;
- подачу пароводяной смеси в резонаторную камеру;
- нагрев сырья за счет электромагнитного поля СВЧ диапазона и электронагревателя (ТЭН);
- центрифугирование расплавленного воска;
- слив расплавленного воска;
- выгрузку твердого осадка из перфорированного барабана[357,360,361].



1 – экранный корпус; 2 – резонаторная камера – барабан; 3 – дверь из диэлектрического материала; 4 – общая дверь из ферромагнитного материала; 5 – измельчитель-волчок; 6 – СВЧ генераторный блок с излучателем; 7 – нагревательный элемент; 8 – выходной патрубок; 9 – входной патрубок; 10 – восковое сырье; 11 – измельченное восковое сырье; 12 – вытопленное восковое сырье.

Рисунок 1.11 – СВЧ установка для вытопки пасечного воска[357,360,361]

На Коломенском воскозаводе занимаются усовершенствованием центробежной технологии переработки воскового сырья. Воск из мервы получают с помощью центрифуги ТВ-600Н (рис. 1.12).



1 – основание; 2 – корпус; 3 – вращающийся ротор; 4 – дренажный состав; 5 – мешковина с восковым сырьём; 6 – сетка металлическая; 7 – эмульсия водновосковая; 8 – крепление; 9 – опора; 10 – пружина; 11 – ступица; 12 – электродвигатель; 13 – ведущий шкив; 14 – тормозной барабан; 15 – патрубок подачи пара.

Рисунок 1.12 – Центрифуга фильтрующая ТВ-600

Сущность способа отражается в следующем: сухое восковое сырьё (влажностью 10-15%), смешивается с дренажным составом (измельчённой соломой), засыпается в мешок из мешковины, предварительно размешанный внутри ротора центрифуги. Крышку кожуха плотно закрывается и центрифуга включается в работу. При достижении максимальной частоты вращения (1520 мин^{-1}), в ротор подается с помощью подводящего трубопровода острый пар (давление пара $0,2-0,4 \text{ кг/см}^2$), его температура варьируется в пределах $100-103^{\circ}\text{C}$ [70,123,150,165,167,171,352,354].

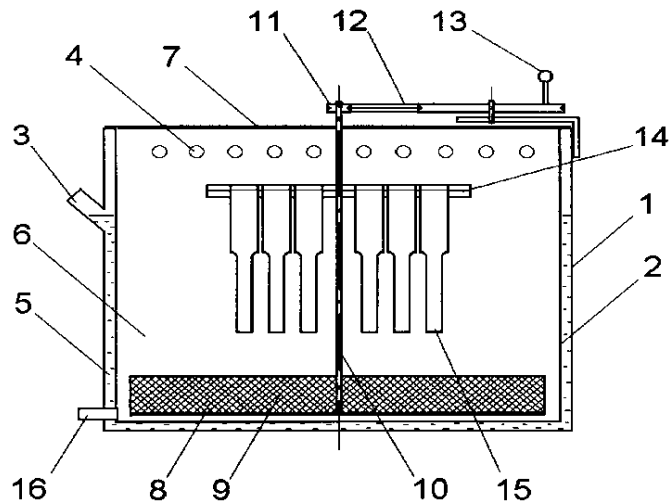
Острый пар мгновенно нагревает воск до необходимой температуры, проходит сквозь поры в восковом сырьё, тем самым плавит находящийся в сырьё воск. Под воздействием центробежной силы воск вместе с конденсатом удаляется через отверстия мешковины на дно корпуса, а после через общий трубопровод

попадает в двустенную ванну. За 90-120 минут такой центрифугой можно переработать около 20 кг воскового сырья. Как только выделение воска останавливается, подачу пара прекращают, выключают привод ротора, а затем выгружают мешковину с переработанной мервой. После на сепараторе при температуре 85-95⁰С восководяная эмульсия разделяется на воск и воду[70,123,150,165,167,171,352,354].

Невзирая на большую производительность и высокое качество получаемого воска, у существующих центрифуг есть ряд недостатков: сложность в использовании, громоздкость и применение острого пара, для его получение требуются большие затраты энергии[123,150,165,167,171, 354].

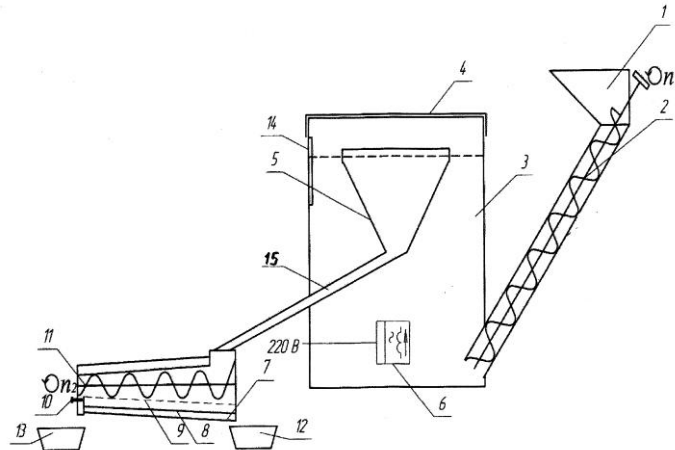
Для небольших пчеловодческих хозяйств существует технология вытопки сырья непосредственно из рамок с сырьем. И для этого необходима центрифуга – воскотопка (рис. 1.13) [141]. Она работает следующим образом. В полость парообразователя 5 заливают воду, а на держателе 14 устанавливают рамки 15 с пчелиными сотами. Затем центрифугу-воскотопку устанавливают на источник тепла, например, над костром. При нагреве вода в парообразователе закипает, образовавшийся пар проникает через отверстия 4 в полость корпуса центрифуги 6, расплавляет соты и дезинфицирует рамки. Когда расплавленный воск полностью стекает на диск ротора 8, его приводят во вращение с помощью привода, вращая ручку 13. Под действием центробежных сил весь воск проходит через сетчатую стенку 9 ротора и вытекает из полости корпуса через сливной штуцер 16. Весь мусор остается внутри ротора и удаляется вручную после окончания работы[141].

При использовании метода центрифугирования для получения воска в вытопках сохраняется ещё около 30% воска, а для пасечных вариантов до 37 %, который извлекают с помощью воскоэкстракционного аппарата.



1 – внешняя стенка; 2 – внутренняя стенка - корпус центрифуги; 3 – горловина; 4 – отверстие; 5 – полость парогенератора; 6 – полость корпуса центрифуги; 7 – крышка; 8 – ротор; 9 – сетчатая стенка; 10 – вал; 11 – диск; 12 – клиноременная передача; 13 – ручка; 14 – держатель; 15 – рамка; 16 – сливной штуцер.

Рисунок 1.13 – Центрифуга - воскотопка[141]



1 – загрузочный бункер; 2 - шнек подающий; 3 – бак; 4 – крышка; 5 – емкость воскосборника; 6 - электрический ТЭН; 7 – электрический обогреватель; 8 – воскопресс; 9 – фильтр-сетка; 10 - винт регулировочный; 11 – шнек прессующий; 12 – бак для чистого воска; 13 – бак для выжимок; 14 – окно водонапорное; 15 – патрубок выводящий.

Рисунок 1.14 – Схема воскотопки- воскопресса[121,123,138,140,150]

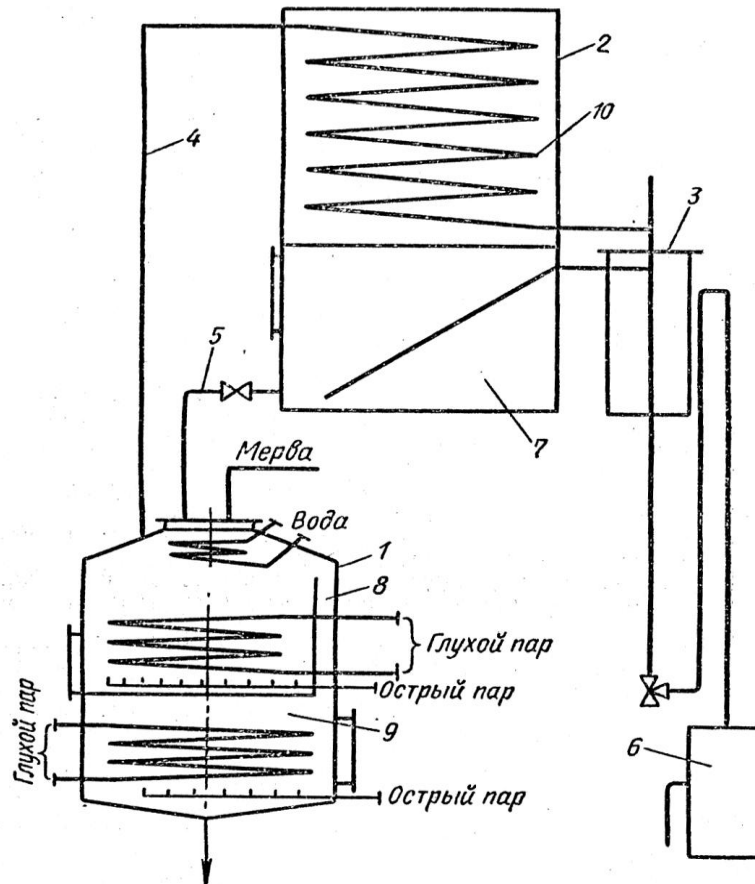
Над созданием современной водяной воскотопки, в которой растопленное восковое сырьё отпрессовывалось в «горячем» прессе трудились сотрудники Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева д.т.н., профессор Некрашевич В.Ф. и к.т.н. Рогов А.А. [121,123,138,140,150]. Конструктивно - технологическая схема воскотопки – воскопресса представлена на рисунке 1.14

Рабочий процесс воскотопки- воскопресса организован следующим образом. В загрузочный бункер 1 загружается восковое сырьё. В бак 3 наливается вода, не выше кромки воронки. К электрической сети подключается ТЭН 6. После того, как нагреется воды в баке в работу включается подающий шнек 2, перемещающий восковое сырьё из загрузочного бункера 1 в бак. Температура для плавления воска в среднем составляет 63-66⁰С, поэтому попадая в воду, разогретую до 80⁰С, воск расплавляется и всплывает на её поверхность, из-за более низкой плотности. За счет подачи воскового сырья и нагрева воды её уровень в баке увеличивается (уровень воды контролируется с помощью смотрового окна 14). Растопленное восковое сырьё поднимается выше краев емкости воскосборника 5 и затем попадает в выводящий патрубок 15, а по нему далее в загрузочную горловину шнекового воскопресса 8. Расплавленное восковое сырьё подпрессовывается при помощи вращения шнека прессующего 11, воск, проникая через фильтр-сетку 9, стекает в подставленную ёмкость 12 для сбора воска, а отпрессованные выжимки удаляются через выгрузное отверстие в ёмкость 13. Степень подпрессовки разваренного сырья регулируется болтом 10. Корпус воскопресса, снабжен электрическим обогревателем 7, позволяющим сохранять восковое сырьё в расплавленном виде, что позволяет облегчить работу пресса, увеличить выход чистого воска из сырья[121,123,138,140,150].

Для экстракции специальным смесью бензинов существует воскоэкстракционный аппарат АВ-171, (рис. 1.15) предназначенный для обработки воскового сырья и мервы[1,56,123,146,150,165,172,181,200,218,352].

Рабочий процесс организован следующим образом. Мерва загружается в экстрактор. Бензин из бензосборника - конденсатора подает в камеру загрузочную

экстрактора для начального смачивания мервы, затем подают пар в загрузочную камеру. Пар проходит по змеевикам, чем способствует нагреванию смеси бензинов, которая с течением времени растворяет воск, который находится в мерве. После того, как воск растворится, открываются краны для перемещения в дистиллятор получившегося раствора бензина с воском. В дистилляторе проводится выпаривание из раствора бензина с помощью пара, проходящего по змеевику. Поднимаясь вверх пары бензина, частично конденсируются на стенки змеевикового холодильника, а затем возвращаются обратно в экстрактор. Оставшиеся пары бензина перемещаются по отводящему патрубку в змеевик холодильника, где они происходит их конденсация, получившийся бензин поступает в сборник через водоотделительную колонку впоследствии расходуется для экстракции. После накопления достаточного количества бензина в бензосборнике его вновь перемещают в загрузочную камеру. Данную операцию проводится 7-8 раз подряд. Завершив экстракцию приступают к заключительной операции извлечения воска, которая состоит в окончательной выпарке смеси бензинов из раствора и мервы. Выпарку происходит с применением острого пара, для этого предварительно перекрыт вентиль холодильника. После выпарки разливают получившийся экстракционный воск в отстойные камеры, открывают люки, а после всего выгружают полученный шрот[1,56,123,146,150,165,172,181,200,218,352].



1 – экстрактор воска; 2 – конденсатор; 3 –отделитель воды; 4,5 – патрубки подводящие; 6 – ёмкость; 7 – бензосборник-конденсатор; 8 – загрузочная камера; 9 – дистиллятор; 10 – змеевик холодильника.

Рисунок 1.15 – Аппарат воскоэкстракционный АВ-171 [123,146,150,165,172,181,200,218,352]

Воскоэкстракционные аппараты громоздки, и имеют сложную конструкцию, для работы используют много пара для выпарки и труднодоступные химические растворы, исходя из этого их применение целесообразно лишь на крупных производствах.

1.4 Анализ проведенных исследований по вопросам извлечения воска из воскового сырья

Исследованиям процесса переработки воскового сырья посвящено огромное количество трудов большого количества известных авторов

[1,30,32,40,55,59,66,78,95,101,119,120,123,146,150,155,159,161,165,167,170,171,181,186,200,289]

Способы переработки воскового сырья в настоящее время базируются на извлечении из него воска при помощи нагревания и стекания, растворения и отжима.

Еще в конце 19 века возникла идея построить процесс переработки воскового сырья, обратным методом, а именно от сырья отделять его невосковую часть. При современных способах, растворимые вещества сырья удаляют, вовремя продолжительной стерилизации.

М. Д. Оржевский [150,359] предлагал отделение воска от невосковой части при загрузке в холодную воду покрошенной и измельченной суши. Частица воска будет беспрепятственно находится на поверхности воды, а вымокшие невосковые из-за большей плотности и набухания части осядут на дно.

Предложенный М. Д. Оржевским способ, в настоящее время не нашел применения. Стало понятно, что на практике механическое отделение составных веществ воскового сырья трудно произвести. Как уже оговаривалось выше, воск, находится не только в свободном состоянии, но ещё и в связанном. А именно в виде микроскопических частиц заключенных в капиллярах невосковой части, нерастворимой в воде (отходы жизнедеятельности пчел). Исходя из этого, при проведении механического разделения, получившиеся отходы будут содержать много воска, кроме этого такое отделения является очень трудоемким[123,150,351,352].

Над созданием совершенного устройства для извлечения воска из воскового сырья трудились многие учёные, такие как К.В. Богомолов, Н.В. Бышов, Л. В. Давыдов, Д.Е. Каширин, Ю.Н. Кирьянов, В.Ф. Некрашевич, А. Ритше, А.А.Рогов, А. Рут, В.А. Темнов. В настоящее время известно множество воскотопок различных конструкций: солнечные, паровые, водяные, центробежные и т. д., но наиболее удачными по конструкции и производительными из всех орудий для пасечного извлечения воска стали «горячие» и «холодные» воскопрессы

[30,32,40,55,59,66,78,95,101,119,120,123,146,150,155,159,161,165,167,170,171,181, 186,200,210].

Наиболее известны горячие воскопрессы, разработанные А.Ритше нагреваемые паром[123,150], и водяной Гершайзера[123,150].

Холодные воскопрессы использовались еще в середине 20 века а именно: рычажные, клиновые, рычажные с винтом и др[150,359].

Наиболее удобные прессы по конструкции и эксплуатации получилось сконструировать в Америке у Гатча-Гоммела (одинарный пресс), Рута-Гатча (двойное прессование, Роквуда и др[150,155,359].

Непосильный вклад в развитие устройств для переработки воскового сырья внёс А. Рут ученый, пчеловод, конструктор[155]. Он создал воскопрессы, способные извлечь из воскового сырья, большое количество воска. Несмотря на большой выход, получаемый воскопрессами собственной конструкции, сам А. Рут написал в энциклопедии пчеловодства, что не получен такой метод переработки воскового сырья, при помощи которого возможно получить весь воск без остатка[150,155].

Достигнутые А. Рутром успехи в проведении испытаний и разработки оборудования, объясняется ещё тем, что разработанные им воскопрессы, хоть и относятся к типу холодных прессов, но в процессе их работы в воскопресс подается пар по трубке особого нагревателя с активно кипящей водой. Для другого воскопресса характерно, что во время перерывов в отжиме сырья, воскопресс вновь устанавливается на источник тепла, чтобы разваренная восковая масса вновь закипела.

Использование таких приёмов приближает разработанные им воскопрессы к типу нагреваемых. На практике получается, что прессуемая масса находится всё время в состоянии медленного кипения, что позволяет эффективнее отделять воск от невосковой части[155].

Известный специалист, разработавший большое количество пчеловодческого инвентаря, ученый и инженер Л.В. Давыдов, в своих изданиях объясняет условия максимального выхода воска следующим образом, что обязательным условием

отжима является сохранение прессуемой массы при такой температуре, что бы воск находился в подвижно-горячем состоянии [123,150,193]. Данное условие является ключевым для повышения выхода воска, поэтому «холодные» воскопрессы не способны получать такой объем воска, что и «горячие». По анализам А.Ф. Губина в мерве после «холодного» пресса остаётся от 20 до 40% воска от её веса, а для «горячего» этот показатель исчисляется от 13 до 25% [123,150,193,359].

Вырезка суши из рамок занимает много времени. Избавиться от этой трудоемкой процедуры можно лишь при погружении целых рамок с восковым сырьем в воскотопку. Для реализации подобной идеи НИИ пчеловодства сконструировал новую паровую воскотопку (автор В.К. Тихончук), которая способна вытапливать воск непосредственно из 40 загружаемых рамок. Весь процесс вытопки сырья на такой установке строиться из последовательного выполнения следующих операций: загрузка сотов в кассеты; первая обработка паром сотов с параллельным встряхиванием; разгрузка воскотопки. При таком извлечении каркас рамки, особенно верхний брусочек, необходимо чистить ножом, на что затрачиваются усилия и время. После переработки рамок переработки на паровой воскотопке и незначительной чистке, они становятся пригодными для натягивания проволоки и наващивания. Немного вытянувшаяся от нагрева, проволока, в естественных условиях вновь принимает свою длину[359,362]. Воск, получаемый на паровых воскотопках при соблюдении технологии, получается хорошего качества[55,56,123,150,193,359].

В Рязанском государственном агротехнологическом университете имени П.А. Костычева в лаборатории инновационных и энергосберегающих технологий в растениеводстве и животноводстве под руководством Некрашевича В.Ф., проводились исследования в области «горячей» отпрессовки воска шнековым прессом. На практике конический шнек показал себя работоспособным, при соблюдении определенных условий: отпрессовка должна проходить при температуре выше температуры плавления. Таким образом, воск остается в жидком

виде, что позволяет его более полно отжимать. При таком способе переработки воска можно получить до 92 % от восковитости сырья [149,150].

Опираясь на проведенный обзор литературный источников, каталогов ведущих фирм производителей пчеловодческого оборудования и патентов бала составлена классификация устройств для вытопки воска используемых в настоящее время для вытопки воска (рис.1.16)

[30,32,40,55,59,66,78,95,101,119,120,123,146,150,155,159,161,165,167,170,171,181, 186,200].

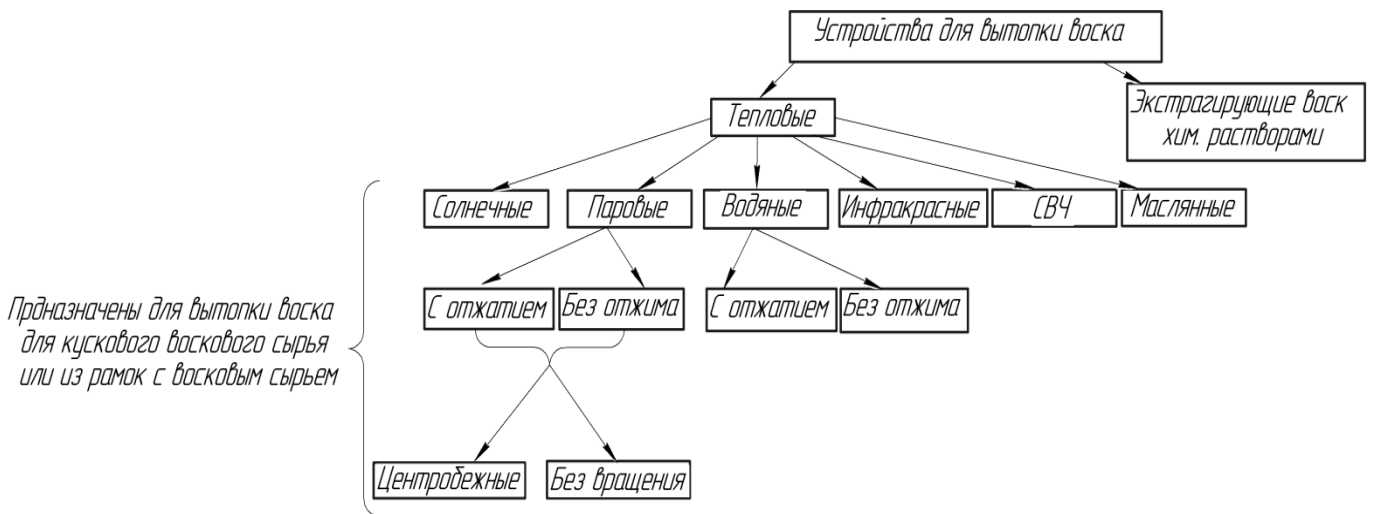


Рисунок 1.16– Классификация устройств для вытопки воска

Следует в заключение отметить, что обзор научных исследований показал перспективным направлением деятельности является вытопка воска непосредственно из рамок воскосырьем с отпрессовкой в «горячем» воскопрессе. Нагревание и разваривание воскового сырья целесообразно осуществлять при помощи насыщенного пара с использованием центробежной силы для отделения остатков сырья, с дальнейшей отпрессовкой его в «горячем» воскопрессе, в котором разваренная масса находится при такой же температуре, что при вытопке. Во время нагрева, фильтрации и прессования растопленного воскового сырья, необходимо соблюсти определенные условия и режимы, чтобы получить воск высокого качества.

1.5 Цель работы и задачи исследования

Воск – один из ценнейших продуктов пчеловодства. Само пчеловодство является, основным потребителем пчелиного воска. Для нужд пчеловодов требуются переработка около 80% всего выхода в искусственную вошину, без её достаточного количества нереально повышение числа пчелиных семей, а так же получение достаточных доходов от пчеловодства.

Кроме пчеловодства, воск находит применение в различных отраслях промышленности, медицине, косметологии[4,12,70,150,181,261,304]. Производимого воска хватает лишь на удовлетворение потребностей пчеловодов, поэтому наша страна вынуждена ежегодно закупать около 700 тонн воска, для нужд сопутствующих отраслей промышленности[356].

Потребность в воске достаточно велика, но пчеловодство способно реализовать в промышленность всего около 20% от общего выхода, из-за неимения возможности отдачи большего количества. Несмотря на огромные успехи людей в деле изобретений многофункциональных и быстрых в работе компьютеров, космических ракет и сверхскоростных самолётов, создание которых не может обойтись без применения воска[123,150,352]. Воплотить в жизнь идею воскозаменителя и получить воск подобный пчелиному люди ещё не смогли. Для некоторых отраслей промышленности его замена другими сортами непчелиного воска, который можно легко и быстро получить в лаборатории, вызывает снижение качества, а во многих случаях и полную его потерю[352].

Значительная доля воскового сырья от общей массы, получаемой в нашей стране, находится у приусадебных пчеловодов, которые держат на своих пасеках небольшое количество пчелиных семей[123,150,352,356]. Такие пчеловоды не получают достаточного количества сырья за время сезона, поэтому не видят выгоды от его переработки, с целью последующей реализации малого количества воска. Раньше полученное восковое сырьё, в большинстве, старались продавать, не тратя время на его переработку. В настоящее время воскозаготовительные

организации закупают у населения только перетопленный воск и отходы – мерву или пасечные вытопки.

Одной из основных причин дефицита пчелиного воска является отсутствие выпускаемых отечественной промышленностью воскотопок, с помощью которых из сырья извлекается высокий процент воска. Активно используемые и пользующиеся спросом у пчеловодов воскотопки ВТП и ВТ-2. Хотя и обладают низкой стоимостью, при с их помощью невозможно получить весь воск из сырья, так как дают невысокий выход воска (около 57%). Более 40% чистого воска не извлекается и остаётся в мерве[123,150,352]. К большому сожалению, основная масса пчеловодов, владеющих небольшими пасеками, имеют отношение к мерве как побочному продукту и просто утилизируют её. В результате этого много полезного воска безвозвратно пропадает в земле. Главной причиной такого состояния отрасли в том, что расчетливые пчеловоды не видят смысла тратить деньги на покупку более современных воскотопок и воскопрессов из-за их высокой стоимости.

Проанализировав состояние вопроса, удалось установить приоритетное направление, требуется двигаться для решения проблем импортозамещения и недостатка воска в нашей стране. Решение данной проблемы кроется в применении на пасеках самого разного размера недорогих энергосберегающих устройств для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, обеспечивающих требуемые количественные и качественные показатели получаемого после переработки воска с наименьшими затратами труда.

По результатам анализа состояния дел в области переработки воскового сырья сформулирована цель проведения исследований: повышение эффективности процесса вытопки воска путем разработки центробежного агрегата, повышающего выход воска и снижающего энергозатраты.

Для реализации указанной цели определены следующие задачи исследования:

1 – провести анализ существующих способов вытопки воска и определить направление совершенствования устройств для его вытопки;

2 – исследовать физико-механические и теплофизические свойства воскового сырья и воска;

3 – разработать рабочий процесс центробежного агрегата для вытопки воска;

4 – обосновать теоретически и экспериментально уточнить параметры центробежного агрегата для вытопки воска;

5 – произвести проверку разработанного центробежного агрегата для вытопки воска в производственных условиях и определить экономическую эффективность его применения.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ И ВОСКА

2.1 Программа и методика исследования

Обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, возможно лишь при достаточных знаниях о физико-механических, адгезионных и теплофизических свойствах воскового сырья и воска, которые изменяются в зависимости от температуры. Из трудов отечественных и зарубежных ученых известны значения многих коэффициентов, однако их значение варьируется в зависимости от качества исходного сырья и его происхождения [7,8,9,30,210,233]. Лабильность свойств воска и воскового сырья требует их тщательного изучения и анализа изменения физических характеристик в зависимости от температуры. Исходя из этого, задачей экспериментального исследования стало определение численных значений физико-механических и теплофизических характеристик воска и воскового сырья в условиях, аналогичных режимам работы предлагаемого центробежного агрегата.

Исходя из выше обозначенного, программа исследований содержала:

1 – определение исходной влажности, объемной массы воскового сырья и статических и динамических коэффициентов трения;

2 – исследование влияния температуры на адгезионные свойства воска;

3 – исследование влияния температур выше температуры плавления на вязкость воска;

4 – исследование влияния температуры на удельную теплоемкость, коэффициенты теплопроводности, температуропроводности воскового сырья;

5 – определение оптимального угла течения разваренного воскового сырья.

Лабораторные исследования производились при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере». Восковое сырье для исследований было собрано с отдельных районов Рязанской области, срока использования 2 года, выбракованное пчеловодами по тем или

иным причинам. Воск для исследования вытапливался из этого сырья на паровой воскотопке ВТП и выдерживался не менее 3 дней, перед проведением опытов.

2.1.1 Методика определения исходной влажности и объемной массы воскового сырья

Для определения исходная влажности воскового сырья w использовалась стандартная методика по ГОСТ 21179-2000[150] и определялась по формуле:

$$w = \frac{M_H - M_K}{M_H} \cdot 100, \% , \quad (2.1)$$

где M_H – масса воскового сырья до сушки в термошкафу, г;

M_K – масса воскового сырья после сушки, г.

Для исследования влажности использовались измельченное восковое сырье, куски сотов и вытопленный воск. Взвешивание навесок с восковым сырьём, воском и воскового сота производилось на лабораторных аналитических весах ВСЛ-200/0.1А с точностью до 0,1 мг[69,150]. Сушке подвергались по пять навесок массой 10 г каждая.

Объемная масса – это масса (кг) вещества, в данном случае восковое сырье, содержащаяся в 1 м³ объема. Объемная масса (γ) воскового сырья определялась с помощью литровой пурки ПХ-1 ТУ 4274-010-00932169-07 и рассчитывалась по формуле:

$$\gamma = \frac{G}{V} , \text{ кг / м}^3 \quad (2.2)$$

где G – масса, засыпанного в пурку воскового сырья, кг;

V – номинальный объём емкости, м³[69,150].

2.1.2 Методика определения статического и динамического коэффициентов трения воскового сырья и воска

Трения в природе не избежать, но можно препятствовать [143]. Восковое сырье сыпучий материал. Под сыпучим материалом подразумевается дисперсная система, состоящая из твердых частиц произвольной формы, находящихся в

контакте[8,143]. Статический и динамический коэффициенты трения о поверхности материалов являются одним из ключевых показателей физико-механических свойств. В настоящее время углы и коэффициенты внешнего трения определяются в соответствии с европейским стандартом[353].

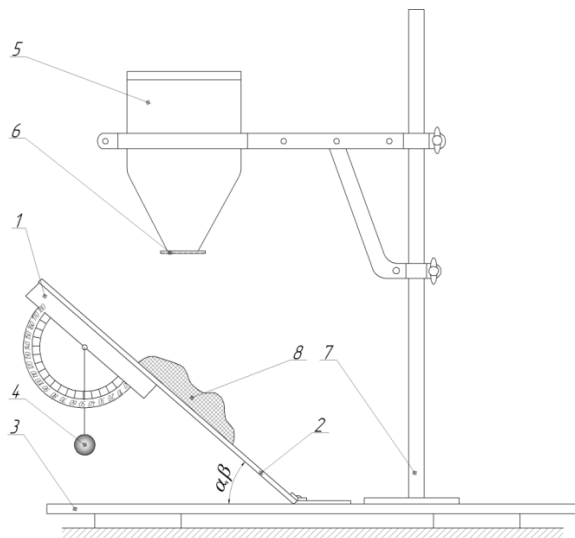
Статический угол трения воска и воскового сырья по пищевой стали определялся на установке (рис. 2.1), который состоит из двух пластин, шарнирно соединенные между собой. Одна пластина 2 статична и расположена горизонтально, другая пластина 1 способна менять угол наклона, регистрировавшийся с помощью угломера ГОСТ 5378-887[150]. Для изготовления подвижной пластины применялась пищевая сталь 10X18Н10Т.

Опыт проводился следующим образом. Тонким слоем на верхнюю пластину насыпалось восковое сырье, толщина слоя 8-10 мм. После неспешно увеличивали угол наклона пластины. Когда восковое сырье приходило в движение, фиксировался угол наклона подвижной пластины[150].

Статический коэффициент трения f_{cm} находился по формуле:

$$f_{cm} = \operatorname{tg} a_{cm}, \quad (2.3)$$

где a_{cm} – угол наклона подвижной пластины [16,34,150]..



1 – угломер; 2 – наклонная пластина; 3 – неподвижная пластина; 4 – отвес; 5 – бункер; 6 – затвор бункера; 7 – штатив; 8 – воск или восковое сырье.

Рисунок 2.1 – Схема установки для исследования коэффициента трения

Для определения динамического угла трения воскового сырья по пищевой стали использовалась та же установка (рис. 2.1).

Равномерным потоком на наклонную пластину 1 насыпался воск и восковое сырье из бункера. Симультанно медленно опускалась наклонная пластина 1 до того момента, пока поток воскового сырья не переставал соскальзывать по поверхности металлической пластины. После этого регистрировали угол наклона подвижной пластины [16,34,113,150].

Динамический коэффициент трения f_{∂} находился по формуле:

$$f_{\partial} = \operatorname{tg}\beta_{\partial} , \quad (2.4)$$

где β_{∂} – угол наклона подвижной пластины.

Для исследования коэффициентов трения использовалось измельченное восковое сырье и вытопленный воск (рис. 2.2).

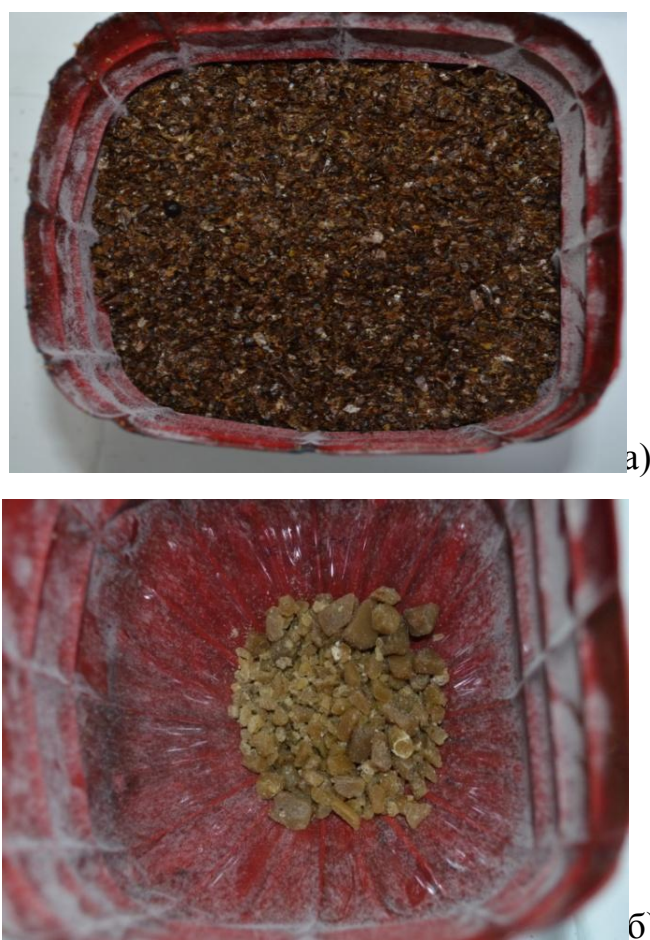
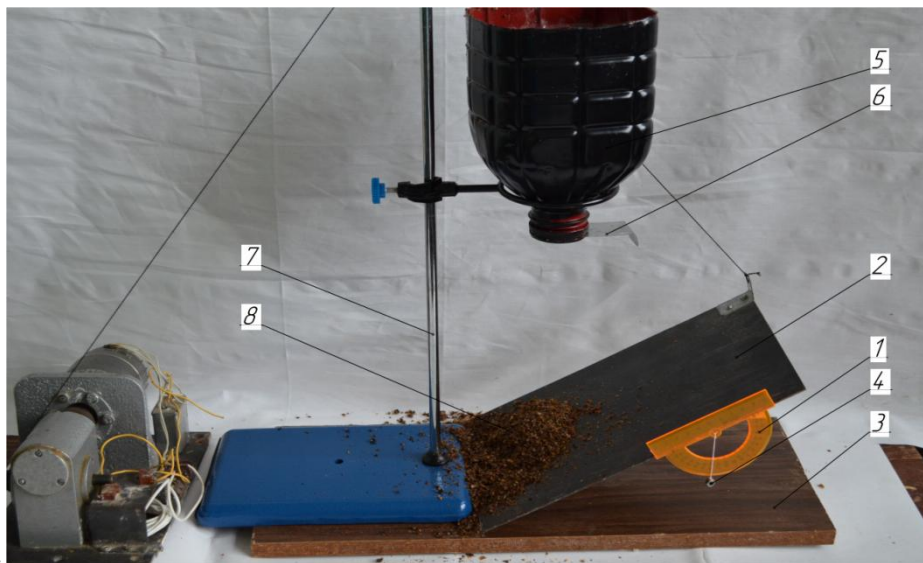


Рисунок 2.2 – Восковое сырье а) и воск б) в бункере.

Методика проведения эксперимента была следующей. Воск и восковое сырье отдельно рассеивались с помощью набора сит на 4 фракции характерные фракции с размером: менее 2 мм; от 2,0 до 4,0 мм; от 4,0 мм до 7,0 мм. Исследование проводилось при изменении температур воска и воскового сырья от 0°C до $+65^{\circ}\text{C}$ с шагом в 5°C и его влажности 4,5% [16,34,113,150]. Во время проведения исследования температура в лаборатории поддерживалась 22°C .

Общий вид установки для определения коэффициентов трения покоя и в движении воскового сырья и воска представлен на рисунке 2.3.



1 – угломер; 2 – пластина наклонная; 3 – основание; 4 – отвес; 5 – бункер; 6 – затвор бункера; 7 – штатив; 8 – восковое сырье.

Рисунок 2.3 – Общий вид установки для определения коэффициентов трения покоя и в движении воскового сырья и воска.

Опыты проводились в пятикратной повторности для достоверной оценки результатов эксперимента. На основе полученных данных построены графические зависимости коэффициентов трения покоя и движения воскового сырья и воска в зависимости от температуры

2.1.3 Методика определения влияния температуры на адгезию воска

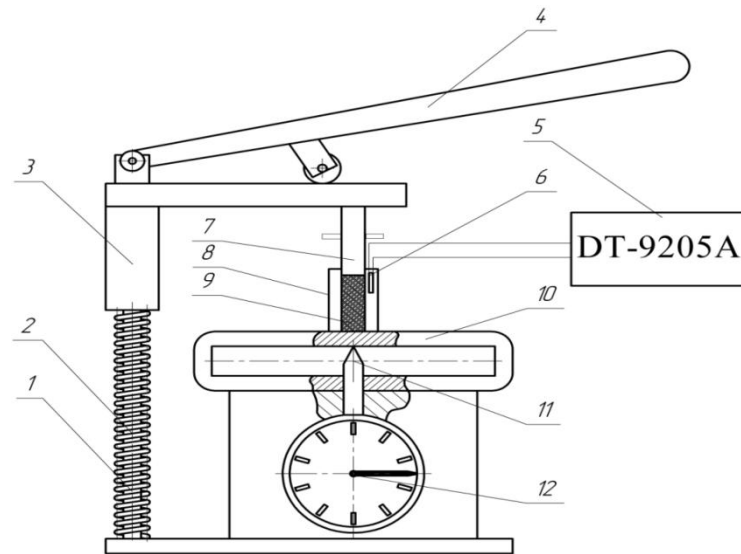
В процессе работы центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, вытапливаемое сырье и воск будет непременно касаться

металлических поверхностей. Из литературных источников [8,31,35,36,40] известно, что содержащиеся в воске свободные жирные кислоты взаимодействуют с металлами, образуя при этом соли, которые оказывают негативное влияние на адгезионные свойства. Кроме того, технологический процесс вытопки подразумевает отпрессовку разваренного воскового сырья коническим шнеком. Исходя из этого, необходимо экспериментально определить, как меняется прилипание воска к металлу в зависимости от температуры.

Для получения доскональной информации о влиянии температуры на адгезионные и пластические свойства воска в ФГБОУ ВПО РГАТУ им. П.А.Костычева нами были проведены лабораторные исследования по изучению данных свойств воска в диапазоне температур от 20 до 65 °С.

Изучение адгезионных и пластических свойств воска проводилось в лаборатории инновационных и энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в растениеводстве и животноводстве ФГБОУ ВПО РГАТУ при помощи установки, изображенной на рисунке 2.4. Для исследования использовали измельченный воск, не содержащий видимых примесей. Воск для исследования вытапливался из этого сырья на паровой воскотопке ВТП и выдерживался не менее 3 дней, перед проведением опытов. Полученный воск на приборе Журавского рассеивался на три фракции со средним диаметром частиц менее 2 мм; 2,0 – 4,0 мм; 4,0 - 7,0 мм. После этого формировались навески из каждой фракции массой 10 грамм[69].

Лабораторная установка для определения адгезионных и когезионных свойств содержит основание со стойкой 2, на котором закреплен индикатор часового типа 12. Непосредственно над ним установлена динамометрическая пружина 10. Индикатор, взаимодействует с ней измерительным штоком 11. По стойке основания перемещается ползун 3. Для перемещения ползуна используется рукоятка 4, а для возврата в исходное положение установлена возвратная пружина 1. На площадку динамометрической пружины устанавливается форма 8 с прессуемым материалом 9, а в ползун вворачивается пуансон 7[113,150].



1 –пружина возвратная; 2 – стойка; 3 – ползун; 4 – рукоятка; 5 – мультиметр цифровой DT-9205A; 6 – микротерморезистор МТ-54М; 7 – пуансон; 8 –форма; 9 – воск; 10 – динамометр ДОСМ – 0,2; 11 – шток; 12 – индикатор.

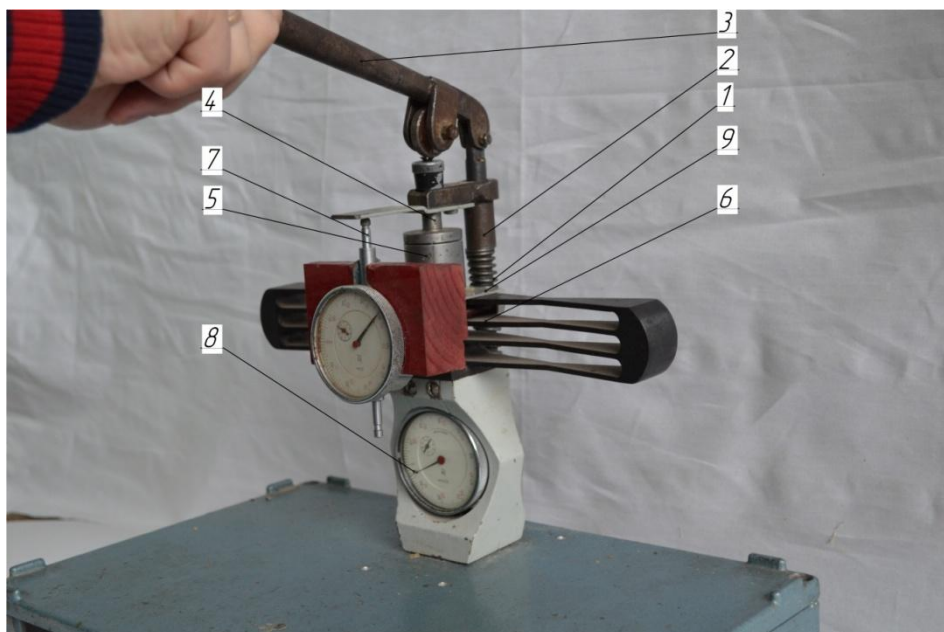
Рисунок 2.4 – Схема установки для определения адгезии воска.

Принцип испытаний был следующим. Перед началом эксперимента с помощью весов ВЛТК - 500 взвешивали порцию воска, измельченного на фракции, массой 10 граммов, затем его высыпали в матрицу круглого сечения (рис. 2.5) диаметром 10 мм, после этого форма убиралась в термошкаф, где и доводилась до требуемой для проведения опыта температуры. Затем подготовленную для эксперимента форму с воском размещали на площадке динамометрической пружины. После при помощи рукоятки ползун с пуансоном перемещали вниз, производилось сжатие воска до того времени, пока ограничитель пуансона не упирался в форму, в результате чего образовывался брикет воска в независимости от температуры и фракции. В момент сжатия фиксировали показания индикатора. Предварительно прибор был оттарирован. В результате сжатия образовывался брикет воска цилиндрической формы высотой 20 мм и диаметром 10 мм. После этого пуансон переворачивался обратной стороной, длина которой равна высоте формы. При помощи рукоятки

оказывалось давление на пуансон, вследствие чего брикет воска выпрессовывался из формы. В этот момент фиксировались показания индикатора. После этого усилие, получившееся в ходе исследования, переводилось в давление. Для этого результаты делились на площадь отверстия формы ($S=0,0314 \text{ м}^2$) [2,12,31.35,36,69]. Общий вид установки для давления прессования и выпрессовки представлен на рисунке 2.6.



Рисунок 2.5 – Форма с воском перед проведением опыта.



1 – возвратная пружина; 2 – ползун; 3 – рукоятка; 4 – пуансон; 5 – форма; 6 – воск; 7 – шток; 8 – индикатор; 9 – динамометр ДОСМ – 0,2.

Рисунок 2.6 – Общий вид установки для определения усилий прессования и выпрессовки.

Для определения температуры воска в ходе прессования пуансоном применялись микротерморезисторы МТ-54М, сконструированные конструкции В.Г. Кармановым и мультиметры цифровые DT-9205А, с помощью которых проводилась фиксация сопротивления данных микротерморезисторов[53,85]. Микротерморезисторы были оттарированы по лабораторному термометру ТЛ-2, пределы измерений которого от 0 до 100 °С. Во время проведения исследования температура в лаборатории поддерживалась 22 °С.

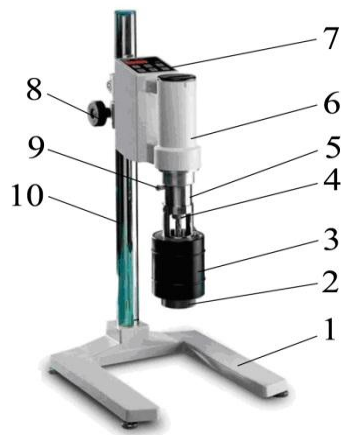
Опыт проводился в пятикратной повторности. На основании результатов опытов построены графические зависимости средних значений усилий прессования и выпрессовки.

2.1.4 Методика определения вязкости воска

Из литературных источников известно, что воск плавится при средней температуре от 62 до 68 °С и его вязкость изменяется с варьированием температуры [1,10,18,30,54,93,150,169,200]. Для теоретического обоснования процесса вытопки воска и обоснования конструктивно-технологических параметров агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем был проведен опыт по определению зависимости вязкости воска выше температуры плавления от дальнейшей температуры его нагрева. Данные исследования и разработка соответствующих методик проведения производились научной группой в составе: В.Н. Водяков д.т.н., профессор, Н.Е. Лузгин к.т.н, доцент, Н.А. Грунин аспирант, Н.Б. Нагаев аспирант на базе Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева. Испытания проводились на ротационном вискозиметре «ВИСКОТЕСТЕР VT 550» (фирма НААКЕ, Германия) (рис. 2.7). Он предназначен для исследования реологических характеристик полимеров и сложных пищевых (биологических) сред (гели, эмульсии, суспензии и дисперсии). Прибор позволяет (с выводом данных на компьютер) снимать кривые течения в режиме $\dot{\gamma} = \text{const}$, изучать эффекты дилатансии и тиксотропии, измерять предел текучести в режиме CD(ControlledDeformation) [108,110,115].



а)



б)

1 – основание штатива; 2 – крепежная гайка измерительных систем; 3 – термостатирующая рубашка; 4 – резьбовая муфта соединения ротора измерительной системы с измерительным валом привода; 5 – фланцевое устройство для крепления термостатирующей рубашки; 6 – привод; 7 – панель ручного управления прибором с клавиатурой; 8 – устройство подъема и опускания привода с измерительной системой; 9 – винт фиксации фланцевого устройства; 10 – вертикальная штанга.

Рисунок 2.7 – Установка (а) для исследования коэффициентов вязкости пищевых сред с компьютером, принтером, циркуляционным охлаждающим термостатом SC100-A10 и (б) вискозиметром «ВИСКОТЕСТЕР VT 550» [108,110,115].

Принцип действия вискозиметра заключается в следующем. Измеряемое вещество (воск) загружается в зазор измерительной системы. Ротор вращается с заранее определенной постоянной частотой, а исследуемая жидкость по причине

собственной вязкости, создает сопротивление вращению. Во время испытания фиксируется крутящий момент с учетом сопротивления вращению ротора. Встроенный микропроцессор регистрирует значения скорости вращения, крутящий момент, и благодаря известным значениям геометрических размеров измерительной системы, микропроцессор основывается на полученные данные, вычисляет вязкость в мПа·с. При подключенном термометре сопротивления измеряется также температура в °С. Результаты выводятся на табло VT550 и через последовательный интерфейс RS232 на компьютер[108,110,115].

Для проведения опыта необходимо 60 см³ расплавленного воска. Для исследования использовалось измельченный воск, не содержащий видимых примесей. Воск для исследования вытапливался из этого сырья на паровой воскотопке ВТП и выдерживался не менее 3 дней, перед проведением опытов. Исходя из ожидаемого значения вязкости, устанавливали на VT550 систему измерения MVDIN53019 для веществ со средней вязкостью и закручивали крепежную гайку[108,110,115].

Согласно выбранной измерительной системы загружали требуемый объем пробы в измерительную систему. Включали термостат, устанавливали требуемую температуру на нем и проводили термостатирование измерительной системы до достижения заданной температуры[108,110,115].

Включали прибор, управляющий компьютер и загружали управляющую программу «RheoWinJobManager». В окне редактирования элемента Jump устанавливали режим CR (контроль скорости), длительность измерения 1800 с, температуру среды 65°С, скорость сдвига 1000 с⁻¹[108,110,115].

Температуру изменяли от 65°С до 85°С с интервалом в 5°С. Запускали процесс измерения нажатием кнопки Start в окне JobEditor 1. После остановки прибора и открытия диалогового окна сохраняли данные (Savedatafile) с присвоением имени и распечатывали график с результатами расчетов и таблицу результатов[108,110,115].

2.1.5 Методика определения теплофизических характеристик воскового сырья

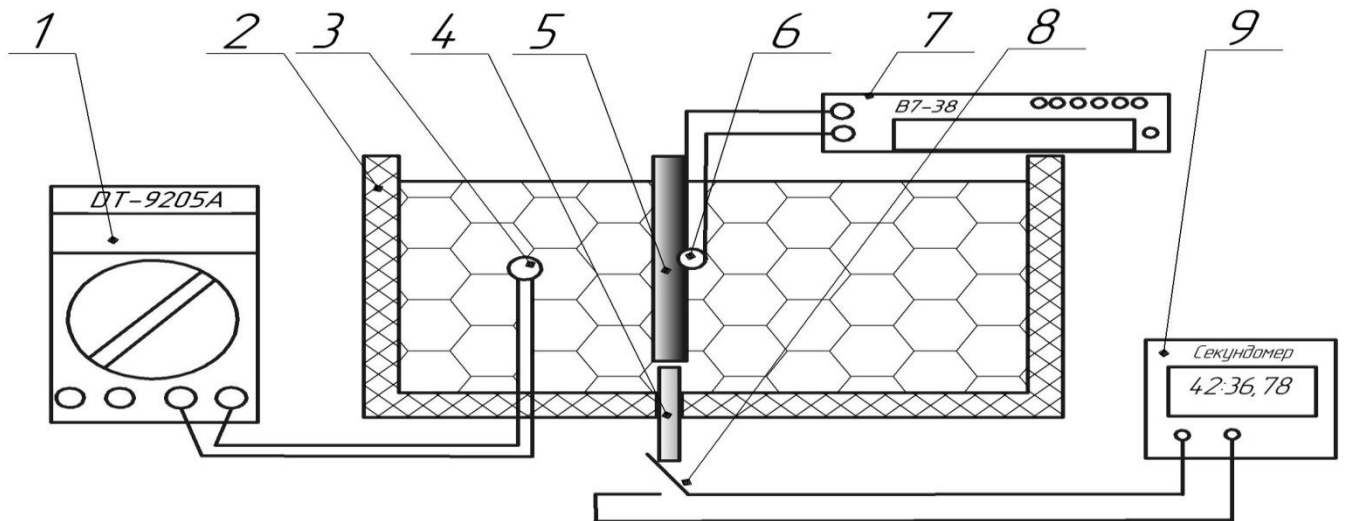
Проанализировав существующие способы определения теплофизических характеристик дисперсных систем, было принято решение проводить исследование по методу плоского зонда [14,33,44,53,60,98,105,183]. Принцип проведения опыта, предложил в своей работе А.Ф. Чудновский [183], для реализации эксперимента была изготовлена установка для исследования теплофизических характеристик воскового сырья, схема которого представлена на рисунке 2.8.

Установка имеет следующую конструкцию. Основная коробка 2, выполненная из теплоизолирующего материала, а именно из полиуретана. Алюминиевый плоский зонд 5, помещен в её центре. К поверхности зонда прикреплен температурный датчик ДТ-2, обозначенный на схеме 3. Данный датчик выводит показания на вольтметр В7-38 7. Температурный датчик исследуемого воскового сырья ДТ-1 позиция 3 выводит показания через мультиметр 1 ДТ-9205А. Геометрические размеры плоского зонда, а именно: длина, ширина и толщина соответственно 60×30×1,5 мм. Отношение длины полиуретановой коробки к её ширине равно 5:1, при толщине стенок равной 20 мм. При размещении в корпус установки 2 нагретого до необходимой температуры зонда 5, который нажимал через шток 4 на контакт включения 8, приводивший в действие секундомер. Когда снимался зонд, секундомер автоматически отключался. Данная схема позволила контролировать временно-температурные показатели в восковом сырье и зонде, а также снизилась трудоемкость ведения эксперимента [112,150,183].

Графики тарировки температурных датчиков ДТ-1 и ДТ-2 приведены в приложении Д.

Для исследования теплофизических свойств использовалось измельченное восковое сырье, собранное в Рязанской области, срока использования 2 года, выбракованное пчеловодами по тем или иным причинам. Для эксперимента был выбран следующий порядок проведения. На приборе Журавского измельченное восковое сырье рассеивалось на три фракции со средним диаметром частиц менее 2 мм; 2,0 – 4,0 мм; 4,0 - 7,0 мм. Затем восковое сырье каждой фракции засыпалось в полиуретановый короб непосредственно до верхнего края. После этого в

термостате алюминиевый зонд доводился до заданной температуры с выдерживанием при ней не менее 4 – 5 минут. Нагретый зонд погружался в коробку с восковым сырьем, включая тем самым секундомер. Во время эксперимента осуществлялась фиксация времени и температурных показателей. После того момента, как температура воскового сырья проходила максимум и начала падать, опыт завершался [112,150,183].



1 – мультиметр DT-9205A; 2 – короб; 3 – датчик температурный ДТ-1; 4 – шток; 5 – зонд; 6 – датчик температурный ДТ-2; 7 – вольтметр В7-38; 8 – контакт, включающий секундомер; 9 – электросекундомер.

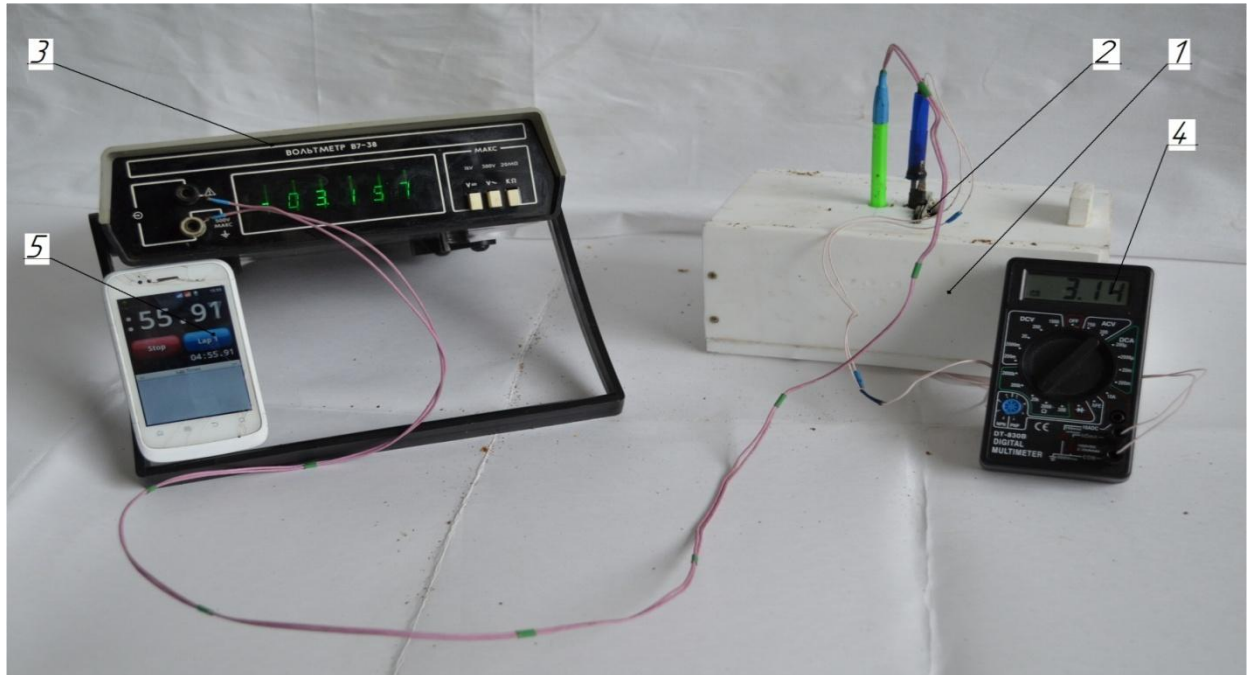
Рисунок 2.8 – Функционально-измерительная схема установки для изучения теплофизических характеристик воскового сырья.

Общий вид установки для исследования теплофизических свойств воскового сырья показан на рисунке 2.9.

Во время проведения эксперимента исследовалось влияние температуры воскового сырья на его температуропроводность, теплопроводность и удельную теплоемкость. Во время проведения опытов температура в лаборатории поддерживалась 22°C . Исследования проводились в трехкратной повторности на пяти уровнях.

В ходе проведения экспериментов были определены: температура нагретого зонда в момент его погружения в восковое сырьё T_3^{\max} ; максимум температуры

нагретого материала T_C^{\max} ; температура зонда T_3^{\min} в момент, максимум температуры воскового сырья; общее время цикла $\tau_{\text{ц}}$. Расчеты теплофизических показателей производились с учетом начальной температуры воскового сырья T_C [112,150,183].



1 – короб с восковым сырьем; 2 – зонд; 3 – вольтметр В7-38; 4 – мультиметр цифровой DT-9205A; 5 – электронный секундомер.

Рисунок 2.9 – Общий вид установки для исследования теплофизических свойств.

Короб с восковым сырьем представлен на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Короб с восковым сырьем перед проведением эксперимента

С учетом определенного во время эксперимента времени цикла $\tau_{ц}$ рассчитывался коэффициент температуропроводности a с помощью следующей формулы : [150,183]

$$a = \frac{x^2}{2\tau_{ц}}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (2.5)$$

где x – дистанция от зонда до места измерения температуры воскового сырья, м;

$\tau_{ц}$ – время цикла, с.

Удельная теплоемкость воскового сырья рассчитывалась по формуле[150,183]:

$$\ln c = \ln Q - \frac{1}{2} \ln q - \frac{1}{2} \ln \tau_{ц} - \ln \Delta T - \frac{x^2}{4a\tau_{ц}} - A \quad (2.6)$$

где Q – количество теплоты, которое зонд отдает восковому сырью, Дж;

ΔT – разница между начальной и конечной температурой зонда, °С;

a – коэффициент температуропроводности, м²/с;

q – ускорение свободного падения, м/с².

A – геометрическая постоянная зонда (системный фактор);

Количество теплоты Q , передаваемое зондом восковому сырью, рассчитывалась из выражения

$$Q = m_n c_n (T_3^{\max} - T_3^{\min}), \quad (2.7)$$

где m_n – масса зонда, кг;

c_n – удельная теплоемкость алюминия, Дж/(кг·°С);

T_3^{\max} – необходимая температура нагревания зонда, °С;

T_3^{\min} – температура зонда в момент завершения опыта, °С.

Расчет геометрической постоянной величины A проводился по формуле:

$$A = \ln 2 + \ln S + \frac{1}{2} \ln \pi, \quad (2.8)$$

где S – площадь поверхности зонда, м^2 .

Коэффициент теплопроводности λ воскового сырья рассчитывался из выражения:

$$\lambda = c \cdot a \cdot \rho, \text{ Вт}/(\text{м}^0\text{С}) \quad (2.9)$$

Для обоснования расстояния между местом измерения температуры воскового сырья и размещенным в коробе зондом были проведены поисковые эксперименты с использованием материала с известными теплофизическими свойствами. Для этого использовался очищенный песок с дисперсным составом $0,05 - 0,2 \times 10^{-2} \text{ м}$ [150,183].

В результате проведенных опытов с речным песком было решено выбрать расстояние между зондом и точкой, в которой будет измеряться температура воскового сырья, равное $1,5 \times 10^{-2} \text{ м}$, что позволило проводить эксперимент с приемлемой точностью измерений в течение 7 – 10 минут.

Обработка полученных экспериментальных данных проходила с помощью методов математической статистики [2, 16, 63, 85, 118, 147, 154]. После проведения измерения искомых величин, рассчитывалось среднее арифметическое отклонение M_a по следующей формуле:

$$M_a = \frac{\sum Y}{n_{\text{пов}}}, \quad (2.10)$$

где $\sum Y$ – сумма измерений в одном опыте;

$n_{\text{пов}}$ – количество измерений в опыте.

Среднее квадратичное отклонение σ_s рассчитывалось по формуле:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n - 1}}, \quad (2.11)$$

где $\sum X^2$ – сумма квадратов расхождений всех измерений в одном опыте от среднего арифметического показателя опыта.

Среднюю ошибку m_0 рассчитывали по формуле:

$$m_0 = \pm \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}}, \quad (2.12)$$

Для расчета показателя точности T_0 использовали формулу:

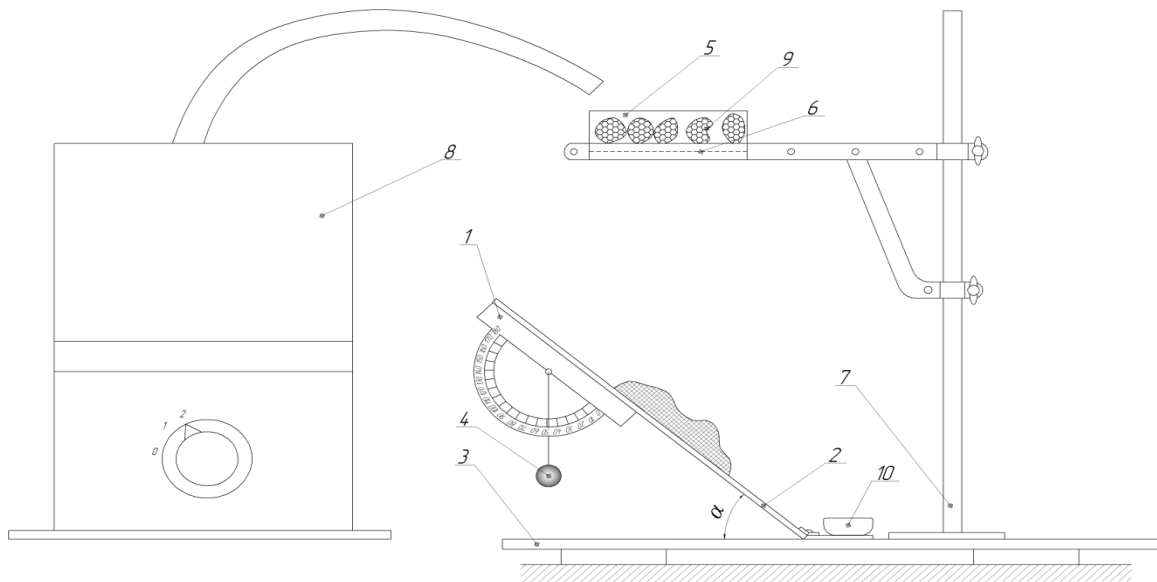
$$T_0 = \pm \frac{100m_0}{M_a}, \quad (2.13)$$

Если значение показателя точности не превышало 5 %, то результаты проведенного эксперимента считались достаточно надежными.

2.1.6 Обоснование угла течения разваренного воскового сырья

Для обоснования параметров агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем необходимо знать коэффициент трения воскового сырья при переходе из одного агрегатного состояния в другое, то есть из твердого состояния в жидкое в процессе его вытопки. Восковое сырье в процессе его использования в улье темнеет из-за того, что после каждого выведенного поколения в ячейках остаются коконы личинок и их экскременты. Соответственно, в течение использования пчелами воскового сырья, оно набирает большое количество примесей, средняя восковитость у рамок 2 лет использования 90 %. В процессе вытопки, восковое сырье предполагается разваривать насыщенным паром, после чего восковое сырье перемещается в воскопресс по наклонному дну камеры центрифуги. Коэффициенты трения воскового сырья и воска уже были определены ранее, но восковое сырье в зависимости от времени использования его маткой для засева расплодом набирает большое количество примесей, у которых коэффициент трения гораздо выше. Поэтому было очень важно определить именно оптимальный угол течения разваренного воскового сырья, что бы избежать чрезмерного налипания примесей, содержащихся в восковом сырье на наклонное дно камеры центрифуги. Их накапливание на поверхности течения потока расплавленного воскового сырья затрудняет его перемещение в воскопресс, тем самым увеличивает длительность процесса вытопки, а так же требуется очистка дна центрифуги после нескольких циклов[111,113].

Для определения оптимального угла течения разваренного воскового сырья были использованы куски воскового сырья, вырезанные из гнездовых рамок. Для осуществления исследований была разработана установка, схема которой представлена на рисунке 2.11. Установка состоит из двух пластин, шарнирно соединенных. Одна пластина 3 статична и расположена горизонтально, а другая пластина 2 способна изменять угол наклона, который регистрировался с помощью угломера 1 ГОСТ 5378-887. Для изготовления подвижной пластины применялась пищевая сталь 10X18Н10Т. Разваривание воскового сырья происходило при помощи парообразователя 8 KITFORT-907. Для сбора разваренного воскового сырья предусмотрена емкость 10[111,113].

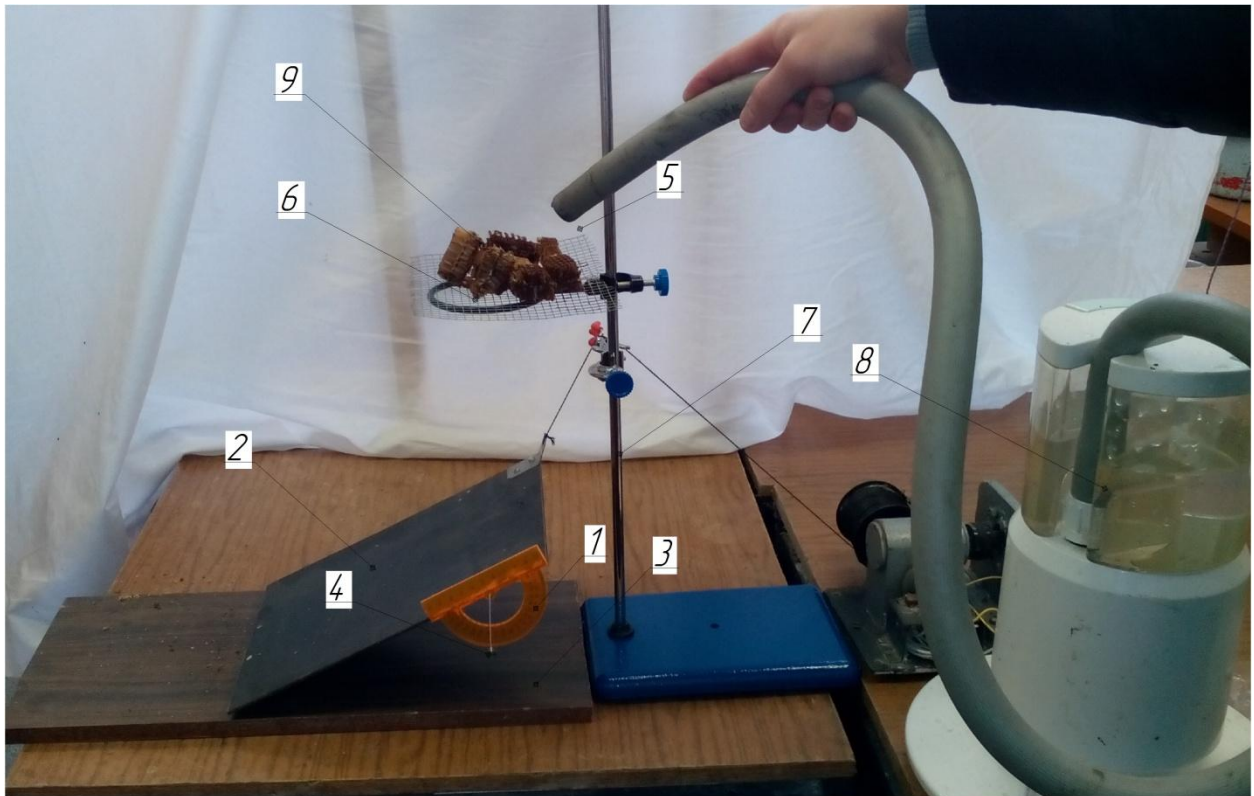


1 – угломер; 2 – наклонная пластина; 3 – основание; 4 – отвес; 5 – бункер; 6 – сетка; 7 – штатив; 8 – парообразователь KITFORT-907; 9 – куски воскового сырья; 10 – емкость для сбора разваренного воскового сырья.

Рисунок 2.11 – Схема установки для определения оптимального угла течения разваренного воскового сырья

Порядок проведения опыта был следующим. Кусковое восковое сырье 9 загружалось в бункер 5. Включался парообразователь 8 и на восковое сырье подавался насыщенный пар. Восковое сырье разваривалось и проникало через сетку 6, под действием силы тяжести стекало по наклонной пластине в емкость 10 для сбора. В процессе опытов изменялся угол наклона наклонной пластины 2 с

шагом в 5° от 30° до 60° и измерялся угломером 1 ГОСТ 5378-887. Температура воздуха в лаборатории поддерживалась 22°C , соответственно температура поверхности пластины скольжения и бункера была аналогичной окружающей. Для достоверности результатов исследования опыт повторялся в пятикратной повторности[111,113].



1 – угломер; 2 – наклонная пластина; 3 – основание; 4 – отвес; 5 – бункер; 6 – сетка; 7 – штатив; 8 – парообразователь KITFORT-907; 9 – куски воскового сыря.

Рисунок 2.12 – Общий вид установки для определения оптимального угла течения разваренного воскового сыря

2.2 Результаты исследований

В ходе проведенных лабораторных исследований свойств воскового сыря были зафиксированы следующие результаты.

Значения относительной влажности воскового сыря от 4,2 до 4,7%, воска от 3,5 до 4,0 %, воскового сота от 9,6 до 10,3 %.

Из этого можно сделать вывод, что влажность уменьшается в процессе переработки воскового сырья и находится в узких пределах. Поэтому исследовать какие либо параметры в зависимости от влажности воскового сырья и воска не имеет особого смысла.

Средние значения объемных масс воскового сырья и воска занесены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Средние значения объемных масс воскового сырья и воска.

Дисперсный состав, мм	менее 2,0	2,0-4,0	4,0-7,0
Объемная масса воскового сырья, кг/м ³	308	252	251
Объемная масса воска, кг/м ³	349	287	276

Результаты исследования коэффициентов трения f в движении и покое воскового сырья в зависимости от температуры T различного дисперсного состава по пищевой стали показаны на рисунках 2.13 и 2.14.

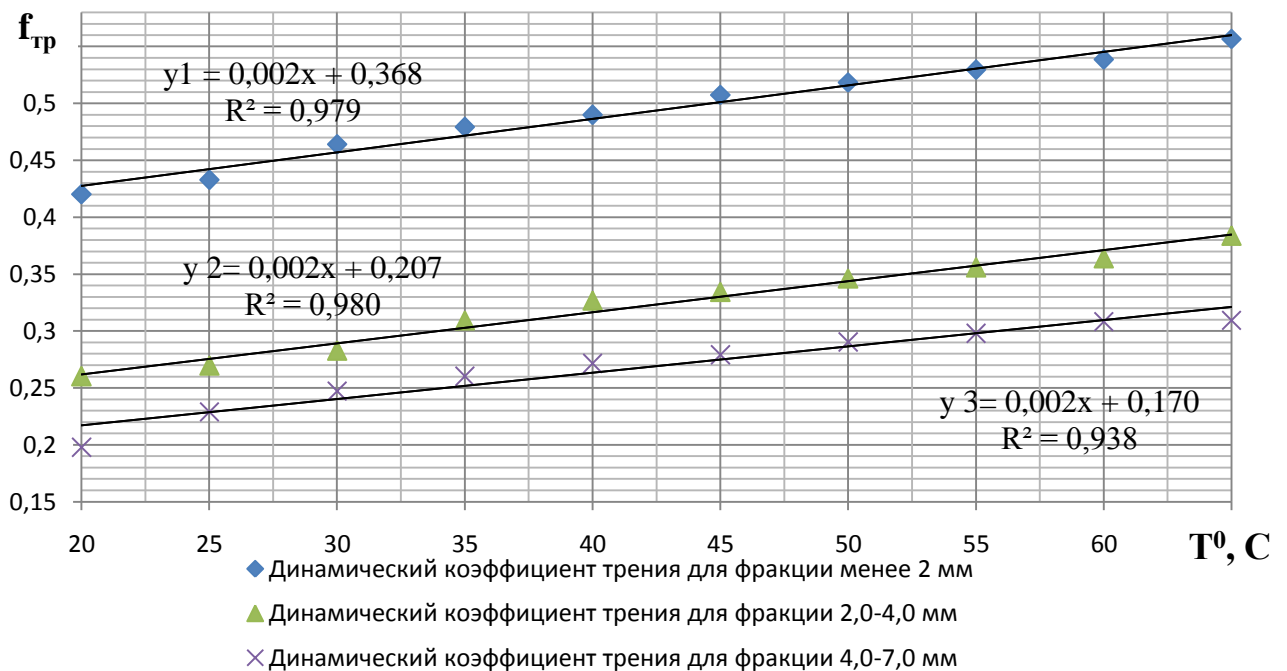


Рисунок 2.13 – Зависимости коэффициентов трения f воскового сырья от температуры T различного дисперсного состава в движении по пищевой стали

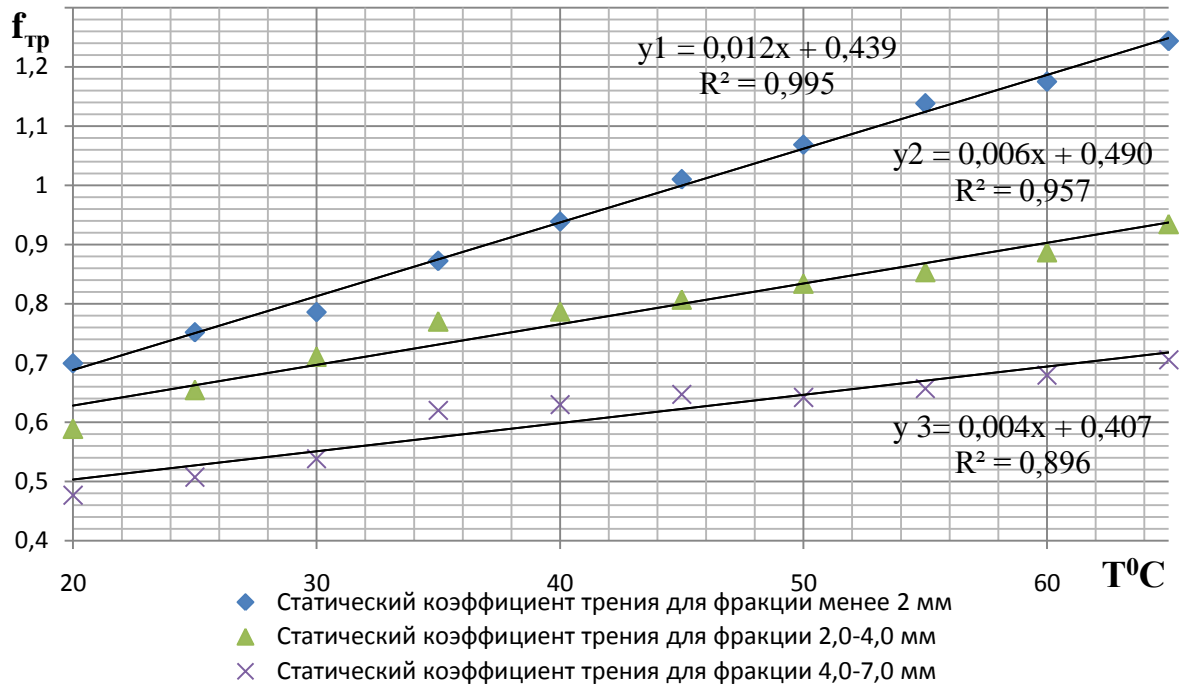


Рисунок 2.14 – Зависимости коэффициентов трения f воскового сырья от температуры T различного дисперсного состава в покое по пищевой стали

Анализ графических зависимостей дает понять, что для воскового сырья фракции менее 2 мм динамический коэффициент трения находится в пределах от 0,4203 до 0,5565, статический коэффициент от 0,5796 до 1,2437. Для фракции 2,0-4,0 мм динамический коэффициент варьируется от 0,2604 до 0,3838, статический коэффициент трения от 0,5890 до 0,9292. Для фракции 4,0-7,0 мм динамический коэффициент изменяется от 0,1980 до 0,3095, статический коэффициент от 0,4769 до 0,7054.

Полученные зависимости показывают, что с повышением температуры увеличиваются коэффициенты трения воскового сырья. Кроме того, у меньших частиц выше коэффициент трения. Данные зависимости обусловлены тем, что при повышении температуры усиливаются адгезионные свойства воскового сырья и сильнее они проявляется у частиц меньшего размера.

Результаты исследования динамического и статического коэффициентов трения f в зависимости от температуры T различного дисперсного состава по пищевой стали показаны на рисунках 2.15 и 2.16.

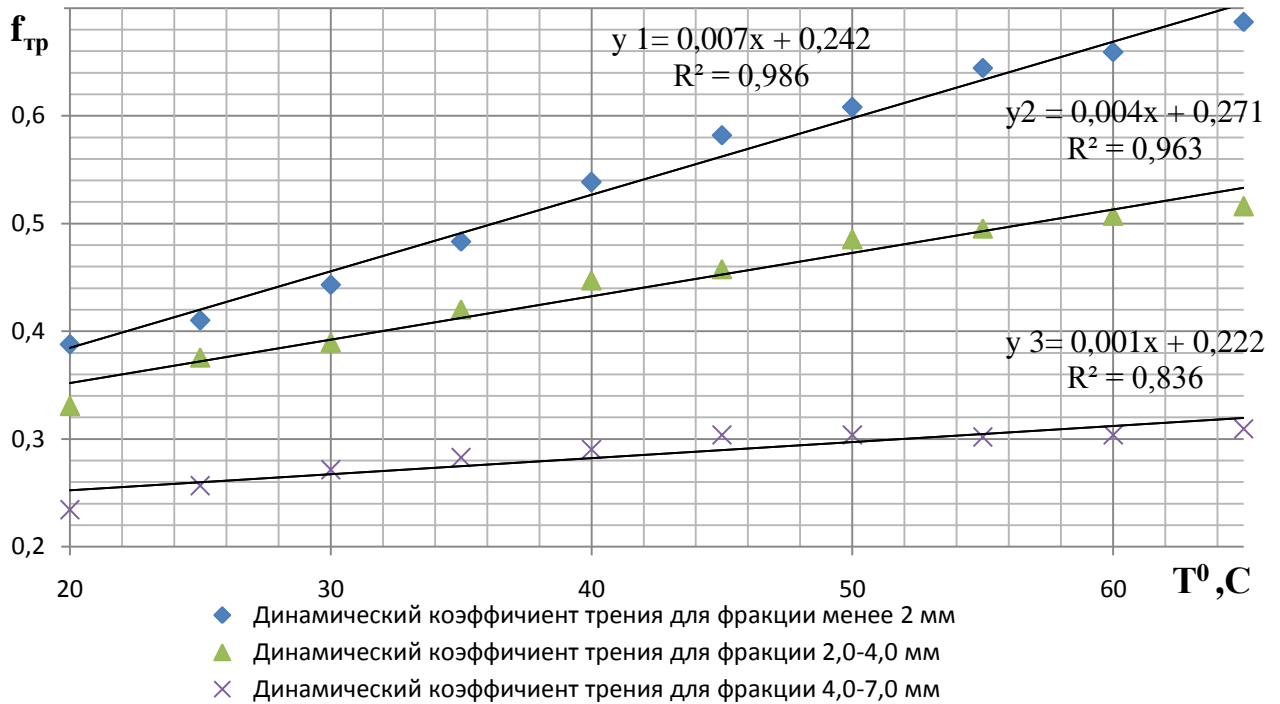


Рисунок 2.15 – Зависимости коэффициентов трения f воска от температуры T различного дисперсного состава в движении по пищевой стали

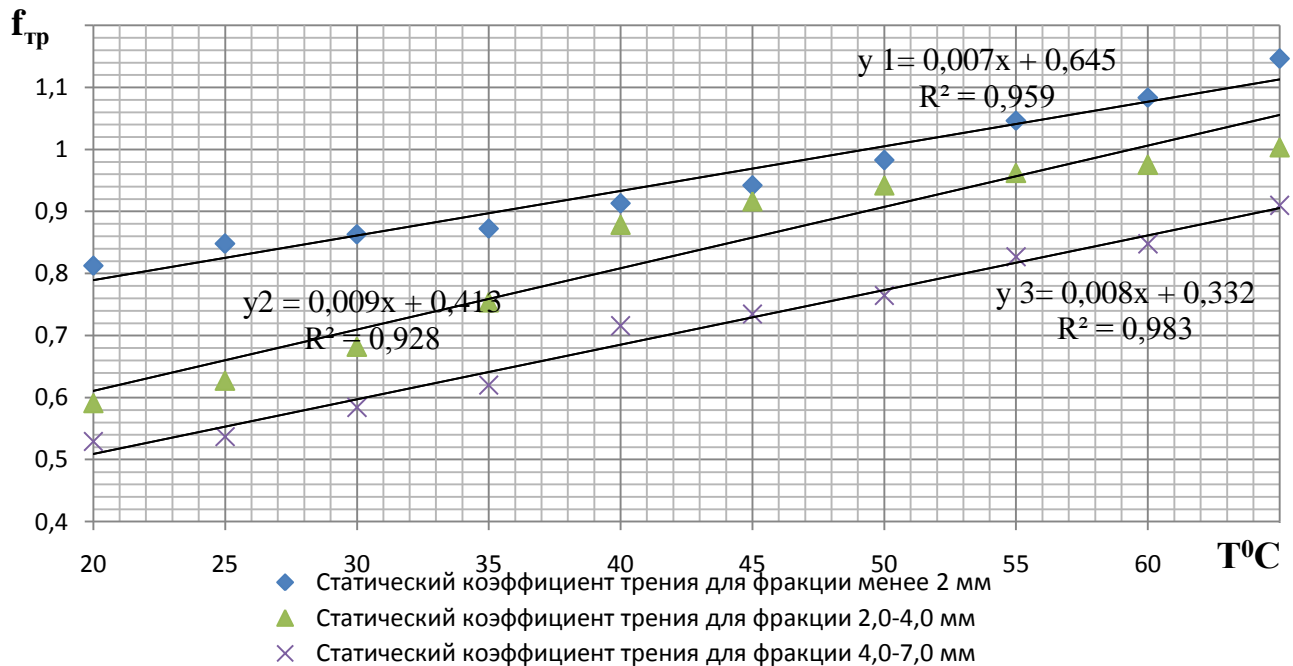


Рисунок 2.16 – Графическая зависимость коэффициентов трения f воска от температуры T различного дисперсного состава в покое по пищевой стали

Анализ графических зависимостей дает понять, что для а фракции менее 2 мм динамический коэффициент трения находится в пределах от 0,3878 до 0,6872, статический коэффициент от 0,8126 до 1,1463. Для фракции 2,0-4,0 мм

динамический коэффициент варьируется от 0,3307 до 0,5161, статический коэффициент от 0,5913 до 1,0034. Для фракции 4,0-7,0 мм динамический коэффициент изменяется от 0,2345 до 0,3229, статический коэффициент от 0,5294 до 0,9099. Полученные зависимости показывают, что с повышением температуры увеличиваются коэффициенты трения воска. Кроме того, у меньших частиц выше коэффициент трения. Анализ полученных зависимостей показывает, что при повышении температуры усиливаются адгезионные свойства воскового сырья и сильнее проявляется у частиц меньшего размера.

Результаты исследования давления прессования и выпрессовки в зависимости от температуры представлены на рисунках 2.17 и 2.18.

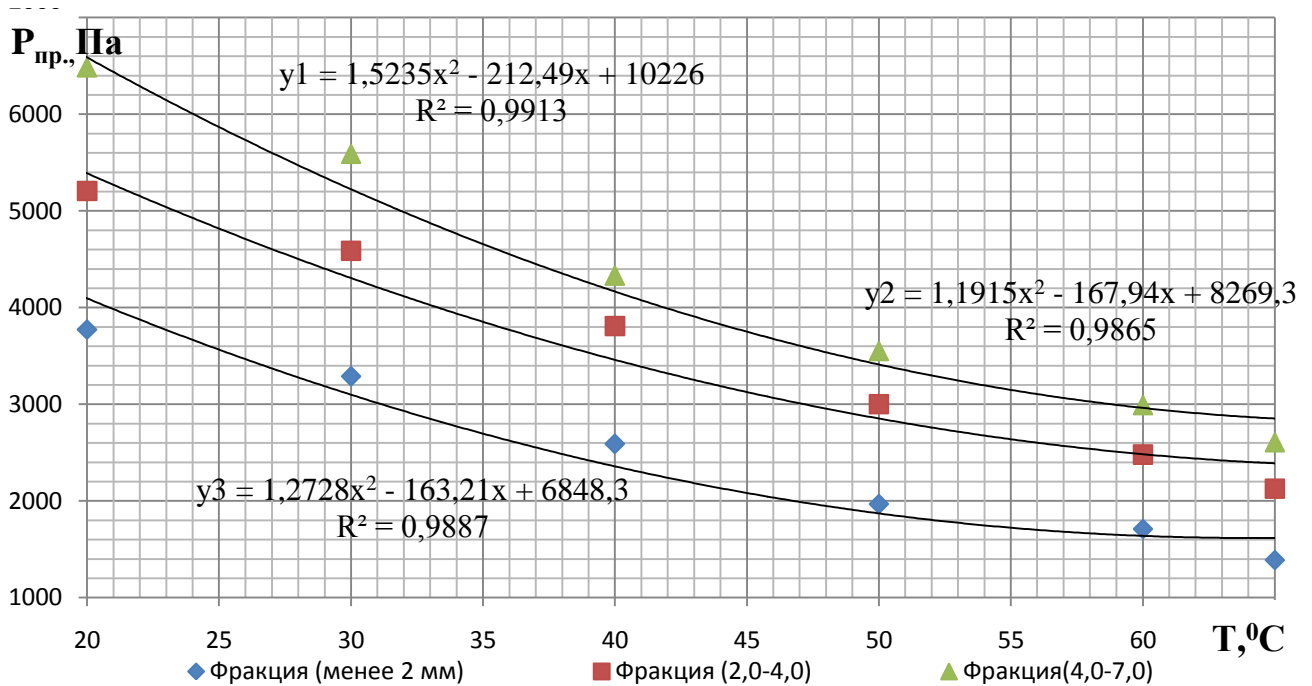


Рисунок 2.17 – Зависимости давления прессования воска $P_{пр}$ различного гранулометрического состава в зависимости от температуры T воска

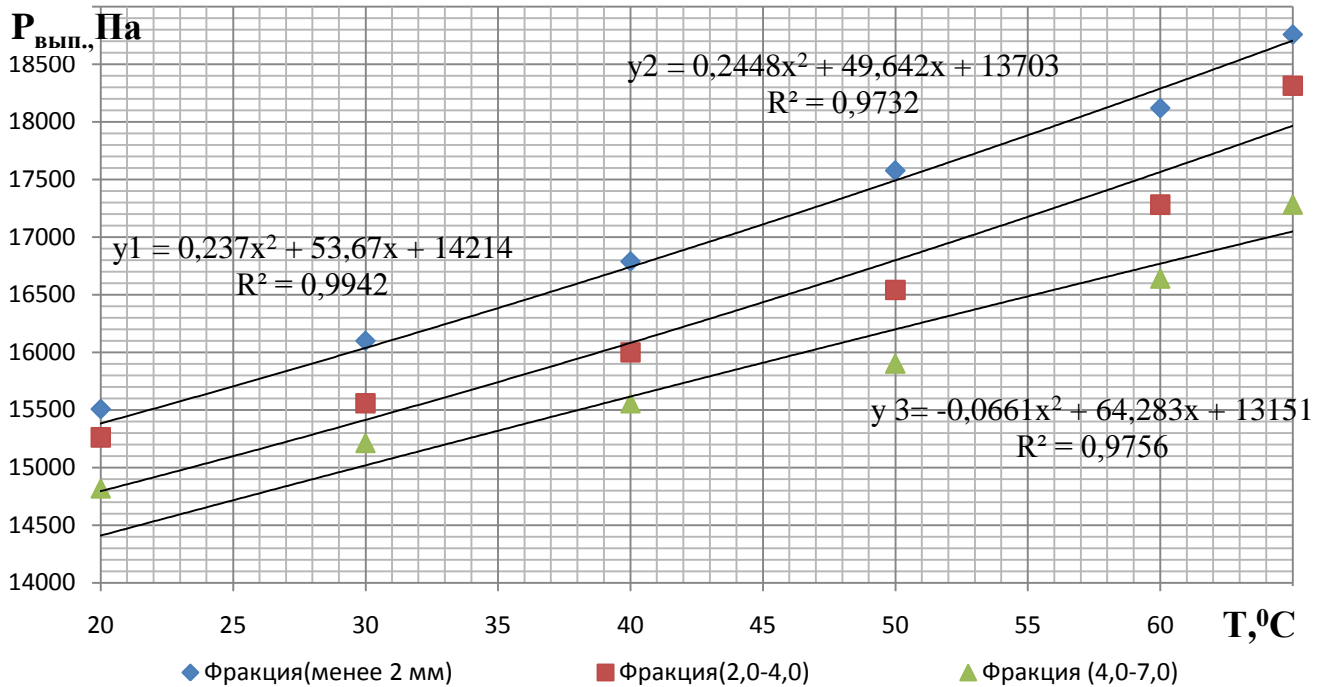


Рисунок 2.18 – Зависимости давления выпрессовки воска $P_{\text{вып}}$ различного гранулометрического состава в зависимости от температуры T воска

Анализируя графические зависимости (рис. 2.17), можно сделать вывод, что давление, требуемое для сжатия воска, имеет квадратичную зависимость от температуры воска, и прямо пропорциональна гранулометрическому составу. Давление сжатия при диапазоне температур от 20 до 65 $^{\circ}\text{C}$ для фракции меньше 2 мм находится в пределах от 3773 до 8959 Па, для фракции 2,0-4,0 мм варьируется от 5207 до 10467 Па, а для фракции 4,0-7,0 мм изменяется от 6486 до 12977 Па. Подытожив выше изложенное, сделаем вывод, что пластические свойства воска усиливаются с повышением температуры и сильнее проявляются у частиц меньшего размера.

Анализируя графические зависимости (рис. 2.18), можно выявить, что давление, требуемое для выпрессовки воска, имеет квадратичную зависимость от температуры воска, и обратно пропорциональна размеру частиц воска. Давление выпрессовки при диапазоне температур от 20 до 65 $^{\circ}\text{C}$ для фракции меньше 2 мм находится в пределах от 15506 до 18761 Па, для фракции 2,0-4,0 мм варьируется от 15264 до 18315 Па, а для фракции 4,0-7,0 мм изменяется от 14818 до 17280 Па. Из графической зависимости видно, что адгезионные свойства воска с повышением

температуры усиливаются в независимости от гранулометрического состава, который не оказывает решающего значения на прилипание воска к стенкам матричной формы.

На рисунке 2.19 показана зависимость вязкости воска μ от температуры T .

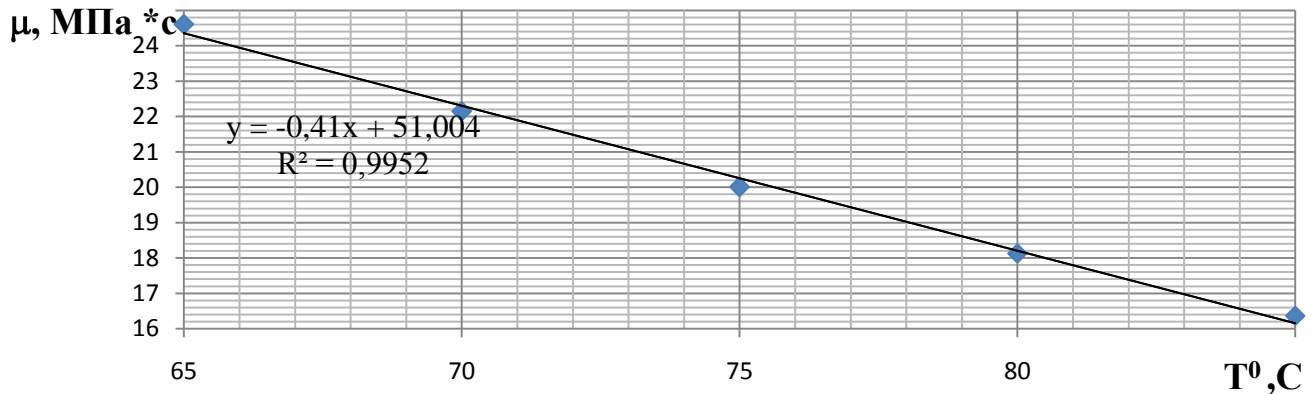


Рисунок 2.19 – Зависимость вязкости μ расплавленного воска от температуры T

Из получившейся зависимости можно сделать вывод, что при повышении температуры от 65 до 85⁰С вязкость воска уменьшается с 25,61 до 16,37 мПа·с. Такую зависимость можно объяснить тем, что при переходе из одного агрегатного состояния в другое, некоторые вещества входящие в его состав, например свободные жирные спирты, безвозвратно исчезают в процессе деструкции, снижая общую вязкость.

Результаты эксперимента по изучения влияния температуры на теплофизические характеристики воскового сырья показаны на рисунках 2.20 – 2.22.

Из зависимостей удельной теплоемкости c , коэффициентов теплопроводности λ и температуропроводности a от температуры нагрева воскового сырья различного дисперсного состава, показанных на рисунках 2.20; 2.21, 2.22 четко понятно, что с повышением температуры, перечисленные теплофизические характеристики увеличиваются.

При повышении температуры воскового сырья : размер частиц менее 2мм от 25⁰С до 65⁰С происходит увеличение коэффициентов температуропроводности от

$8,9 \cdot 10^{-8}$ до $75,9 \cdot 10^{-8}$ м²/с, теплопроводности от 0,06 до 0,92 Вт/(м^oС), а так же удельной теплоемкости от 0,44 до 2,44 кДж/(кг^oС).

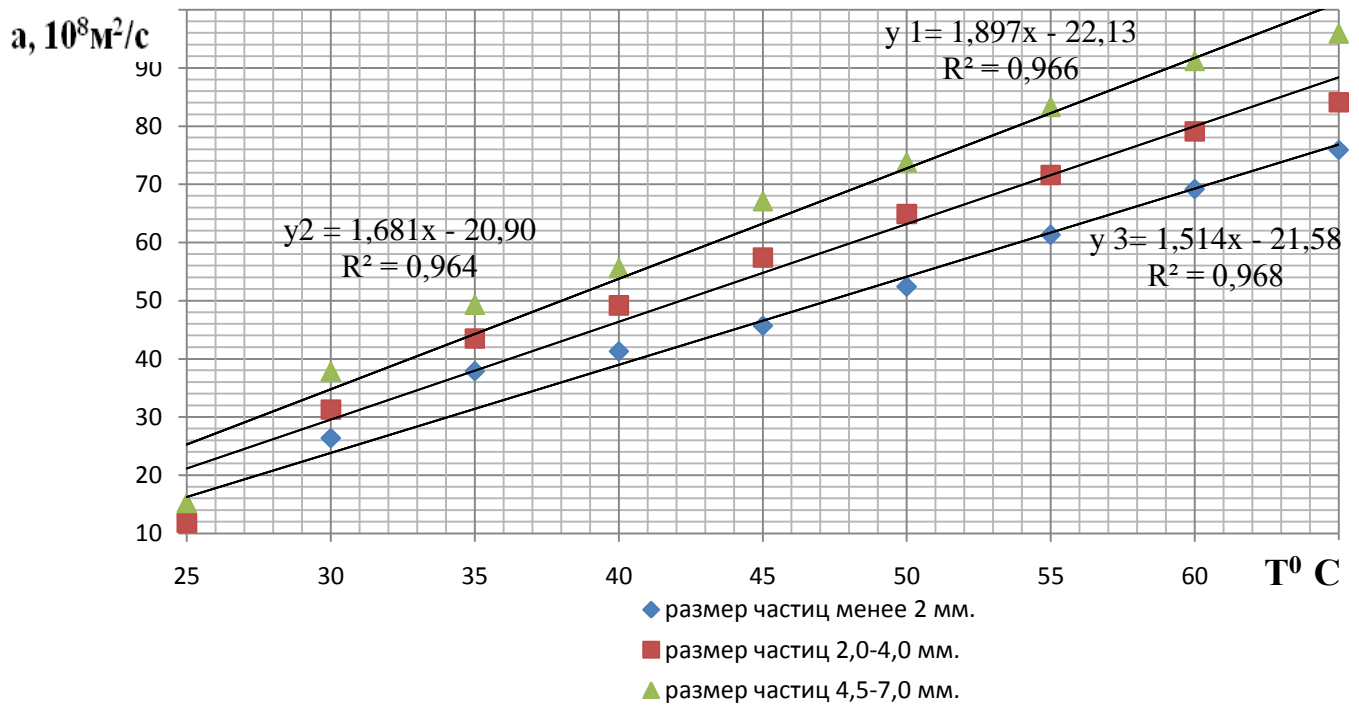


Рисунок 2.20 – Зависимости коэффициента температуропроводности a воскового сырья от его температуры T

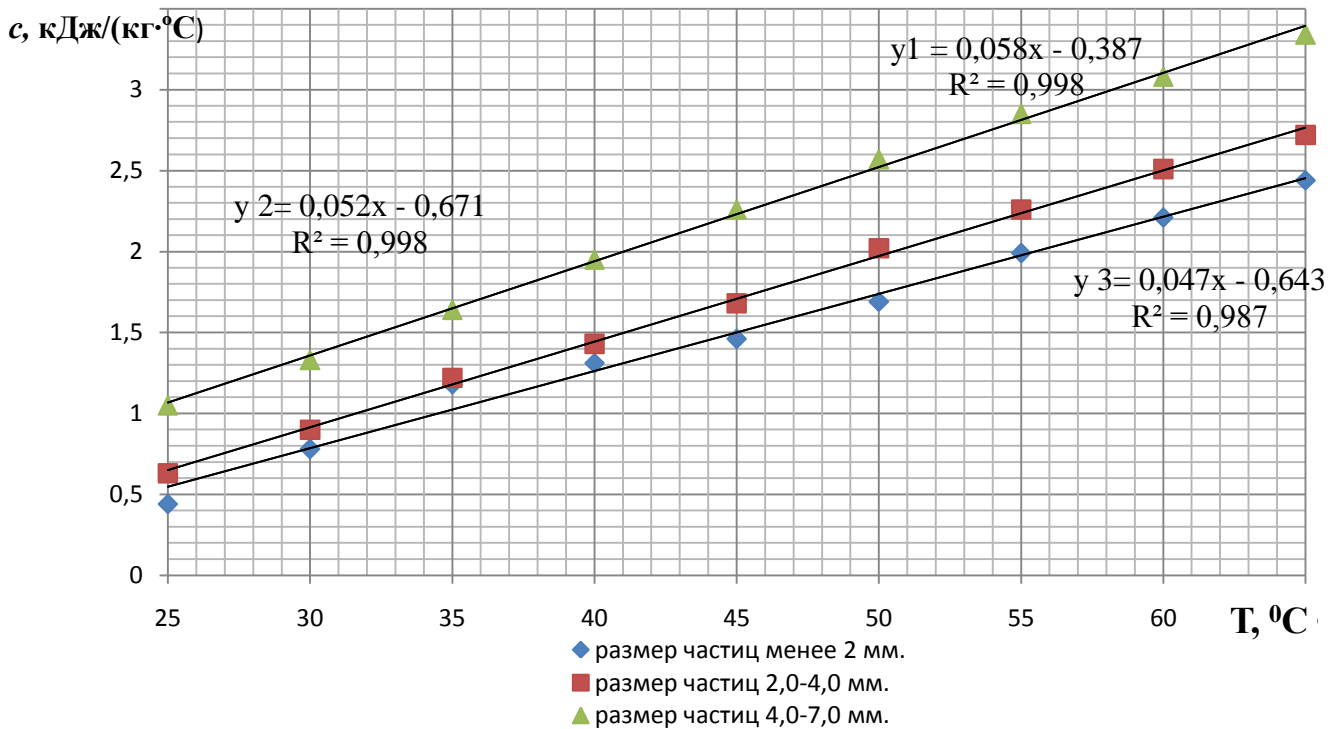


Рисунок 2.21 – Зависимости удельной теплоёмкости c воскового сырья от его температуры T

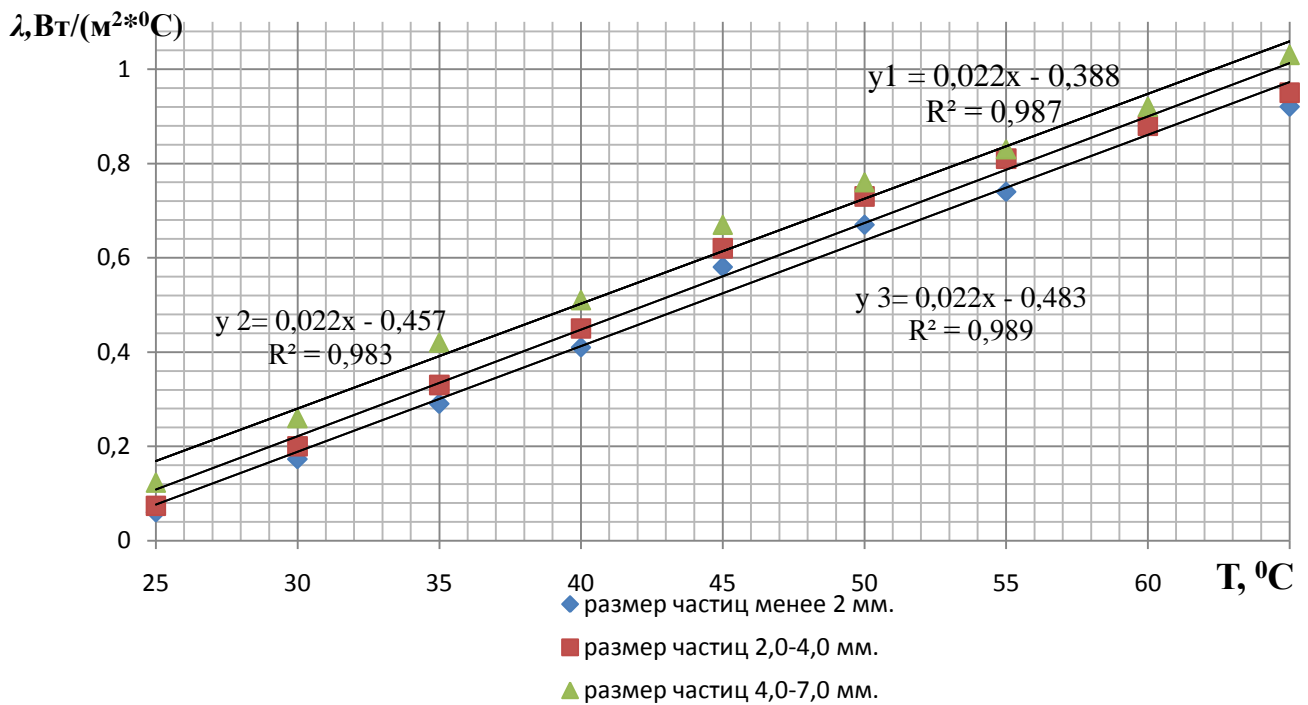


Рисунок 2.22 – Зависимости коэффициента теплопроводности λ воскового сырья от его температуры T

При повышении температуры восковой сырья с размером частиц 2,0-4,0 мм от 25⁰С до 65⁰С происходит увеличение коэффициента температуропроводности от $11,8 \cdot 10^{-8}$ до $84,2 \cdot 10^{-8}$ м²/с, коэффициента теплопроводности от 0,074 до 0,95 Вт/(м·°С) и удельной теплоемкости от 0,63 до 2,72 кДж/(кг·°С).

При повышении температуры воскового сырья с размером частиц 4,0-7,0 мм от 25⁰С до 65⁰С происходит увеличение коэффициента температуропроводности от $15,2 \cdot 10^{-8}$ до $95,9 \cdot 10^{-8}$ м²/с, коэффициента теплопроводности от 0,123 до 1,03 Вт/(м·°С) и удельной теплоемкости от 1,05 до 3,34 кДж/(кг·°С).

Установленные зависимости теплофизических характеристик воскового сырья от изменения температуры обосновывается следующим, вязкость ключевых компонентов воскового сырья, таких как сложные спирты и эфирные масла, многокомпонентные растительные смолы, а также присутствующая в нем вода с увеличением температуры уменьшается, усиливается испарение. Теплота переноситься фактически осуществляется не только за счет теплопроводности

веществ, входящих в состав воскового сырья, а так же за счет фрагментарного переноса теплоты с помощью паров.

Результаты эксперимента по определению оптимального угла течения расплавленного воска представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты определения оптимального угла течения расплавленного воска.

Угол наклона подвижной пластины (α)	Оценка качества течения расплавленного воска
30	Удовлетворительное течение воска, примеси остаются на наклонной пластине и тормозят течение воска
35	Удовлетворительное течение, меньше примесей остаются на наклонной пластине и тормозят течение воска
45	Хорошее течение, часть примесей захватывается потоком расплавленного воска
50	Хорошее течение, мелкие и средние примеси захватывается потоком расплавленного воска
55	Хорошее течение, мелкие и средние примеси захватывается потоком расплавленного воска.
60	Хорошее течение, примеси полностью захватывается потоком расплавленного воска

Анализируя таблицу 2.2 можно сделать вывод о том, что с увеличением угла наклона подвижной пластины улучшается течение разваренного воскового сырья, так как примеси, накапливающиеся в восковом сырье, захватываются потоком расплавленного сырья, чего не происходит при маленьком угле наклона. Итоги исследований говорят о том, что для достаточного течения разваренного воскового сырья угол наклона составляет 50° , так как при меньших углах на поверхности течения воска задерживаются примеси, содержащиеся в восковом сырье и препятствуют течению расплавленной массы, требуется очистка поверхности течения. При больших углах воск течет немного лучше, но такие углы негативно скажутся на металлоемкости агрегата и увеличат затраты энергии на процесс вытопки воска, так как увеличатся габаритные размеры агрегата.

ВЫВОДЫ

1. Относительная влажность воскового сырья составила от 4,2 до 4,7%, воска от 3,5 до 4,0 %, воскового сота от 9,6 до 10,3 %.

2. Объемная масса воскового сырья составляет для размера частиц менее 2,0 мм составляет 308 кг/м³, для размера частиц до 7,0 мм объемная масса составляет 251 кг/м³. Объемная масса воска составила 349 кг/м³, при увеличении размера частиц до 7,0мм объемная масса уменьшается до 276 кг/м³.

3. Установлено, что с повышением температуры увеличивается коэффициент трения воскового сырья и у меньших частиц больший коэффициент трения. Коэффициенты трения покоя частиц менее 2 мм и от 2,0 до 4,0 мм незначительно отличаются по численному значению и лежат в пределах от 0,5890 до 0,9690 для статического и от 0,4203 до 0,5565 для динамического при варьировании температуры от 20⁰С до 65⁰С. Из графических зависимостей видно, что с повышением температуры увеличивается коэффициент трения воска и у меньших частиц больший коэффициент трения. Коэффициенты трения частиц менее 2 мм и от 2,0 до 4,0 мм незначительно отличаются по численному значению и лежат в пределах от 0,5913 до 1,0648 для статического и от 0,3307 до 0,5727 для динамического при изменении температуры от 20⁰С до 65⁰С.

4. Давление сжатия при диапазоне температур 20 до 65⁰С для фракции меньше 2 мм находится в пределах от 3773 до 8959 Па, для фракции 2,0-4,0 мм варьируется от 5207 до 10467 Па, а для фракции 4,0-7,0 мм изменяется от 6486 до 12977 Па. Пластические свойства воска усиливаются с повышением температуры и сильнее проявляются у частиц меньшего размера.

5. Давление выпрессовки при диапазоне температур от 20 до 65⁰С для фракции меньше 2 мм находится в пределах от 15506 до 18761 Па, для фракции 2,0-4,0 мм варьируется от 15264 до 18315 Па, а для фракции 4,0-7,0 мм изменяется от 14818 до 17280 Па. Адгезионные свойства воска с повышением температуры усиливаются в независимости от гранулометрического состава, который не

оказывает решающего значения на прилипание воска к стенкам матричной формы.

6. При повышении температуры от 65 до 85⁰С вязкость воска уменьшается с 25,61 до 16,37 МПа·с.

7. При повышении температуры воскового сырья от 25⁰С до 65⁰С для фракции менее 2 мм увеличивается коэффициент температуропроводности от $8,9 \cdot 10^{-8}$ до $75,9 \cdot 10^{-8}$ м²/с, коэффициент теплопроводности от 0,06 до 0,92 Вт/(м·°С) и удельная теплоемкость от 0,44 до 2,44 кДж/(кг·°С).

При повышении температуры воскового сырья от 25⁰С до 65⁰С для фракции 2,0-4,5 мм увеличивается коэффициент температуропроводности от $11,8 \cdot 10^{-8}$ до $84,2 \cdot 10^{-8}$ м²/с, коэффициент теплопроводности от 0,074 до 0,95 Вт/(м·°С) и удельная теплоемкость от 0,63 до 2,72 кДж/(кг·°С).

При повышении температуры воскового сырья от 25⁰С до 65⁰С для фракции 4,0-7,0 мм от 25⁰С до 65⁰С увеличивается коэффициент температуропроводности от $15,2 \cdot 10^{-8}$ до $95,9 \cdot 10^{-8}$ м²/с, коэффициент теплопроводности от 0,123 до 1,03 Вт/(м·°С) и удельная теплоемкость от 1,05 до 3,34 кДж/(кг·°С).

8. Углом наклона поверхности для свободного стекания разваренного воскового сырья следует считать 50⁰.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТОПКИ ВОСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРИФУГИ И ОТЖАТИЕМ МЕРВЫ ШНЕКОВЫМ ПРЕССОМ

3.1 Конструктивно-технологическая схема центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем

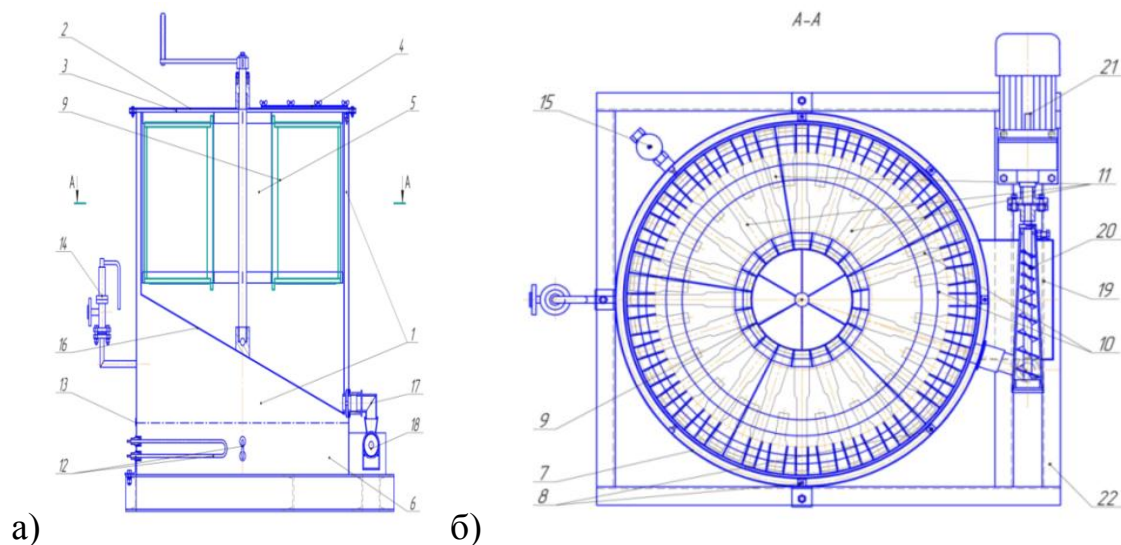
Из анализа литературных источников и современных средств для получения воска стало ясно, что вытопку воска на пасеках и пчеловодческих хозяйствах производят из рамок с восковым сырьем, из выломанных кусков сотов и измельченного воскового сырья, а так же из пасечных вытопок. Для вытопки существует большое количество установок и агрегатов различного типа действия, которые используют для вытопки воска разнообразные виды тепловой энергии[1].
Нами был разработан паровой центробежный агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьем с отжатием мервы в воскопрессе. Теоретическое исследование процесса вытопки воска имеет цель установить геометрические параметры центробежного агрегата, рассчитать его тепловой баланс и провести теоретическое обоснование частоты вращения ротора центрифуги и времени его вращения на очищение рамок в процессе центрифугирования, кроме этого провести расчет необходимой мощности привода шнека воскопресса и общей мощности в общем виде.

Процесс вытопки воска из рамок с восковым сырьем с использованием центробежного агрегата предлагаем организовать следующим образом, а именно из последовательного выполнения следующих операций [117]:

- загрузка рамок с восковым сырьем в центрифугу;
- разваривание насыщенным паром воскового сырья;
- очистка рамок от остатков воскового сырья;
- перемещение вытопленной массы в воскопресс;
- отпрессовка воскового сырья;
- сбор чистого воска и вытопок.

В подразделе диссертации 1.5 было отмечено, что наиболее перспективным способом вытопки воска на пасеках является извлечение воска, включающее вышеперечисленные операции. Выполнение предложенной последовательности операций позволит увеличить выхода воска высокого качества с минимальными затратами энергии и труда на процесс вытопки.

В ФГБОУ ВПО РГАТУ им. П.А. Костычева в лаборатории инновационных и энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в растениеводстве и животноводстве была разработана конструкция центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. Конструктивно-технологическая схема агрегата представлена на рисунке 3.1. Техническая новизна предложенной конструкции агрегата подтверждена патентом на изобретение РФ № 2528960[116,142].



1 – паробразователь; 2 – крышка агрегата; 3 – прокладка; 4 – люк для загрузки рамок; 5 – центрифуга; 6 – бак для воды; 7 – корпус паробразователя; 8 – крепления, 9 – ротор; 10 – держатели; 11 – гнездовые рамки; 12 – электрические ТЭНы; 13 – смотровое окно; 14 – предохранительный клапан; 15 – кран; 16 – дно камеры центрифуги; 17 – сливной патрубок; 18 – воскопресс; 19 – фильтр сетка; 20 – прессующий шнек; 21 – мотор-редуктор; 22 – рама.

Рисунок 3.1 – Конструктивно – технологическая схема агрегата для вытопки воска. а) вид сбоку б) разрез по А-А вид сверху.

Агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьем смонтирован на раме 22. Привод ротора центрифуги может осуществляться как с помощью мотора-редуктора, так вручную при помощи вращающей ручки. Привод шнека воскопресса осуществляется при помощи мотора-редуктора 21. Внутри парообразователя 1, расположена центрифуга 5, прикрепленная с зазором к корпусу 7 парообразователя. В центрифуге расположен ротор 9 с держателями рамок 10. В центрифуге радиально через люк 4 уставлены гнездовые и магазинные рамки 11. Под центрифугой расположен бак 6 для воды, оснащенный нагревательными ТЭНами 12 водомерным стеклом 13. Кроме того, бак снабжен предохранительным клапаном 14 и краном 15 для залива воды и слива воды. Дно 16 камеры центрифуги выполнено с уклоном, выполнено с уклоном, переходящим в сливной патрубок 17, сообщающий центрифугу с воскопрессом 18. Воскопресс состоит из фильтра-сетки 19, прессующего шнека 20 конусовидной формы. Для сбора чистого воска и выжимок (мервы), механических примесей за пределами воскопресса устанавливаются отдельные емкости [116,142].

Агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьем работает следующим образом. В центрифугу через люк радиально загружаются гнездовые и магазинные рамки и закрепляются в держателях. Центрифуга закрывается герметичной крышкой. В бак заливается вода. Уровень воды контролируется через водомерное стекло. Нагревательные ТЭНы подключаются к электрической сети и нагревает воду до температуры кипения (100°C). При кипении воды выделяется насыщенный пар, который распространяется в центрифугу, происходит процесс разваривания воскового сырья в рамках. Разваренное восковое сырье под действием силы тяжести попадает на наклонное дно камеры центрифуги и перемещается сначала в сливной патрубок, а затем в воскопресс. Разваренное восковое сырье с механическими примесями подпрессовывается при помощи вращения прессующего шнека конусовидной формы и неподвижной фильтра-сетки. Воск и конденсат проникает через фильтр-сетку и стекает в соответствующую ёмкость для сбора, а выжимки с механическими примесями через выгрузное отверстие воскопресса в другую ёмкость. Степень подпрессовки разваренной массы

устанавливается регулировочным винтом, расположенным на выходном отверстии прессы. При этом увеличивается выход чистого воска. После того, когда основная часть воскового сырья разварилась и стекла в воскопресс, включается в работу центрифуга. Начинает вращаться ротор с закрепленным в держателях рамками. Под действием центробежных сил от рамок отделяются остатки воскового сырья, затем по дну камеры центрифуги перемещаются в сливной патрубков и в загрузочную горловину воскопресса для опрессовывания воскового сырья. Для залива и слива воды из емкости после вытопки воска используется вентиль [116,142].

3.2 Геометрические размеры центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем

В агрегате предусмотрена вытопка воска как из гнездовых, так и из магазинных рамок. Габаритные размеры агрегата зависят от планируемого количества рамок в центрифуге, вариантов их размещения, а так же их геометрических размеров.

Радиус агрегата будет складываться из следующих величин

$$R_{агрегата} = R_{ротора} + h_{рамки} + c_{обечайки.рот.} + l + c_{корпуса.аг.}, м \quad (3.1)$$

где $R_{ротора}$ – внешний радиус ротора центрифуги, м;

$h_{рамки}$ – высота гнездовой рамки, м (ГОСТ Р 52001-2002);

$c_{обечайки.рот.}$ – толщина стенки обечайки ротора, м;

l – зазор между обечайкой ротора и корпусом парообразователя, м;

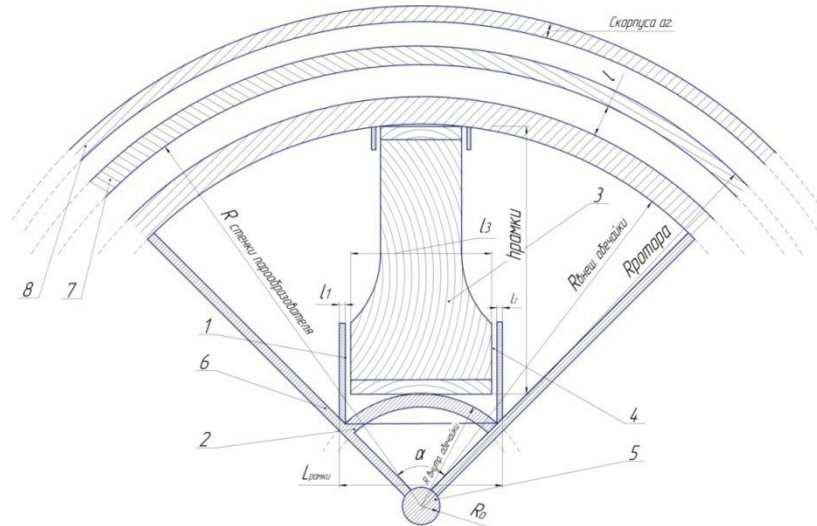
$c_{корпуса.аг.}$ – толщина стенки корпуса агрегата, м.

Так как прессующий шнек будем располагать в приливе к основному корпусу, диаметр агрегата увеличится на величину диаметра шнека.

$$D_{агрегата} = 2 \cdot R_{ротора} + h_{рамки} + c_{обечайки.рот.} + l + c_{корпуса.аг.} + t_{прилива}, м \quad (3.2)$$

где $t_{прилива}$ – ширина прилива для размещения воскопресса, м.

Для расчета радиуса ротора необходимо выяснить, какое количество рамок загружать для вытопки. При этом необходимо не увеличивать геометрические размеры всего агрегата, а ротор должен выдерживать предполагаемую нагрузку при центрифугировании рамок для отделения воскового сырья.



1 – держатель, 2 – внутренняя обечайка ротора, 3 – гнездовая рамка, 4 – зазор между рамкой и держателем, 5 – вал ротора, 6 – спицы, 7 – корпус центрифуги, 8 – корпус парообразователя агрегата.

Рисунок 3.2 – Схема размещения рамки на обечайке ротора.

Основной частью центрифуги агрегата является ротор. Все необходимые размеры для расчета ротора представлены на рисунке 3.2.

Для расчета длины дуги ротора, необходимой для размещения рамки, рассмотрим внутреннюю обечайку ротора как окружность, в которую вписан правильный многоугольник (предполагаем размещать 20 рамок в центрифуге). Площадь правильного многоугольника вписанного в окружность находится следующим образом[11]:

$$S_{\text{мн}} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot R_{\text{ротора}}^2 \cdot \sin \left(\frac{360}{n} \right), \text{ м}^2 \quad (3.3)$$

где n – количество граней многоугольника и, соответственно, рамок, шт;

$R_{\text{ротора}}$ – радиус внутренней обечайки ротора, м

Так же площадь многоугольника можно рассчитать по следующей формуле[11]:

$$S_{\text{ми}} = \frac{1}{4} n \cdot L_{\text{рамки}}^2 \cdot \text{ctg} \left(\frac{360}{2 \cdot n} \right), \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

где $L_{\text{рамки}}$ – длина хорды, грани многоугольника, соответствующая расстоянию, требуемому для размещения рамки, м

n – количество рамок в центрифуге, шт

Приравняв выражения (3.3) и (3.4) получим, что радиус ротора равен[11]:

$$R_{\text{ротора}} = \sqrt{\frac{L_{\text{рамки}}^2}{2 \cdot \sin \left(\frac{360}{2 \cdot n} \right)}}, \text{ м} \quad (3.5)$$

Общая длина для размещения рамки будет равна[11]:

$$L_{\text{рамки}} = l_1 + l_2 + l_3, \text{ м} \quad (3.6)$$

где l_1 – толщина стенки держателя рамки, м;

l_2 – зазор между рамкой и держателями, м;

l_3 – толщина гнездовой рамки, м (ГОСТ Р 52001-2002).

Для вычисления длины дуги внутренней обечайки ротора необходимой для размещения рамки, рассмотрим ее как сектор круга ограниченный радиусами.

Площадь сектора рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{сек}} = \frac{1}{2} \cdot C_{\text{рамки}} \cdot R_{\text{ротора}}, \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

где $C_{\text{рамки}}$ – длина дуги для размещения рамки, м.

Так же площадь сектора круга можно представить в виде:

$$S_{\text{сек}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{ротора}}^2 \cdot \alpha}{360^0}, \text{ м}^2 \quad (3.8)$$

α – угол дуги сектора, градусов.

Приравняв выражения (3.7) и (3.8) получим, что длина дуги внутренней обечайки ротора будет рассчитываться:

$$C_{\text{рамки}} = 2 \cdot \pi \cdot R_{\text{ротора}} \cdot \frac{\alpha}{360^0}, \text{ м} \quad (3.9)$$

Общее количество рамок рассчитывать будем, преобразовав формулу (5):

$$2 \cdot \sin\left(\frac{360^0}{2 \cdot n}\right) = \frac{L_{\text{рамки}}^2}{R_{\text{ротора}}^2} \quad (3.10)$$

Выразив n , получим выражение:

$$n = \frac{360^0}{4 \cdot \arcsin \frac{L_{\text{рамки}}^2}{R_{\text{ротора}}^2}}, \text{ ШТ} \quad (3.11)$$

$$n_{\text{гнезд}} = 20 \text{штук} \quad n_{\text{магазин}} = 25 \text{штук}$$

Высота агрегата вычисляется следующим образом:

$$H_{\text{агрегата}} = h_{\text{центрифуги}} + h_{\text{воскопресса}} + h_{\text{основания}}, \text{ м} \quad (3.12)$$

где, $h_{\text{центрифуги}}$ – высота центрифуги, м.;

$h_{\text{воскопресса}}$ – высота воскопресса, м.;

$h_{\text{основания}}$ – высота основания, м.

Высота центрифуги будет рассчитываться по формуле:

$$h_{\text{центрифуги}} = c_{\text{рамки}} + l_{\text{ц-к}} + k + D_{\text{агрегата}} \cdot \text{tg} \beta, \text{ м} \quad (3.13)$$

где $c_{\text{рамки}}$ – ширина гнездовой рамки, м (ГОСТ Р 52001-2002);

$l_{\text{ц-к}}$ – зазор между корпусом центрифуги и крышкой агрегата, м;

k – высота плеча рамки гнездовой (ГОСТ Р 52001-2002), м;

β – угол наклона дна центрифуги, определялся экспериментально.

Проведенные расчеты показывают, что для размещения 20 гнездовых и 25 магазинных рамок геометрические размеры агрегата должны быть следующими:

$$R_{\text{агрегата}} = 935 \text{ мм}$$

$$D_{\text{агрегата}} = 1112 \text{ мм}$$

$$R_{\text{ротора}} = 35 \text{ мм}$$

$$L_{\text{рамки}} = 51 \text{ мм}$$

$$H_{\text{агрегата}} = 984 \text{ мм}$$

$$h_{\text{центрифуги}} = 496 \text{ мм}$$

Расчет геометрии воскопресса будем производить из анализа размеров шнека. Анализ существующих шнековых прессов дает понять, что минимальное число витков шнека может быть 4,5-5,0. Кроме этого, шаг витков должен так относиться к наружному диаметру шнека, что бы отношение лежало в пределах $\frac{S_{\text{ш}}}{D} = 0,55 \dots 0,8$ [26,29,37,150,156,174,176,185]. Практика использования для отжима материалов шнековых прессов с такими конструктивными параметрами показывает надежность их работы. Необходимо заметить следующее, увеличение количества витков повышает эффективность фильтрации, по причине увеличения времени нахождения материалов в прессе. Симультанно будет увеличиваться и энергоёмкость процесса отжима из-за повышения потерь на трение [26,29,37,156,174,176,185].

3.3 Параметрическая модель процесса вытопки воска

Анализ существующей информации в области техники и технологий переработки продукции пчеловодства дает понять [1,123,150], что с позиции комплексного подхода технологический процесс вытопки воска представляет собой параметрическую модель, которая состоит из трех основных блоков [150]. Блок в модели это симплекс операций, объединенных единой для него технологической направленностью с общей целью. Целостность модели определяется совокупностью операций: подаче воскового сырья в рамках, его развариванию паром, центрифугированию и перемещению в воскопресс и последующему отжиму.

В представленной модели заданы следующие обозначения: $T_{\text{вс0}}, T_{\text{вс1}}$ – температура воскового сырья на различных стадиях процесса вытопки; $T_{\text{во}}$, –

температура воды заливаемой в бак для вытопки; T_{bc12} – температура разваренного воскового сырья паром и отделенного с помощью центрифуги; $T_{вп1}$, $T_{вп2}$ – температура пара во время процесса вытопки; $T_{выж}$ – температура выжимок; $T_{вос}$ – температура полученного воска; m_{bc0} , m_{bc1} , – масса воскового сырья на разных стадиях процесса вытопки; $m_{в0}$, – масса, заливаемой в бак воды; m_{bc12} – масса воскового сырья разваренного паром и отделенного с помощью центрифуги; $m_{выж}$, $m_{вос}$, $m_{вп2}$ – масса выжимок, чистого воска, конденсата; $Q_{вс0}$, $Q_{вс1}$ – количество теплоты, передаваемое воскосырьём на различных стадиях технологического процесса; $Q_{вс0}$, – количество теплоты поступающее с загружаемым восковым сырьём; $Q_{вп1}$, $Q_{вп2}$ – количество теплоты, переносимое паром; $Q_{выж}$, $Q_{вос}$ – количество теплоты, переносимое за пределы агрегата выжимками и чистым воском; Q_{bc12} – количество теплоты, требуемое на отделение паром воскового сырья и прогрев центрифуги; Q_0 – количество теплоты, переданное ТЭНами для нагрева воды и корпуса центробежного агрегата до необходимой температуры.

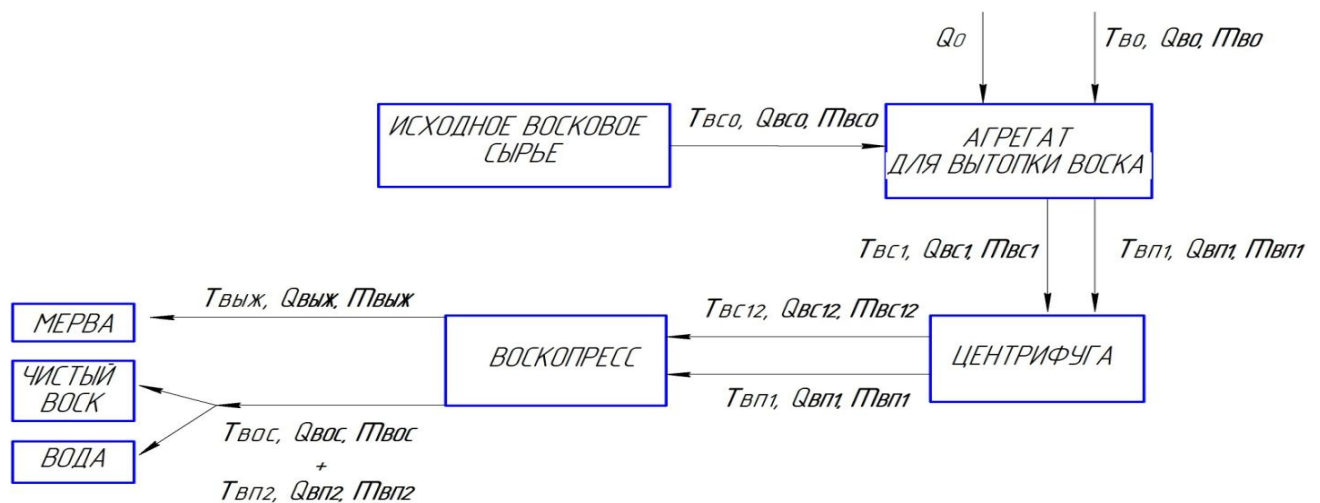


Рисунок 3.3 – Параметрическая модель технологического процесса вытопки воска из рамок с восковым сырьём.

Входные параметры воскового сырья: температура T_{bc0} , масса m_{bc0} и количество теплоты Q_{bc0} , которым оно обладает во время загрузки в центробежный агрегат. С этими параметрами восковое сырьё поступает в агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьём, бак которого заполнен водой (масса $m_{в0}$, температура $T_{в0}$, количество теплоты $Q_{в0}$, нагретой до температуры кипения

ТЭНом, передавшим для нагревания количество теплоты Q_0 . В агрегате для вытопки воска восковое сырье разваривается и приобретает параметры $T_{вс1}$, $m_{вс1}$, $Q_{вс1}$. Данная операция производится с целью целенаправленного изменения агрегатного состояния воска. После вытопки основной части воскового сырья включается в работу центрифуга для отделения остатков воскового сырья по краям рамок. Восковое сырье приобретает параметры $T_{вс12}$, $Q_{вс12}$, $m_{вс12}$. Далее с этими параметрами поступает в воскопресс.

Кроме воскового сырья в воскопресс поступает и конденсат с параметрами $(T_{вп1}, Q_{вп1}, m_{вп1})$, где в процессе работы воскопресса происходит отжим с получением чистого воска с параметрами $(T_{вос}, Q_{вос}, m_{вос})$ вместе с конденсатом $(T_{вп2}, m_{вп2}, Q_{вп2})$, который оседает на дне собирающей емкости из-за большей плотности. Так же в процессе фильтрации получают выжимки с параметрами $(T_{выж}, m_{выж}, Q_{выж})$ и собираются в соответствующую емкость.

3.4 Расчет теплового баланса агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем

Для расчета количества тепловой энергии, требуемой для процесса вытопки воска на центробежном агрегате, необходимо рассчитать количество потребляемой теплоты на процесс вытопки воска из рамок с восковым сырьем и количество выделенной тепловой энергией ТЭНами [13,61,77,80,84,94,97,106,114].

Количество теплоты $Q_{потр}$, требуемое на процесс вытопки воска из рамок с восковым сырьем, определяется по формуле [13,61,77,79,80,81,82,84,94,97,106,114]:

$$Q_{потр} = Q_{воска} + Q_{рамок} + Q_{уст} + Q_{воды} + Q_{пот}, \text{ Дж} \quad (3.14)$$

где $Q_{воска}$ – количество теплоты для нагревания воскосырья, Дж;

$Q_{рамок}$ – к.т. для нагревания каркаса рамок, Дж;

$Q_{уст}$ – к.т. для нагревания корпуса установки, Дж;

$Q_{воды}$ – к.т. для нагревания воды, Дж;

$Q_{пот}$ – к.т. для компенсации потерей в окружающую среду, Дж.

Количество теплоты, необходимое для процесса вытопки воска, складывается из количества теплоты для нагревания воды и образования пара, для разваривания воскового сырья в рамках, для нагревания агрегата, а также из количества теплоты для компенсации потерь в окружающую среду [13,61,77,80,84,94,97,106,114].

Количество теплоты для нагревания рамок с восковым сырьем в общем виде определяется по формуле [13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$Q_{\text{воска}} + Q_{\text{рамок}} = m_{\text{воска}1} \cdot n_1 + m_{\text{воска}2} \cdot n_2 \cdot C_{\text{воска}} (T_{\text{треб}} - T_{\text{нач}}) + m_{\text{каркаса}} \cdot n \cdot C_{\text{дерева}} (T_{\text{треб}} - T_{\text{нач}}), \text{ Дж} \quad (3.15)$$

где $m_{\text{воска}1,2}$ – масса соответственно воскового сырья в гнездовых и магазинных рамках, кг;

$C_{\text{воска}}$ – теплоемкость воскового сырья, Дж/(кг · °С);

$C_{\text{дерева}}$ – теплоемкость материала, из которого сделаны рамки (в данном случае это сосна), Дж/(кг · °С) [86];

n – общее количество рамок в одной загрузке, шт;

$n_{1,2}$ – количество соответственно гнездовых и магазинных рамок в одной загрузке, шт;

$m_{\text{корпуса}}$ – масса каркаса рамки, кг;

$T_{\text{треб}}, T_{\text{нач}}$ – соответственно требуемая и исходная температуры воскового сырья и рамок, °С.

Массу воскового сырья определим по формуле

$$m_{\text{воска}} = n \cdot (m_{\text{рамки}} - m_{\text{каркаса}}), \text{ кг} \quad (3.16)$$

где $m_{\text{рамки}}$ – масса рамки с восковым сырьем, кг.

Количество теплоты для нагрева воды и парообразования определяется по формуле [18]:

$$Q_{\text{воды}} = m_{\text{воды}} \cdot C_{\text{воды}} (T_{\text{треб}}' - T_{\text{нач}}') + m_{\text{воды}} \cdot \lambda + \Delta m \cdot \lambda, \text{ Дж} \quad (3.17)$$

где $m_{\text{воды}}$ – масса воды в баке, кг;

$C_{\text{воды}}$ – теплоемкость воды, Дж/(кг · °С) [86];

$T'_{\text{треб}}, T'_{\text{нач}}$ – соответственно необходимая и начальная температура воды, °С.

λ – удельная теплота парообразования, Дж/кг

Δm – масса испарившейся жидкости в процессе вытопки, кг (в серийно-выпускаемых паровых воскотопках испаряется около 3–4% воды в течение часа при «бурном» кипении и 1,5% воды за один час при «тихом». Примем для нашего случая 2,5% воды в час)[114].

Расход пара для вытопки воска из сотовых рамок равен:

$$D_n = \frac{Q_{\text{воска}} + Q_{\text{пот}}}{i_n - i_k}, \text{ кг} \quad (3.18)$$

где i_n – энтальпия пара (определяется в зависимости от давления и температуры пара), для нашего случая $i_n = 2700$ кДж/кг[18];

i_k – энтальпия конденсата, кДж/кг.

Энтальпию конденсата находим по формуле:

$$i_k = c_k \cdot T_k, \text{ кДж / кг}, \quad (3.19)$$

где $c_k = 4,19$ кДж/(кг *К) – теплоемкость конденсата водяного пара;

T_k – температура конденсата, равная температуре пара, уменьшенной на 5-8°.

Удельный расход пара, отнесенный к 1 кг воскового сырья, равен отношению общего расхода пара D_n к массе воскового сырья, загружаемого в агрегат для вытопки[13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$d_3 = \frac{D_n}{M_3}, \text{ кг / кг} \quad (3.20)$$

где M_3 – масса загруженных рамок с восковым сырьем, кг.

Количество теплоты для нагрева установки

$$Q_{\text{уст}} = m_{\text{уст}} \cdot C_{\text{матер}} \cdot (T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}), \text{ Дж} \quad (3.21)$$

где $m_{\text{уст}}$ – масса центробежного агрегата, кг;

$C_{\text{матер}}$ – теплоемкость материала агрегата, Дж/(кг·°С) [86];

$T_{\text{кон}}, T_{\text{нач}}$ – конечная и начальная температура установки, $^{\circ}\text{C}$.

Потери теплоты в окружающую среду будем рассчитывать по формуле[13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$Q_{\text{пот.}} = k \cdot \alpha \cdot S_{\text{пов.}} \cdot (T_{\text{агрегата}} - T_{\text{окр.среды}}) \cdot \tau, \text{ Дж} \quad (3.22)$$

где k – коэффициент пропорциональности;

α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

$S_{\text{пов.}}$ – площадь наружной поверхности агрегата, м^2 ;

$T_{\text{агрегата}}$ – температура наружной поверхности агрегата, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{окр.среды}}$ – температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

τ – время вытопки воска, с.

На коэффициент пропорциональности оказывают влияние конструктивные параметры центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. В процессе отдачи теплоты агрегатом существует теплоотдача конвекцией и лучеиспусканием, исходя из этого результирующий коэффициент теплопередачи от поверхности центробежного агрегата в окружающий воздух будет состоять из двух слагаемых[13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$\alpha_1 = \alpha^{\text{л}} + \alpha^{\text{к}}, \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad (3.23)$$

где $\alpha^{\text{л}}$ – коэффициент теплопередачи лучеиспусканием, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

$\alpha^{\text{к}}$ – коэффициент теплопередачи конвекцией, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент теплопередачи лучеиспусканием рассчитывается по формуле:

$$\alpha^{\text{л}} = \left[C_s / (T_{\text{агрегата}} - T_{\text{окр.среды}}) \right] \cdot \left[(T_{\text{пов.агрегата}}/100)^4 - (T_{\text{окр.среды}}/100)^4 \right], \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \quad (3.24)$$

где C_s – коэффициент лучеиспускания поверхности агрегата, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{K}^4$. Для нержавеющей стали примем его равным $1,31 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{K}^4$;[114]

$T_{\text{пов.агрегата}}, T_{\text{окр.среды}}$ – абсолютные температуры агрегата и воздуха, К.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией определяется из критериального уравнения для свободной конвекции в ограниченном пространстве[13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$Nu = f \text{ Re, Pr, Gr, } \Gamma, \dots \quad (3.25)$$

где Nu – критерий Нуссельта;

Re – критерий Рейнольдса;

Pr – критерий Прандтля;

Gr – критерий Грасгофа;

Γ – безразмерный геометрический симплекс, характеризующий геометрическое подобие системы.

Отсюда можно получить:

$$\alpha^k = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} \quad (3.26)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м · °С

l – коэффициент, определяющий размеры поверхности центробежного агрегата, м

Для расчета критерия Нуссельта применим формулу [13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$Nu = 1,18 \cdot Gr \cdot Pr^{0,125} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{воздуха}}}{Pr_{\text{агрегата}}} \right)^{0,25} \quad (3.27)$$

Критерии Грасгофа и Прандтля рассчитываются по следующим формулам [13,61,77,80,84,94,97,106,114]:

$$Gr = \beta \frac{gl^3 \Delta T}{\nu^2}; \quad (3.28)$$

где β – коэффициент температурного расширения, 1/ К;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

ΔT – разность температур между теплоотдающей поверхностью агрегата и воздухом, °С;

ν – коэффициент вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$

$$Pr = \frac{\nu}{a}; \quad (3.29)$$

где a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$

Коэффициент объемного расширения рассчитывается по формуле[106,114]:

$$\beta = \frac{1}{273 - T_m}, \quad (3.30)$$

где T_m – средняя температура пограничного слоя воздуха, рассчитываемая по формуле:

$$t_m = \frac{t_{агрегата} + t_{окр.среды}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.31)$$

Определив $Q_{потр}$ и задав время разогревания центробежного агрегата, можно посчитать необходимую мощность ТЭНа по формуле

$$P_{ТЭНа} = Q_{потр} / \tau, \text{ Вт} \quad (3.32)$$

3.3 Теоретическое обоснование очистки рамок от воскового сырья центробежными силами

Математическое описание процесса очистки представляется довольно сложной задачей, так как воск обладает лабильными свойствами и легко переходит из одного агрегатного состояния в другое. Например, при температуре 65°C восковое сырье, содержащееся в одной рамке может быть уже в жидкой форме, где его цвет светлее, а более темное сырье еще пластичным[9,24,123]. Исходя из этого, примем следующие допущения:

- допустим, что в момент отделения воскового сырья от рамок он полностью разварен и имеет желеобразную консистенцию и удерживается только за счет собственной вязкости и адгезии;

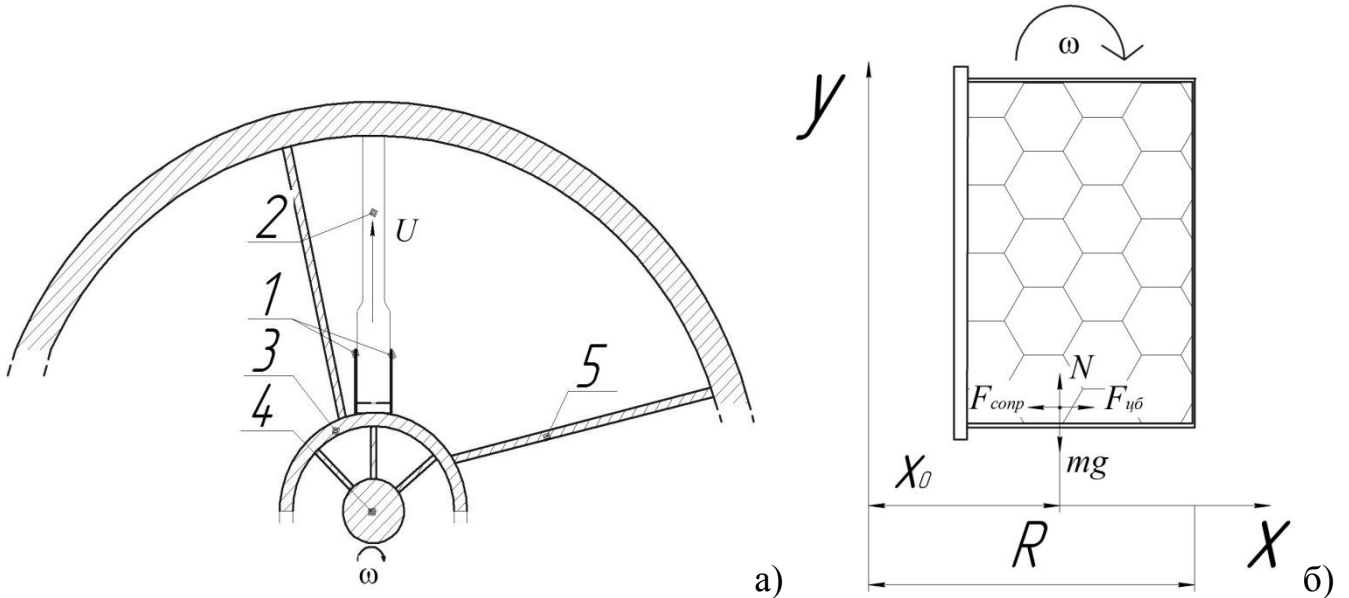
- допустим, что отделение происходит лишь из углов рамки, остальное восковое сырье уже отделилось под действием сил тяжести;

- допустим, что разваренное восковое сырье движется вдоль направляющей боковой планки рамки и рассмотрим самый неблагоприятный случай, когда капля разваренного воскового сырья от начала и до конца будет двигаться вдоль планки.

В результате анализа очистки рамок от разваренного воскового сырья установлено, что наибольшее время будет занимать очистка восковых капель с

боковых планок рамки[9,24,123]. Для расчета законов движения восковой капли по боковой планке рамки, рассмотрим расчетную схему (рис. 3.4)

Так как мы имеем дело с разваренным восковым сырьем, желеобразной консистенции, при его отрыве от боковых планок будут силы внутреннего сцепления, которые характеризуются коэффициентом вязкости[9,14,24,106].



1 – держатель; 2 – рамка с восковым сырьем; 3 – внутренняя обечайка ротора; 4 – ротор; 5 – спицы.

Рисунок 3.4 – Размещение рамки в центрифуге (а) действие сил на каплю воска в процессе центрифугирования (б)

Спроецировав, все силы на координатные оси составим дифференциальное уравнение движения капли разваренного воскового сырья.

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_{цб} - F_{сопр} \quad (3.33)$$

где m – масса элементарной восковой капли, кг;

$F_{цб}$ – сила инерции капли, Н;

$F_{сопр}$ – сила сопротивления, обусловленная вязкостью воска, Н.

Распишем силу инерции и сопротивления:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m\omega^2 x - ku \quad (3.34)$$

где ω – угловая скорость вращения центрифуги, рад/с;

x – расстояние от капли до оси вращения, м;

k – коэффициент вязкости, Па*с/м

u – скорость капли воска, м/с

Распишем скорость как производную перемещения [10,46,65,83,88]:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = m\omega^2 x - k \frac{dx}{dt} \quad (3.35)$$

Разделим уравнение 3.35 на m и получим:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} - \frac{k}{m} \frac{dx}{dt} + \omega^2 x = 0 \quad (3.36)$$

Пусть $2n = \frac{k}{m}$, следовательно $n = \frac{k}{2m}$;

Составим характеристическое уравнение:

$$\lambda^2 - 2n\lambda + \omega^2 = 0 \quad (3.37)$$

Корни этого уравнения будут иметь вид:

$$\lambda_1 = n - \sqrt{n^2 - \omega^2} \quad (3.38)$$

$$\lambda_2 = n + \sqrt{n^2 - \omega^2} \quad (3.39)$$

Так как $\frac{k}{m} > \omega$, то корни являются существующими. Значит, уравнение

движения капли воска имеет вид:

$$x = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \quad (3.40)$$

Для определения расстояния интегрирования C_1 и C_2 вычислим:

$$V = C_1 \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 \lambda_2 e^{\lambda_2 t} \quad (3.41)$$

Подставив в уравнение (3.40) $t = 0, x = x_0$, а в уравнение (3.41) $t = 0, V = V_0$,

получим систему уравнений [10,46,65,83,88]:

$$\begin{cases} x_0 = C_1 + C_2 \\ V_0 = C_1 \lambda_1 + C_2 \lambda_2 \end{cases} \quad (3.42)$$

Откуда,

$$C_1 = \frac{\lambda_2 x_0 - u_0}{\lambda_1 - \lambda_2}; C_2 = \frac{\lambda_1 x_0 - u_0}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (3.43)$$

Начальная скорость капли будет равна нулю, отсюда C_1 и C_2 примут следующий вид[10,46,65,83,88]:

$$C_1 = \frac{\lambda_2 x_0}{\lambda_1 - \lambda_2}; C_2 = \frac{\lambda_1 x_0}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (3.44)$$

Подставим в уравнении 3.41 C_1 и C_2 вычисленные значения, и найдем уравнение движения капли воска в виде:

$$x = \frac{\lambda_2 x_0}{\lambda_1 - \lambda_2} \cdot \lambda_1 e^{\lambda_1 t} + \frac{\lambda_1 x_0}{\lambda_1 - \lambda_2} \lambda_2 e^{\lambda_2 t} \quad (3.45)$$

Воспользовавшись значениями λ_1 и λ_2 . Запишем уравнение в виде:

$$x = \frac{n + \sqrt{n^2 - \omega^2} x_0}{n - \sqrt{n^2 - \omega^2} - n + \sqrt{n^2 - \omega^2}} \cdot n - \sqrt{n^2 - \omega^2} e^{n - \sqrt{n^2 - \omega^2} t} + \\ + \frac{n - \sqrt{n^2 - \omega^2} x_0}{n - \sqrt{n^2 - \omega^2} - n + \sqrt{n^2 - \omega^2}} n + \sqrt{n^2 - \omega^2} \lambda_2 e^{n + \sqrt{n^2 - \omega^2} t} \quad (3.46)$$

Выполнив обратную замену $2n = \frac{k}{m}$ получим:

$$x = \frac{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) x_0}{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) - \left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right)} \left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) \cdot e^{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) t} + \\ + \frac{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) x_0}{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) - \left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right)} \left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) \cdot e^{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m} \right)^2 - \omega^2} \right) t} \quad (3.47)$$

Выполним необходимые преобразования и получим[10,46,65,83,88]:

$$\begin{aligned}
 x = & \frac{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right) x_0}{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right) - \left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)} \left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right) \cdot e^{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)t} \\
 & + \frac{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right) x_0}{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right) - \left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)} \left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right) \cdot e^{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)t}
 \end{aligned} \tag{3.48}$$

Сложим получившиеся выражения:

$$x = \frac{\omega^2 x_0 e^{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)t}}{2 \left(\sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)} + \frac{\omega^2 x_0 e^{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)t}}{-2 \left(\sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)}, \text{ М} \tag{3.49}$$

В итоге всех преобразований получили закон перемещения капли разваренного воскового сырья в процессе отделения от рамок центробежными силами, применение которой позволит определить рациональные значения частоты вращения ротора центрифуги и времени его вращения [10,46,65,83,88]:

$$x = \frac{\omega^2 x_0 e^{\left(\frac{k}{2m} - \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)t}}{2 \left(\sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)} + \frac{\omega^2 x_0 e^{\left(\frac{k}{2m} + \sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)t}}{-2 \left(\sqrt{\left(\frac{k}{2m}\right)^2 - \omega^2}\right)}, \text{ М} \tag{3.50}$$

Затем подставив известные величины в выражение, построим графическую зависимость перемещения капли разваренного воскового сырья от частоты вращения ротора центрифуги (рис. 3.5)

На рисунке 3.5 показано штриховыми линиями диапазон вращения ротора центрифуги, при котором достигается рациональное очищение рамок от воскового сырья в процессе центрифугирования. Данные значения варьируются от 250 до 370 мин⁻¹. При меньшей частоте вращения разваренное восковое сырье остается на планке рамки, а при большей частоте будет чрезмерно разбрызгиваться на стенки агрегата, что потребует большего времени на перемещение его в воскопресс.

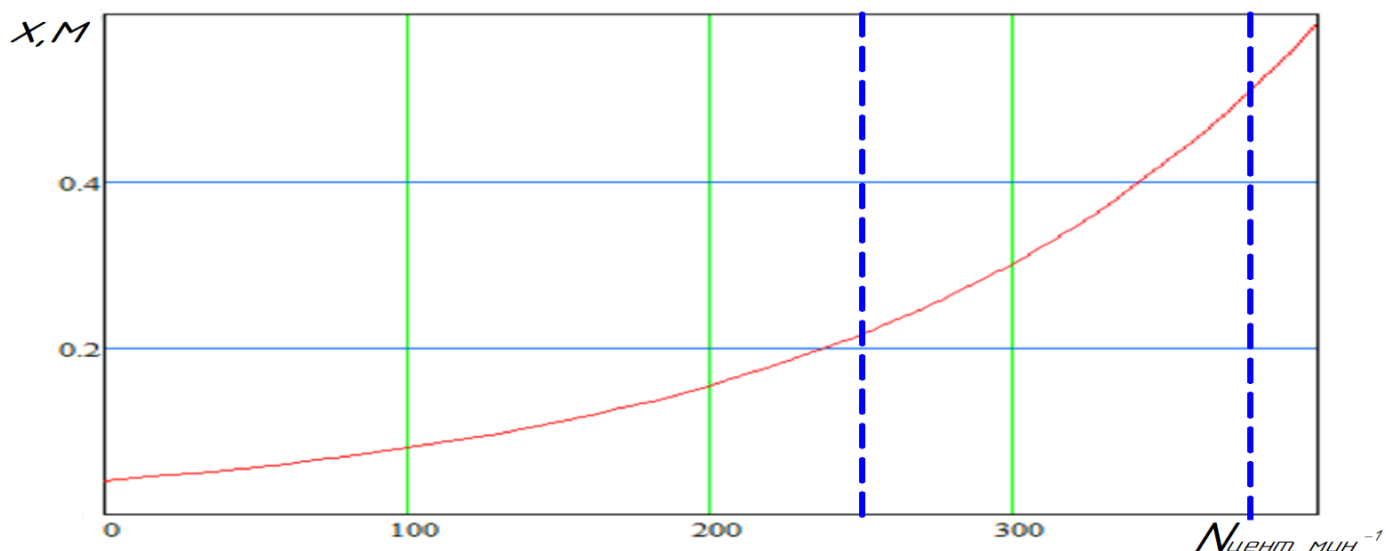


Рисунок 3.5 – Графическая зависимость перемещения (x) капли воска от частоты вращения ротора центрифуги ($N_{\text{цент}}$)

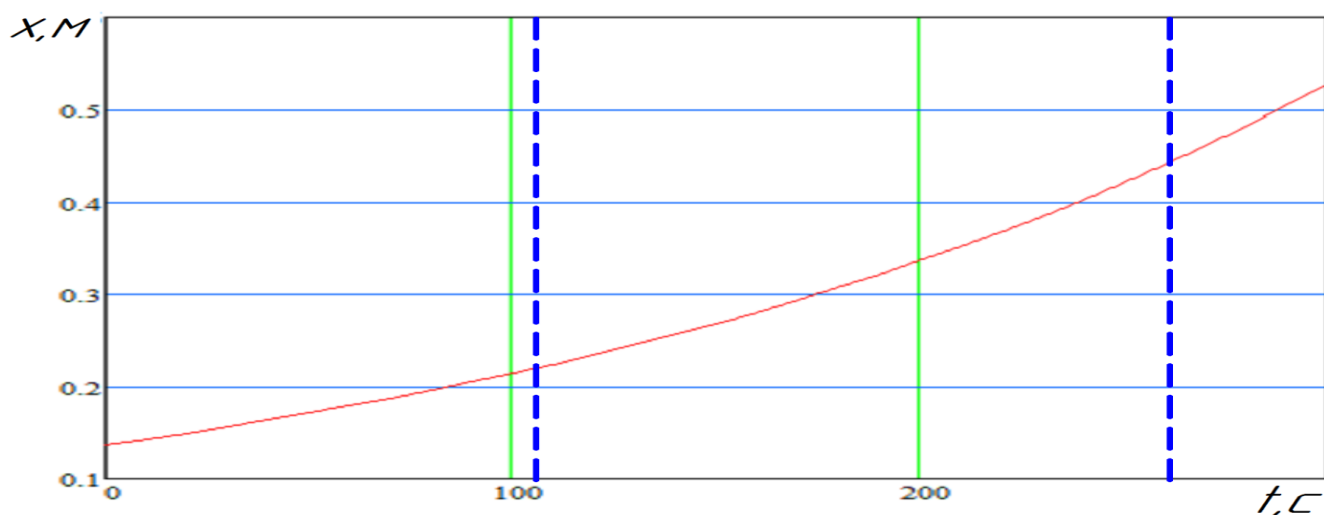


Рисунок 3.6 – Графическая зависимость перемещения (x) капли воска от времени вращения ротора центрифуги (t)

Затем определим оптимальное время вращения рамок в центрифуге в процессе их очистки. Для этого построим графическую зависимость (рис. 3.6) перемещения капли расплавленного воскового сырья от времени вращения.

На рисунке 3.6 показано штриховыми линиями диапазон времени вращения ротора центрифуги, при котором достигается оптимальное очищение рамок от воскового сырья в процессе центрифугирования. Данные значения варьируются от 110 до 260 с. При времени вращения ротора меньше указанных значений, рамки не

очистятся полностью. Более продолжительное время вращать рамки не имеет смысла, так как на них уже не будет воскового сырья.

Затем определим требуемую мощность привода ротора центрифуги[10,46,65,85,88]:

$$P = T \cdot \omega \quad (3.51)$$

где T – требуемый вращающий момент ротора, Н*м

$$T = F_{равн.} \cdot \rho \quad ,\text{Н*м} \quad (3.52)$$

где $F_{равн.}$ – равнодействующая всех сил, действующих в центре тяжести системы, Н;

ρ – расстояние от центра вращения до центра тяжести, м.

$$P_{центрифуги} = F_{равн.} \cdot \rho \cdot \omega \quad (3.53)$$

Установочную мощность привода ротора следует принимать с запасом на 10 – 15 %, так как в момент начала вращения ротора привод будет испытывать максимальную нагрузку. Во время вращения она будет снижаться, потому что рамки будут очищаться от воскового сырья. В связи с тем что рамки с восковым сырьем разной массы, и отклонение от средней массы во многих случаях в большую сторону, то необходимо фактическую мощность привода принимать больше теоретической на 15%[90].

3.5 Расчет мощности привода шнека воскопресса

Мощность двигателя для привода шнекового воскопресса зависит от множества факторов [5,19,29,37,58,102,174,185]: свойств отжимаемой восковой массы, её проворачивания, возвращения и отжима ее в воскопрессе, трения восковой массы о винт и корпус, качества выполнения поверхности шнека и корпуса воскопресса. Многофакторность процесса отжима воскового сырья затрудняет задачу разработки математической модели движения шнека воскопресса, ее исследование с достаточной точностью позволило бы установить

силовые параметры воскопресса. Рассмотрим несколько случаев нагрузки воскопресса для нахождения зависимости энергетических параметров от геометрических размеров шнека и кинематических характеристик привода [5,19,29,37,58,102,174,185].

При режиме максимальной нагрузки воскопресса при заштыбовке уплотненным восковым сырьем отсутствует поступательное движение воскового сырья и достигается наибольший вращающий момент, создаваемый приводом. В данном случае восковое сырье заполняет межвитковое пространство, тем самым превращает шнек пресса в монолитный восковой усеченный конус, и он вращаясь взаимодействует с восковой рубашкой корпуса пресса [5,19,29,37,58,102,174,185].

Для определения момента силы трения $T_{тр}$ применим формулу:

$$T_{mp} = F_{mp} \cdot D / 2, H \cdot м, \quad (3.54)$$

где F_{mp} – сила трения, Н

D – диаметр шнека, м

Сила трения $F_{тр}$ зависит от его радиальной составляющей P_r создаваемого воскопрессом давления, которая взаимосвязана с осевой составляющей P_a [5,19,29,37,58,102,174,185]:

$$P_r = \xi \cdot P_a, МПа, \quad (3.55)$$

где ξ – коэффициент радиального давления.

$$F_{mp} = \pi \cdot D \cdot L \cdot \xi \cdot P_a \cdot f_2, H, \quad (3.56)$$

где L – общая длина выходного отверстия шнека воскопресса, м;

f_2 – коэффициент трения воскового сырья по сырью.

Учитывая полученное выражение, рассчитаем момент:

$$T_{mp} = D^2 \cdot L \cdot \xi \cdot P_a \cdot f_2 \cdot \pi / 2, H \cdot м, \quad (3.57)$$

а мощность потребляемая воскопрессом P_B :

$$P_B = T_{mp} \cdot \pi \cdot N_B / 30, Вт \quad (3.58)$$

В режиме номинальной нагрузки уплотненное восковое сырье л взаимодействует с витками шнека. При этом сила трения на передней поверхности витка можно рассчитать по формуле[5,19,29,37,58,102,174,185]:

$$F_{тр} = S \cdot P_a \cdot \cos \alpha_{cp} \cdot f_1 \cdot H \cdot m \quad (3.59)$$

где S - площадь поверхности одного витка, м;

α_{cp} – угол поднятия винтовой линии, °;

f_1 – коэффициент трения пищевой стали по восковому сырью.

Тогда общая сила трения при контакте со всеми витками конусного шнека будет рассчитываться[5,19,29,37,58,102,174,185]:

$$F_{тр} = 1,7 \cdot S \cdot P_a \cdot \cos \alpha_{cp} \cdot f_1 \cdot L / S, H \quad (3.60)$$

Момент трения и потребляемая мощность шнека воскопресса при номинальном режиме работы будет равна[5,19,29,37,58,102,174,185]:

$$T_{тр} = 1,7 \cdot S \cdot P_a \cdot \cos^2 \alpha_{cp} \cdot f_1 \cdot D_{cp} \cdot L / 2 \cdot S, H \cdot m \quad (3.61)$$

$$P_e = T_{тр} \cdot \pi \cdot N_e / 30, Вт \quad (3.62)$$

Общая мощность, требуемая для процесса вытопки воска будет складываться из мощности ТЭНов, мощности привода ротора центрифуги и мощности привода шнека воскопресса.

$$P_{об} = P_{ТЭН} + P_{центрифуги} + P_{воскопресса} \quad (3.63)$$

Раскрыв значение мощностей, получим конечную формулу для расчета потребной мощности для процесса вытопки воска из рамок с восковым сырьем в агрегате для вытопки воска

$$P_{об} = \frac{Q_{воск} + Q_{ном}}{t_{разогрев}} + F_{равн} \cdot \rho \cdot \omega \quad (3.64)$$

$$1,7 \cdot A \cdot P_a \cdot \cos^2 \alpha_{cp} \cdot f_1 \cdot D_{cp} \cdot L \cdot 30 / 2S \cdot \pi \cdot N_e$$

ВЫВОДЫ

1. Вытопку воска из рамок с восковым сырьем необходимо проводить в три

ключевых этапа: разваривание воскового сырья насыщенным паром, после отделение остатков воскового сырья от рамок, а затем отпрессовка разваренного воскосырья в воскопрессе.

Конструктивно-технологическая схема центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем должна содержать центрифугу для размещения рамок с восковым сырьем, парообразователь для получения насыщенного пара, и шнековый воскопресс. Рабочий процесс центробежного агрегата должен выглядеть следующим образом. Восковое сырье, содержащееся в рамках, установленных в центрифуге разваривается насыщенным паром, под действием силы тяжести попадает на наклонное дно камеры центрифуги, скатываясь по нему попадает в воскопресс. После того как основная масса воскового сырья разварилась и попала в воскопресс начинает вращение центрифуга для отделения остатков воскового сырья от рамок с последующей отпрессовкой шнеком.

2. Установлено, что габаритные размеры агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем зависят от размеров гнездовых и магазинных рамок и их планируемого количества в агрегате, а так же угла наклона дна камеры центрифуги и размеров шнека воскопресса.

3. Количество теплоты, требуемое для процесса вытопки воска в центробежном агрегате, складывается из теплоты для нагревания воды и образования пара, для разваривания в рамках воскового сырья, для разогревания корпуса агрегата, а также из теплоты для компенсации потерь в окружающую среду.

4. Теоретически установлено, что мощность привода ротора центрифуги, достаточная для успешного отделения воскового сырья в процессе вытопки, зависит от массы рамок с восковым сырьем загружаемых в центрифугу, требуемого количества оборотов и от сил сцепления воскового сырья с рамкой.

5. Теоретически установлено, что мощность привода шнека воскопресса зависит от геометрических параметров самого шнека и коэффициента трения разваренного воскового сырья, а так же коэффициента радиального давления создаваемого шнеком и оптимальной частоты вращения шнека при прессовании.

6. Теоретически установлено, что частота вращения ротора центрифуги, при которой будет осуществляться отделение воскового сырья от рамок, варьируется от 250 до 370 мин⁻¹, при времени вращения от 110 до 260 с.

7. Суммарная мощность, требуемая для процесса вытопки воска в центробежном агрегате, будет складываться из мощности, потребляемой на разогрев установки и разваривания воскового сырья, мощности привода ротора центрифуги и мощности привода шнека воскопресса.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТОПКИ ВОСКА ИЗ РАМОК С ВОСКОВЫМ СЫРЬЕМ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

4.1 Программа исследований

Процесс вытопки воска состоит из ряда сложных операций: разваривание воскового сырья насыщенным водяным паром, отделение его от рамок и прессование [109,113,117]. Аналитически описать процессы, происходящие в восковом сырье во время данных операций, достаточно сложно, по причине того, что оно обладает весьма лабильными свойствами. Исходя из этого, теоретически обосновать технологические параметры процесса вытопки крайне затруднительно. Поэтому необходимо провести исчерпывающее экспериментальное исследование процессов, происходящих во время вытопки воска, а именно: разваривания насыщенным паром воскового сырья, отделения его от рамок и прессования в воскопрессе, а так же обосновать технологические параметры данных операций.

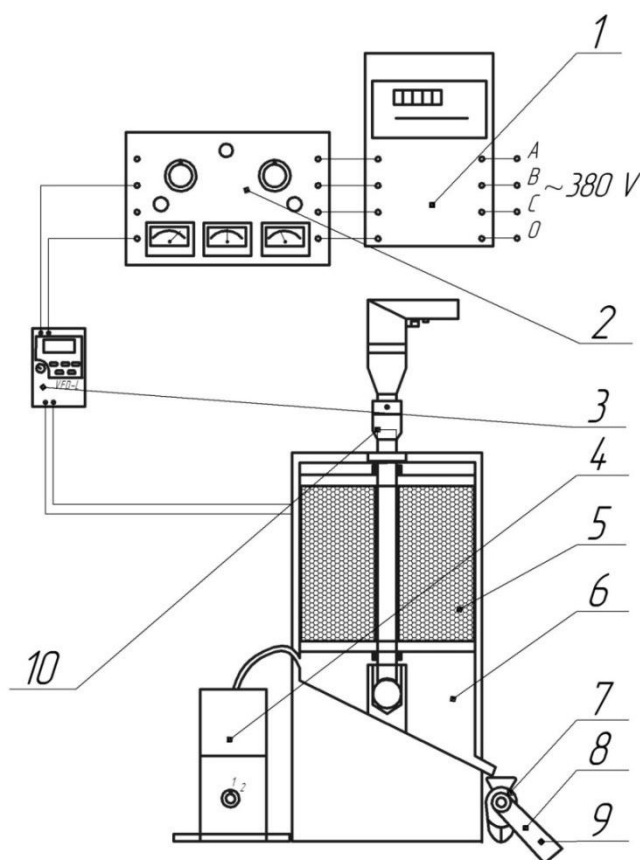
Для реализации поставленной задачи была разработана следующая программа исследований:

- определение влияния на выход воска и энергоемкость процесса вытопки частоты вращения ротора центрифуги;
- определение влияния на выход воска и энергоемкость процесса вытопки времени вращения рамок;
- определение влияния на выход воска и энергоемкость процесса вытопки частоты вращения шнека воскопресса.
- определение влияния на выход воска и энергоемкость процесса вытопки и время разваривания воскового сырья в рамках расхода пара.

Лабораторные исследования и создание опытного образца центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем производились при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

4.2 Опытный образец центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем

Для проведения исследований в лаборатории инновационных и энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в растениеводстве и животноводстве Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева был разработан и изготовлен опытный образец агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. Функционально-измерительная схема данного агрегата представлена на рисунке 4.1.

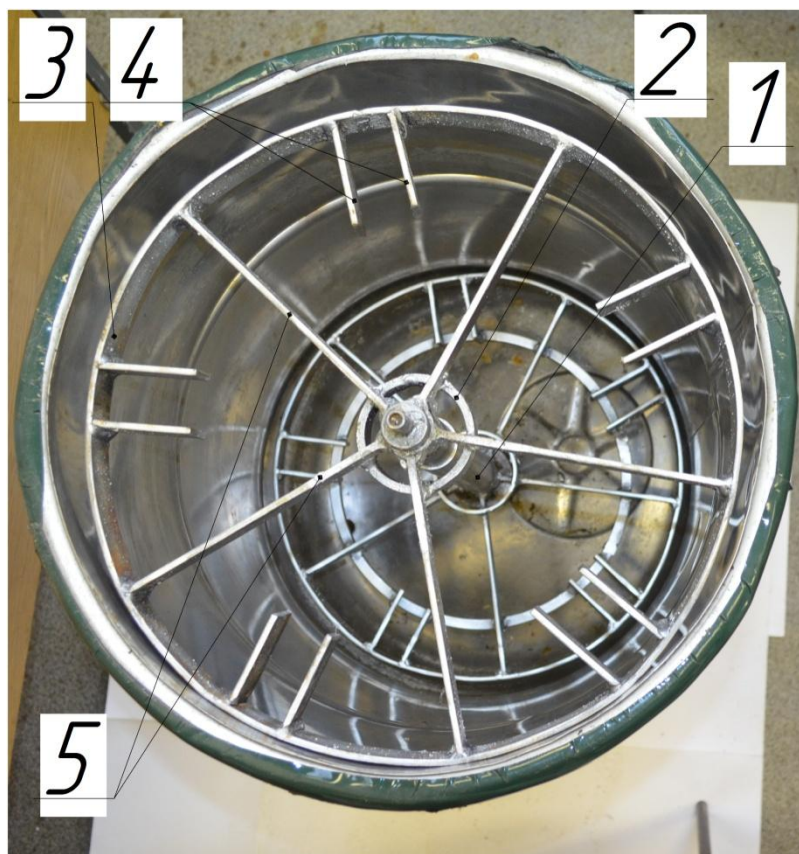


1 – трехфазный счетчик электроэнергии Меркурий 230; 2 – измерительный прибор К-50; 3 – преобразователь частоты модель VFD 007L 21B; 4 – парообразователь КИТ FORT-907; 5 – магазинная рамка; 6 – центрифуга; 7 – воскопресс; 8 – привод шнека воскопресса; 9 – фильтр - сетка; 10 – привод ротора центрифуги.

Рисунок 4.1 – Функционально – измерительная схема центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем.

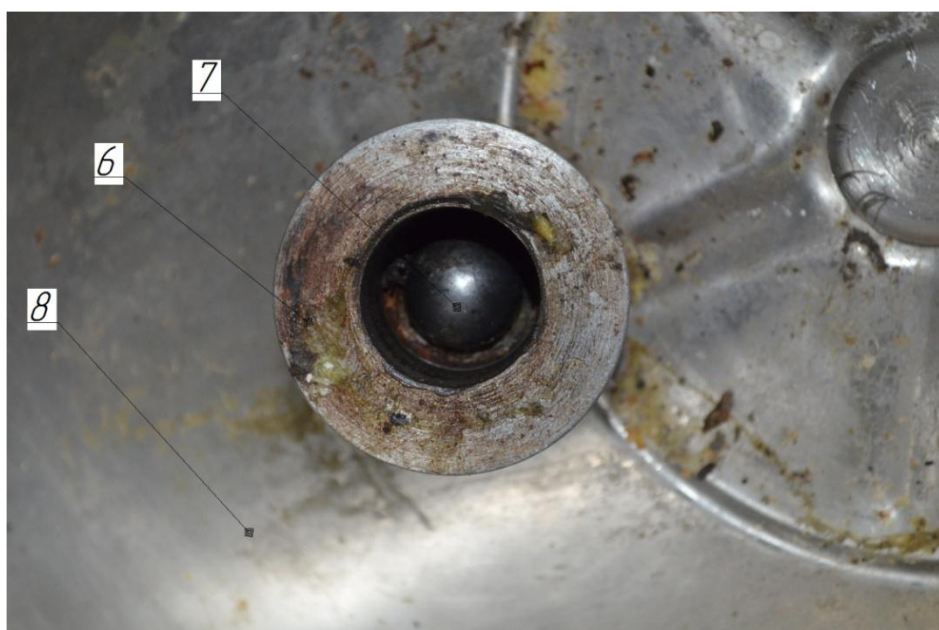
Исследование процесса вытопки воска проводилось на лабораторной установке, состоящей из трехфазного счетчика электроэнергии Меркурий 230 1, измерительного прибора К-50 2, преобразователя частоты VFD 007L 21В 3, парообразователя 4, магазинных рамок 5, центрифуги 6, воскопресса 7, снабженного фильтром-сеткой 9, а так же приводов центрифуги 10 и воскопресса 8[110,118,142].

Рассмотрим отдельно составные части опытного образца центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. На рисунке 4.2 представлен корпус агрегата с центрифугой. Центрифуга состоит из вала 1, на котором закреплены маленькая обечайка 2 и большая обечайка 3, соединенные спицами 5. Для фиксации рамок во время процесса вытопки на большой обечайке установлены держатели 4. Вал центрифуги с зазором установлен во втулку 6, изображенную на рисунке 4.3, в которой установлен шарик 7, необходимый для вращения вала в процессе отделения воскового сырья от рамок. Втулка размещена и жестко закреплена на наклонном дне 8 камеры центрифуги. Разваренное восковое сырье в процессе вытопки под действием силы тяжести попадает на наклонное дно камеры центрифуги, затем скатываясь по нему, перемещается в загрузочную горловину воскопресса 11, представленного на рисунке 4.4. Воскопресс состоит из емкости 9, корпуса 10, шнека 13 конусовидной формы, прокладки 12, а так же фиксирующей пластины 15, с ее помощью крепится фильтр – сетка 14. Через фильтр–сетку проникает расплавленный воск вместе с конденсатом и собирается в соответствующую емкость для сбора. Отпрессованная мерва с механическими примесями удаляется через выгрузное отверстие 16[110,118,142].



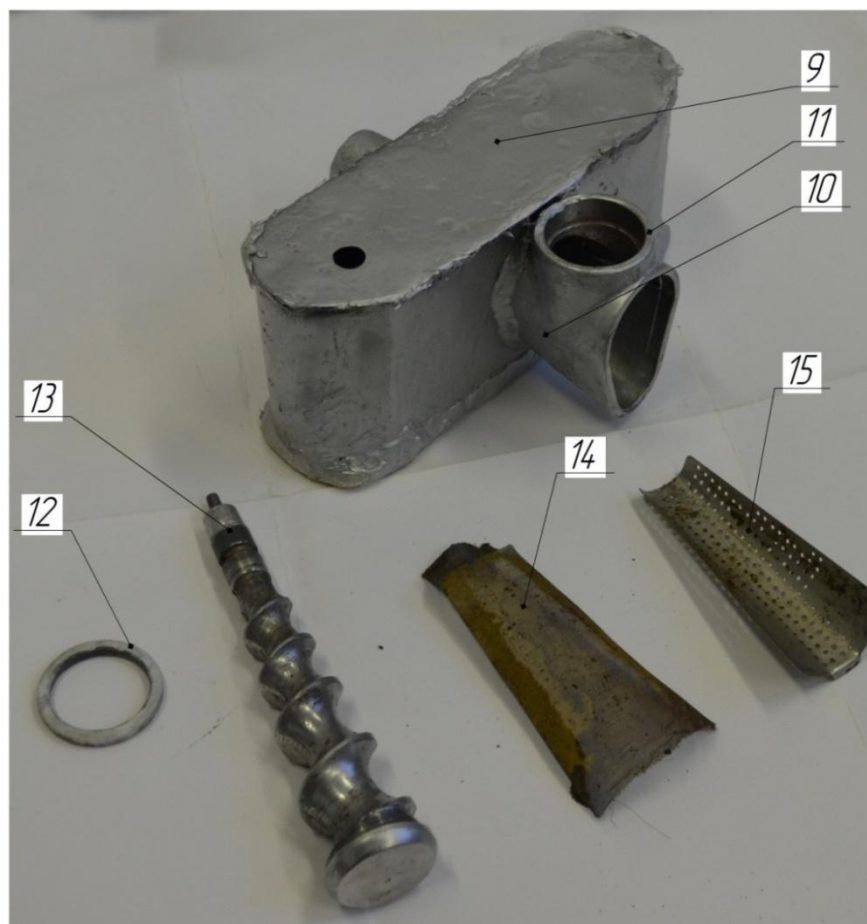
1 – ротор центрифуги; 2 – малая обечайка; 3 – большая обечайка; 4 – держатели; 5 – спицы.

Рисунок 4.2 – Корпус центробежного агрегата для вытопки воска с центрифугой



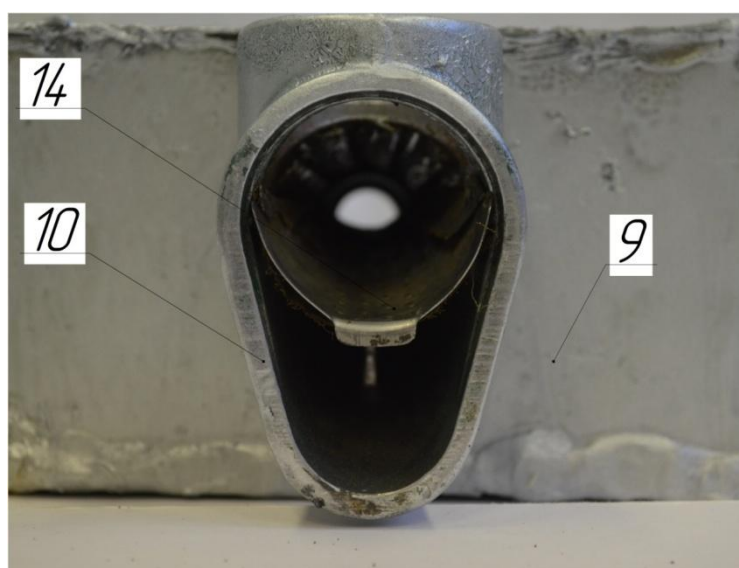
6 – втулка; 7 – шарик; 8 – наклонное дно.

Рисунок 4.3 – Наклонное дно центрифуги



9 – емкость воскопресса; 10 – корпус воскопресса; 11 – загрузочная горловина; 12 – прокладка; 13 – шнек конусовидной формы; 14 – фильтр-сетка; 15 – пластина фиксирующая фильтр - сетку.

Рисунок 4.4 – Воскопресс в разборе



9 – емкость воскопресса; 10 – корпус воскопресса; 14 – фильтр - сетка.

Рисунок 4.5 – Воскопресс вид сзади



9 – емкость; 13 – шнек; 10 – корпус воскопресса; 16 – выгрузное отверстие.

Рисунок 4.6 – Воскопресс вид сбоку



9 – емкость воскопресса; 10 – корпус воскопресса; 17 – регулировочный винт.

Рисунок 4.7 – Воскопресс вид спереди

Общий вид опытного образца агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем представлен на рисунке 4.8.



1 – преобразователь частоты модель VFD 007L 21B; 2 – трехфазный счетчик электроэнергии (Меркурий 230); 3 – измерительный прибор К-50; 4 – парообразователь KIT FORT-907; 5 – привод центрифуги; 6 – воскопресс; 7 – привод воскопресса; 8 – магазинные рамки; 9 – дно камеры центрифуги; 10 – загрузочная горловина воскопресса; 11 – воскопресс; 12 – емкость для сбора чистого воска; 13 – регулировочный винт; 14 – емкость для сбора выжимок.

Рисунок 4.8 – Общий вид опытного образца центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем[110,118,142]

Центробежный агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьем работает следующим образом. От электросети 380 вольт с помощью преобразователя частоты VFD 007L 21B 1 через счетчик электроэнергии 2 и измерительный прибор 3 включают в работу парообразователь 4, который имеет три режима подачи пара 10 г/мин, 20 г/мин, 30 г/мин согласно паспорту устройства. Кроме того к измерительному прибору подключают приводы центрифуги 5 и воскопресса 6. В центрифуге 7 радиально размещают магазинные рамки 8, после этого включают парообразователь. Начинается разваривание воскового сырья в рамках. После того, как все восковое сырье разварилось, оно под действием силы тяжести попадает на наклонное дно 9 камеры центрифуги, сползая по нему, перемешается в загрузочную горловину 10 шнекового воскопресса 11, который в этот момент включают в работу. Прессование разваренного воскового сырья происходит при помощи вращения шнека конусовидной формы, затем оно проникает через фильтр – сетку, где собирается в емкость для сбора 12. Подпрессовка воскового сырья регулируется винтом 13. После этого включают привод центрифуги 5 для отделения остатков воскового сырья от рамок, которые впоследствии попадают в воскопресс, где отпрессовываются и очищаются. Отжатая в воскопрессе мерва, проходит через выгрузное отверстие воскопресса и собирается в емкость 14[110,118,142]

В процессе проведения экспериментов фиксировались следующие показатели: выход воска, энергопотребление, частота вращения ротора центрифуги, время вращения ротора центрифуги, частота вращения шнека воскопресса, подача пара парообразователем, производительность агрегата и рассчитывалась энергоемкость процесса вытопки.

4.3 Методика лабораторных исследований

Для проведения лабораторных исследований были использованы: выбракованные пчеловодами, по тем или иным причинам, магазинные рамки, собранные с отдельных районов Рязанской области. Так же рамки были собраны

различного срока их использования в улье. Так как со временем использования в улье соты приходят в негодность, потому что с каждым выводком личинок ячейки уменьшаются в объеме, и поэтому у пчел, вышедших из таких ячеек, бывают гораздо меньшие размеры хоботка и крыльев – такие пчелы малопродуктивны. Также старые соты выбраковываются в целях борьбы с болезнями[1,89,123,352].

4.3.1 Методика определения выхода воска при его вытопке на центробежном агрегате без отжима разваренного сырья в воскопрессе

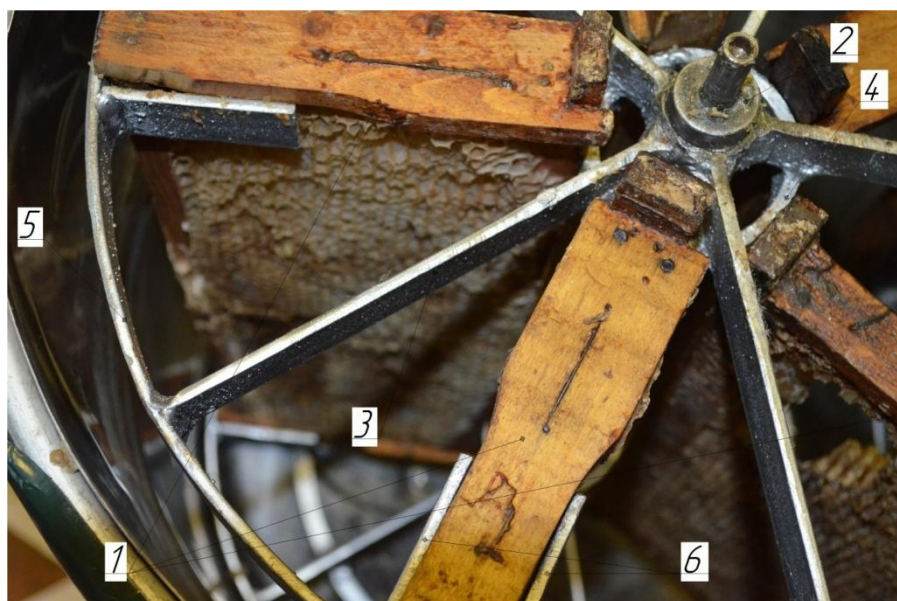
Выход воска - ключевой показатель эффективности процесса вытопки воска. Повышение процента выхода воска в опытном образце достигается за счет вращения ротора центрифуги и отжиму разваренной массы в воскопрессе. Для определения количества воска, которое извлекается при помощи вращения шнека воскопресса, необходимо провести сначала исследование процесса вытопки без применения отжима разваренной восковой массы.

Для проведения исследования был установлен следующий режим работы центробежного агрегата для вытопки воска: частота вращения ротора центрифуги 300 мин^{-1} , парообразователь КИТ FORT-907 был включен для разваривания воскового сырья в рамках на максимальную подачу пара 30 г/мин. В общем случае опыт выполнялся следующим образом. В центрифугу загружались магазинные рамки, и затем проводился цикл процесса вытопки воска на установленном режиме работы, без применения воскопресса. После проведения исследования чистый воск собирался в соответствующую емкость и взвешивался на весах ВЛТК – 500. Опыт проводился в трехкратной повторности[2,3,103,105].

4.3.2 Методика определения частоты вращения ротора центрифуги

Существенное влияние на выход воска и энергопотребление процесса вытопки воска оказывает частота вращения ротора центрифуги. Так же частота вращения центрифуги влияет на качество очистки рамок и сохранность их в процессе центрифугирования.

Определение частоты вращения ротора центрифуги производилось на опытном образце центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. Из литературных источников[1,47,48,49,50,51,52,66,123] было выявлено, что обороты ротора центрифуги в подобных устройствах варьируются от 200-750 об/мин (Радиальные медогонки и воскотопки). В центрифугу загружали магазинные рамки, которые верхней планкой упирались в вал, а нижней планкой крепились держателями. Парообразователь КИТ FORT-907 включался на максимальную производительность подачи пара 30 г/мин. На частотном преобразователе частоты VFD 007L 21В устанавливали частоту тока, соответствующую требуемой частоте вращения рабочего органа от 200 до 750 мин⁻¹ с диапазоном варьирования 50 мин⁻¹. Далее включали центробежный агрегат для вытопки воска (рис 4.8), и проводили полный цикл вытопки. Так же замерялось время вращения ротора центрифуги - 2 минуты (достаточное время для отделения воскового сырья от рамок из литературных источников)[123]. Частота вращения шнека воскопресса 200 мин⁻¹ взято из литературных источников. Частоту вращения ротора фиксировалось в процессе опыта с помощью тахометра АТЕ-6008. Завершив испытание, рамки доставались из центрифуги, и оценивалось их очищение от воска. Потребляемую мощность в процессе вытопки воска измеряли с помощью счетчика Меркурий 230. После этого собирался чистый воск и взвешивался на весах ВЛТК – 500. Опыт проводился в трехкратной повторности[2,3,103,105].



1 – магазинная рамка; 2 – вал центрифуги; 3 – спица; 4 – малая обечайка; 5 – большая обечайка; 6 – держатели.

Рисунок 4.9 – Ротор с закрепленными рамками

4.3.3 Методика определения времени вращения ротора центрифуги

На выход воска в процессе его вытопки влияет не только частота вращения ротора центрифуги, но и время его вращения. Так же время вращения оказывает решающее влияние на энергоемкость процесса вытопки воска, следовательно, на производительность установки.

Для проведения опыта в центрифугу были загружены магазинные рамки и был установлена частота вращения ротора центрифуги 300 мин^{-1} . Парообразователь KIT FORT-907 был включен для разваривания воскового сырья в рамках на максимальную подачу пара. Затем проводили полный цикл процесса вытопки воска. В исследовании меняли время вращения ротора от 30 до 300 с, с варьированием 30 с. При этом была установлена частота вращения шнека воскопресса 200 мин^{-1} . Завершив испытание, рамки доставались из центрифуги, и оценивалось их очищение от воска. Потребляемую мощность в процессе вытопки воска измеряли с помощью счетчика Меркурий 230. После проведения опыта чистый воск собирался и взвешивался на весах ВЛТК 500 с точностью до 0,01г. С

целью получения достоверного результата опыты проводились с трехкратной повторностью[2,3,103,105].

4.3.4 Методика определения частоты вращения шнека воскопресса

Отпрессовка воскового сырья в процессе вытопки позволяет увеличить выход чистого воска, и получить воск более высокого качества благодаря фильтрации во время отжима. Процесс прессования производился при помощи вращения шнека конусовидной формы, при этом воскопресс и все его части разогреты до температуры выше плавления воска 70 - 80°C для того что бы восковое сырье не прилипало к частям воскопресса во время его прессования, что позволяет снизить нагрузку на прессующий шнек и увеличить выход воска, так как восковое сырье находится в разваренном виде, и не прилипает к рабочему органу и его корпусу. Частота вращения шнека для отжима различных материалов в литературных источниках варьируется от 50 до 300 мин⁻¹.

Выявление рациональной частоты вращения шнека производилось следующим образом. В центрифуге радиально размещались магазинные рамки. Парообразователь KIT FORT-907 включался на максимальную мощность. Пар разваривал восковое сырье в рамках, и оно под действием силы тяжести попадало на наклонное дно камеры центрифуги, а затем в загрузочную горловину воскопресса. Для проведения опыта на установленном режиме частота вращения ротора центрифуги 300 мин⁻¹ и время вращения – 2 минуты. Проводили полный цикл процесса вытопки воска. На частотном преобразователе частоты VFD 007L 21В устанавливали частоту тока, соответствующую требуемой частоте вращения шнека воскопресса от 50 до 300 мин⁻¹ с диапазоном варьирования 50 мин⁻¹. Частоту вращения шнека измеряли при помощи тахометра АТЕ-6008. Потребляемую мощность в процессе вытопки воска измеряли при помощи счетчика Меркурий 230. После проведения опыта чистый воск собирался и взвешивался на весах ВЛТК 500 с точностью до 0,01г. С целью получения достоверного результата исследования проводились с трехкратной повторностью[2,3,103,105].

4.3.5 Методика определения подачи пара

На выход воска существенное влияние оказывает количество пара, подаваемого парообразователем во время процесса вытопки воска. Чем больше подается пара из парообразователя, тем соответственно быстрее идет разваривание воскового сырья и прогрев основных деталей, с которыми соприкасается восковое сырье во время вытопки. Но у чрезмерной подачи пара существует ряд негативных последствий, во – первых, увеличивается энергопотребление, а так же увеличивается количество конденсата, и соответственно повышается влажность получаемого воска и требуется дополнительная сушка перед хранением. Парообразователь, используемый в лабораторных исследованиях имеет следующие технические характеристики : мощность 1600 Вт; ступеней подачи пара 3; объем резервуара для воды 2,5 л; максимальная подача пара 30 г/мин; температура пара на выходе 101 °С; время подачи пара около 90 минут; длина парового шланга 1,6 м; давление пара 1 бар.

Исследование подачи пара проводилось следующим образом. В центрифуге радиально размещались магазинные рамки. Парообразователь КИТ FORT-907 подключался к центробежному агрегату для вытопки воска. Восковое сырье в рамках разваривалось и под действием силы тяжести попадало на наклонное дно камеры центрифуги, а затем в воскопресс, где происходила отпрессовка воска из воскового сырья. После этого в работу включалась центрифуга при частоте вращения 300 мин^{-1} и времени вращения 2 минуты для отделения остатков воскового сырья, которое так же попадало в воскопресс. Частота вращения шнека при проведении опыта составляла 200 мин^{-1} . Чистый воск и мерва собирались в соответствующие емкости. В процессе исследования на парообразователе менялась подача пара от 10 г/мин до 30 г/мин с шагом в 5 г/мин. Для более плавной подачи пара в конструкцию парообразователя включен вместо позиционного регулятора регулятор с регулировкой изменения сопротивления. Так же во время проведения опыта на секундомере замерялось время вытопки. Завершив испытание, рамки доставались из центрифуги, и оценивалось их очищение от воска. Затраты энергии на процесс вытопки воска замеряли при помощи счетчика Меркурий 230. После

проведения опыта чистый воск собирался и взвешивался на весах ВЛТК 500 с точностью до 0,01г[2,3,79,81,82,103,105,].

С целью получения достоверного результата исследования проводились с трехкратной повторностью.

4.3.6 Планирование многофакторного эксперимента

Чтобы определить рациональные конструктивно-технологические параметры и оптимизировать рабочий процесс опытного образца центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем необходимо провести эксперимент по изучению совместного влияния различных факторов на процесс вытопки воска.

Работоспособность и эффективность работы центробежного агрегата для вытопки зависит от расхода пара, частоты вращения ротора центрифуги, и времени его вращения, а так же от частоты вращения шнека воскопресса. Совокупное влияние этих параметров на процесс вытопки воска из рамок с восковым сырьем недостаточно изучены и требуют дальнейшего исследования.

Основной задачей центробежного агрегата для вытопки воска является получение большего количество воска высшего сорта из того же количества воскового сырья с наименьшими энергозатратами при достижении высокой производительности. Частота вращения ротора центрифуги – один из основных факторов, влияющих на степень отделения разваренного воскового сырья от рамок и производительность агрегата. Конструктивные параметры и размеры опытного образца центробежного агрегата для вытопки воска были определены при помощи расчетов, так как размеры агрегата зависят от размеров загружаемых в него рамок. Исходя из ранее проведенных исследований (раздел 4.3), оптимальная частота вращения ротора центрифуги 300 мин^{-1} , при которой происходит полное отделение остатков воскового сырья от рамок. Таким образом, нами был принят диапазон изменения частоты вращения ротора от 200 до 400 мин^{-1} . При этом шаг варьирования составил 100 мин^{-1} . Затраты энергии определяли при помощи промышленного счетчика Меркурий 230[2,3,103,105].

Следующим фактором является частота вращения шнека воскопресса. От этого параметра зависит эффективность прессования, а соответственно количество и качество конечного продукта. Наибольшая производительность центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем достигается при количестве оборотов 200 мин^{-1} . На основании проведенных исследований взят диапазон изменения оборотов от 100 до 300 мин^{-1} с шагом варьирования в 100 мин^{-1} .

Третьим фактором, влияющим на затраты энергии, время вытопки и выход воска является подача пара парообразователем. Подача пара осуществляется на протяжении всего процесса вытопки. Во время проведения исследований по определению оптимальной подачи пара было выявлено, что это значение составляет 30 г/мин . При такой подаче пара, процесс разваривания воскового сырья происходит в кратчайшие сроки и энергопотребление сравнительно невелико. Для проведения многофакторного эксперимента нами выбран диапазон изменения подачи пара от 10 г/мин до 30 г/мин . При этом шаг варьирования составил 10 г/мин .

Для функции, аппроксимирующей получившиеся опытные данные по исследованию влияния перечисленных ранее факторов на выход воска и энергоемкость достаточно применение полинома второго порядка следующего вида [16,21,104,177]:

$$y = b_0 + \sum_1^k b_i \cdot x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum b_{ii} \cdot x_i^2, \quad (4.1)$$

где y – критерий оптимизации;

b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты в уравнении регрессии;

x_i, x_j – факторы эксперимента;

k – количество независимых переменных [104,177].

Чтобы получить математическую модель определения выхода воска и энергоемкости процесса вытопки, использовали трехуровневый трехфакторный план Бокса-Бенкина.

Важнейшими показателями, влияющими на эффективность работы центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, являются выход воска и затраты энергии на процесс вытопки. Поэтому эти показатели были выбраны в качестве критерия оптимизации.

Таблица 4.1 – Факторы эксперимента их уровни варьирования[16,21,104,177]

Уровень и интервал варьирования	Факторы		
	Частота вращения ротора центрифуги $N_{ц}$, мин^{-1}	Частота вращения шнека воскопресса $N_{в}$, мин^{-1}	Масса подаваемого пара V , г/ мин
Верхний (+1)	400	300	30
Основной (0)	300	200	20
Нижний (-1)	200	100	10
Интервал варьирования	100	100	10

Результаты исследования размещены в приложении К.

Кроме того, в процессе исследования производилось взвешивание рамок на весах ВЛТК-500 до процесса вытопки и масса чистого воска после вытопки. Были проведены по методике в соответствии с ГОСТ Р 53407-2009 опыты по определению начальной восковитости воскового сырья. Так же определен процент выхода чистого воска от восковитости при проведении полного цикла вытопки. Результаты приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты определения массы сотов и воскового сырья в рамке и процента выхода воска

№	Масса сотов, г	Масса рамки, г	Начальная восковитость воскового сырья, %	Масса воскового сырья, г	Масса чистого воска, г	Процент выхода воска, %
1	348,48	205,97	89,5	142,51	116,71	81,9
2	355,23	210,29	90,2	144,94	118,98	82,1
3	329,64	198,03	88,9	131,61	107,65	81,8
4	358,52	213,04	89,2	145,48	119,3	82,0
5	267,89	174,37	89,5	93,51	76,87	82,2
6	367,84	218,83	90,2	149,01	122,34	82,1
7	294,87	197,59	89,3	92,28	79,77	82,0
8	377,73	221,58	89,6	156,15	127,89	81,7
9	301,11	197,07	90,0	104,03	85,31	82,0
10	298,83	198,31	92,1	100,52	82,83	82,4
11	397,23	227,87	88,9	169,36	135,66	80,1
12	290,34	194,15	89,8	96,19	78,98	82,1
13	319,18	201,59	89,9	117,59	96,31	81,9
14	261,22	170,31	90,8	90,91	74,82	82,3
15	397,79	228,28	89,7	169,51	137,65	81,2
16	365,79	217,98	89,7	147,81	121,21	82,0
17	333,81	209,4	89,4	124,41	101,76	81,8
18	382,45	222,47	88,8	159,98	129,43	80,9
19	392,88	228,37	88,5	164,51	132,92	80,8
20	243,12	147,39	89,9	95,72	78,88	82,4
СЗ	334,19	204,14	89,8	129,80	106,26	81,78

Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что средняя начальная восковитость воскового сырья у отобранных для эксперимента рамок составила 89,8 %, что говорит о высоком содержании воска в восковом сырье, для его срока использования (1-2 года). Средний процент выхода воска из воскового сырья составил 81,78%, это достаточно хорошо характеризует работоспособность опытного образца и его качественные показатели по выходу воска, так как данный процент достаточно высок для тепловых устройств, извлекающих воск.

4.4 Результаты исследований

4.4.1 Результаты исследования по определению выхода воска без отжима разваренной массы в воскопрессе

Для проведения испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем использовались магазинные рамки из Рязанской области, средней влажности - 7%. Основным критерием отбора рамок являлось их использование пчеловодами не менее двух сезонов и средняя масса около 300 граммов с учетом невосковой массы (деревянный каркас и проволока)[16,21,103,105]. Суммарная масса воскового сырья в одной загрузке 2300 граммов. Результаты исследований выхода воска, количества вытопленного воска представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты исследований по определению массы вытопленного воска (m) выхода воска (θ) при вытопке на центробежном агрегате для вытопки воска без отжима в воскопрессе

Масса загружаемого воскового сырья, г	Масса чистого воска (m), г	Выход воска (θ), %
2300	1444,4	62,8
2300	1386,9	60,3
2300	1419,1	61,7
Среднее значение	1416,4	61,6

Анализируя таблицу, можно сделать вывод что без отпрессовки в воскопрессе получившейся в процессе вытопки мервы средний процент выхода воска составил

61,6%. Такой процент выхода воска невысок и достигается у многих паровых устройств повсеместно применяемых пчеловодами. Поэтому просто необходимо в процессе вытопки воска отжимать мерву, что позволит получать большее количество воска. И наличие воскопресса в агрегате является обязательным условием для повышения выхода воска и увеличения производительности.

4.4.2 Результаты исследований по определению влияния частоты вращения ротора центрифуги на массу вытопленного воска, процент выход воска, производительность, затраты энергии и энергоемкость процесса вытопки

При исследовании зависимости выхода воска, количества вытопленного воска и затраченной энергии центробежным агрегатом для вытопки воска от частоты вращения ротора центрифуги во время процесса вытопки воска использовалась опытный образец, представленной на рисунке 4.8. Для проведения испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем использовались магазинные рамки из Рязанской области, средней влажности - 7%. Основным критерием отбора рамок являлось их использование пчеловодами не менее двух сезонов и средняя масса около 300 граммов с учетом невосковой массы (деревянный каркас и проволока). Суммарная масса воскового сырья в одной загрузке 2300 грамм[16,21,103,105]. Результаты исследований зависимости выхода воска, количества вытопленного воска, затраченной энергии, энергоемкости центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем от частоты вращения ротора центрифуги представлены в таблице 4.4.

В результате обработки опытных данных построены зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, затраченной энергии и энергоемкости процесса вытопки от частоты вращения ротора центрифуги представлены на рисунках 4.10-4.13.

Таблица 4.4 – Результаты исследований зависимости массы вытопленного воска (m), выхода воска (θ), затраченной энергии(W), производительности (Q) и энергоемкости ($W_{y\partial}$) процесса вытопки от частоты вращения ротора центрифуги (N_y)

Частота вращения (N_u), мин ⁻¹	Масса чистого воска (m), г	Выход воска (θ), %	Затраченная энергия (W), Вт/ч	Производительность (Q), кг/ч	Энергоемкость ($W_{y\theta}$), Вт*ч/кг
200	1660,61	72,2	2055	2,21	929
250	1731,92	75,3	2089	2,23	936
300	1844,59	80,2	2123	2,31	919
350	1846,91	80,3	2189	2,29	955
400	1849,19	80,4	2214	2,30	962
450	1849,19	80,4	2278	2,31	986
500	1851,50	80,5	2311	2,32	996
550	1853,81	80,6	2397	2,33	1028
600	1867,59	81,2	2456	2,34	1049
650	1874,51	81,5	2501	2,35	1064
700	1881,42	81,8	2571	2,34	1098
750	1886,01	82,0	2640	2,31	1142

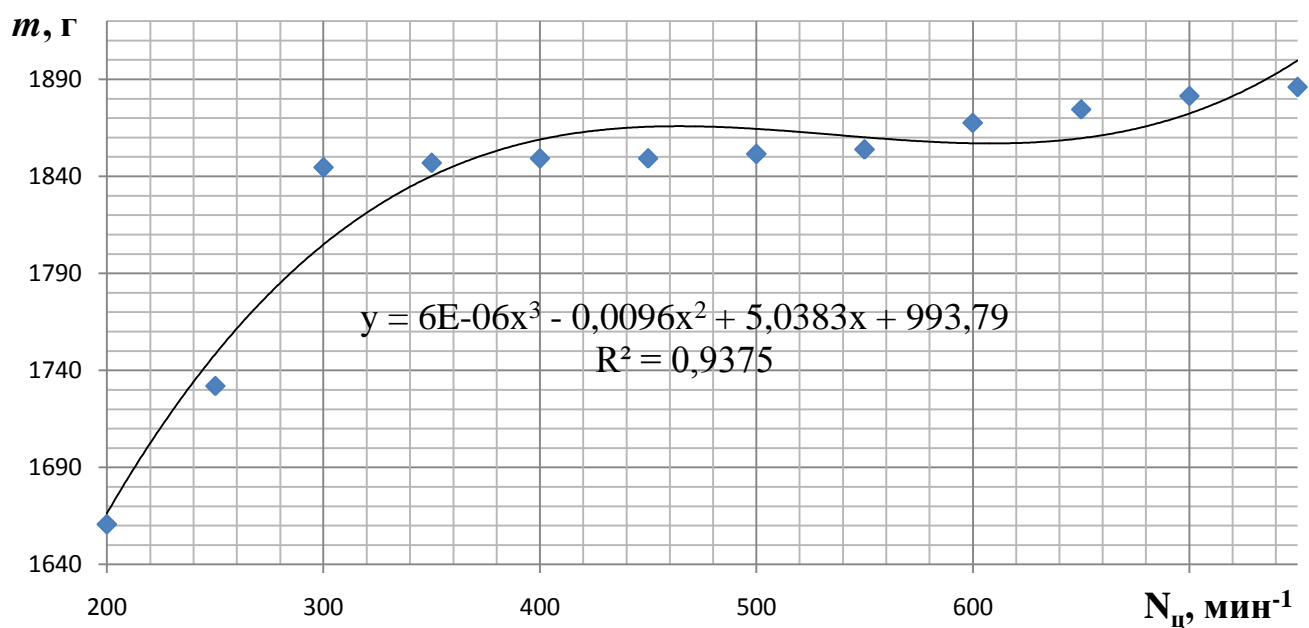


Рисунок 4.10 – Зависимость изменения количества вытопленного воска (m) от частоты вращения ротора центрифуги (N_u)

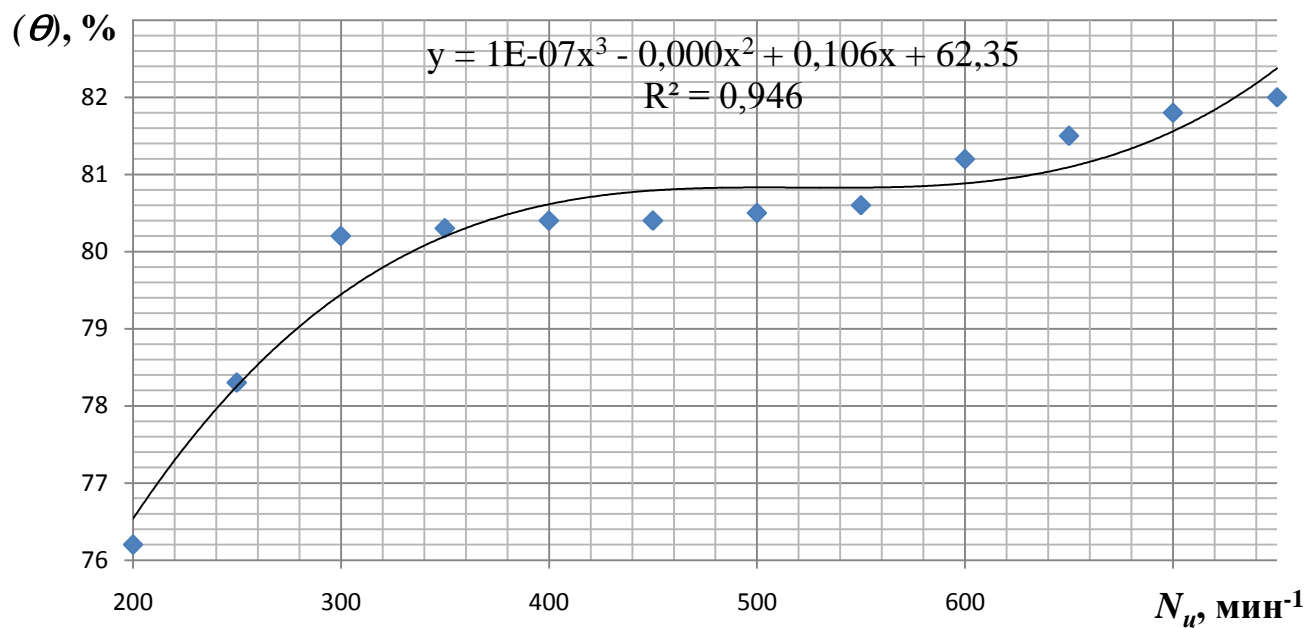


Рисунок 4.11 – Зависимость изменения выхода воска (θ) от частоты вращения ротора центрифуги ($N_{ц}$)

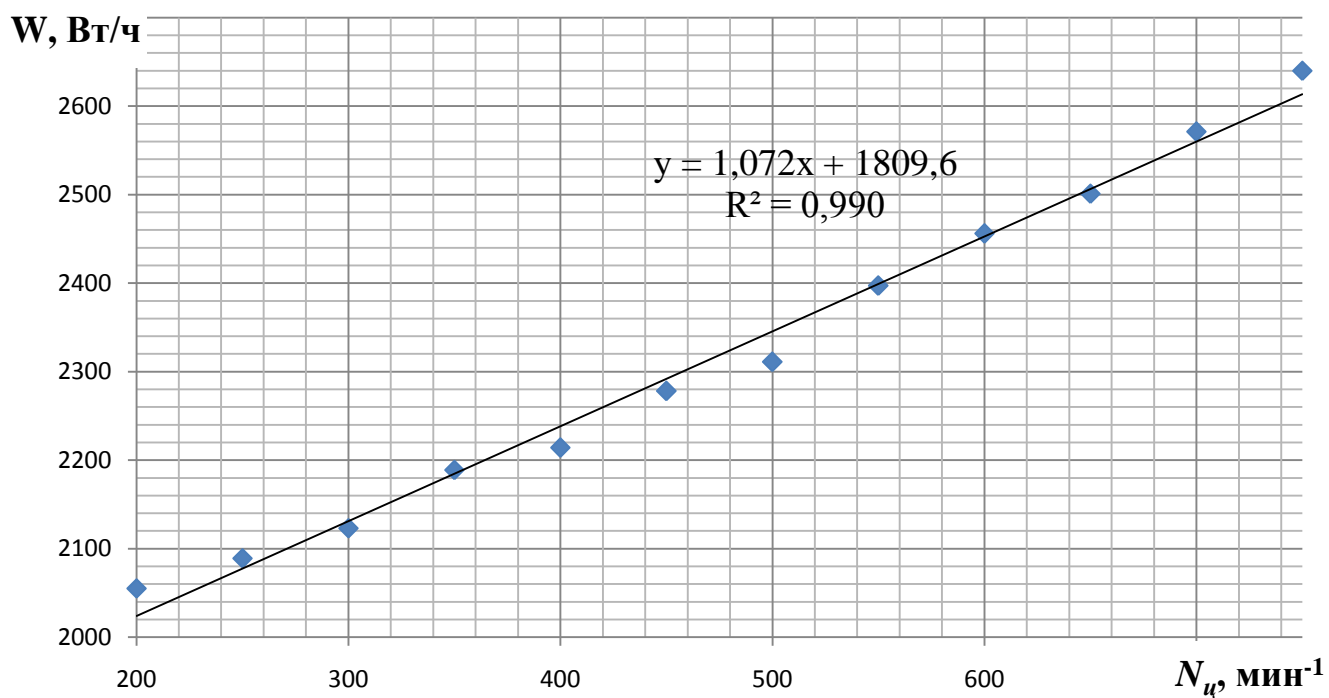


Рисунок 4.12 – Зависимость изменения затраченной энергии (W) от частоты вращения ротора центрифуги ($N_{ц}$)

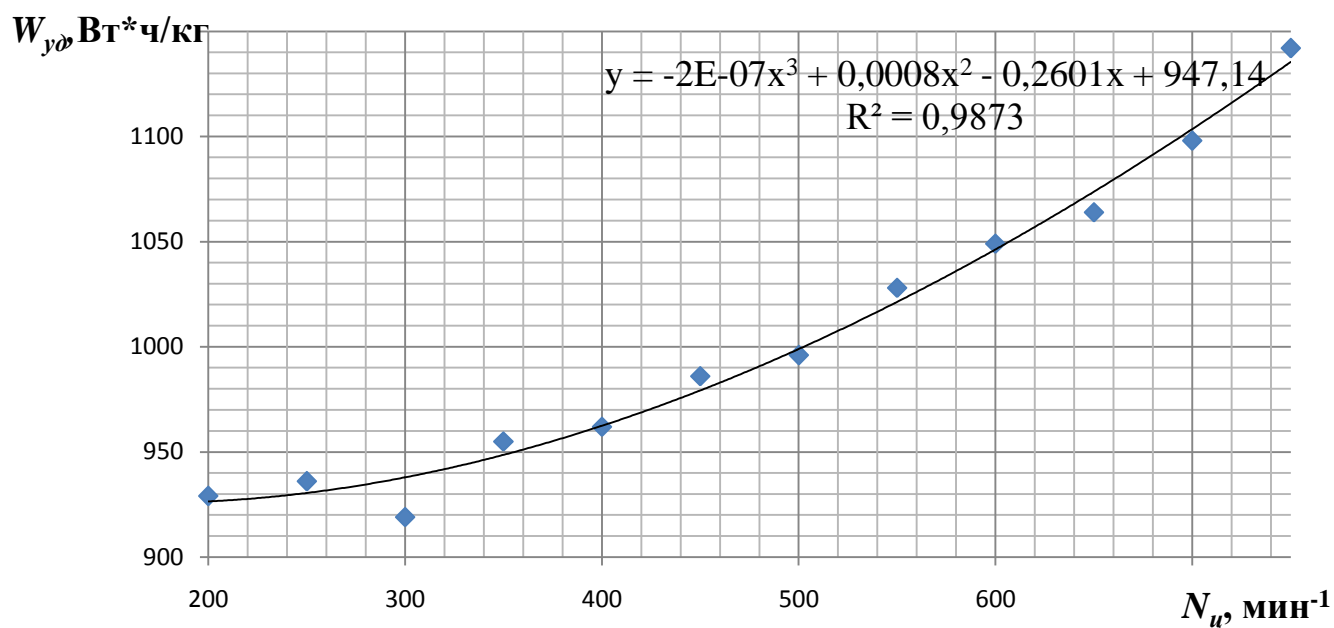


Рисунок 4.13 – Зависимость изменения энергоёмкости ($W_{y\phi}$) процесса вытопки от частоты вращения ротора центрифуги (N_{ω})

Из выявленных зависимостей видно, что выход воска значительно возрастает при частоте вращения ротора от 200 мин⁻¹ до 300 мин⁻¹, так как рамки очищаются при таких оборотах достаточно хорошо. Дальнейшее увеличение частоты вращения ротора не влечет за собой заметного увеличения выхода воска. При частоте вращения ротора от 500 мин⁻¹ до 750 мин⁻¹ несколько не самых крепких рамок развалились, что свидетельствует о том, что не имеет надобности проводить центрифугирование рамок при таких оборотах. Масса вытопленного воска незначительно росла при изменении частоты вращения от 400 мин⁻¹ до 750 мин⁻¹, это связано с тем, что остатки воскового сырья хорошо отделялись и при частоте вращения 300 мин⁻¹, а увеличение частоты вращения не вызывало повышения количества полученного воска. Это объясняется тем, что количество оборотов центрифуги свыше 300 мин⁻¹ не оказывает существенного влияния на выход воска и массу полученного воска, так как большая часть воскового сырья в рамках разваривается в рамках и под действием силы тяжести попадает на дно камеры центрифуги, а вращение ротора происходит лишь для отделения остатков воскового сырья от рамок, а при большой частоте вращения ротора возможно нарушение целостности рамок. При увеличении частоты вращения ротора с 200 до 750 мин⁻¹

затраты энергии возрастают с 2055 до 2640 Вт/ч, это можно трактовать увеличением пиковой нагрузки на электродвигатель, так как центрифуга с рамками имеет значительную массу и что бы ее повернуть, требуется усилие, и, чем больше требуемая частота вращения ротора, тем больше требуется энергии. Получившиеся значения энергоемкости точнее всего описывает полином третьего порядка, вида $y = -2E-07x^3 + 0,0008x^2 - 0,2601x + 947,14$, имеющий небольшой участок падения с 200 мин^{-1} 300 мин^{-1} . При большей частоте энергоемкость растет, это можно связать с увеличением времени «холостого» вращения, когда на рамках уже нет воскового сырья. Поэтому при примерно одинаковых значениях производительности во всем диапазоне частоты вращения такая разница в энергоемкости.

4.4.3 Результаты исследования зависимости выхода воска, производительности, затраченной энергии и энергоемкости процесса вытопки от времени вращения ротора центрифуги

При исследовании зависимости выхода воска, массы вытопленного воска и энергоемкости процесса вытопки воска на центробежном агрегате для вытопки воска от времени вращения ротора центрифуги использовался опытный образец, представленный на рисунке 4.8. Для проведения испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем использовались магазинные рамки собранные в Рязанской области, со средней влажностью - 7%. Основным критерием отбора рамок являлось, их использование пчеловодами не менее двух сезонов и средняя масса 300 граммов с учетом невосковой массы (деревянные каркас и проволока) [16,21,103,105]. Суммарная масса воскового сырья в одной загрузке 2300 грамм. Результаты исследований зависимости выхода воска, массы вытопленного воска затрат энергии и энергоемкости процесса вытопки от времени вращения ротора центрифуги представлены в таблице 4.5.

В результате обработки опытных данных построены зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, затраченной энергии и энергоемкости процесса вытопки и представлены на рисунках 4.14-4.17.

Таблица 4.5 – Результаты исследований зависимости массы вытопленного воска (m), выхода воска (θ), затраченной энергии (W), производительности (Q) и энергоёмкости ($W_{y\theta}$) процесса вытопки от времени вращения ротора центрифуги (t)

Время вращения ротора центрифуги (t), с	Масса чистого воска (m), г	Выход воска (θ), %	Затраченная энергия (W) Вт/ч	Производительность (Q), кг/ч	Энергоёмкость ($W_{y\theta}$), Вт*ч/кг
30	1800,9	78,3	2045	2,21	925
60	1814,7	78,9	2074	2,23	930
90	1828,5	79,5	2107	2,27	928
120	1844,6	80,2	2124	2,31	919
150	1856,1	80,7	2135	2,32	920
180	1867,6	81,2	2151	2,32	927
210	1874,5	81,5	2169	2,33	930
240	1879,1	81,7	2178	2,31	942
270	1888,3	82,1	2197	2,30	955
300	1890,6	82,2	2206	2,29	963

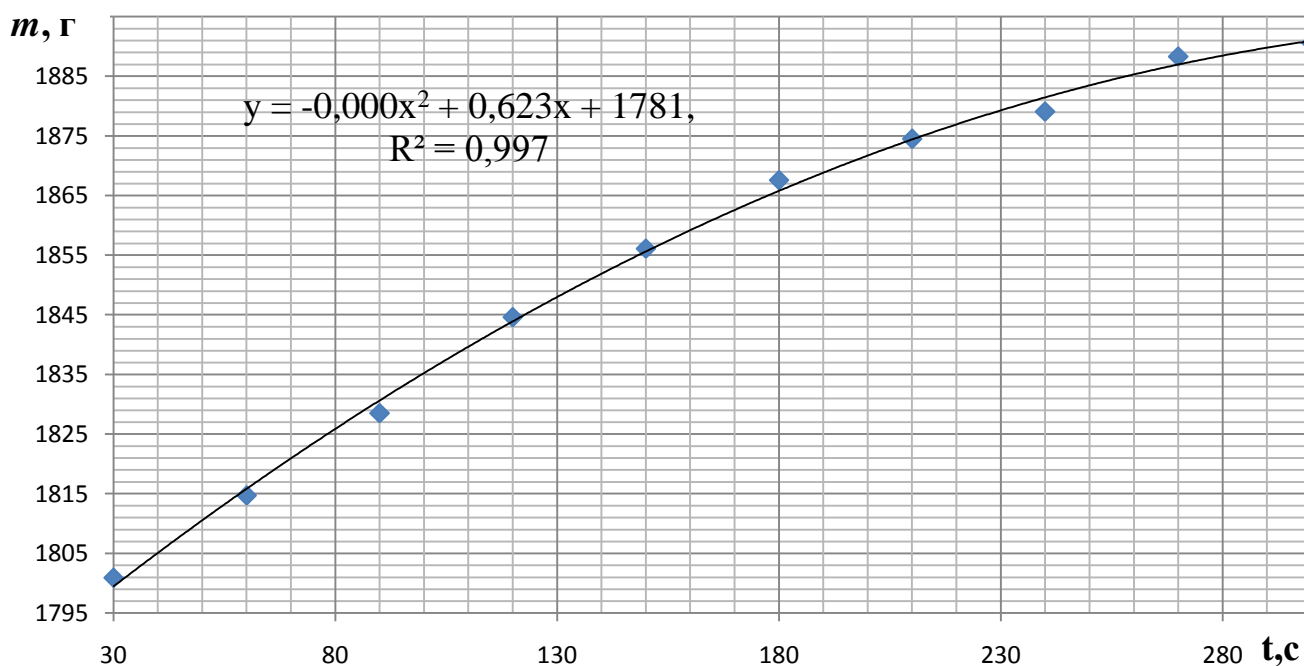


Рисунок 4.14 – Зависимость изменения количества вытопленного воска (m) от времени вращения ротора центрифуги (t)

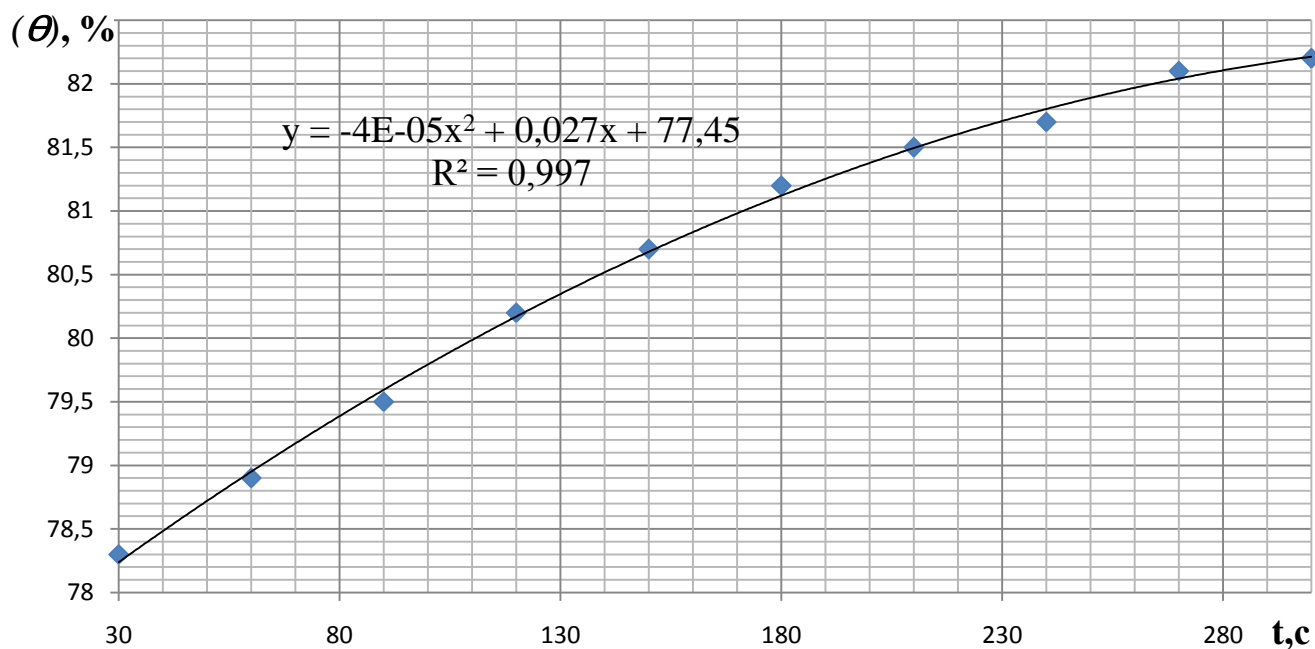


Рисунок 4.15 – Зависимость изменения выхода воска (θ) от времени вращения ротора центрифуги (t)

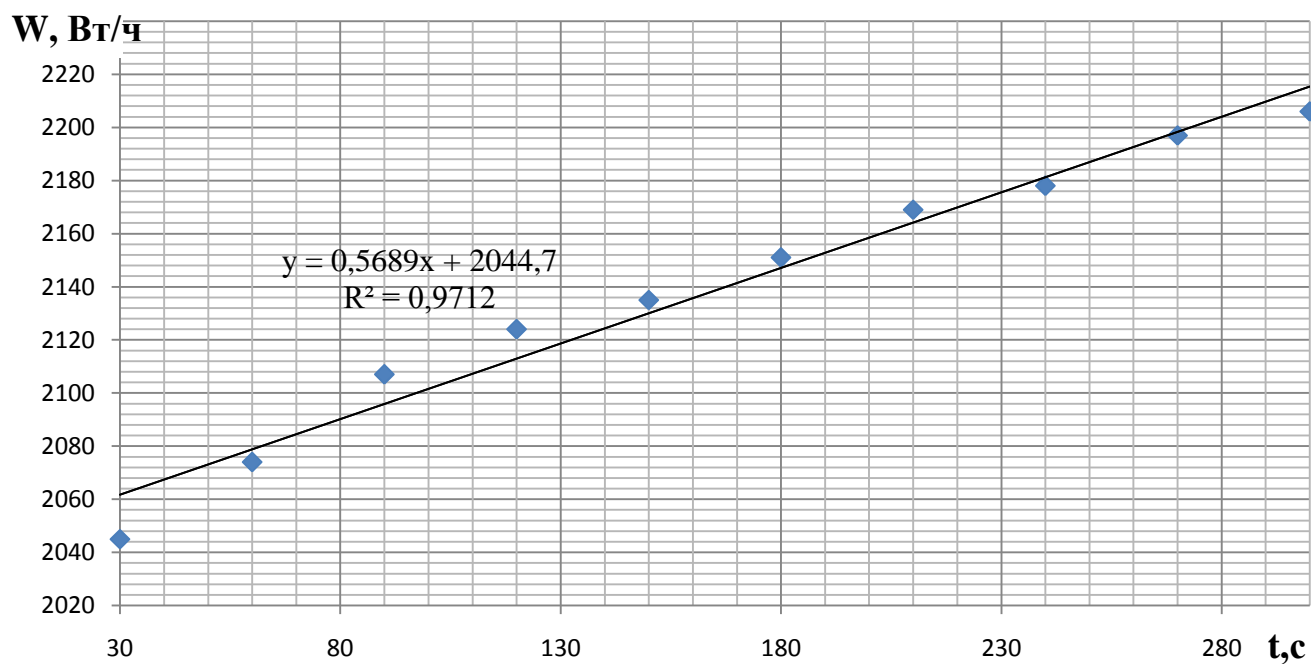


Рисунок 4.16 – Зависимость изменения затраченной энергии (W) от времени вращения ротора центрифуги (t)

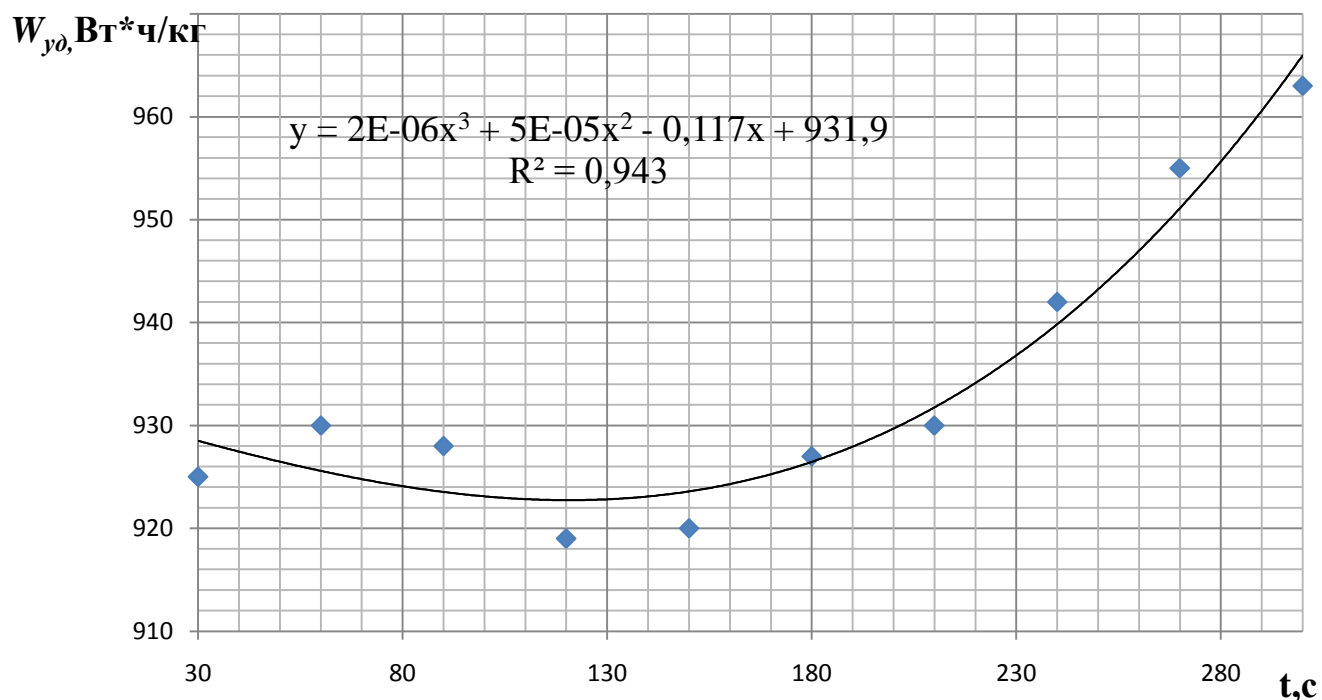


Рисунок 4.17 – Зависимость изменения энергоёмкости ($W_{уд}$) процесса вытопки от времени вращения ротора центрифуги (t)

Из представленных зависимостей видно, что при увеличении времени вращения ротора центрифуги соответственно возрастает и количество затраченной энергии от 2045 до 2206 Вт/ч, так как эти параметры прямо пропорциональны, чем дольше вращается ротор, тем больше требуется энергии. Важнее проследить влияние времени вращения ротора на выход воска. Полученные данные дают представление о том, что с увеличением времени вращения от 30 до 120 с выход воска увеличивается только на 2%. Дальнейшее увеличение времени вращения от 120 до 300 с позволяет получить еще 2% выхода, или 9 грамм чистого воска. Но это связано с увеличением времени цикла и увеличивает количество затрачиваемой энергии и негативно сказывается на производительности. Кроме того, продолжительная процедура вращения отпаренных рамок может привести к нарушению целостности рамок, тем более данное расхождение в выходе воска вполне возможно из-за немного отличающейся начальной восковитости воскового сырья, хотя для исследований и подбирались рамки примерно с одинаковой начальной восковитостью.

Из представленных зависимостей видно, что при увеличении частоты вращения ротора центрифуги наблюдается некоторое уменьшение энергоемкости процесса примерно с 930 до 920 Вт×ч/кг в связи с тем, что уменьшается масса воска на рамке, а затем возрастает из-за небольшого выхода воска до 960 Вт×ч/кг. Получившиеся значения энергоемкости точнее всего описывает полином третьего порядка, вида $y = 2E-06x^3 + 5E-05x^2 - 0,117x + 931,9$, имеющий небольшой участок падения с 90 с до 180 с. При большей частоте энергоемкость растет, это обусловлено увеличением времени бесполезного вращения, когда на рамках уже не осталось воскового сырья. Поэтому при примерно одинаковых значениях производительности во всем диапазоне времени вращения такая разница в энергоемкости.

Кроме того, отделенным остаткам воскового сырья требуется время для перемещения в воскопресс, что в свою очередь вызывает увеличение времени работы парообразователя в холостом режиме и вызывает бесполезные затраты энергии.

4.4.4 Результаты исследования зависимости выхода воска, производительности, затрат энергии и энергоемкости процесса вытопки от частоты вращения шнека воскопресса

При исследовании зависимости массы вытопленного воска, выхода воска и энергоемкости во время вытопки на центробежном агрегате для вытопки воска от частоты вращения шнека воскопресса использовался опытный образец, представленной на рисунке 4.8. Для проведения испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем использовались магазинные рамки, предоставленные пасечниками из Рязанской области, со средней влажностью - 7%. Основным критерием отбора рамок являлось, их использование пчеловодами не менее двух сезонов и средняя масса 300 граммов с учетом невосковой массы. Суммарная масса воскового сырья в одной загрузке 2300 грамм[16,21,103,105]. Результаты исследований зависимости массы вытопленного воска, выхода воска и

энергоёмкости процесса от частоты вращения шнека воскопресса представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты исследований зависимости массы вытопленного воска (m), выхода воска (θ), затраченной энергии (W), производительности (Q) и энергоёмкости ($W_{y\partial}$) во время вытопки воска на центробежном агрегате для вытопки воска от частоты шнека воскопресса (N_{ϕ})

Частота вращения шнека воскопресса (N_{ϕ}), мин ⁻¹	Масса чистого воска (m), г	Выход воска (θ), %	Затраченная энергия (W), Вт/ч	Производительность (Q), кг/ч	Энергоёмкость ($W_{y\partial}$), Вт*ч/кг
50	1798,6	78,2	2014	2,21	911
100	1807,8	78,6	2036	2,26	900
150	1844,6	80,2	2069	2,29	903
200	1888,3	82,1	2129	2,34	909
250	1874,5	81,5	2184	2,31	945
300	1879,1	81,7	2209	2,30	960

По полученным данным построены зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, затраченной энергии и энергоёмкости процесса вытопки от частоты вращения шнека воскопресса и представлены на рисунках 4.18-4.21.

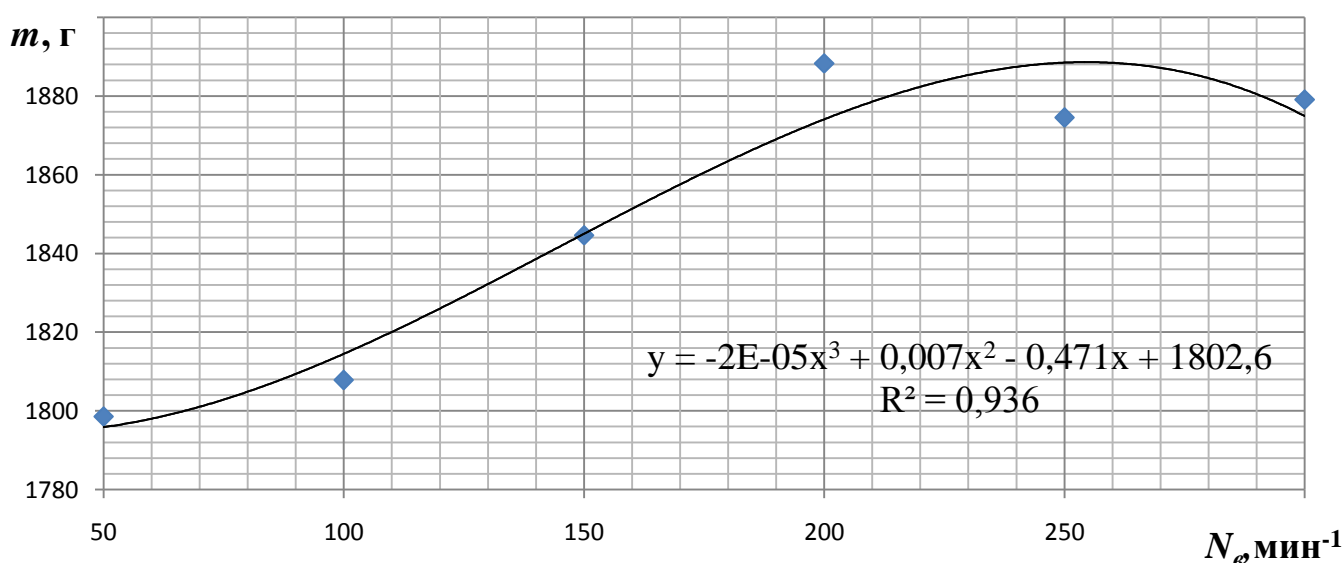


Рисунок 4.18 – Зависимость изменения количества вытопленного воска (m) от частоты вращения шнека воскопресса (N_{ϕ})

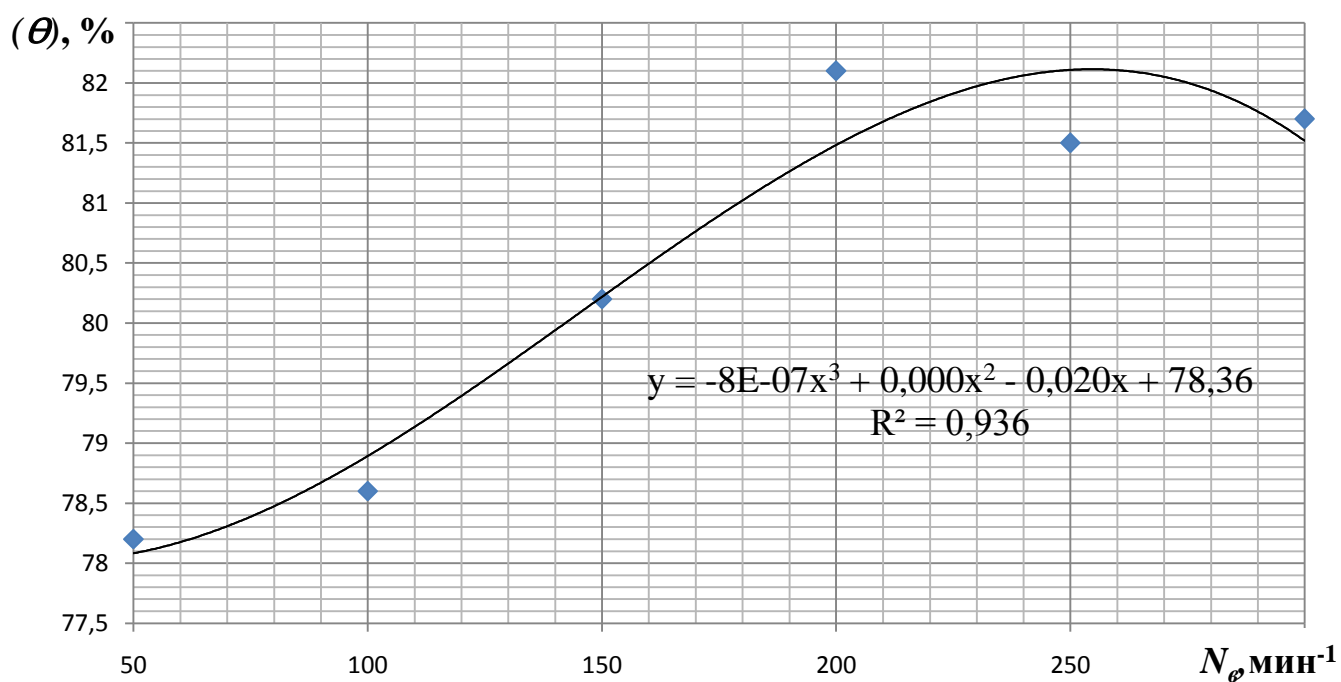


Рисунок 4.19 – Зависимость изменения выхода воска (θ) от частоты вращения шнека воскопресса (N_{ϕ})

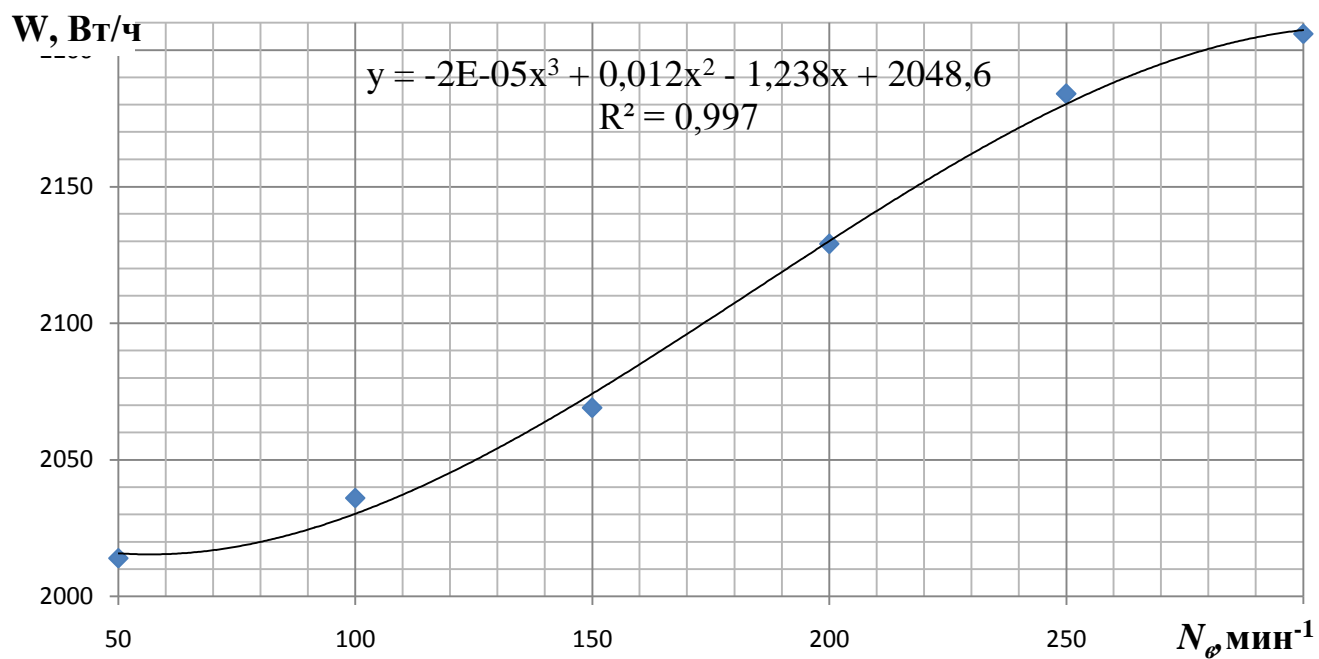


Рисунок 4.20 – Зависимость изменения затраченной энергии (W) от частоты вращения шнека воскопресса (N_{ϕ})

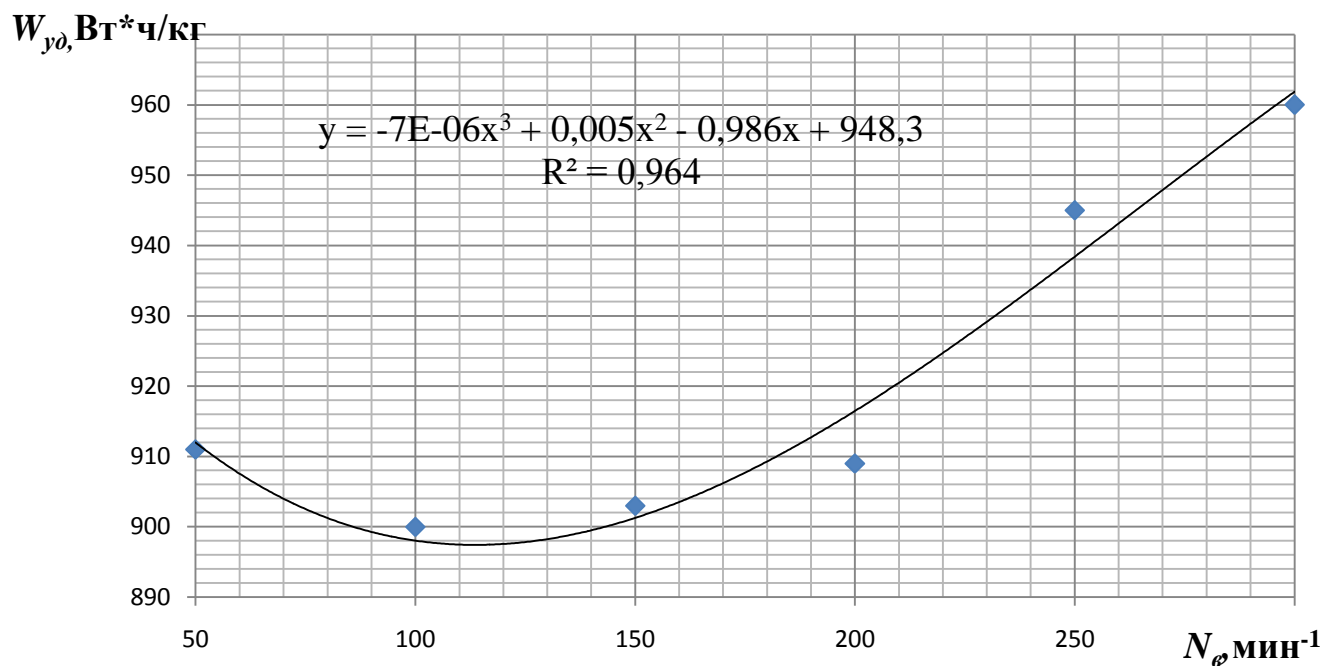


Рисунок 4.21 – Зависимость изменения энергоёмкости ($W_{уд}$) процесса вытопки от частоты вращения шнека воскопресса (N_{ϕ})

Анализ зависимостей указывает, что выход воска значительно возрастает от 78,2 до 82,1 % при частоте вращения шнека воскопресса от 50 мин⁻¹ до 200 мин⁻¹. Кроме того, благодаря отжиму в воскопрессе удастся получить дополнительно до 30% чистого воска, что лучше всего доказывают показатели выхода воска без отжима (61,6%) и с отжимом в воскопрессе (от 78,2%). Это свидетельствует об эффективности предложенного способа прессования для повышения выхода воска. При частоте вращения 200 мин⁻¹ создается высокое давление (до 24 кПа), что соответственно позволяет лучше отжимать восковое сырье. При дальнейшем увеличении частоты вращения шнека выход воска сокращается. Это объясняется тем, что шнек больше транспортирует сырье, чем отжимает. Выход воска и масса полученного воска имеет полиномиальную зависимость четвертого порядка от частоты вращения шнека, это связано с лабильными свойствами воскового сырья и особенностями формы шнека. Кроме того, частота вращения шнека воскопресса оказывает влияние на качество получаемого воска, а именно при частоте меньше 200 мин⁻¹ шнек отжимает лучше, чем при более высоких оборотах, так как вместе с

чистым воском через фильтр-сетку проникают и мелкие примеси, содержащиеся в восковом сырье, загрязняющие его, что ведет к потере качества и не приемлемо. Из полученных графических зависимостей видно, что при увеличении частоты вращения шнека воскопресса с 50 до 300 мин⁻¹ затраченная энергия возрастает с 2014 до 2209 Вт/ч, это можно истолковать увеличением нагрузки на электродвигатель, так как большинство энергии затрачивается на перемещение воскового сырья, чем на создание давления на сырье. Получившиеся значения энергоемкости процесса точнее всего описывает полином третьего порядка вида $y = -7E-06x^3 + 0,005x^2 - 0,986x + 948,3$, имеющий участок падения с 50 мин⁻¹ до 150 мин⁻¹. При таких частотах вращения шнека воскопресса, хоть и энергоемкость сравнительно невелика, но выход воска и его качество не достигает высоких значений, так как не создается высокого давления на разваренное восковое сырье. На участке от 150 мин⁻¹ до 300 мин⁻¹ значения энергоемкости возрастают. Максимального значения выход воска достигает при оборотах 200 мин⁻¹. При большей частоте вращения шнека энергоемкость растет, это объясняется увеличением нагрузки на электродвигатель при отсутствии видимого эффекта в качестве прессования и количестве получившегося воска.

4.4.5 Результаты исследования зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, затрат энергии, энергоемкости процесса вытопки и времени вытопки от расхода пара

При исследовании зависимости массы вытопленного воска выхода воска и энергоемкости во время вытопки воска на центробежном агрегате для вытопки воска от расхода пара использовался опытный образец, представленный на рисунке 4.8. Для проведения испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем использовались магазинные рамки из Рязанской области, со средней влажностью - 7%. Основным критерием отбора рамок являлось, их использование пчеловодами не менее двух сезонов и средняя масса 300 граммов воскового сырья в рамке (Общий вес воскового сырья в одной загрузке 2300 граммов) [16,21,103,105]. Результаты исследований зависимости выхода воска,

массы чистого воска, затраченной энергии и энергоемкости процесса вытопки, а также времени разваривания воскового сырья от расхода пара представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты исследований зависимости массы чистого воска (m), выхода воска (θ), времени разваривания (t), затраченной энергии (W) и энергоемкости ($W_{y\partial}$) от расхода пара (V_n)

Расход пара (V_n), г/мин	Масса чистого воска (m), г	Выход воска (θ), %	Время разваривания (t), мин	Затраченная мощность (W), Вт/ч	Энергоемкость ($W_{y\partial}$), Вт*ч/кг
10	1867,6	81,2	39	2311	987
15	1872,2	81,4	34	2297	981
20	1876,8	81,6	31	2284	976
25	1883,7	81,9	24	2207	943
30	1888,3	82,1	19	2123	907

По полученным данным построены зависимости массы вытопленного воска, выхода воска, времени разваривания затраченной мощности и энергоемкости процесса вытопки воска от расхода пара и представлены на рисунке 4.22-4.25

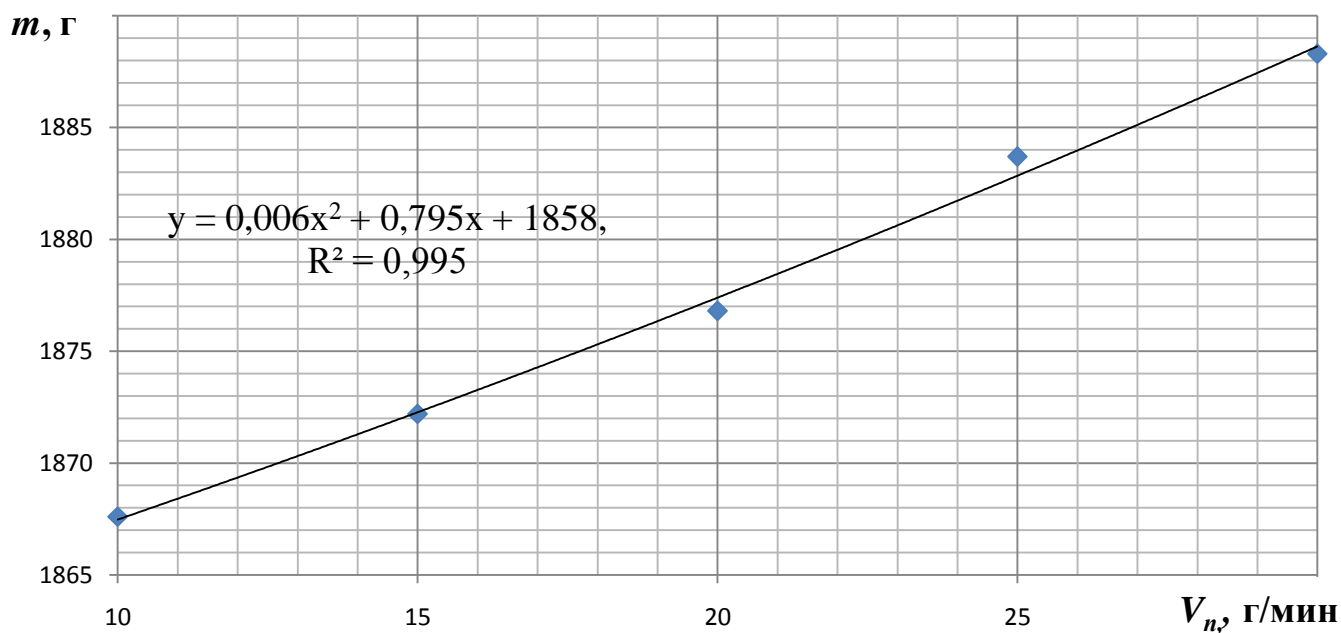


Рисунок 4.22 – Зависимость изменения количества вытопленного воска (m) от расхода пара (V_n)

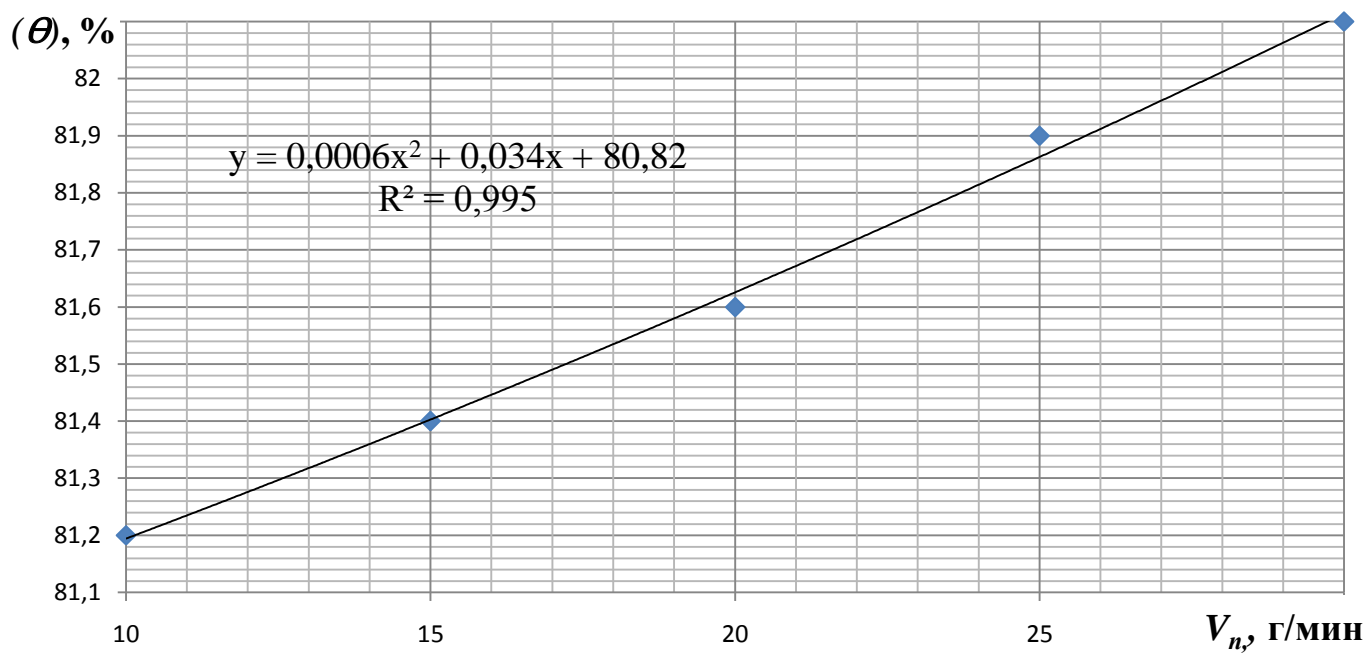


Рисунок 4.23 –Зависимость изменения выхода воска (θ) от расхода пара (V_n)

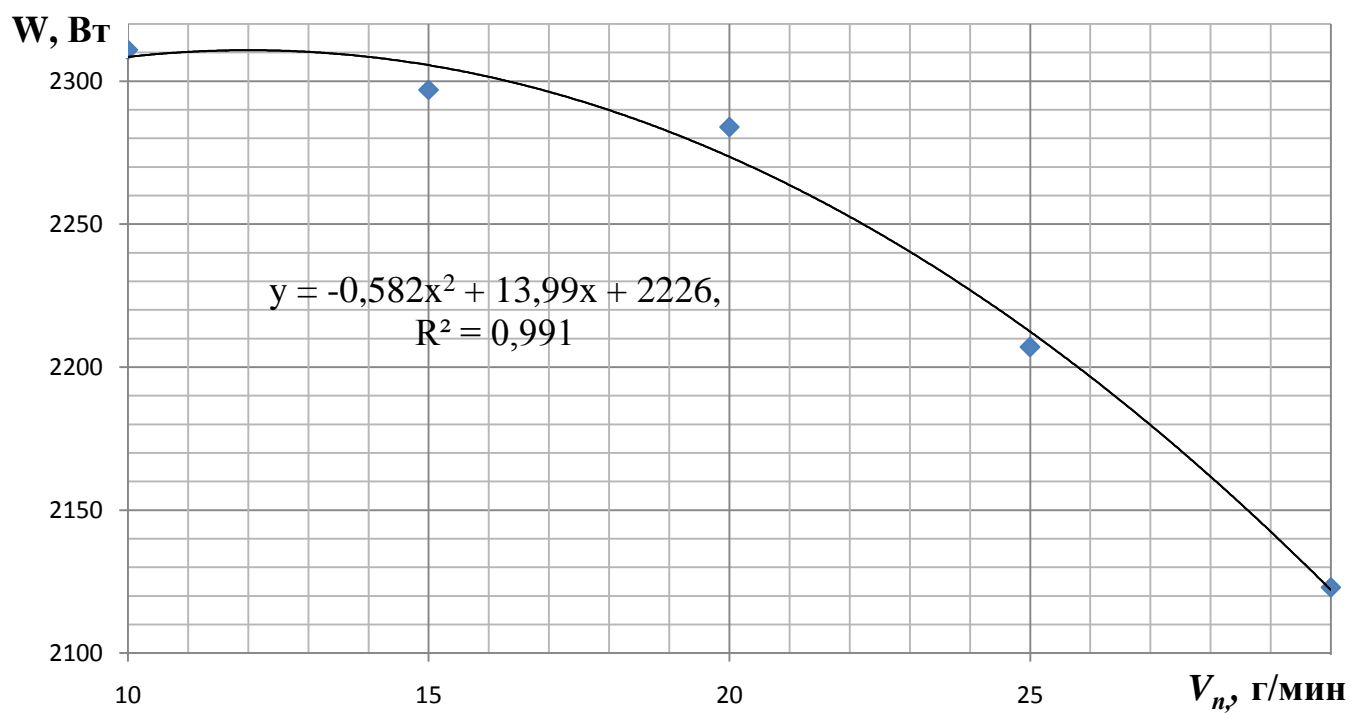


Рисунок 4.24 –Зависимость изменения затраченной мощности (W) от расхода пара (V_n)

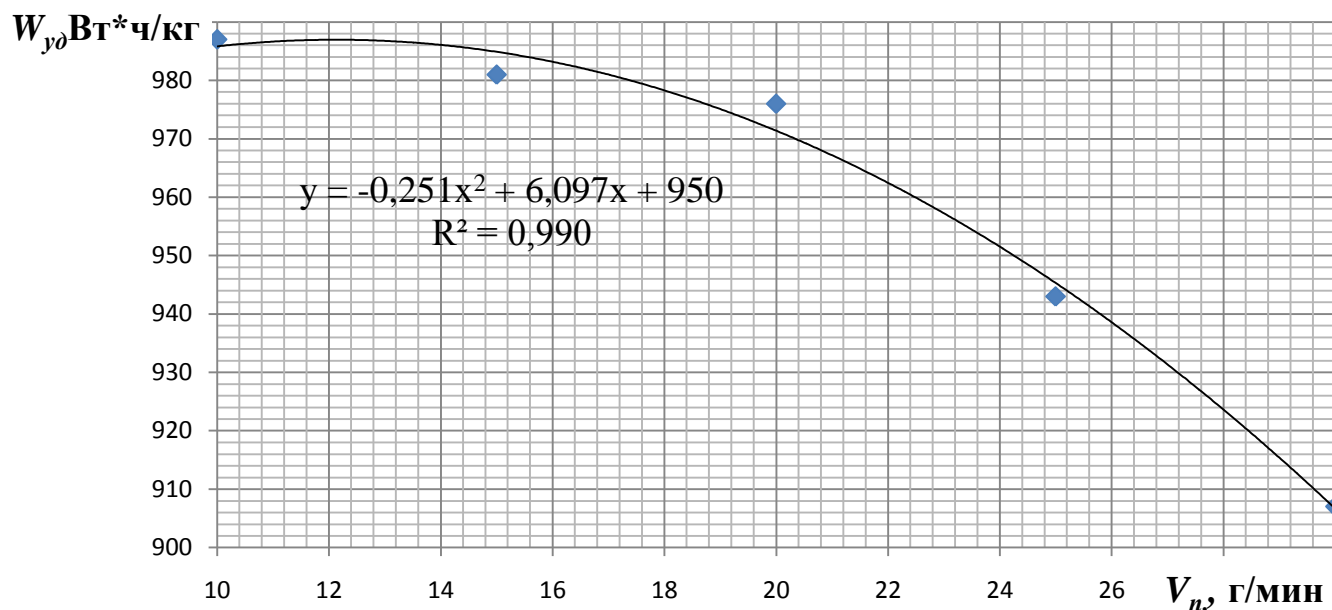


Рисунок 4.25 – Зависимость изменения энергоёмкости ($W_{уд}$) процесса вытопки от расхода пара (V_n)

На рисунке 4.26 представлена зависимость времени разваривания воскового сырья в процессе вытопки от расхода пара.

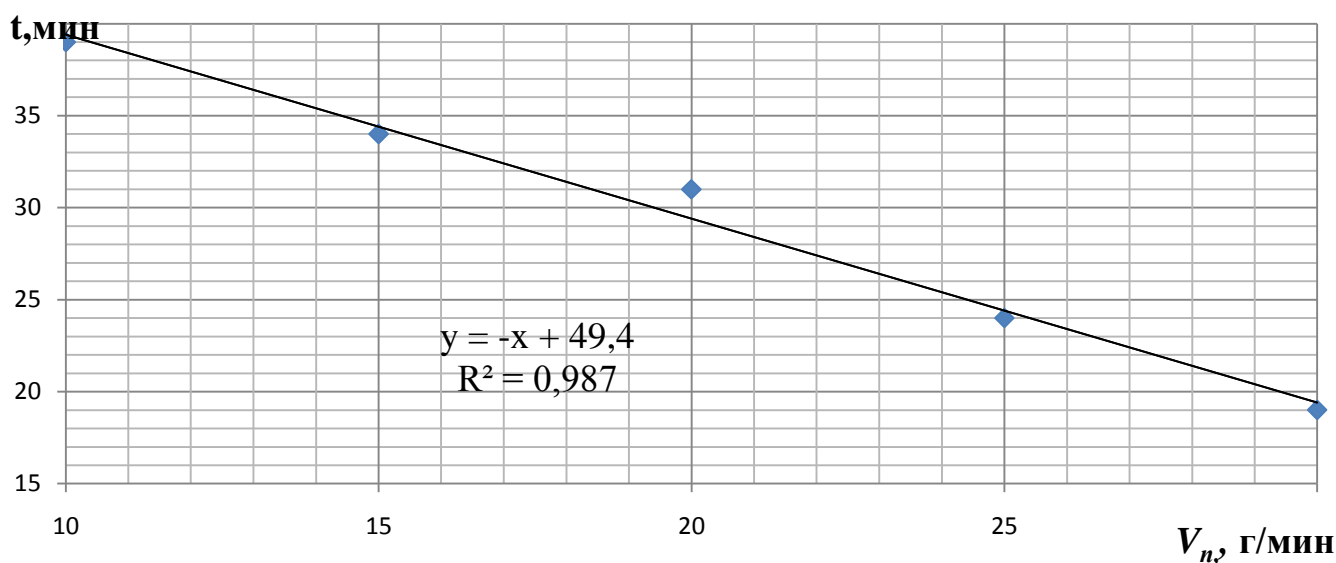


Рисунок 4.26 – Зависимость времени вытопки (t) от расхода пара (V_n)

Выход воска и количество полученного воска с увеличением расхода пара незначительно растет от 81,2% (1867,6 г.) до 82,1% (1888,3 г.). Это можно объяснить следующим фактором, что большее количества пара подаваемого в процессе вытопки способствует лучшему развариванию и увлажнению мервы и соответственно в воскопрессе более влажная восковая масса эффективней

отжимается. Кроме того, с увеличением подачи пара сокращается время разваривания воскового сырья в рамках, что в свою очередь ведет к сокращению общего времени вытопки. Из полученных зависимостей видно, что с возрастанием расхода пара от 10 до 30 г/мин сокращается затраченная энергия на процесс вытопки от 2311 до 2123 Вт/ч, и имеет квадратичную зависимость вида $y = -0,582x^2 + 13,99x + 2226$. Получившиеся значения энергоёмкости точнее всего описывает уравнение второго порядка вида $y = -0,251x^2 + 6,097x + 950$. При равных значениях производительности сокращение продолжительности процедуры разваривания воскового сырья способствует снижению энергоёмкости процесса вытопки. Так как время разваривания, и соответственно время всего процесса вытопки сокращается почти в 1,5 раза. Поэтому при примерно одинаковых значениях производительности во всем диапазоне значений расхода пара такая разница в энергоёмкости.

Результаты по изучению значений времени разваривания воскового сырья от расхода пара имеют линейную зависимость и отличаются почти в 2 раза : при подаче пара 30 г/мин - 19 минут, а при подаче 10 г/мин - 39 минут. Это обусловлено лишь тем, что количество пара, требуемое для разваривания воскового сырья, одинаково и при меньшей подаче соответственно парообразователь должен дольше работать, что бы подать необходимое количество пара для разваривания воскового сырья.

4.4.6 Результаты исследований совместного влияния частоты вращения ротора центрифуги, шнека воскопресса и подачи пара на выход воска и энергоёмкость во время процесса вытопки воска

Используем трехуровневый план Бокса-Бенкина (вида 3^3), чтобы получить математическую модель для определения выхода воска и энергоёмкости. Эксперименты при реализации плана проходили с трёхкратной повторностью. Результаты экспериментов приведены в приложении К.

Сводные результаты много факторного эксперимента 4.8.

Таблица 4.8 – Сводные результаты многофакторного эксперимента

Уровни и интервалы варьирования	Частота вращения ротора центрифуги (N_u), мин ⁻¹	Частота вращения шнека воскопресса ($N_в$), мин ⁻¹	Подача пара (V_n), г/мин	Критерий оптимизации	
				Выход воска, (θ), %	Энергоемкость ($W_{уд}$), Вт×ч/кг
Верхний (+)	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2
		400	300	30	-
Основной (0)	300	200	20	-	-
Нижний (-)	200	100	10	-	-
Интервал варьирования	100	100	10	-	-
1	+	+	0	79,2	979
2	-	-	0	77,8	967
3	+	-	0	76,7	968
4	-	+	0	78,3	971
5	+	0	+	79,5	967
6	-	0	-	78,9	992
7	+	0	-	78,7	997
8	-	0	+	78,5	973
9	0	+	+	78,2	970
10	0	-	-	77,9	999
11	0	+	-	78,1	1000
12	0	-	+	78,3	974
13	0	0	0	79,8	973
14	0	0	0	80,0	975
15	0	0	0	79,9	974

Чтобы использовать уравнение (4.1) в качестве расчетной формулы и интерпретации результатов экспериментов необходимо его преобразовать к именованным величинам. Далее обрабатываем данные на ПЭВМ в компьютерной программе «Wolfram Mathematica 10». Данная программа позволяет проводить

обработку многофакторных экспериментов с меньшей трудоемкостью. При этом полученные математические модели обладают высокой адекватностью с полученными экспериментальными данными. Обработывались результаты экспериментальных исследований с помощью программы «Wolfram Mathematica 10» и осуществлялся с выбором оператора Fit [data, {базисные функции}, {переменные}]. Данный оператор осуществляет приближение методом наименьших квадратов функций, заданных таблично[177].

В программе и в приложении К частота вращения ротора центрифуги обозначена переменной X; частота вращения шнека воскопресса Y; расход пара Z.

В результате обработки на ПЭВМ получены следующие модели регрессии.

где x , y , z численное значение выбранных факторов, в плане были обозначены x_1 , x_2 , x_3 соответственно.

Для определения выхода воска:

$$\theta = 71,8603 + 0,0282144x - 0,000076432x^2 + 0,0325403y + 0,0000498576xy - 0,000105324y^2 + 0,00188291z + 0,0003xz - 0,000075yz + 0,00154668z^2$$

Для определения энергоемкости:

$$W_{y0} = 1002,65 + 0,231013x - 0,00033038x^2 - 0,043481y + 0,000149051xy + 0,0000936709y^2 - 4,89589z - 0,00275xz - 0,00125yz + 0,116772z^2$$

Полученные модели позволят с помощью расчетов рассчитывать численные значения выхода воска и энергоемкости, требуемой для процесса вытопки воска в пределах варьирования уровней факторов эксперимента[16,21,177].

Далее полученную математическую модель проверим на адекватность. Составим вспомогательную таблицу для определения критерия Фишера (см. приложение Л).

Для расчета значения дисперсии воспроизводимости $S_{\text{воспр}}^2$ по нулевым точкам плана эксперимента применим формулу [16,21,103,177]:

$$S_{\text{воспр}}^2 = S_y^2 = \frac{\sum_1^{N_0} (y_{0i} - \bar{y}_0)^2}{N_0 - 1} \quad (4.2)$$

где N_0 - количество нулевых точек;

y_{0i} - численная величина отклика в нулевых точках.

Подставим численные показатели параметров в формулу (4.2), получим следующую дисперсию воспроизводимости $S_y^2 = 5,133[21,103,177]$.

Найдем дисперсию адекватности из следующего соотношения:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{S_{\text{ост}}^2 \cdot f_{\text{ост}} - S_{\text{воспр}}^2 \cdot f_{\text{воспр}}}{f_{\text{ад}}} \quad (4.3)$$

где $S_{\text{ад}}^2$ - дисперсия адекватности;

$S_{\text{ост}}^2$ - остаточная дисперсия;

$f_{\text{ост}}$, $f_{\text{воспр}}$, $f_{\text{ад}}$ - число степеней свободы для остаточной дисперсии, дисперсии воспроизводимости и дисперсии адекватности соответственно.

Найдем остаточную дисперсию по следующей формуле [16,21,103,177]:

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{N - l} \quad (4.4)$$

где l – число коэффициентов уравнения регрессии; $l = 10$

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{4,18}{15 - 10} = 0,836$$

Найдем дисперсию адекватности 3,2

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{0,836 \cdot 5 - 6,9 \cdot 2}{3} = 3,22$$

Экспериментальное значение критерия Фишера определим по формуле [21,103,177]

$$F_{\text{оп}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{воспр}}^2} = \frac{3,22}{0,836} = 3,82 \quad (4.5)$$

Табличная величина критерия Фишера при уровне значимости 0,05 и количестве степеней свободы $f_{\text{ад}} = 3$ и $f_{\text{воспр}} = 2$ равняется 19,2 [16,21,103]. Исходя из

того, что $F_{оп} < F_{табл}$ ($3,82 < 19,16$), то полученное, по экспериментальным данным, уравнение регрессии вполне адекватно.

С помощью программы «Statistica 10» построены зависимости выхода воска и энергоемкости процесса вытопки, полученные в процессе проведения экспериментальных и теоретических исследований совместного влияния частоты вращения ротора центрифуги, частоты вращения шнека воскопресса и подачи пара во время процесса вытопки на центробежном агрегате для вытопки воска из рамок с восковым сырьем (рис 4.27)

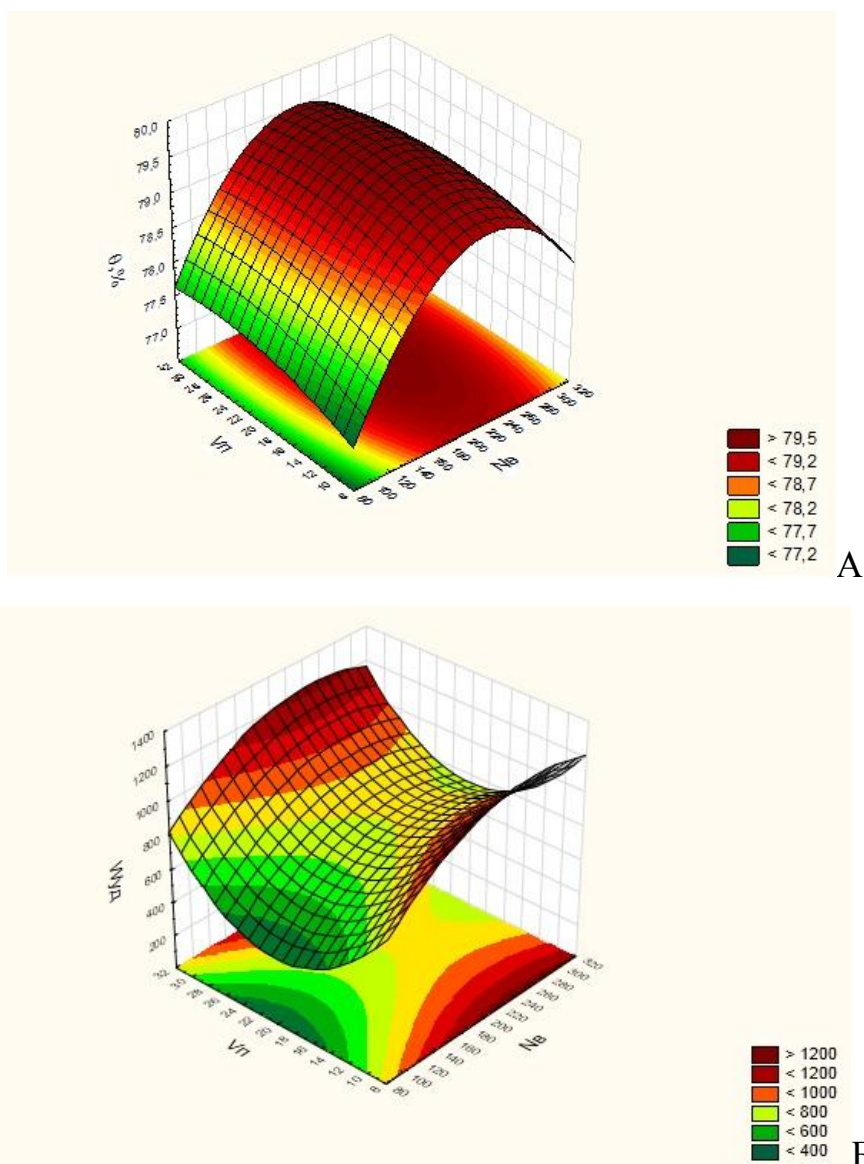


Рисунок 4.27 – Поверхность отклика, характеризующая выход воска (А) и энергоемкость процесса вытопки (Б) от частоты вращения шнека воскопресса N_c и расхода пара V_n при частоте вращения ротора центрифуги $N_u = 300 \text{ мин}^{-1}$

Анализ поверхностей отклика (рис. 4.27) показывает, что максимальный выход воска достигается при частоте вращения ротора центрифуги 300 мин^{-1} , и при диапазоне частоты вращения шнека воскопресса от 190 до 210 мин^{-1} , и при подаче пара от 12 до 30 г/мин . Минимальные значения энергоемкости процесса вытопки воска достигаются при частоте вращения ротора центрифуги 300 мин^{-1} , в диапазоне частоты вращения шнека воскопресса от 80 до 100 мин^{-1} и при подаче пара от 14 до 26 г/мин . Получившиеся поверхности, довольно показательны в плане максимального выхода воска, так как именно этот показатель является наиболее важным. Подытожив, можно сказать, что рациональными параметрами центробежного агрегата для вытопки воска при частоте вращения ротора центрифуги 300 мин^{-1} являются частота вращения шнека воскопресса 190 мин^{-1} и подача пара 26 г/мин , так как при этих значениях факторов достигается максимальный выход воска в совокупности с минимальными значениями энергоемкости процесса вытопки воска.

Анализ поверхностей отклика показывает (рис.4.28), что максимальный выход воска достигается при частоте вращения шнека воскопресса 200 мин^{-1} , и при диапазоне частоты вращения ротора центрифуги от 230 до 260 мин^{-1} , и при подаче пара от 14 до 30 г/мин . Минимальные значения энергоемкости процесса вытопки воска достигаются при частоте вращения шнека воскопресса 200 мин^{-1} , в диапазоне частоты вращения ротора центрифуги от 180 до 240 мин^{-1} и при подаче пара от 20 до 30 г/мин . Подытожив, можно сказать, что рациональными параметрами центробежного агрегата для вытопки воска при частоте вращения шнека воскопресса 200 мин^{-1} являются частота вращения ротора центрифуги 240 мин^{-1} и подача пара 28 г/мин , так как при этих значениях факторов достигается максимальный выход воска в совокупности с минимальными значениями энергоемкости процесса вытопки воска.

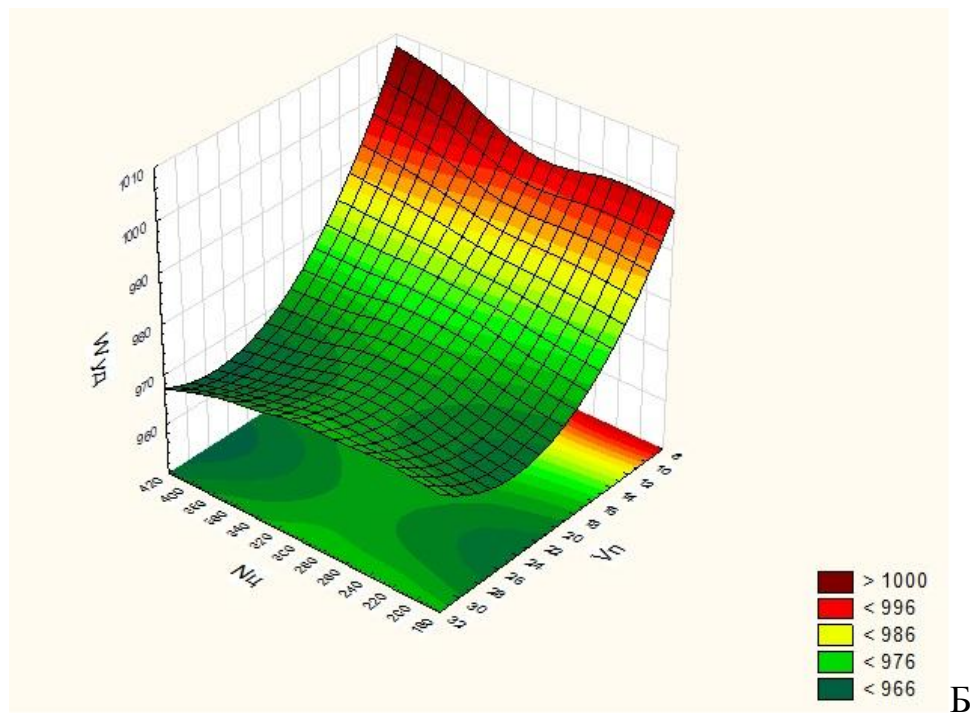
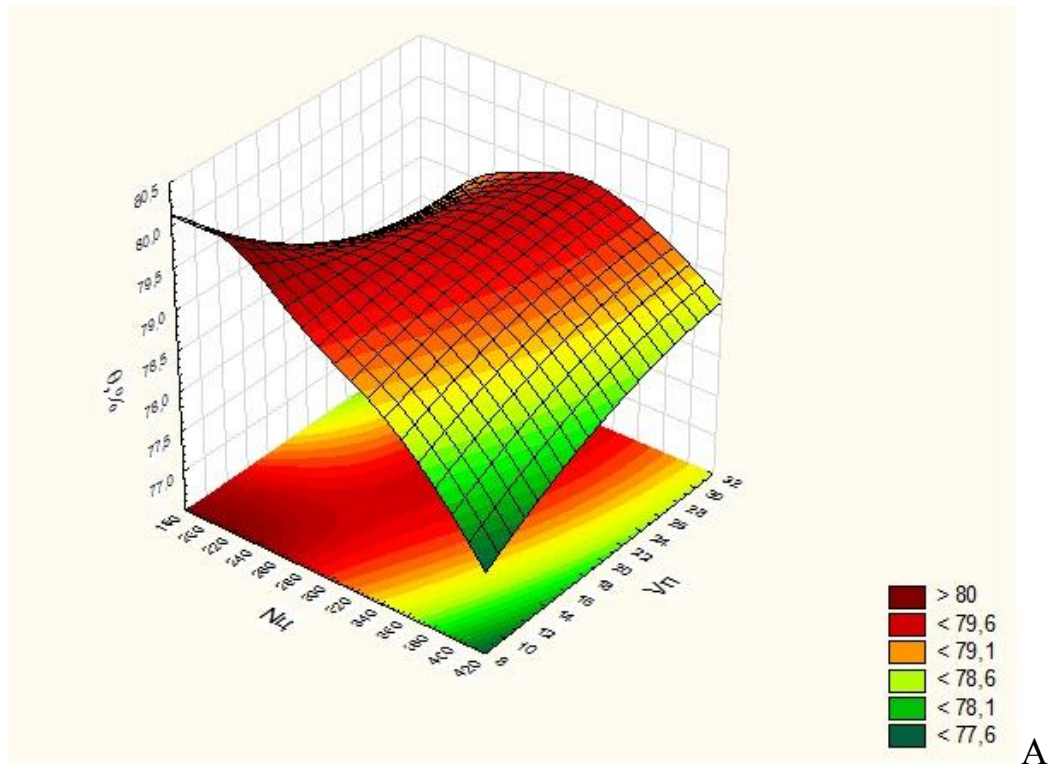


Рисунок 4.28 – Поверхность отклика, характеризующая выход воска (А) и энергоемкость процесса вытопки (Б) от частоты вращения ротора центрифуги $N_{ц}$ и расхода пара V_n при частоте вращения шнека воскопресса $N_s = 200 \text{ мин}^{-1}$

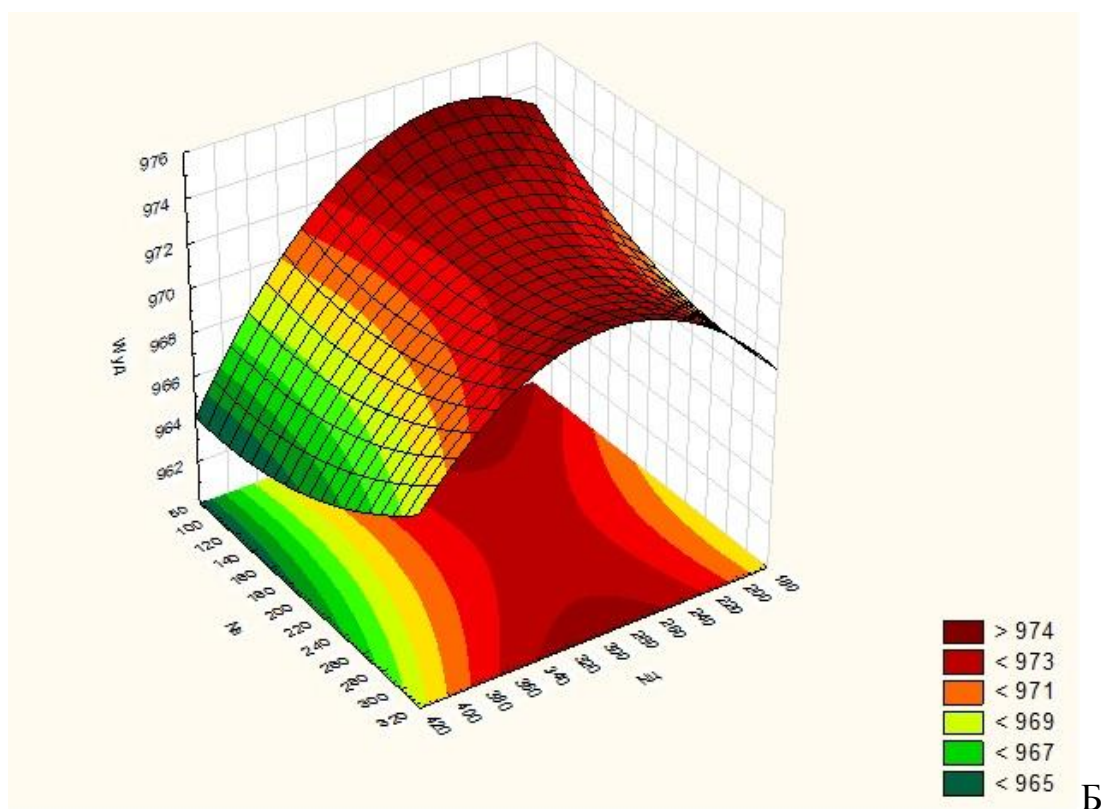
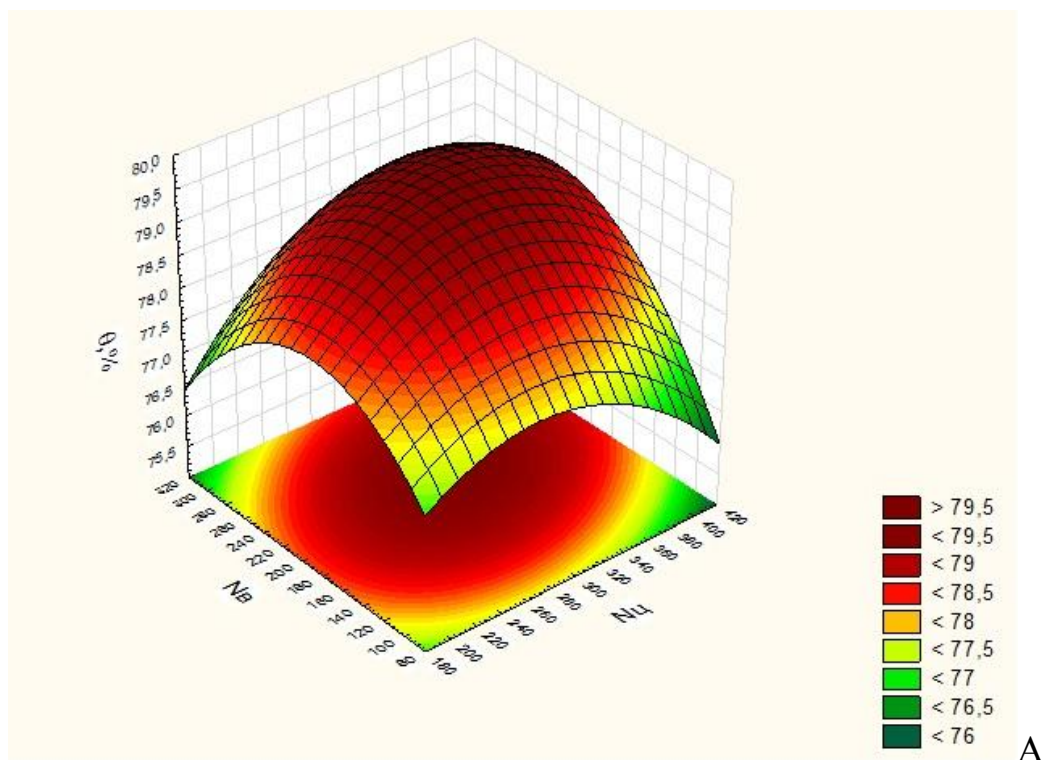


Рисунок 4.29 – Поверхность отклика, характеризующая выход воска (А) и энергоемкости (Б) от частоты вращения ротора центрифуги $N_{ш}$ и частоте вращения шнека воскопресса $N_{ц}$ при расходе пара $V_n=30$ г/мин

Анализ поверхностей отклика (4.29) показывает, что максимального выхода воска достигает при расходе пара 30 г/мин, и при диапазоне частоты вращения шнека воскопресса от 180 до 220 мин⁻¹, и при частоте вращения ротора центрифуги от 260 до 320 мин⁻¹. Минимальные значения энергоемкости процесса вытопки воска достигаются при подаче пара 30 г/мин в диапазоне частоты вращения шнека воскопресса от 180 до 200 мин⁻¹ и при частоте вращения ротора центрифуги от 180 до 220 мин⁻¹. Получившиеся поверхности, довольно показательны в плане максимального выхода воска, так как именно этот показатель является наиболее важным. Подытожив, можно сказать, что рациональными параметрами центробежного агрегата для вытопки воска при подаче пара 30 г/мин являются частота вращения шнека воскопресса 190 мин⁻¹ и частота вращения ротора 300 мин⁻¹, так как при этих значениях факторов достигается максимальный выход воска в совокупности с минимальными значениями энергоемкости процесса вытопки воска.

Подводя итог, можно сказать следующее. Полученные в ходе эксперимента зависимости позволили определить рациональные режимные параметры центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. Максимальных значений процента выхода воска (82,1%) в процессе вытопки можно достичь при следующих параметрах агрегата: частота вращения ротора центрифуги 310 мин⁻¹, частота вращения шнека воскопресса 190 мин⁻¹ и подача пара 30 г/мин, при которых соблюдается условие минимальной энергоемкости процесса вытопки с достижением высоких качественных показателей. Данные значения режимных параметров агрегата рациональны и подтверждаются полученными в результате математического моделирования уравнениями регрессии.

Затем был проведен анализ данных энергоемкости процесса вытопки, полученных в результате экспериментальных исследований и полученных в результате теоретических исследований расчетных путем по формуле (3.66), для

показательности анализа данных был построен график и представлен на рисунке 4.30.

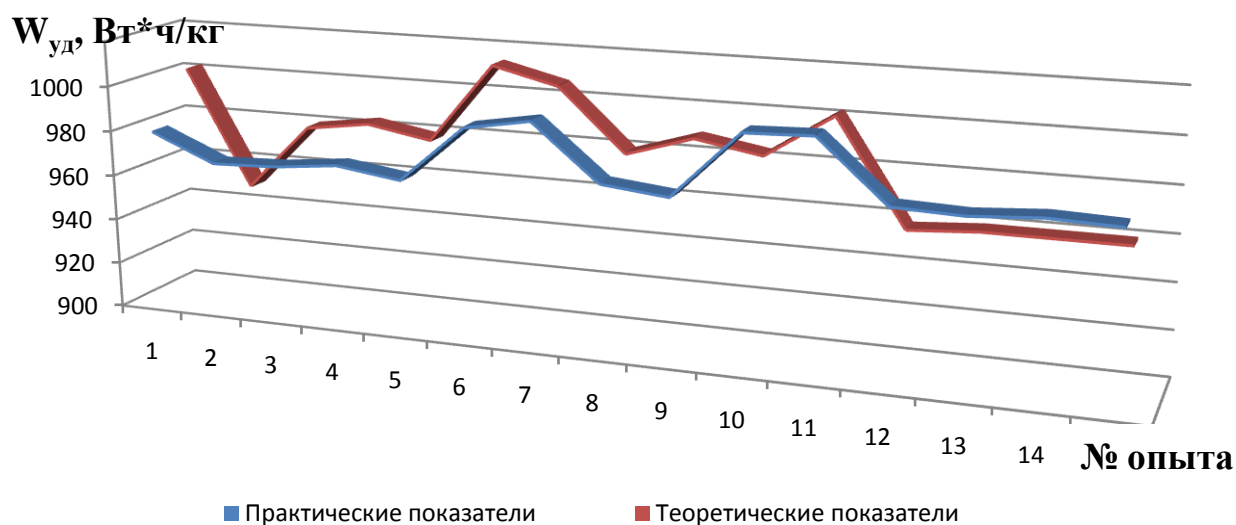


Рисунок 4.30 – Практические и теоретические показатели энергоемкости процесса вытопки воска

В результате сравнительного анализа практических и теоретических показателей было установлено, что расхождение результатов составляет от 3 до 5%.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, при повышении частоты вращения ротора центрифуги с 200 до 750 мин⁻¹ выход воска увеличивается с 72,2 до 82 %, затраты энергии возрастают от 2055 до 2640 Вт/ч, причем рациональной частотой вращения ротора центрифуги является 300 мин⁻¹ дальнейшее увеличение частоты вращения ротора центрифуги ведет к нарушению целостности рамок.

2. Установлено, при увеличении времени вращения ротора центрифуги для очистки рамок с 30 до 300 с выход воска увеличивается с 78,3 до 82,2 %, затраты энергии возрастают от 2055 до 2206 Вт/ч. Рациональным временем вращения ротора центрифуги является 120 с. Дальнейшее увеличение времени вращения не влияет на выход воска, и ведет лишь к увеличению затрат энергии.

3. Установлено, при увеличении частоты вращения шнека воскопресса с 50 до 300 мин⁻¹ выход воска увеличивается 78,2 до 81,7 % и достигает максимального значения 82,1 % при частоте вращения 200 мин⁻¹, затраты энергии возрастают от 2014 до 2209 Вт/ч. Рациональной частотой вращения шнека воскопресса является 200 мин⁻¹ дальнейшее увеличение частоты вращения ведет к увеличению затрачиваемой энергии на процесс вытопки и к ухудшению качества процесса прессования.

4. Установлено, при увеличении подачи пара от 10 до 30 г/мин выход воска незначительно растет от 81,2 до 82,1%, затрачиваемая энергия сокращается с 2311 до 2123 Вт/ч. Рациональная подача пара 30 г/мин. Дальнейшее увеличение подачи пара нецелесообразно, так как приведет к перерасходу воды и не оказывает существенного влияния на выход воска.

Установлено, что при увеличении подачи пара от 10 до 30 г/мин время разваривания воскового сырья в рамках снижается с 39 до 19 мин, что ведет к сокращению энергопотребления и снижению продолжительности процесса вытопки воска.

5. Установлено, что центробежный агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьем достигает рационального режима работы по потреблению энергии и максимального выхода воска при следующих параметрах: частота вращения ротора центрифуги 310 мин⁻¹, время вращения рамок в центрифуге 2 минуты, частота вращения шнека воскопресса 190 мин⁻¹, подача пара 30 г/мин.

5. ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ВЫТОПКИ ВОСКА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

5.1 Программа и методика производственных исследований

Описанные в 3 и 4 разделе диссертационной работы теоретические и лабораторные исследования позволяют с большой точностью определить основные конструктивно-технологические параметры центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем. Для проверки работоспособности и определения режимных характеристик разработанного центробежного агрегата для вытопки воска было необходимо провести производственные исследования.

Таким образом, целью производственных исследований является:

- подтвердить работоспособность конструкции центробежного агрегата для вытопки воска;
- определить производительность и энергоемкость процесса вытопки воска из рамок с восковым сырьем на центробежном агрегате;
- определить рациональное количество воды, необходимой для процесса вытопки воска;
- определить эффективность процесса вытопки в зависимости от начальной восковитости воскового сырья и определение восковитости получившихся вытопок;
- определить рациональное время разваривания воскового сырья в процессе вытопки воска с помощью разработанного агрегата;
- определить экономическую эффективность центробежного агрегата для вытопки воска.

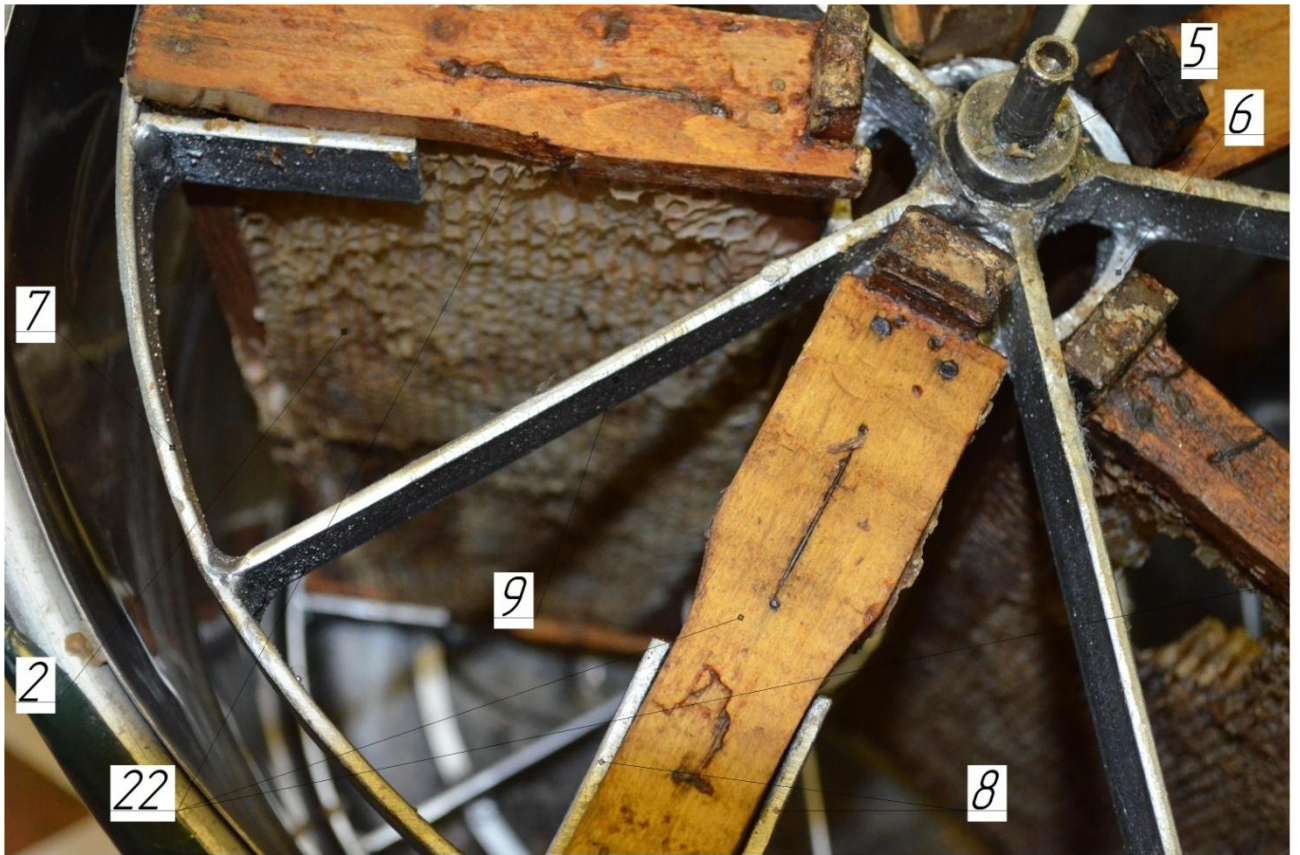
5.1.1 Описание устройства и принцип работы опытно-производственного образца центробежного агрегата для вытопки воска

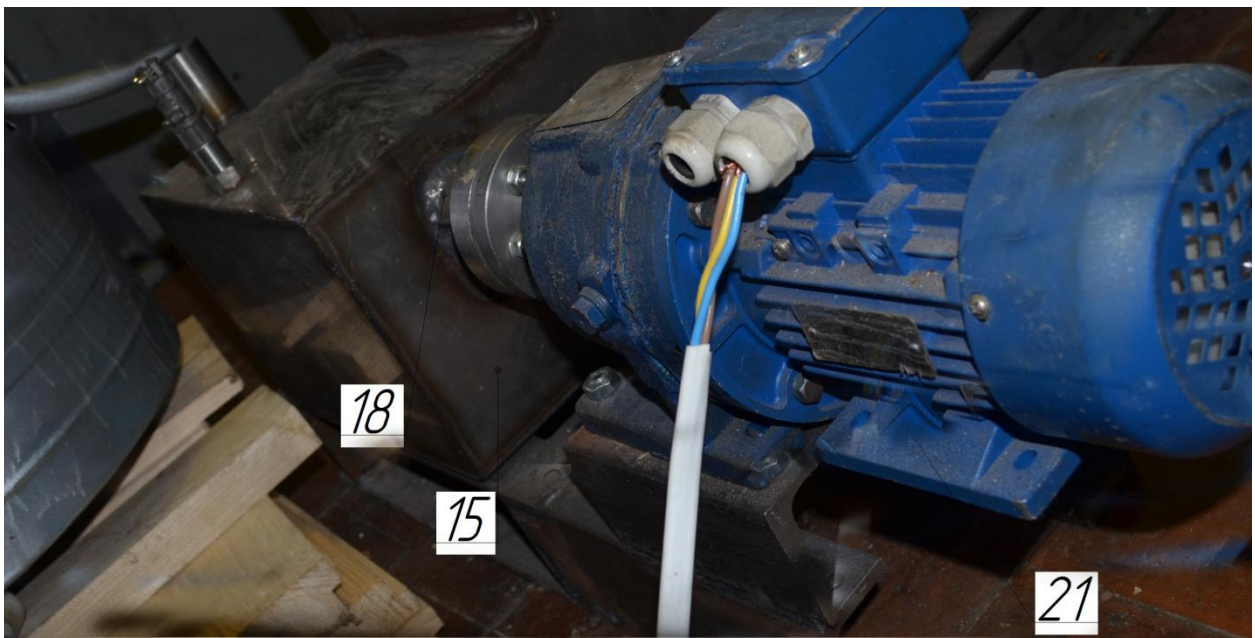
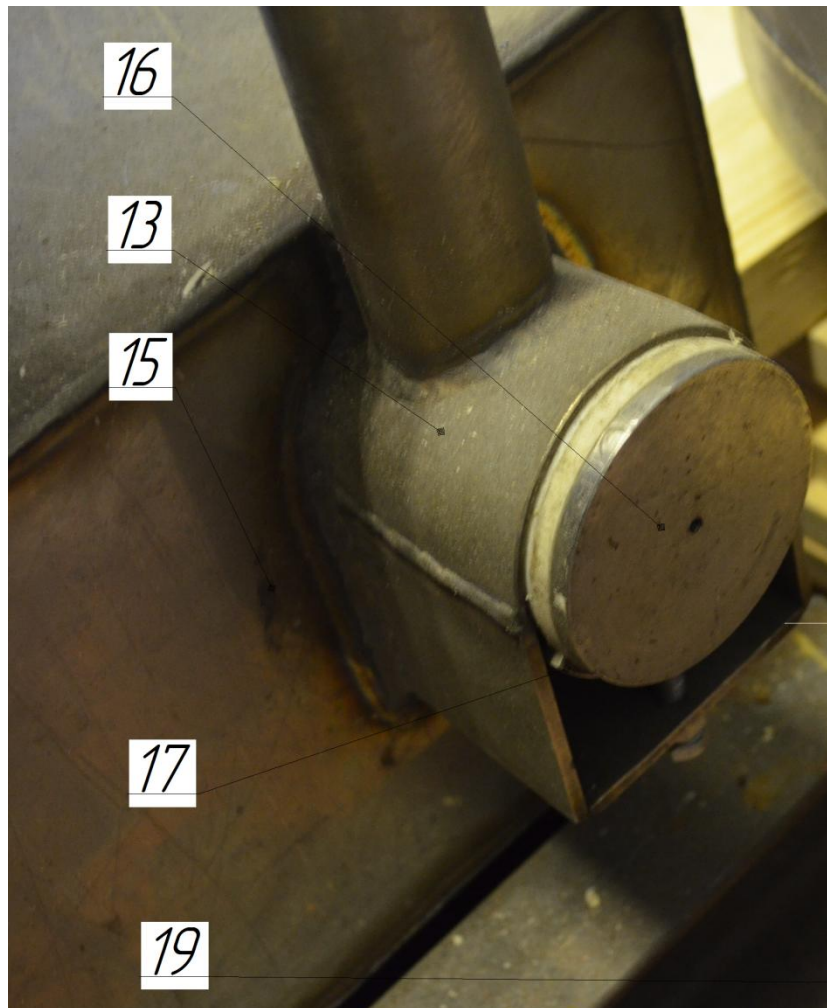
Для осуществления производственных испытаний в лаборатории инновационных и энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в растениеводстве и животноводстве был собран опытно-производственный образец центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, который выполнен согласно конструктивно-технологической схеме, представленной на рисунке 3.1.

Производственные испытания центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем производились при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

Общий вид и основные узлы опытно-производственного образца центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем представлен на рисунке 5.1[117,142].







1 – центрифуга; 2 – парообразователь; 3 – крышка агрегата; 4 – привод центрифуги; 5 – ротор; 6 – малая обечайка; 7 – большая обечайка; 8 – держатели; 9 – спицы; 10 – наклонное дно; 11 – втулка; 12 – патрубок центрифуги; 13 –

воскопресс; 14 – загрузочная горловина воскопресса; 15 – корпус воскопресса; 16 – прессующий шнек; 17 – фильтр-сетка; 18 – выгрузное отверстие воскопресса; 19 – емкость для сбора чистого воска; 20 – емкость для сбора выжимок; 21 – привод воскопресса; 22 – магазинная рамка.

Рисунок 5.1 – Общий вид и основные узлы опытно-производственного образца центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем[117,142]

Центробежный агрегат для вытопки воска состоит из центрифуги 1, которая состоит из ротора 5, на котором установлены малая и большая обечайки 6,7, соединенные пятью спицами 9. На большой обечайке установлены держатели 8 для магазинных рамок. Ротор установлен во втулку 11 с зазором, обеспечивающим его вращение, которое происходит благодаря приводу 4. Втулка закреплена на наклонном дне 10 камеры центрифуги. Камера центрифуги соединена с вокопрессом 13 патрубком 12. Воскопресс состоит из загрузочной горловины 14, корпуса воскопресса 15, шнека 16 конусовидной формы, фильтра-сетки 17 и привода 21. Для отвода мервы воскопресс снабжен выгрузным отверстием 18. Для сбора выжимок и чистого воска предусмотрены соответствующие емкости 20 и 19[117,142].

Центробежный агрегат для вытопки воска работает следующим образом. В центрифугу 1 устанавливали магазинные рамки 22 верхняя планка рамки упиралась в вал ротора 5 а нижняя планка крепилась держателями 8. После этого центрифуга закрывалась крышкой 3. После этого включали в работу парообразователь 2. С его помощью происходит процесс разваривания воскового сырья находящегося в рамках. Разваренное восковое сырье под действием силы тяжести попадало на наклонное дно 10 камеры центрифуги, соскальзывая по нему через соединяющий патрубок 12 попадало в загрузочную горловину 14 воскопресса. В воскопрессе восковое сырье подпрессовывается, вращающимся прессующим шнеком 16 конусовидной формы и, проникая через фильтр-сетку 17, очищается. После отделения большей части воскового сырья от рамок приводят

во вращение ротор центрифуги приводом 4, для отделения остатков воскового сырья, которые так же попадают в воскопресс и отпрессовываются[117,142].

Корпус воскопресса разогревается водой до температуры 70-80 °С, что не позволяет восковому сырью затвердевать в процессе прессования и не дает восковому сырью прилипнуть к частям воскопресса, что облегчает нагрузку на шнек и снижает энергопотребление привода воскопресса, увеличивается выход воска из воскосырья. В процессе работы центробежного агрегата вместе с разваренным восковым сырьём в пресс попадает пар, конденсирующийся в нем. Отфильтрованный воск вместе с конденсатом собирается в емкость 19 для сбора чистого воска. Так как воск обладает меньшей плотностью (960 кг /м²), чем вода, то он собирается над уровнем воды. Выжимки с механическими примесями через выгрузную горловину 18 собираются в емкость 20 для их сбора[117,142]. С помощью центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьём получается воск первого сорта, соответствующий ГОСТ Р 31920-2012.

5.1.2 Методика определения производительности и энергозатрат агрегата для вытопки воска

Для определения производительности и удельных энергозатрат центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с воскосырьём отбирались рамки одинакового срока использования и качества. Расход электроэнергии замерялся с помощью счетчика активной энергии Меркурий 230. Производительность Q_a (кг/ч) центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с воскосырьём определяли по следующей формуле[93,150]:

$$Q_a = \frac{m}{\tau} \quad (5.1)$$

где τ - время, в течение которого вытопилось m кг воскосырья, ч.

Энергоемкость агрегата $\mathcal{E}_{уд}$ (Вт×ч/кг) для вытопки воска из рамок с воскосырьём определяли по формуле[93,150]:

$$\mathcal{E}_{уд} = \frac{\mathcal{E}}{Q_a} \quad (5.2)$$

где \mathcal{E} - расход электроэнергии, Вт·ч.

Опыт проводился с трехкратной повторностью. Результаты представлены в приложении Р.

5.2 Определение оптимального количества воды для процесса вытопки воска из рамок с восковым сырьем

При проведении испытания центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем было замечено, что вместе с растопленным воском в емкость для его сбора собиралось значительное количество воды. Это негативно влияет на качество воска, так как повышает его влажность и делает его непригодным для длительного хранения в емкостях без доступа воздуха. Хотя такие недостатки выявлены у всех паровых устройств для вытопки воска. Кроме этого, количество воды, требуемой для разваривания воскового сырья в рамках, является ключевым фактором, влияющим на работоспособность центробежного агрегата для вытопки воска. Воду периодически приходится доливать в парообразователь. Для контроля уровня воды в емкости для воды установлено водомерное стекло, выполненное из прозрачного материала.

Определение оптимального количества заливаемой в парообразователь воды проводилось во время производственных испытаний. Во время лабораторных испытаний агрегата была определена оптимальная пода пара – 30 г/мин. Замеры расхода воды парообразователем для полного разваривания воскового сырья во время процесса вытопки проводили следующим образом. В начале опыта в бак парообразователя наливали 2,5 литра воды, затем проводили полный цикл вытопки, после этого оставшуюся в баке воду сливали в мерную колбу, и измеряли её количество.

Результатами испытания стали следующие полученные значения: средний расход воды из парообразователя на цикл вытопки 0,79 л, вместе с воском в

емкости для его сбора в среднем собиралось 0,61 л воды. Такая разница вызвана несколькими факторами, во-первых, в процессе вытопки часть воды конденсировалась на крышке, только после её открытия стекала в воскопресс, также в процессе разваривания мерва набухала и за время ее прессования шнеком вода полностью не выжималась. Исходя из проведенных исследований, после каждого цикла вытопки необходимо доливать в паробразователь 0,73 - 0,84 литра воды.

В результате исследования было выявлено, что на один цикл процесса разваривания воскового сырья в рамках на центробежном агрегате для вытопки воска требуется в среднем 0,79 литра воды. Результаты эксперимента приведены в приложении М.

5.3 Определение времени разваривания воскового сырья во время процесса ВЫТОПКИ

На эффективность работы центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем влияет продолжительность процесса разваривания[123]. Полностью разваренное восковое сырье гораздо лучше отпрессовывается, благодаря фильтрационной сетке размера 0,08×0,08 мм. При чрезмерно продолжительной разваривании получается воск с повышенным процентом влажности, что требует дополнительной сушки для возможности длительного хранения.

На время разваривания существенно влияет и срок использования рамки в улье, так как в процессе использования воск накапливает примеси. Отбирались рамки по годам использования 1 до 3 лет[69,105].

Испытания проводились следующим образом. В центрифуге радиально размещали рамки с воскосырьем. Паробразователь включали в работу, закрывали крышку агрегата. Первым секундомером замеряли общее время вытопки. Как только восковое сырье разваривалось в достаточной степени, и начало перемещаться в воскопресс, включали второй секундомер и замеряли время течения воскового сырья. Результаты заносили в таблицу 5.1. Для получения

достоверных данных опыт проводился с трехкратной повторностью. Результаты приведены в приложении Н.

Таблица 5.1 – Время разваривания и время течения воскового сырья в процессе вытопки воска в зависимости от года использования рамок

Год использования рамки с восковым сырьем	Время разваривания воскового сырья, мин	Время течения воскового сырья из центрифуги в воскопресс и прессования, мин
1 год	16	16
2 год	21	19
3 год	27	22

На основании проведенных исследований подтвердились предположения, что чем дольше рамка была использована в улье, тем длительнее процесс ее разваривания. Так же стало понятно, что с увеличением срока службы восковых сотов увеличивается время, требуемое для перемещения по наклонному дну камеры центрифуги из-за повышения коэффициента трения, а так же налипания невосковой части на наклонное дно. Кроме того, растягивается процесс отжима воскового сырья в воскопрессе.

5.4 Определение выхода воска от восковитости воскового сырья и конечной восковитости вытопок

При проведении производственных испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем было проведено исследование влияния начальной восковитости воскового сырья на выход воска. Кроме этого, было проведено исследование начальной восковитости воскового сырья и вытопок, получившихся в результате производственных испытаний, в центре нанотехнологий и наноматериалов для АПК Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Результаты лабораторных исследований начальной восковитости и восковитости вытопок

приведены в приложении П. Опыты проведены по стандартной методике, утвержденной ГОСТ Р 31775-2012.

Исследования влияния начальной восковитости воскового сырья на выход воска проводили следующим образом[24,69,105]. Отбирали количество рамок, соответствующее одной загрузке (1 кг воскового сырья). Проводили отбор проб для определения начальной восковитости воскового сырья. Затем производили вытопка воска из этого воскового сырья при оптимальном режиме работы агрегата. После отбирали пробы из получившихся вытопок и определяли их восковитость. Для достоверности проведенных исследований опыт проводили в трехкратной повторности.

Результаты приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Восковитость воскового сырья, выход воска и восковитость вытопок

№	Масса воскового сырья, кг	Начальная массовая доля воска, %	Масса воска в восковом сырье, г	Выход воска, %	Масса полученного воска, г	Выход воска от восковитости сырья, %	Масса вытопок, г	Восковитость вытопок, %
1	1	93,2	932	82,3	823	88,3	177	21,9
2	1	89,8	898	78,1	781	86,9	219	22,3
3	1	87,3	873	75,5	755	86,4	245	22,4
СЗ	1	90,1	901	78,6	786	87,2	213,6	22,2

В итоге проведенных испытаний было получено среднее значение выхода воска 786 г или 78,6 % , что составляет от восковитости сырья 87,2%, при этом получилось вытопок 213,6 г восковитостью 22,2 %. Это говорит о работоспособности агрегата для вытопки воска, и о его высоких качественных показателях по выходу воска. Выход воска увеличился в среднем на 20 -30 %, чем при вытопке на других современных паровых установках для вытопки воска и воскопрессов.

5.5 Результаты производственных испытаний центробежного агрегата

Целью производственных исследований [17,159,163] являлось определение производительности и удельных энергозатрат центробежного агрегата для вытопки воска. В период с 1.11.2014 по 30.05.2015 в лаборатории инновационных и энергоресурсосберегающих технологий в растениеводстве и животноводстве производились испытания центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с воскосырьем. Для проведения опытов было использовано более 100 рамок с различных районов Рязанской области[69].

По результатам испытаний приняли технические характеристики центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, представленные в таблице 5.3. Результаты испытаний представлены в приложении Р и подтверждены актами (приложение С).

Таблица 5.3 – Техническая характеристика центробежного агрегата для вытопки воска

Показатели	Значение
Количество рамок в одной загрузке, шт	20
Диаметр центрифуги, мм	430
Количество воды в парообразователе, л	2,5
Мощность парообразователя, Вт	1600
Подача пара парообразователем, г/мин	30
Давление пара, бар	1
Количество оборотов центрифуги, мин ⁻¹	310
Угол наклона dna камеры центрифуги, град	50
Диаметр вала центрифуги, мм	30
Высота центрифуги, мм	490
Длина прессующего шнека, мм	462
Минимальный диаметр прессующего шнека, мм	20
Максимальный диаметр прессующего шнека, мм	60
Диаметр выходного отверстия воскопресса, мм ²	100
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	190

Продолжение таблицы 5.3

Площадь фильтра-сетки пресса, см ²	320
Размер отверстий фильтра-сетки пресса, мм	0,08×0,08
Удельные энергозатраты для вытопки 1 кг воска, кВт·ч/кг	0,989

По итогам производственных испытаний было выявлено, что применение разработанного центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем позволяет добиться высоких показателей выхода чистого воска, а также позволяет добиться более глубокой фильтрации воскового сырья через фильтр-сетку, что доказывают показатели восковитости вытопок, получившихся в процессе испытаний агрегата (Приложение П). Вытопленный воск на агрегате полностью соответствует наивысшим требованиям (ГОСТ Р 31775-2012), предъявляемым к пчелиному воску, абсолютно пригоден для производства вошины после стерилизации и для последующего использования в различных отраслях промышленности. Кроме того рамки после процесса вытопки были наващены и использованы в следующем сезоне пчеловодами для отстройки сотов, причем никаких осложнений и обострений болезней на пасеках это не вызвало. Это доказывает достаточность выдержки рамок под воздействием пара для полной их дезинфекции. Центробежный агрегат для вытопки воска доказал способность непрерывной работы в течении нескольких партий рамок, причем время вытопки партии сокращалось в среднем на 3-5%. Так же подтвердились результаты лабораторных исследований при проведении поисковых и многофакторных экспериментов.

Таким образом, установлено, что разработанный центробежный агрегат для вытопки воска из рамок с восковым сырьем работоспособен и эффективен по качественным показателям получаемого воска.

5.6 Экономическая эффективность применения центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем

Расчет экономической эффективности внедрения центробежного агрегата для вытопки воска производился согласно общепринятой методике, которая изложена в работах [17,150,159,163] с применением результатов производственных испытаний, данных литературы и справочных нормативов.

Исходные данные расчета технико-экономических показателей представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Исходные данные для расчета технико-экономических показателей[150]

№	Наименование показателей	Единицы	Центробежный агрегат для вытопки воска
1	Балансовая стоимость	руб	65000
2	Производительность по воскосырью	кг/ч	4
3	Производительность по готовой продукции	кг/ч	3,24
4	Выход воска с 1кг воскового сырья	г	810
5	Количество обслуживающих работников	чел	1
6	Мощность	кВт	2.6
7	Удельные затраты энергии на получение 1 кг готовой продукции	кВт·ч/кг	0,989
8	Цена реализации 1 кг воска	руб	250
9	Часовая тарифная ставка	руб	140
10	Доплата за продукцию	%	25
11	Отчисления на социальные нужды	%	40
12	Амортизационные отчисления	%	11,1
13	Отчисления на ТО, ремонт и хранение	%	7
14	Коэффициент использования рабочего времени	-	0,9
15	Цена одного кВт·ч	руб	2,62

Годовой объем получаемого воска рассчитывали из фактических данных, которые были получены в результате испытаний нового центробежного агрегата для вытопки воска из рамок восковым сырьем.

Годовой объем производимого воска $A_2^{воска}$ (кг) рассчитывался для пасеки среднего размера в сто пчелиных семей.

Годовой объем перерабатываемого воскового сырья A_2 вычисляли по формуле:

$$A_2 = K_p \cdot n_{п.с.} \cdot q, \text{ кг} \quad (5.3)$$

где, A_2 – годовой объем получаемого воска, кг;

K_p – количество выбракованных рамок с одного улья за год, шт/год;

$n_{п.с.}$ – количество пчелиных семей, шт;

q – масса воскового сырья в рамке, кг [1,74,89,352].

В одном корпусе улья находится 12 рамок. Допускаем, что на пасеке используются двухкорпусные ульи Даданта. Ежегодно рекомендуется заменять 30-40% рамок [1,91,123], это в среднем 3-4 рамки в год. Выбраковывают повреждённые и старые, тёмные соты. Масса воскового сырья в одной ульевой рамке составляет в среднем 315-432 г [91,123]. Значит, $q = 370$ г.

$$A_2 = 8 \cdot 100 \cdot 0,370 = 296 \text{ кг/год.}$$

Для расчета количества рабочих дней D , необходимых для воскового сырья применим формулу [150]:

$$D = \frac{A_2}{Q_{л} \cdot \tau_{см} \cdot n_{см} \cdot K_{см}}, \quad (5.4)$$

где, $Q_{л}$ – производительность центробежного агрегата по сырью, кг/ч;

$\tau_{см}$ – общее время работы в период смены, ч;

n_{CM} – смен в сутках;

K_{CM} – коэффициент использования рабочего времени смены;

Количество дней для переработки воскового сырья с применением центробежного агрегата:

$$D^A = \frac{296}{4 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9} = 10,3 \text{ дня.}$$

Примем количество рабочих дней $D^A = 11$ дней.

Для расчета удельных затрат труда на процесс вытопки воска из рамок с восковым сырьем применим формулу [17,150,159,163]:

$$T_{уд} = \frac{T_G}{A}, \text{ чел}\cdot\text{ч/кг} \quad (5.5)$$

где, $T_{уд}$ – затраты труда удельные, чел·ч/кг;

T_G – затраты труда в год, чел·ч.

Для расчета годовых затрат труда T_G (чел·ч) на вытопку воска применим формулу:

$$T_G = N \cdot \tau_{CM} \cdot n_{CM} \cdot K_{CM} \cdot D, \text{ чел}\cdot\text{ч} \quad (5.6)$$

где N – количество обслуживающих работников, чел.

Годовые затраты труда с применением для нового центробежного агрегата [17,150,159,163]:

$$T_G^A = 1 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 11 = 79,2 \text{ чел}\cdot\text{ч.},$$

Удельные затраты труда для центробежного агрегата:

$$T_{уд}^A = \frac{79,2}{296} = 0,26 \text{ чел}\cdot\text{ч/кг.}$$

Стоимость полученного воска $C_{прод}$ в ценах реализации [17,150,159,163]:

$$Ц_{прод} = A_2^{воска} \cdot C_p, \text{ руб} \quad (5.7)$$

где, C_p – цена реализации 1 кг воска, руб/кг

$$Ц_{прод}^a = 276 \cdot 250 = 69000 \text{ руб.},$$

Для расчета прямых затрат $C_{пр.}$ при использовании центробежного агрегата применим формулу [17,150,159,163]:

$$C_{пр.} = З + З_{\text{Э}} + З_A + З_{\text{ТОРХ}}, \text{ руб} \quad (5.8)$$

где, $З$ – затраты на оплату труда, руб;

$З_{\text{Э}}$ – стоимость электроэнергии, руб;

$З_A$ – отчисления на амортизацию, руб;

$З_{\text{ТОРХ}}$ – отчисления на ТО, ремонт и хранение, руб.

Расчет затрат на оплату труда произведем по следующей формуле [17,150,159,163]:

$$З = Ч_C \cdot T_G \cdot 1 + 0,01 \cdot P_d \cdot 1 + 0,01 \cdot C_o, \text{ руб} \quad (5.9)$$

где, $Ч_C$ – часовой тариф, руб/ч;

P_d – доплата за продукцию, %;

C_o – отчисления на соц. нужды, %.

Затраты на оплату труда для центробежного агрегата составляют [150]:

$$З^A = 140 \cdot 79,2 \cdot 1 + 0,01 \cdot 25 \cdot 1 + 0,01 \cdot 40 = 19404 \text{ руб.},$$

Рассчитаем затраты на электроэнергию опираясь на удельные затраты энергии [17,150,159,163]:

$$З_{\text{Э}} = З_{\text{ЭУД}} \cdot A_2 \cdot Ц_{\text{Э}}, \quad (5.10)$$

где, $З_{\text{ЭУД}}$ – удельные затраты энергии на вытопку 1 кг воскового сырья, кВт·ч/кг;

$Ц_{\text{Э}}$ – цена одного кВт·ч, руб/(кВт·ч).

Затраты на оплату электроэнергии потребляемую центробежным агрегатом:

$$Z_3^A = 0,989 \cdot 296 \cdot 2,62 = 766,98 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления рассчитаем по следующей формуле[17,150,159,163]:

$$Z_A = B_c \cdot 0,01 \cdot K_A, \quad (5.11)$$

где B_c – стоимость центробежного агрегата, руб.;

K_A – норма отчислений на амортизацию, %.

Амортизационные отчисления при внедрении центробежного агрегата:

$$Z_A^A = 65000 \cdot 0,01 \cdot 11,1 = 7215 \text{ руб.}$$

Затраты на ТО, ремонт и хранение рассчитаем по формуле[17,150,159,163]:

$$Z_{ТОХР} = B_c \cdot 0,01 \cdot K_{ТОХР}, \quad (5.12)$$

где $K_{ТОХР}$ – нормированные отчисления на ТО, ремонт и хранение, руб.

Отчисления на ТОХР для центробежного агрегата составят:

$$Z_{ТОХР}^A = 65000 \cdot 0,01 \cdot 7 = 4550 \text{ руб.}$$

Для расчета прямых затрат при внедрении центробежного агрегата применим формулу[17,150,159,163]:

$$C_{np.}^A = 19404 + 766,98 + 7215 + 4550 = 31935,94 \text{ руб.}$$

Для подсчета годовой прибыли от реализации произведенной воска определим по следующей формуле[17,150,159,163]:

$$П_{год} = Ц_{прод} - C_{np.}, \quad (5.13)$$

где $П_{год}$ – прибыль годовая, руб.

Подсчитаем годовую прибыль от внедрения центробежного агрегата:

$$П_{год}^A = 69000 - 31935,94 = 37064,06 \text{ руб.}$$

Для расчета срока окупаемости внедрения центробежного агрегата применим формулу[17,150,159,163]:

$$T_{OK} = \frac{K_{BO}}{\Pi_{год}^A}, \quad (5.14)$$

где K_{BO} - величина капитальных вложений на производство одного агрегата, руб.

Подсчитаем срок окупаемости внедрения центробежного агрегата:

$$T_{OK} = \frac{65000}{37064,06} = 1,75 \text{ года}$$

Результаты проведенного расчета технико-экономических характеристик центробежного агрегата занесены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Технико-экономические показатели центробежного агрегата

	Наименование показателей	Единицы	Центробежный агрегат для вытопки воска
1	Балансовая стоимость	руб	65000
2	Производительность по воскосырью	кг/ч	4
3	Производительность по готовой продукции	кг/ч	3,24
4	Выход воска с 1кг воскового сырья	г	810
5	Количество обслуживающих работников	чел	1
6	Мощность	кВт	2.6
7	Удельные затраты энергии на получение 1 кг готовой продукции	кВт·ч/кг	0,989
8	Цена реализации 1 кг воска	руб	250
9	Часовая тарифная ставка	руб	140
10	Доплата за продукцию	%	25
11	Отчисления на социальные нужды	%	40
12	Амортизационные отчисления	%	11,1
13	Отчисления на ТО, ремонт и хранение	%	7

Продолжение таблицы 5.4

14	Коэффициент использования рабочего времени	-	0,9
15	Цена одного кВт·ч	руб	2,62

Анализ таблиц 5.4 дает понять, что ключевые показатели предлагаемого центробежного агрегата для вытопки воска в плане затрат довольно высоки. Годовая прибыль от реализации произведенной воска при переработке 240 кг воскового сырья составила 37064,06 рублей.

Затем были рассчитаны значения срока окупаемости внедрения центробежного агрегата для вытопки воска, в зависимости от количества перерабатываемого воскового сырья. Представлены в виде графической зависимости (рис.5.2). Анализ зависимости дает понимание, что целесообразнее использовать предложенный центробежный агрегат на пасеках не менее 100 пчелиных семей, внедрение на которые окупится менее чем за 2 года.

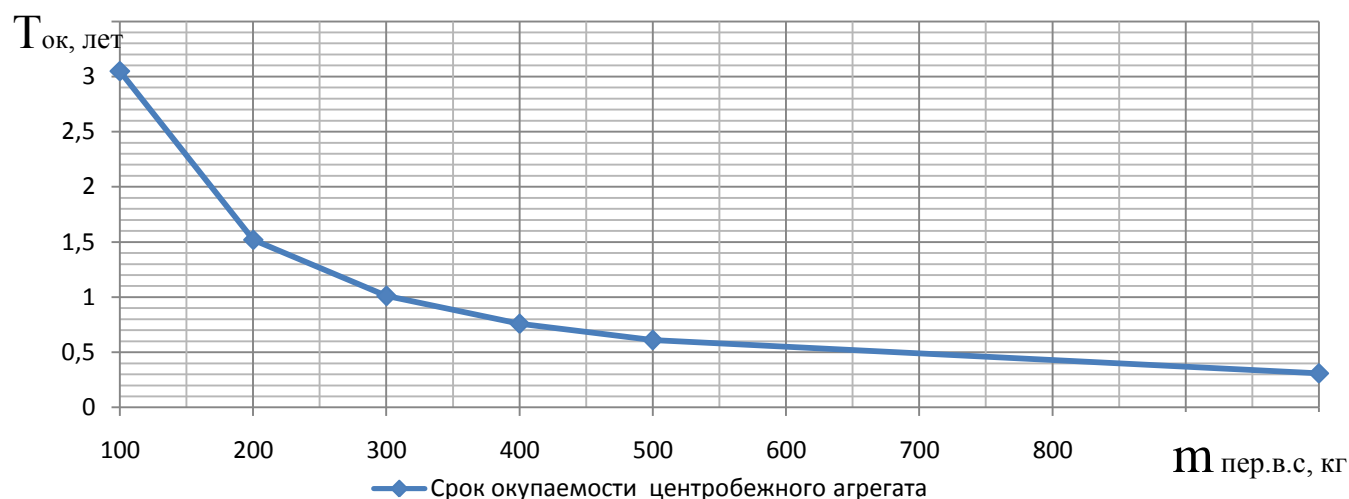


Рисунок 5.2 – Зависимость срока окупаемости от количества перерабатываемой продукции

ВЫВОДЫ

1. Производственные испытания центробежного агрегата для вытопки воска из воскового сырья полностью подтвердили его работоспособность. Рациональным режимом работы центробежного агрегата стал: время разваривания воскового сырья в рамках от 16 мин до 27 в зависимости от срока их использования в улье, после этого предусмотрено включение центрифуги на 2 минуты для отделения остатков воскового сырья от рамок при частоте вращения ротора 310 мин^{-1} , затем отпрессовка воскового сырья в воскопрессе при частоте вращения шнека 190 мин^{-1} , и подаче пара 30 г/мин. При этом режиме работы агрегата необходимо в среднем 0,79 литра воды на один цикл вытопки, при этом после каждого цикла необходимо доливать воды 0,73-0,84 л/цикл.

2. Установлено, что с 1 кг воскового сырья при его вытопке на центробежном агрегате – 810г воска. Удельные затраты энергии с применением центробежного агрегата составляют 0,989 кВт·ч/кг и удельные затраты труда – 0,26 чел·ч/кг.

3. В итоге проведенных испытаний было получено из одного килограмма воскового сырья различного срока использования средней восковитости 90,1% было среднее значение выхода воска 786 г или 78,6 %, что составляет от восковитости сырья 87,2%, при этом получилось вытопок 213,6 г восковитостью 22,2 %. Это говорит о работоспособности агрегата для вытопки воска, и о его высоких качественных показателях по выходу воска.

4. Годовая прибыль от реализации произведенного воска с помощью центробежного агрегата при переработке 240 кг воскового сырья составила 37064,06 рублей. Выход воска по сравнению с другими паровыми воскотопками на 15% больше. Срок окупаемости агрегата – 1,75 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих способов и средств вытопки воска из воскового сырья показал, что современные паровые устройства способны извлекать не более 70% воска из воскового сырья. Поэтому нами предлагается усовершенствованный процесс вытопки воска, который должен включать загрузку рамок в центрифугу, разваривание воскового сырья насыщенным паром, отделение остатков воскового сырья от рамок центробежными силами с последующим отжимом воска от мервы в разогретом состоянии в шнековом прессе.

2. Установлено, что при повышении температуры от 65 до 85⁰С вязкость воска уменьшается с 25,61 до 16,37 МПа·с.

Углом наклона стальной поверхности для свободного стекания разваренного воскового сырья следует считать 50⁰.

3. Рабочий процесс центробежного агрегата должен быть организован следующим образом. Восковое сырье, содержащееся в рамках, установленных в центрифуге разваривается насыщенным паром, затем под действием силы тяжести попадает на наклонное дно камеры центрифуги и скатываясь по нему попадает в воскопресс. После того как основная масса воскового сырья разварилась и попала в воскопресс, включается в работу ротор центрифуги, с целью отделения остатков воскового сырья от рамок и последующей отпрессовкой из него воска шнеком.

4. Теоретически установлено, что частота вращения ротора центрифуги, при которой будет осуществляться отделение воскового сырья от рамок, варьируется от 250 до 370 мин⁻¹, при времени вращения от 110 до 260 с.

Экспериментально установлены, следующие параметры центробежного агрегата: частота вращения ротора центрифуги 310 мин⁻¹, время вращения рамок в центрифуге 2 минуты, частота вращения шнека воскопресса 190 мин⁻¹, подача пара 30 г/мин.

5. Установлено, что при усовершенствованном процессе вытопки из 1 кг воскового сырья восковитостью 90,1% получено 0,786 кг воска или 78,6 %. При этом получилось вытопок 0,2136 кг восковитостью 22,2 %.

Установлено, что удельные энергозатраты на вытопку воска с применением предлагаемого агрегата составляют 989 Вт·ч/кг и удельные затраты труда – 0,26 чел·ч/кг.

6. Годовая прибыль от реализации произведенного воска с помощью центробежного агрегата при переработке 240 кг воскового сырья составила 37064,06 рублей. Выход воска увеличился по сравнению с существующими паровыми воскотопками на 15%.

Список литературы

1. Аветисян, Г.А. Пчеловодство [Текст] / под редакцией Аветисян Г.А. -М.: Колос, 1982, – 400 с.
2. Адлер, Ю.П. Введение в планирование эксперимента [Текст] / Ю.П. Адлер. – М.: Металлургия, 1969. – 159 с.
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 279 с.
4. Акимов, М.И. О движении точки по винтовой линии на шероховатой поверхности. [Текст] / М.И. Акимов– М., «Механика», 1966. –256 с.
5. Алымов, В.Т. Расчёт прессующего тракта шнекового пресса [Текст] / В.Т. Алымов – «Труды института жиров». Л., 1970. – 322 с.
6. Апитерапия сегодня: Практические сведения по составу и применению ценных с биологической точки зрения продуктов пчеловодства и препаратов из них в питании и лечении человека./ Апимондия. Междунар. Конф. технол. и экон. пчеловодства; Координатор Е. Налом. 2-е изд., перераб. и дон.- Бухарест, Б 2, –88с.
7. Асафова, Н.Н. Физиологически активные продукты пчелиной семьи. [Текст] / Асафова Н.Н., Орлов Б.Н., Козин Р.Б. - Нижн. Новгород, Изд.Ю.А.Николаев, 2001г. – 368с.
8. Белькевич, П. И., Голованов, Н. Г., , Воск и его технические аналоги [Текст] / Минск, 1980. –244 с.
9. Блинова, К. Ф. Воск пчелиный Ботанико-фармакогностический словарь: Справ. пособие под ред. К. Ф. Блиновой, Г. П. Яковлева. — М.: Высш. шк., 1990. — С. 39. — ISBN 5-06-000085-0.
10. Бронштейн, Ч.Н. Справочник по математике [Текст] / Бронштейн Ч.Н., . Семиндяев К.А. – М.: Наука, 1980. –377 с.
11. Бышов, Н.В. Вопросы энергосберегающей конвективной циклической сушки перги [Текст] / Бышов Н.В., Каширин Д.Е.// монография, Рязань, 2012.

12. Бышов, Н.В. Исследование рабочего процесса вибрационного решета при просеивании воскоперговой массы [Текст] / Бышов Н.В., Каширин Д.Е.// Вестник Красноярского государственного университета № 1 2013. С.160-162.
13. Бышов, Н.В. Экспериментальное исследование режимов циклической сушки перги в соте [Текст] / Бышов Н.В., Каширин Д.Е.// Вестник Красноярского государственного университета № 5 2012. С.283-285.
14. Варгафтика, Н.Б Теплофизические свойства веществ. [Текст]/ – Под ред. Н.Б Варгафтика. – М.-Л., Госэнергоиздат, 1956 – 215 с.
15. Вахонина, Т.В. Пчелиная аптека/ Т.В.Вахонина – С.Петербург: Лениздат, 1992. – 188 с.
16. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных. [Текст] / Г.В.Веденяпин – М.: Колос, 1975. – 195 с.
17. Волкова, Н.А. Экономическая оценка инженерных проектов: Методика и примеры расчетов на ЭВМ [Текст] / Н.А. Волкова, В.В. Коновалов, И.А. Спицын, А.С. Иванов. - Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – 242 с.
18. Вукалович, М.П. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. [Текст]/– М., Издательство стандартов, 1969– 115с.
19. Герсеванов, Н.М., Теоретические основы механики грунтов и их применение. [Текст] / Герсеванов Н.М., Польшин Д.Е. - М.,Стройиздат, 1948. – 322 с.
20. Горбатов, А.В., Петровский В.П. Освоение и эксплуатация шнековый прессов на мясокомбинатах. [Текст] / А.В. Горбатов, В.П.Петровский – М., ЦНИИТЭИминмясомолпрома, 1969. – 232 с.
21. Горя, В.С. Алгоритм математической обработки результатов исследований [Текст] / В.С. Горя. - Кишинев: Штиинца, 1978. - 120 с.
22. ГОСТ 25629-2014 – Пчеловодство. Термины и определения[Текст]/ М.,Стандартинформ. 2015 .г
23. ГОСТ 2.105-95. / ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

24. ГОСТ 21179-2000 – Воск пчелиный. Технические условия [Текст] / М., Стандартинформ, 2011 г.
25. ГОСТ 23728-23730-88 / Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М., 1989. – 34 с.
26. Григорьев, А.М. Элементы теории шнековый прессов. [Текст] / Григорьев А.М. – Казань, 1956-1957. – с.72.
27. Грищенко, Ф.В. Методическое пособие для выполнения работ по курсу «Основы теории и расчета рабочих процессов сельскохозяйственных машин» [Текст] / Ф.В. Грищенко . – Рязанский СХИ, 1979. – с.54.
28. Груздев, И.Э. Анализ работы шнекового аппарата с учётом изменения некоторых технологических факторов системы. [Текст] / – Л., «Труды Ленинградского ин-та холодной промышленности», 1972. – с.247.
29. Груздев, И.Э. Теоретические и экспериментальные исследования в области обработки продуктов в шнековых устройствах [Текст] / Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Янков, Р.В. // «Труды Ленингр. технол. ин-та им. Ленсовета», 1976, С.17-23.
30. Губин, А.Ф. Мед, воск и температура. Пчеловодство, 1965,- №3,1. С. 27.
31. Дерегин, Б.В. Адгезия твердых тел [Текст] / Б.В. Дерегин, И.А. Кротова, В.П. Смилга. - М.: Наука, 1973. – 280с.
32. Джарвис, Д.С. Мед и другие естественные продукты. [Текст] / – Бухарест: Апимондия, 1975. – 136 с.
33. Дмитриевич, А.Д. Определение теплофизических свойств строительных материалов [Текст] / А.Д. Дмитриевич. - М.: Госстройиздат, 1963. - 204 с.
34. Доспехов, Б.А. Обработка результатов эксперимента [Текст] / Доспехов Б.А. - М.: Наука, 1965. – 192 с.
35. Зимон, А.Д. Адгезия пищевых масс [Текст] / А.Д. Зимон - М.: Агропромиздат, 1985. – 272 с.
36. Зимон, А.Д. Что такое адгезия [Текст] / А.Д. Зимон. - М.: Наука, 1983. – 176 с.

37. Иваненко, А.В. Исследование шнековый прессов для переработки винограда. [Текст] / А.В. Иваненко и др.– М., Энергия, 1972. –299с.
38. Иванов, Ц. Влияние на различии методы на сушене на цветния пращец върху съдржанието на белтъци и ензимата актианост / Ц. Иванов, Т. Иванова// Животновъд. науки. 2001. -Т.38, №1. - С. 191-192.
39. Иванов, Ц. Сушене на цветния пращец / Ц. Иванов // Пчеларство. 2000. -Т.98, №8. - С. 23-26.
40. Ивановский, Л.Е., Энциклопедия восков, пер. с нем., т. 1, Л., 1956–
41. Ивановский, Л.Е., Энциклопедия восков, пер. с нем., т. 2, Л., 1956–
42. Иойриш, Н. П. Продукты пчеловодства и их использование. [Текст] / Н. П. Иойриш–М.: Россельхозиздат, 1976. – 175 с.
43. Иойриш, Н. П. Пчёлы – человеку. [Текст] / Н. П. Иойриш – М.: «Наука», 1974 – 182 с.
44. Исайченко, В.П. Теплопередача. [Текст] / Исайченко В.П., В.А. Осипова, А.С. Сукомел– М.: Энергия, 1969. – 375 с.
45. Каблуков, И. А. О мёде, воске, пчелином клее и их подмесях. [Текст] / И. А Каблуков. – М.-Л.: Госиздат, 1927 – 122 с.
46. Камке, Э. / Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. - М.: Наука, 1971. –с. 347.
47. Каталог пчеловодного оборудования фирмы «BayerAnimalHealthСМВН» (Германия), 2014.
48. Каталог пчеловодного оборудования фирмы «Deb's Bee Supply» (США), 2014.
49. Каталог пчеловодного оборудования фирмы «P.P.Tomasz Lyson» (Польша), 2014.
50. Каталог пчеловодного оборудования фирмы «Swienty» (Дания), 2014.
51. Каталог пчеловодного оборудования фирмы «Тomas » (Франция),2014.
52. Каталог пчеловодного оборудования фирмы «Vita» (Италия), 2014.
53. Кейс, В.И. Конвективный тепло- и массообмен. [Текст] / Кейс В.И.– М.: Энергия, 1972.

54. Кипарисов, Н.Г. Устройство для определения коэффициента вязкости жидкости методом падающего шарика [Текст] / Кипарисов Н.Г., Корнилов С.В., Музалев А.В., Лузгин Н.Е // Перспективные разработки в области механизации сельского хозяйства Сборник научных трудов. – Рязань, 2001.
55. Кирьянов, Ю.Н. Пчеловодный инвентарь и пасечное оборудование. [Текст]/ Кирьянов Ю.Н – М.: Мир, 2004. – 187 с.
56. Кирьянов, Ю.Н., Русакова Т.М. Технология производства и стандартизации продуктов пчеловодства. [Текст]/ Ю.Н.Кирьянов, Т.М. Русакова- М.: Колос, 1998, – 60 с.
57. Ковалев, А.М. Учебник пчеловода [Текст] / А.М. Ковалев, А.С. Нуждин и др., М. Сельхозизд, 1958. – 197 с.
58. Ковальская, Л.П. Технология пищевых производств [Текст]/ Под ред. Л.П. Ковальской. - М.: Колос, 1999. – 752 с.
59. Кован, Т. В. Воск, его история, добывание, фальсификация и торговое значение. [Текст] / Т. В. Кован - С.-П.: Наука, 1912.– 234 с.
60. Кондратьев, Г.М. Приборы для скоростного определения тепловых свойств [Текст] / Г.М. Кондратьев. - Л.: Ленмашгиз, 1949.– 351 с.
61. Кондратьев, Г.М. Регулярный тепловой режим [Текст] / Г.М. Кондратьев. - М.: Гостехиздат, 1954. – 408 с.
62. Кондратьев, Г.М. Тепловые измерения [Текст] / Г.М. Кондратьев. - М.-Л.: Машгиз, 1957.
63. Коновалов, В.В. Практикум по обработке научных исследований с помощью ПЭВМ [Текст] / Коновалов В.В. Учебное пособие. – Пенза: ПГСХА, 2003. – 176 с.
64. Королев, Р.В. /Пчелы и здоровье. [Текст] / Р.В. Королев– Л.: Наука, 1975. – 87 с.
65. Кошляков, Н.С. и др. Уравнения в частных производных математической физики. [Текст] / под редакцией Н.С. Кошляков - М.: Высшая школа, 1970. –345 с.
66. Кривцов, Н.Н. Справочник-энциклопедия пчеловода. [Текст]/ Н.Н. Кривцов, В.И. Лебедев, Г.Ф. Таранов - М.: Информагротех, 1997,- 400 с.

67. Кривцов, Н. И. Пчелы бесценные дары. [Текст]/ Н. И.Кривцов–Континенталь-книга, 2005 – 144 с.
68. Кривцов, Н. И., Лебедев В. И. Получение и использование продуктов пчеловодства. [Текст]/ Н. И.Кривцов, В. И Лебедев. — М., 1993. – 201 с.
69. Кривцов, Н.И. Определение объема выборки, необходимой для получения достоверных результатов в исследованиях по пчеловодству. [Текст]/ - Кривцов Н.И. -Рыбное: НИИ пчеловодства, 1986. –65 с.
70. Кривцов, Н.И. Получение и использование продуктов пчеловодства. [Текст]/ Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев. – М.: Нива России, 1993. – 285 с.
71. Кривцов, Н.И. Пчеловодство [Текст]/ Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев, Т.М. Туников.- М.: Колос, 2007. – 512 с.
72. Кривцов, Н.И. Пчеловодство. [Текст]/ Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев, Г.М. Туников -М.: Колос,- 1999, – 399 с.
73. Кривцов, Н.И. Пчеловодство. Учебник для высших учебных заведений [Текст] / Г.М. Туников, Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев –М.: Колос, 2003. – 412с.
74. Кривцов, Н.И., Лебедев В.И. Продукты пчеловодства 2-е изд., [Текст] / Н.И.Кривцов, В.И. Лебедев М., Нива России, 1995г – 254с.
75. Кузьмина, К.А. Продукты пчеловодства и здоровье. [Текст]/– 2-е изд., Саранск: Из-во Саратовского Ун-та, 1988. – 194 С.
76. Кунчева, С. Съдържание на някои тежки метали в пчелен мед от различни райони на Северна и Южна България / С. Кунчева, В. Пенева, М. Маринова // Вет. мед. 1998. - №3-4. – С.200-202.
77. Курдюмов, В.И. Влияние режимных параметров на энергозатраты при сушке зерна в установках контактного типа [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Журавлев А.В. // Аграрный научный журнал № 11 2015. – Саратов. . – С. 61-63.
78. Курдюмов, В.И. К вопросу очистки рамок от воскового сырья центробежными силами [Текст] / Журавлев А.В., Сутягин С.А., Курдюмов В.И. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета № 4 2015. – Рязань. – С. 83-85.

79. Курдюмов, В.И. О возможности снижения энергозатрат в установках контактного типа для сушки зерна [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Карпенко Г.В., Сутягин С.А.// Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 11 2011– Барнаул. – С. 101-106.
80. Курдюмов, В.И. Обоснование теплового режима в зерносушилке контактного типа [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Карпенко Г.В. //Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии №3 2014. – Ульяновск. – С. 120-124.
81. Курдюмов, В.И. Оптимизация режимов работы установки контактного типа присушке зерна [Текст] / Курдюмов В.И., Карпенко М.А., Павлушин А.А., Сутягин С.А. //Известия Международной академии аграрного образования №17 2013. – М. – С. 60-62.
82. Курдюмов, В.И. Экспериментальное обоснование эффективности контактного способа передачи теплоты при сушке зерна [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А., Журавлёв А.В.// Наука в центральной России №10 2013. – Липецк. – С. 5-11.
83. Курош, А.Г. Курс высшей алгебры [Текст] / А.Г. Курош. – Л.: Лань, 2013. – 432 с.
84. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена [Текст] / С.С. Кутателадзе. - Новосибирск: Наука, 1979. – 415 с.
85. Кэй, Д., Лэби, Т. Справочник физика-экспериментатора. [Текст] / – Перевод с 9-го англ. изд. – М., ГИИЛ, 1949 – 237 с.
86. Кэй, Д., Лэби, Т. Таблицы физических и химических постоянных[Текст]/ - Перевод с 12-го англ. изд. Под ред. Яковлева – М., Физматгиз, 1962. – 166 с.
87. Лаврехин, Ф.А. Биология медоносной пчелы. [Текст]/ Ф.А. Лаврехин, С.В. Панкова -М.,Колос, 1982 – 303с
88. Лайцанский, Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. Том 1-2 [Текст] / Л.Г. Лайцанский, А.И. Лурье – М.: Главная редакция Физико-математической литературы «Наука», 1983. –433 с.

89. Лебедев, В.И. Возраст сотов, биологические и продуктивные показатели семьи [Текст] / Лебедев В.И. // Пчеловодство, 1999.- №5,- С. 44-46.
90. Лебедев, В.И. Теоретические и практические аспекты технологии производства продуктов пчеловодства [Текст] / Лебедев В.И.. М., 1993. –211 с.
91. Лебедев, В.И., Яковлев А.С. Восковая продуктивность пчелиных семей [Текст] / В.И. Лебедев, А.С. Яковлев //Пчеловодство, 1995. – №3.
92. Лудянский, Э.А. Продукты пчеловодства в сельском хозяйстве и медицине. [Текст]/ Э.А. Лудянский -Волгда,1987 –245 с.
93. Лузгин, Н.Е. Технология и агрегат для капсулирования подкормок пчелам: Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. - Рязань, 2004.
94. Луканин, В.Н. Теплотехника [Текст] / Луканин В.Н. – М.: Высш. шк.,2005.- 671 с.
95. Лукоянов, С. П. Справочник пчеловодческого инвентаря и пасечного оборудования. [Текст] / С. П. Лукоянов, А. С. Павленко - Рыбное: НИИП, 1988.– 296 с.
96. Лукоянов, С. П. Пчеловодческий инвентарь и пасечное оборудование. [Текст]/ - Рыбное: НИИП, 1987. – 276 с.
97. Лыков, А.В. Теория теплопроводности. / А.В. Лыков– М.: Гостехиздат, 1952. –334 с.
98. Лыков, А.В., Михайлов, Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. [Текст] /А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов– М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. –322 с.
99. Макаров, В.Г. Продукты пчеловодства: биологические и фармакологические свойства, клиническое применение. Избранные лекции. [Текст]/ В.Г. Макаров, Д.Г. Узбекова, М.В. Семенченко, Е.Н. Якушева, Б.К. Романов. – Рязань 2004. – 198с.
100. Мамонов, Р.А. Технология и сушилка пыльцевой обножки дис. канд. тех. наук: 05.20.01 [Текст] / А.А. Рогов;. Ряз. гос. сельхоз. акад. –Рязань: Изд- Ряз. гос. сельхоз. акад., 2008. – 183 с.
101. Мачичка, М. Пчеловодное оборудование, инвентарь и их самодельное производство. [Текст] /– Братислава: Природа, 1988 – 511 с.

102. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. [Текст] / С.В. Мельников– Л.: Колос, 1978. –544 с.
103. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст]/ С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1972. – 185 с.
104. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст]/ С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
105. Методы проведения научно-исследовательской работы в пчеловодстве. [Текст] / - Рыбное: НИИ пчеловодства, 2006. – 154с.
106. Михеев М.А. Основы теплопередачи [Текст]/ М.А. Михеев, И.М. Михеева. - М.: Энергия, 1977. – 343 с.
107. Нагаев, Н.Б. Агрегат для вытопки воска/ Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., [Текст] //Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения». Издательство Рязанского ГАТУ, 2013. – С. 116-120.
108. Нагаев, Н.Б. Исследование адгезионных и пластических свойств воска [Текст] / Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., Грунин Н.А.. // 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». Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2013. – С. 54-58.
109. Нагаев, Н.Б. Исследование процесса вытопки воска [Текст] / Нагаев Н.Б., Некрашевич В.Ф., Лузгин Н.Е. Торженева Т.В., Грунин Н. // Пчеловодство №3 2014г, Москва, 2014 . – С.50-51
110. Нагаев, Н.Б. Испытания агрегата для вытопки воска из рамок [Текст] / В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, Н.А. Грунин, К.В. Буренин // Сельский механизатор № 7 2015. – М. – С. 26-27.

111. Нагаев, Н.Б. Исследование теплофизических и реологических свойств воскового сырья и воска [Текст] / Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., Лузгин Н.Е., Грунин Н.А., Урляпов М.В., Ушаков А.И. Водяков В.Н. // «Исследования молодых ученых аграрному производству» Сборник по материалам онлайн – конференции посвященной Дню российской науки, Белгород 2015 – С. 102-110.
112. Нагаев, Н.Б. Обоснование оптимального угла течения разваренного воскового сырья [Текст] / Сборник по материалам 66-й Международной конференции посвященной 170 – летию со дня рождения профессора П.А. Костычева «Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона» Часть 2 // Ряз. гос. агротех. ун-т. – Рязань, 2013. – С. 200-203.
113. Нагаев, Н.Б. Оптимальный угол течения воска [Текст] / Нагаев Н.Б., Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А., Буренин К.В., Грунин Н.А., Елифанцев Д.А. // Пчеловодство № 10 2014г, – М. С.45-48.
114. Нагаев, Н.Б. Тепловой баланс центробежного агрегата для вытопки воска из пчелиных сотов АВВЦ 20/19 [Текст] / Нагаев Н.Б., Некрашевич В.Ф. // Вестник РГАТУ им.П.А. Костычева №4 (24) 2014г., Рязань, 2014. – С.124-128.
115. Нагаев, Н.Б. Исследование вязкости расплавленного воска [Текст] / Лузгин Н.Е., Грунин Н.А., Исаев А.Е., Нагаев Н.Б. // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Научные приоритеты в АПК: инновационные достижения, проблемы, перспективы развития», Издательство Рязанского ГАТУ, 2013. – с. 71-75
116. Нагаев, Н.Б. Центробежный агрегат для вытопки воска из пчелиных сотов АВВЦ 20/19 [Текст] / Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., Торженнова Т.В., Елифанцев Д.А., Урляпов М.В. // Журнал Пчеловодство № 2 2015 г. – С. 52-53, Москва, 2015
117. Налимов, В.В. Таблицы планов эксперимента для факторных и полиномиальных моделей [Текст] / В.В. Налимов. - М.: Металлургия, 1982. – 750с.

118. Налимов, В.В., Чернова И.А. Статистические методы планирования экспериментальных исследований. [Текст]/ Налимов В.В., Чернова И.А. – М.: Наука, 1965. – 332с.
119. Некрасов, В. Ю. Мёд и воск. [Текст] / Некрасов В. Ю. – М.: Колос, 1949 – 67 с.
120. Некрашевич, В.Ф. Влияние способа вытопки на выход воска [Текст] / Некрашевич В.Ф., Рогов А.А. // Интенсивные технологии производства продуктов пчеловодства, их переработка и применение. – Рыбное, 2007. – С. 81-82.
121. Некрашевич, В.Ф. Водяная воскотопка-воскопресс [Текст] / Некрашевич В.Ф., Рогов А.А. / Пчеловодство. - Пчеловодство, №9, 2007. – С. 48.
122. Некрашевич, В.Ф. Исследования процесса вытопки воска [Текст] / Некрашевич В.Ф., Рогов А.А. // Интенсивные технологии производства продуктов пчеловодства, их переработка и применение. – Рыбное, 2007. – С. 79-81.
123. Некрашевич, В.Ф. Механизация пчеловодства. [Текст] / В.Ф. Некрашевич Ю.Н. Кирьянов. – Рязань, 2011. – 291 с.
124. Некрашевич, В.Ф. Определение коэффициента вязкости воска методом Стокса [Текст] / Некрашевич В.Ф., Кипарисов Н.Г., Лузгин Н.Е., Панфилов И.А., Рогов А.А. / Пчеловодство. - Пчеловодство, №10, 2006. – С. 48-49.
125. Новотельнова, Н.Ф. и др. Воск розы и применение его в косметике [Текст]/ Н.Ф. Новотельнова и др. М.Ж.пром., 1966,- №5.
126. Нуждин, А.С. Основы пчеловодства [Текст] / А.С. Нуждин - М.: Агропромиздат, 1988. –211 с.
127. Осипов, В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена [Текст] / В.А. Осипов. - М.: Энергия, 1969. – 392 с.
128. Пастушенков Л. В. Из кельи восковой. [Текст] /– Л.: Лениздат, 1985. – 224 с.
129. Пат. Республики Беларусь ВУ 7291 U 30.06.2011 МПК А 01 К 59/06(2006.01) Центрифуга – воскотопка [Текст] / Торманов Н.А., заявитель и патентообладатель Торманов Николай Анатольевич –№ 20100884; заявл. 21.10.2010

130. Пат. РФ 107446 Российская Федерация, МПК C05F3/06 Шнековый пресс-гранулятор подстилочного навоза [Текст] / Хмыров В.Д., Горелов А.А., Куденко В.Б., Труфанов Б.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО МичГАУ – 2011109303/13, заявл. 11.03.2011; опубл. 20.08.2011
131. Пат. РФ 107459 Российская Федерация, МПК А 01 К 59/06(2006.01) Установка для извлечения воска [Текст] / Гладков Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Гладков Федор Федорович. ». – №2011102430/13; заявл. 24.01.2011; опубл. 20.08.2011.
132. Пат. РФ 114135 Российская Федерация, МПК F26B9/06 Устройство для сушки перговых сотов [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Сутягин С.А., Журавлев А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО УГСХА им. П.А. Столыпина – 2011144992/06, заявл. 07.11.2011; опубл. 10.03.2012.
133. Пат. РФ 121501 Российская Федерация, МПК C05F3/06 Шнековый пресс-гранулятор подстилочного навоза [Текст] / Хмыров В.Д., Горелов А.А., Куденко В.Б., Труфанов Б.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО МичГАУ – 2012124460/13, заявл. 13.06.2012; опубл. 27.10.2012
134. Пат. РФ 146365 РФ Российская Федерация, МПК F26B11/08 Устройство для сушки перговых сотов [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Журавлёв А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО УГСХА им. П.А. Столыпина – 2014115520/06, заявл. 17.04.2014; опубл. 10.10.2014
135. Пат. РФ 2498178 Российская Федерация, МПК F26B9/06 Устройство для сушки перговых сотов [Текст] / Курдюмов В.И., Журавлёв А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО УГСХА им. П.А. Столыпина – 2012122845/06, заявл. 01.06.2012; опубл. 10.11.2013.
136. Пат. РФ 2549380 Российская Федерация, МПК F26B15/04 Устройство для сушки перговых сотов [Текст] / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Журавлёв А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО УГСХА им. П.А. Столыпина – 2014116334/06, заявл. 22.04.2014; опубл. 27.04.2015.
137. Пат. РФ 65342 Российская Федерация, МПК А 01 К 59/06(2006.01) Водяная воскотопка – воскопресс [Текст] / Некрашевич В.Ф., Рогов А.А.; заявитель и

патентообладатель ФГОУ ВПО РГСХА.– № 2007102624/22, заявл. 23.01.2007; опубл. 10.08.2007.

138. Пат. РФ № 155462, МПК А01К 59/06. Агрегат для вытопки воска [Текст] / Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., Торженова Т.В., Липин В.Д., Д.А. Епифанцев, М.В. Урляпов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ - 2014148450/05, 01.12.2014; заявл. 01.12.2014; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28, - 11 с.: ил.

139. Пат. РФ 75538 Российская Федерация, МПК А 01 К 59/06(2006.01) Водяная воскотопка – воскопресс [Текст] / Некрашевич В.Ф., Рогов А.А.,; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО РГСХА.– № 2008111095/22, заявл. 24.03.2008; опубл. 20.08.2008.

140. Патент РФ№ 155462, МПК А01К 59/06. Агрегат для вытопки воска [Текст] / Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., Торженова Т.В., Липин В.Д., Д.А. Епифанцев, М.В. Урляпов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ - 2014148450/05, 01.12.2014; заявл. 01.12.2014; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28, - 11 с.: ил.

141. Пат. РФ 81040 Российская Федерация, МПК А 01 К 59/06(2006.01) Центрифуга - воскотопка [Текст] / Симоганов Н.А.; заявитель и патентообладатель Симоганов Николай Александрович. – №2008139528/22 заявл. 07.10.2008; опубл. 10.03.2009.

142. Пат. РФ № 2528960 Российская Федерация кл. А01К 59/06 « Агрегат для вытопки воска», Бюллетень № 26 опубликовано 20.09.2014, Некрашевич В.Ф., Нагаев Н.Б., Торженова Т.В., Липин В.Д.

143. Погорелый, Л.В. Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин. [Текст] / Л.В. Погорелый– Киев: Техника, 1991. – 157 с.

144. Пономарева М.С., Толстой А.Ф. Физика. [Текст] / Методические указания. М.С.Пономарева, А.Ф.Толстой – М.: ВСХИЗО, 1988.

145. Пономарева, М.С., Толстой А.Ф. Физика. Определение коэффициента вязкости жидкости методом падающего шарика. [Текст] /Методические разработки для выполнения лабораторной работы №6 студентами-заочниками по зооинженерным специальностям// М.С. Пономарева, А.Ф. Толстой. – М.: ВСХИЗО, 1988.

146. Прокофьев, Р.В. Технология производства и переработки продуктов пчеловодства [Текст] / Сборник научных трудов// Р.В. Прокофьев– Рыбное, 1989. – 45–57 с.
147. Пустильник, Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений [Текст] / Е.И. Пустильник. - М.: Наука 1968. - 288 с.
148. Рогов А.А. Агрегат для извлечения воска из сотов [Текст] / Некрашевич В.Ф., Рогов А.А., Некрашевич В.Ф. – Материалы научно-практической конференции 2007 – Рыбное, 2007.
149. Рогов, А.А. Способы переработки воскового сырья [Текст]/ Рогов А.А. // Инновационные технологии в пчеловодстве. – Рыбное, 2006. – С. 173-175.
150. Рогов, А.А. Технология и агрегат для вытопки воска из пчелиных сотов дис. канд. тех. наук: 05.20.01 [Текст] / А.А. Рогов; Ряз. гос. сельхоз. акад. –Рязань: Изд-во Ряз. гос. сельхоз. акад., 2009. –161 с.
151. Родионов, В.В. Если вы имеете пчел [Текст] / В.В. Родионов, И.А. Шабаров. - М.: Агропромиздат, 1987. – 311 с.
152. Розробка технології мазей з ліпофільним екстрактом обніжжя бджолиного / О.І. Тихонов et al. // Вісник фармації. 2000. - №2. – С.22-25.
153. Романков, П.Г. Процессы и аппараты химической промышленности. [Текст]/ П.Г. Романков, М.И.Курочкина, Ю.Я. Мозжерии и др. – Л.: Химия, 1989. – 560с.
154. Румшинский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст]/ Л.З. Румшинский. - М.: Наука, 1971. –192 с.
155. Рут А.И., Рут Э.Р., Рут Х.Х. и др. Энциклопедия пчеловодства [Текст] / А.И. Рут, Э.Р. Рут, Х.Х.Рут -1964. М.: Колос. Перевод Северцевой Е.И., Губиной Т.П.- М.:, 1963. – 331 с.
156. Рыбаков, И.Я. Теория и расчёт шнеков. [Текст] /– «Торфяная промышленность», 1959. – 433 с.
157. С.В. Кардашевский Испытания сельскохозяйственной техники [Текст] / С.В. Кардашевский, А.В. Погорелый и др. - М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
158. Синяков, А.Ф. Пчелиная аптека. [Текст] / А.Ф. Синяков М.: 1995. – 50 с.

159. Слостэнский, И. В. Пчёлы: мёд и другие продукты. [Текст] / Слостэнский И. В. – Л.: Лениздат, 1987 – 158 с.
160. Словарь-справочник пчеловода [Текст] / – М.: Россельхозиздат 1984. – 288 с.
161. Смена гнёзд пчелиных семей и воскодобывание [Текст]/ Методическое указание – В.И. Лебедев и др.- Рыбное: НИИП, 1990. – 211 с.
162. Сокольский, С.С. Научно обоснованная технология производства продуктов пчеловодства. [Текст]/С.С. Сокольский, Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев. – Краснодар: «Агропромполорафист», 2000. – 277 с.
163. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под ред. Миклецкина Т.З. [Текст]/- М.: Машиностроение, 1964. – 234 с.
164. Таранов, Г.Ф. Книга пчеловодства. [Текст]/ Г.Ф. Таранов, В.И. Лебедев – М.: Росагропромиздат, 1992, – 251с.
165. Таранов, Г.Ф. Промышленная технология получения и переработки продуктов пчеловодства. [Текст] / Г.Ф. Таранов– М.: Агропромиздат, 1987- 156 с.
166. Таранов, Г.Ф. Словарь – справочник пчеловода [Текст]/ Г.Ф. Таранов. - М.: Россельхозиздат, 1984. - 189 с.
167. Темнов, В. А. Переработка воскового сырья на пасеке. [Текст]/ В. А. Темнов– М.: Россельхозиздат, 1966.- 104 с.
168. Темнов, В. А. Технология продуктов пчеловодства. [Текст] / В. А Темнов.– М.: Колос, 1967. - 206 с.
169. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочное пособие [Текст]/ Под ред. А.С. Гинзбурга. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 223 с.
170. Тихонов, А.И. Промышленное пчеловодство в народном хозяйстве [Текст]/ А.И. Тихонов, Л.Н. Заикина и др. - М.: ВНИЭСХ, 1990 – 221 с.
171. Туников, Г.М. Пчеловодство. Учебник для высших учебных заведений. [Текст] / Г.М. Туников, Н.И. Кривцов, В.И. Лебедев –М.: Колос, 1999 – 399с.
172. Харчук, Ю.Н. Пчеловодство от А до Я. [Текст] / Ю.Н. Харчук - Ростов н/Д.: Феникс, 2006 – 512 с.

173. Хмыров, В.Д. Исследование физико-механических свойств свиного подстилочного навоза [Текст] / Хмыров В.Д., Куденко В.Б., Захаров Ю.А., Фирсов Д.Н. // Вестник Мичуринского государственного университета №1 2013. – Мичуринск-Наукоград. – С. 45-47.
174. Хмыров, В.Д. К вопросу прессования воскового сырья в процессе вытопки [Текст] / Хмыров В.Д., Гребенникова Т.В., Хатунцев П.Ю., Тимофеев А.Н. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева № 4 2015. – Рязань. – С. 102-106.
175. Хмыров, В.Д. Кинематическое исследование рабочих органов питателя-разрушителя навоза [Текст] / Хмыров В.Д., Горелов А.А., Куденко В.Б., Труфанов Б.С.// Вестник Мичуринского государственного университета №1 2011. – Мичуринск-Наукоград. – С. 185-189.
176. Хмыров, В.Д. Экспериментальная установка пресс-сепаратора органических удобрений [Текст] / Хмыров В.Д., Труфанов Б.С., Куденко В.Б., Горелов А.А.// Вестник Мичуринского государственного университета №2 2012. – Мичуринск-Наукоград. – С. 110-112.
177. Хрипин, В.А. Математическая обработка факторного эксперимента вида 3^3 в компьютерной программе «Mathematica» [Текст]/ Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. трудов ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань, 2013, с. 46-51. – 405 с.
178. Цебро, В.П. День за днем на пасеке. [Текст] / В.П. Цебро– Л., Лениздат, 1991.
179. Чиркин, В.С. Теплофизические свойства материалов. [Текст]/ В.С. Чиркин Справочник. – М., Физматгиз, 1959. – 231 с.
180. Чудаков, В. Г. Технология воска. [Текст]/ В. Г.Чудаков – М.: Колос, 1965. – 231 с.
181. Чудаков, В. Г. Технология получения продуктов пчеловодства. [Текст] / В. Г.Чудаков – М.: Колос, 1979. – 160 с.
182. Чудаков, В.Г. Технология воска [Текст]/ В. Г.Чудаков – М.: Колос, 1971. –266 с.

183. Чудновский, А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов [Текст] / А.Ф. Чудновский. - М.: Физматгиз, 1962. – 407 с.
184. Шатров, М.Г. Теория теплопроводности. [Текст] / Шатров М.Г. – М.: Высш. шк., 2000. – 332с.
185. Шенкель, Г.Н. Теория исследования шнековый прессов. [Текст] / Г.Н. Шенкель– М., Наука 1968. – 367 с.
186. Шкендеров, С. Продукты пчеловодства [Текст]/ С. Шкендеров, Ц. Иванов. - София: Земиздат, 1983. – 223 с.
187. Шкендеров, С. Продукты пчеловодства [Текст]/ С. Шкендеров, Ц. Иванов. - София: Зениздат, 1985. - 251 с.
188. Шкендеров, С., Иванов Ц. Пчелиные продукты [Текст] /Перевод с болг.. София: Земиздат, 1985. – 266с.
189. Шкендеров, С., Иванов Ц. Пчелиные продукты [Текст] /Перевод с болг.. София: Земиздат, 1988. – 269с.
190. Шкендеров, С., Продукты пчеловодства. [Текст] / Шкендеров С., Иванов Ц. София, Зениздат, 1985. – 151с.
191. Шчесна Т. Эффект хранения на колебание содержания витамина С и А в собранной пчелами пыльце / Т. Шчесна, Е. Рыбак Хмиелевска, Л. Борнус // Апиакта. - 1991. - Т.26, №2. – С. 33-36.
192. Ярмош, Г.С. Малая механизация на любительских пасеках. [Текст]/ Г.С. Ярмош, А.Г. Ярмаш – М.: Агропромиздат, 1991. – 211с.
193. Ярцев, А. Н. Восковое хозяйство. [Текст] / А. Н.– Ярцев М.-Л.: Сельхозгид, 1930. – 95 с.
194. A comparison of methods used to define the antioxidant capacity of bee pollen and beebread collected from Transylvania / O.G. Staniu et al. // International conference on recent trends in apicultural science. Finland, 2007. - P. 107.
195. Advances on pharmacological study of bee pollen / W. Tian et al. // XXXVIIIth International Congress of Apimondia. Ljubljana, 2005. - P.126.

196. Aichholz R., Lorbeer E., Investigation of combwax of honeybees with high-temperature gas chromatography and high-temperature gas chromatography-chemical ionization mass spectrometry, II: Chemical ionization mass spectrometry. *Journal of Chromatography.A* 883 (1/2): 2000–p. 75-88.
197. Air pollution at Malpensa airport (Italy) and honey / E. Porro et al. // XXXVIth Apimondia international apicultural congress. Vancouver, 1999. -P.245.
198. Alford, D.V.. Bumble bees. Davis-Poynter, London, UK 1975.
199. Almeida-Muradian L.B. Carotinoids and carotene stability during storage of dried bee pollen pellets / L.B. Almeida Muradian, M. Moriya // 40th Apimondia international apicultural congress. - Melbourne, 2007. - P. 164-165.
200. American Bee Journal 1982. Cosmetic natural waxes are not melting away. *Amer. Bee J.*, 122 (12): 822-823
201. American Bee Journal 1993. U.S. honey, beeswax and pollen prices. *Amer. Bee J.*, 133 (4): 235
202. An ecological analysis of the environmental based of the study of honeybees and of the beehive products / Y.I. Makarov et al. // XXXIVth International congress of Apimondia. Bucharest, 1995. - P.64-65.
203. Anderson L.M. Pyridoxine requirement of the honey bee *Apis mellifera* for brood rearing / L.M. Anderson, A. Dietz // *Apidologie*. 1976. - №7. - P.67-84.
204. Apimondia 1975b. The hive products: food health and beauty. Proc. of Intern. Symp. on Apitherapy. Apimondia Publishing House, Bucharest, Romania, 154 pp.
205. Apiterapy with bee bread in the department of child endocrinology, Kaunas academic clinics / L. Mackevicius et al. // XXXVth International apicultural" congress. - Bucharest, 1997. - P.418:
206. Beckedorf S. Gemeinsam ernten in der Schweiz / S. Beckedorf// *Deutsches bienen*. 2009. - №5. - P.8-10.
207. Becker W. Was hat die Zahnheikunde mit Honig, Propolis und Pollen zu tun? / W. Becker//*Biol. Zahnmed*. 1999. - Vol. 15, №1. -P.7-11.
208. Beekeeping Newsletter, IBRA, Cardiff, UK, 3 pp.

209. Beeswax Book, Chapter 2 Bee Product Science, September 2009 16 18. Jimenez J.J. Sample preparation methods for beeswax characterization by gas chromatography with flame ionization detection/ Bernal J.L., Del Nozal M.J. //Journal of Chromatography.A 1129 (2): 262-272.
210. Bennett H. H., Industrial waxes, v. 1-2, N. Y., 1975;
211. Benson K. About some physical characteristics of the pollen loads collected by *Apis mellifera* L. / H.A. Berutich, I. Bootello, B.M. Lourdes // Apicultura. -1990.-№6.-P. 179-191.
212. Benson K. Cleaning and handling pollen / K. Benson // American Bee Journal. 1984. - Vol.131, №4. - P.303-305.
213. Bernal J. Physico-chemical parameters for the characterization of pure beeswax and detection of adulterations/ Jimenez J., Del Nozal M., Torbio L., Martin M.T.// European journal of lipid science and technology 107 (3) 2005: 158-166 p.
214. Beverly M., Kay P., Voorhees K Principal component analysis of the pyrolysis mass spectra from African, Africanized hybrid, and European beeswax. J.Anal.Appl.Pyrolysis 34-1995: 251-263 p.
215. Bianu E. Honeybees bioindicators in a heavy metals polluted area / E. Bianu // 40th International Congress of Apimondia. - Melbourne, 2007. - P.95-96.
216. Biochemical studies of bee collected pollen in Egypt. Part 2. Fatty acids and non saponifiables / M.B. Shaver et al. // Journal of apicultural-research. -1987. - Vol.26, №2. - P. 133-136.
217. Biochemistry and microbiology of bee collected almond (*Prunus dulcis*) pollen and bee bread / G.M. Loper et al. // Apidologie. - 1980. - № 11 (1). -P. 63-73.
218. Bogdanov S. Quality and standards for pollen and beeswax / S. Bogdanov // XXXVIIth Apimondia international apicultural congress. Ljubljana, 2003. - P. 604.
219. Bogdanov S. Rückstände von Fluvalinat in Bienenwachs, Futter und Honig./ Imdorf S. Kilchemann V., Gerig L.//Schweizerische Bienen-Zeitung,1990 113 (3): 130-134.

220. Bogdanov S. Residues of p-dichlorobenzene in honey and beeswax.// Kilchemann V. Journal of Apicultural Research 2004, 43 (1): 14-16.
221. Bondarchuk L.I. Lysozyme of honeybee's hypopharyngeal glands at different protein nutrition / L.I. Bondarchuk, I.A. Levchenko, I.M. Nagornaya // 39th International congress of Apimondia. Dublin, 2005. - P.86-87.
222. Bonvehi S.J. Nutrient compositional and microbiological quality of honeybee - collected pollen in Spain / S.J. Bonvehi, E.R. Jorda // J. Agric. Food. Chem. -1997. Vol.45, №3. - P. 725-732.
223. Boselli E. Valutazione di produzioni apistiche: gelatina reale e cera/ In Sabatini, A G; Bolchi Serrini, G; Frilli, F; Porrini, C (eds)// Il ruolo della ricerca in apicoltura, Litosei; Bologna; p. 321-329.
224. Brand-Garnys E.E. Bienenwachs - Neue Aspekte eines klassischen Kosmetik Rohstoffes. // Brand-Garnys E.E., Sprenger J. //Z.Körperpflegemittel-, Parfümerie-, Riechstoff- und Aerosol-Industrie 1988, (14): 547-552.
225. Brindza Ji Biochemical characterization of Oily Squash (Cucurbita pepo, Var. Styriaca L.) pollen / J. Brindza // 40th Apimondia international apicultural congress. Melbourne, 2007. - P. 216.
226. Brown R. Hive, products: pollen, propolis and royal jelly / R. Brown // Bee World. 1989. - Vol. 70, №3. -P.109-117.
227. Bryschweiler H. Bienenwachs - Zusammensetzung und Beurteilung der Reinheit durch gaschromatographische Analyse. / Bryschweiler H., Felber H. Fat science technology 1989, (2): 73- 79.
228. Calderone N. Regulated pollen collection by honey bees / N. Calderone // XXXVth International congress of Apimondia. Vancouver, 1999. - P.237-238.
229. Campos M. G. Sugar content- from different floral origin of beepollen / M.G. Campos, G. Frigerio // 39th International' congress of Apimondia. Dublin, 2005.-P. 147.
230. Imdorf S. Schutz der Waben vor Mottenschäden. Weiterbildungskurs für Berater/ Imdorf S. // Mitteilung des Schweizerischen Zentrums Bienenforschung (24): 1-14.
231. Chemistry and biochemistry of natural waxes, ed. by P. E. Kolattu-kudy, Amst., 1976

232. Chemistry and biochemistry of natural waxes, ed. by P. E. Kolattu-kudy, Amst., 1976.
233. Chen X. Studies on the effects of bee pollen and propolis as additives on the production performance and on some blood biochemical index of egg laying hens / X. Chen // XXXIVth International congress of Apimondia. Bucharest, 1995.-P. 376-377.
234. Chlebo R. Occurrence of microscopic fungi in bee collected pollen / R. Chlebo, M. Kacaniova, M. Kopernicky // XXXVIIIth Apimondia international apicultural congress. Ljubljana, 2003. - P.412.
235. Coggshall W., Beeswax. Production, harvesting and products. Wicwas Press / Coggshall W., Morse R.. //New York New York, 1984.
236. G. DeGrandi Comparisons of pollen substitute diets for honey bees: consumption rates by colonies and effects on brood and adult populations / G. DeGrandi Hoffman et al. // Journal of apicultural research. - 2008. - Vol.47, №4. - P.268-270.
237. B. Jablonski et al. Contamination of nectar, honey and pollen collected from roadside plants / ' // XXXIVth International' congress of Apimondia. -Bucharest, 1995. P:308-309.
238. Conti M.E. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination / M:E. Conti, F. Botre // Environ. Monit and Assess. -2007. Vol.69, №3. - P. 267-282.
239. Coronel B.M. B. Bromatologic characterization of the pollen of Argentina, offered* to be, sold for nourishment use / B.M.B. Coronel // XXXVIIIth Apimondia.international apicultural congress. Ljubljana, 2003. - P.886.
240. Couture, H. and Guzzi, D. 1989. Candle making using beeswax. Leaflet from Trop.
241. Crailsheim K. The importance of pollen for individuals and for the honeybee colony / K. Crailsheim // XXXVI International congress of Apimondia. -Vancouver, 1999.' P. 123.
242. Davis A.R. Mixed loading of pollen from *Echium plantagineus* and *Airschfeldia incana*, Lzgreze Fass by an individual honey bee (*Apis mellifera* L.) / A.R. Davis // American Bee Journal. 1991. - Vol.131, №10. - P. 649655.

243. Davis A.R. The effect of long term storage on nutritive value of pollen for brood rearing of honey bees / A.R. Dietz, S.P. Stephenson // American Bee Journal. 1975. - Vol.115. - P.476-477; 482.
244. Determination of Na, Ca, K, Mg, Cu, Fe, Mn and total cationic milliequivalents in Spanish commercial honeys / J.L. Rodrigues Otero et al. // Journal of apicultural research. - 1992. - Vol.31, №2. -P.65-69.
245. Devakumar, C., Baskaran, S. and Mukerjee, S.K. 1986. Isolation of N-triacontanol from Indian beeswax and its effect on dry matter of rice. Indian Journal of Agricultural Sciences, 56(10): 744-747
246. Diaz Gonzalez, J.A. and Iglesias Perez, H. 1977. Characteristics of Cuban beeswax. Revista Cubana de Farmacia, 11(1): 75-82
247. Dietz A. Influence of long term storage on the nutritional value of frozen pollen for brood rearing of honey bees / A. Dietz, H.R. Stevenson // Apidologie. 1980. - Vol.11, №2. - P.143-151.
248. Dietz A. The effect of long term storage on the nutritional value of frozen pollen for brood rearing of honey bees / A. Dietz, S. Stephenson // American Bee Journal! 1975. - Vol. 115. - P. 476-477.i
249. Dobson H.E.M. Survey of pollen and pollenite lipids chemical cues to flower visitors? / H.E.M. Dobson // American Journal of Botany. - 1988. -Vol.75, №2.-P. 170-182.
250. Donadieu, Y. and Marchiset, C. La cire (wax). Editions Maloine, Paris, 1984. -131 p.
251. Driesche, D. Van. Hand-dipped beeswax candles. Amer. Bee J., 123 (3): 1983.- 173-176
252. Eason, T. 1991. Hand dipping beeswax candles. Amer. Bee J., 131: 617-619
253. Effect of the degidration process on the vitamin G content of bee pollen pellets / L.B. Almeida Muradian et al. // 40th Apimondia international apicultural congress. - Melbourne, 2007. - P. 168.
254. Egorova A. I. Producing blue ribbon pollen / G. Gannuzzi // American Bee Journal. - 1984. - Vol.124, №4. - P. 299-300.

255. Ferber C.E.M. and Nursten, H.E.. The aroma of beeswax. J. Sci. Fd. 1977-123 p.
256. Ferber C., Nursten H.. The aroma of wax. Journal of the Science of Food and Agriculture 28: 1977.- 511-518 p.
257. G. Gannuzzi // American Bee Journal. 1993. - Vol.133, №6. - P.414-417. 348; Gannuzzi G. Pollen: food for honey bee and man? Second of a four part article
258. G; Gannuzzi//American Bee Journal; 1993.-Vol.133, №7.- P.496-500. 349. Gannuzzi G. Pollen: food for honey bee and man? Third-of a four part article / 34 (5): 1-3. 32.
259. Gilliam M. Microbiology of pollen and bee bread: the genus Bacillus. / M. Gilliam // Apidologie. 1979. - №3. - P. 269-274;
260. Gilliam M. Microbiology of pollen and bee bread: taxonomy and enzymology of molds / M; Gilliam, D.B. Prest., B.J. Lorcnz // Apidologie. 1989. - №1.p.53-68. .
261. Gilliam M. Microbiology of pollen and bee bread: the yeasts / M. Gilliam // Apidologie.- 1979.-№1. -P. 43-53;
262. Grandjean P. Non specificity of clinical signs and symptonic caused by environmental chemicals / P. Grandjean, S.I I. Saudel, R.D. Kimbraush // Hum. and Exp. Toxicol. - 1991.- Vol.10, № 3. -P.167-173.
263. Hagerdorn H.H. Effect of the age used in pollen supplements on their nutritive value for the honey bee. II. Effect of the vitamin content of pollens / H.H. Hagerdorn, M. Burger // Journal Apicultural Research. 1968. - №7. - P.89-95.
264. Harnaj A. Uscator electric de pollen / A. Harnaj, S. Savulescu // Apicultura. -1973. Vol.26, №1. - P. 23-24.
265. Haydak M.H. Brood rearing by honey bees confined to pure carbohydrates diet / M.H. Haydak // Journal econ. entomol. 1935. - P.657-660.
266. Haydak M.H. Influence of storage on the nutritive value of pollens for newly emerged honeybees / M.H. Haydak // American Bee Journal. 1961. -Vol.101.-P.354-355.
267. Haydak M.H. Influence of storage on the nutritive value of pollens for brood rearing by honeybees / M.H. Haydak // Journal of apicultural research. 1963. - №2.- P. 105-107.

268. Haydak M.H: Pollen pollen substitutes - beebread / M:H. Haydak // American" bee-Journal. - 1958. - №4. - P.145-146.
269. Heather R.M; The effect of pollen availability during larval' development on; the behaviour and physiology of spring reared honey bee workers / R.M. Heather, W.O. Gard // Apidologie. - 2006. - Vol:37. - P.533-546.
270. Hepbur H. R. Honeybees and wax, an experimental natural history. Springer-Verlag, Berlin Berlin (1986)
271. Herbert E. W. Chemical compositional and nutritive value, of bee collected and bee - stored pollen / E.W. Herbert, Hi Shimanuki // Apidologie. - 1978. -Vol.9, №1.-P. 33-40.
272. Herbert E.W. Seasonal variation of seven minerals in honey bee. collected pollen / E.W. Herbert, G. Miller Mili // American Bee Journal. - 1987. -Vol.127, №5.-P. 367-369.
273. Hidalgo B.A. About some physical characteristics of the pollen loads collected by Apis mellifer L. / B.A. Hidalgo, I. Bootello, M.L. Bravo // Apicultura. -1990. №6. - P.179-191.
274. Hitchcock J.D. A milk digesting enzyme in pollen stored by honey bees / J.D. Hitchcock // American bee Journal - 1956. - №12. - P. 487-489.
275. Honey bees as bioindicators of the environmental pollution / K. Porrini et al. // XXXVIIIth Apimondia international apicultural congress. Ljubljana, 2003. - P.424.
276. Honeybee (Apis mellifera), sentinel of environmental pollution: study in Western France / O. Lambert et al. // 41st International congress of Apimondia. Montpellier, 2009. - P.45.
277. Imdorf A., Bogdanov S., Kilchenman V.. Wachsumstellung im Rahmen der Bioimkerei. Schweizerische Bienen-Zeitung 2004 127 (11): 15-18p.
278. Imdorf A., Charriere J., Maquelin C.. Alternative Varroa control. American Bee Journal 1996 136 (3): 189-193.
279. Imdorf A., Charriere J., Maquelin C.. Wachsumstellung in der Bio-Imkerei. Kontaminationsgefahr durch Rückstände auf den Kastenwänden ? Mitteilung des Schweizerischen 2002-233 p.

280. Influence of the physicochemical parameters (pH and acidity) on pollen load quality in Spain / A.V. González et al. // International conference on recent trends in apicultural science. Finland, 2007. - P.99.
281. Investigations of difference of heavy metals amount in honeybee bodies and their honey indicator of honeybee biofilter abilities / Z. Stanimirovic et al. // 39th Apimondia international apicultural congress. - Dublin, 2005. - P. 95.
282. Jimenez J., Bernal J., Aumente S., Del Nozal J., Martin T., Bernal J.. Quality assurance of commercial beeswax. Part I. Gas chromatography-electron impact ionization mass spectrometry of hydrocarbons and monoesters. *Journal of Chromatography A* 1024 2004: 147-154 p.
283. Jimenez J., Bernal J., Aumente S., Del Nozal J., Martin T., Bernal J.. Quality assurance of commercial beeswax - II. Gas chromatography-electron impact ionization mass spectrometry of alcohols and acids. *Journal of Chromatography.A* 1007 (1-2) 2003: 101-116 p.
284. Jimenez J., Bernal J., Aumente S., Del Nozal J., Martin T., Bernal J.. 2007 Detection of beeswax adulterations using concentration guide-values. *European journal of lipid science and technology* 109 (7) 2007: 682-690 p.
285. Kauffeld N.M. Chemical analysis of Louisiana pollen and colony conditions during a year / N.M. Kauffeld // *Apidologie*. 1980. - №1 (11). - P.47-55.
286. Keller I. Pollen nutrition and colony development in honey bees. Part. 1 / I. Keller, P. Fluri, A. Imdorf // *Bee world*. 2005. - №1 (86). - P.3-10.
287. Keller I. Pollen nutrition and colony development in honey bees. Part. 2/1. Keller, P. Fluri, A. Imdorf// *Bee world*. 2005. - №2 (86). - P.27-34.
288. Kirk-Othmer E..Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. John Willey and Sons (5th. edition) 2007-211 p.
289. Klungness L.M. A scanning electron microscopic study of pollen loads collected and stored of honeybees / L.M. Klungness, Y. Peng // *Journal of apicultural research*. 1983. - P.264-271.
290. Krell R., KRELL, R Value-added products from beekeeping. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations Roma1996;- 409 p

291. Kronic M.D. Honey resistance to air contamination with arsenic from a copper processing plant / M.D. Kronic, L.R. Trzic, J.M. Kulinčević // *Apidologie*. -1989. Vol.20, №3. - P. 251-255.
292. Kurstjens S., McClain E., Hepburn H.. The proteins of beeswax. *Naturwissenschaften* 77 (1) 1990: -34-35p.
293. Langridge D.F. Protein Supplement for bees / D.F. Langridge // *American Bee Journal*. 1969. - №3. - P. 98-100.
294. Lepissier M. / Le pollen - recolte et sechage // *l'abeille de France*.-1978, 616. 205-207p.
295. Loper G.M. A nutritional bioassay of honeybee brood rearing potential / G.M. Loper, R.L. Berdel // *Apidologie*. - 1980. - №2 (11). - P.181-189.
296. Loper G.M. The effects of nine pollen diets on broodrearing of honeybees / G.M. Loper, R.L. Berdel // *Apidologie*. 1980 - №4 (11). - P.351-359.380 Маковиц И. Съхраняване на прашеца / И. Маковиц // *Пчеларство*. 1997. - Т.95, №8. - С. 17-18.
297. Machova M.. Resistance of bacillus-larvae in beeswax. *Apidologie* 24 (1) 1993:- 25-31.
298. Manning R. Fatty acids in pollen: A review of their importance for honey bees / R. Manning // *Bee World*. 2001. - Vol.82, №2. - P. 60-75.
299. Masanek, J. Pylově nahrazky / J. Masanek // *Včelařství*. - 1976. - 29, 2. - С.33-34.
300. Mateescu C. Pollen extracts- nutritive functional and therapeutical potentialities / C. Mateescu, D. Barbulescu, A. Cristea // *XXXVth International congress of Apimondia*. - Bucharest, 1997. - H.420-423.
301. Mattila H.R. The effects of pollen availability during larval development on the behavior and physiology of spring reared honey bee workers / H.R. Mattila, G.W. Otis // *Apidologie*.- 2006.- №37. - P.533-546.
302. Maurizio A. Pollenernahrung und Lebensvorgänge bei der Honigbiene (*Apis mellifera* L) / A. Maurizio // *Landwirtsch. Jahrb. Schweiz*. 1954. - Vol.68. -P.115-182.
303. McCloud E.. Waxes. *Wattle Bark* 22: 2006-156-173p.

304. Mickevicius J. The use of honey and pollen in malignant gastrointestinal tumours / J. Mickevicius, K. Valuckas, V. Milasiene // XXXI Vth International congress of Apimondia. Bucharest, 1995. - P.395.
305. Middleman S. / Flow Theori of miksinq in the singlescrew-extruder. – «Ind. Enq. Chem», 1975.
306. Olstrom, J.M. Pollen trapping experiences some do's and dont's / J.M. Olstrom // Am. Bie J. - 1984. 124, 4: C. 292-297.
307. Petersen I. The Honeycomb Conjecture: Proving mathematically that honeybee constructors are on the right track. Science News 156: 60. 1999-:121 p.
308. Pirk C., Hepburn H., Radloff S., Honeybee combs: construction through a liquid equilibrium process ? Naturwissenschaften 91-2004: -350-353p.
309. Rabie A.L. The nitrogen content of pollen protein / A.L. Rabie, J.D. Welles, Z.K. Dent // Journal of apicultural research. 1983. - Vol.22, №2. - P.119-123.
310. Relevancy of bee pollen in human diet / P. Gallman et al. // 39th International Congress of Apimondia. Dublin, 2005. - P.71.
311. Ritter W.. Early detection of american foulbrood by honey and wax analysis. Apiacta 38 (2)- 2003: 125- 130 pp.
312. Rodrigues Malaver A. Total antioxidant activity of bee - collected pollen / A. Rodrigues - Malaver // 40th International congress of Apimondia - Melbourne, 2007.- P.141-142.
313. Rzepecka Stojko et al. // XXXV International Congress of Apimondia.
314. Satini A., Marcazzan G., Colombo R., Lercker G.. Possibilità di controllo della cera d'api. Apitalia 16 (5) -1989: -6-7p.
315. Schmidt J., Buchmann Other products of the hive. in: The Hive and the Honey Bee (Graham, J.M., Editor) Dadant & Sons, Hamilton, IL. unknown:1989, 927-988. 31.
316. Schmidt J.O. Chemical composition of the fresh pollen and bee bread pollen stored at different temperatures / R.P. Singh, P.N. Singh // Nat. Acad. Sci. Lett. 1989. - Vol.12, №7. -P.233-239.

317. Schmidt J.O. The nutritional mix and match of pollen: is it all the same for bees? / J.O. Schmidt // XXXVI Apimondia international apicultural congress. -Vancouver, 1999. — P.123-124.
318. Schroeder A. The actual situation of varroacides in beeswax: An international comparison. / Schroeder A.//Apidologie ,1994 2 : 74-79/
319. Skowronek W. Produkty pszczoły wskaźnikami skażenia środowiska / W. Skowronek // Pszczelarstwo. 1992. - Vol.43, №2-3. - P. 9-11.
320. Standifer L.N. Biochemical and microbiology of pollen collected by honey bees from almond *Prunus Dulcis* / L.N. Standifer, W.F. McCaughey, S.E. Dixon//Apidologie.- 1980. Vol.2, №2. - P.163-171.
321. Stangaciu S. Apitherapy counter indicator and limits / S. Stangaciu // XXXVIth'Apimondia international apicultural congress. - Vancouver, 1999. -P.218.
322. Stark J.A. The honey bee (*Apis mellifera* L.) as monitor of short- and longterm environmental and ecological changes / J.A. Stark // // XXXVIIIth Apimondia international apicultural congress. - Ljubljana, 2003. -P.284.
323. Stoiculescu, D. Păștura: Hrană naturală ideală pentru hrănirea puiului / D. Stoiculescu // Apic. in Romania. - 1985. - 60, 2. - C. 11-12.
324. Sun L. Preliminary study of active fraction and chemical compositions in bee collected rape pollen for liver protection / L. Sun, K. Liu, W. Peng // 41st International congress of Apimondia. Montpellier, 2009.- P.70.
325. Szczesna T. Amino acids of bee collected pollen / T. Szczesna, H. Rybak - Chmielewska // XXXVI International congress of Apimondia. - Vancouver, 1999. - P.271.t , 409. Szczesna T. Concentration of selected elements in honeybee collected pollenA
326. The application of standardized load of pollen on the hind bee leg as shielding factor towards the embryotoxic impact of the acetyl salicylic acid / A.tb
327. The nutrient composition of honeybee collected pollen in Otago, New Zealand / S. Day et al. // Journal of apicultural research. - 1990. - Vol.29, №3. - P. 138-146.

328. The use of honey and pollen in the chemotherapy of cancer patients / J. Mickevicius et al. // XXXVth International apicultural congress. Bucharest, 1997.- P.423.A
329. Tiiylii A.O. Investigation of mineral content of economically important pollen grains collected by *Apis mellifera* / L. A.O. Tiiylii // 40th Apimondia international apicultural congress. Melbourne, 2007. - P. 65.
330. Trace elements in two honey based materials / Y. Stabilj et al. // XXXVIIIth Apimondia international apicultural congress. — Ljubljana, 2003. -P. 582.
331. Troitskaya V. Bees avoid pollution with metal salts / V. Troitskaya, V. Krylov, S. Tarasova // XXXVI Apimondia international apicultural congress. -Vancouver, 1999. P:238.
332. Ultrastructurae modificatiois in pollen grains stored by honey bees (*Apis mellifera* L.) / A. Salba Zlinares et al. // Journal of apicultural research. -1992. - Vol.31, №2. - P.53-64.
333. Unsaponifiable matter of six pollen collected by honey bees in Egypt. / R.S. Farag et al. // Journal of apicultural research. 1980: - Vol.19: - P. 248-254'.
334. Urbanova O. Analysis of pollen grains of wind and insect pollinated plant species / O. Urbanova // 40th Apimondia international apicultural congress. -Melbourne, 2007. P. 201.
335. Use of standardized pollen, pellets as a shielding- preparation in model investigation of embriotoxicity / J. Stojko et al. // XXXTVth International congress of Apimondia. Bucharest, 1995. - P.403.
336. Vaissiere B.E. Analisis of bee collected pollen / B.E. Vaissiere // American Bee Journal. 1993. - Vol.133, №11. - P. 749-750.
337. Varis A.L. Trace element and botanic origin of honey / A.L. Varis, J. Helenius, K. Koivulento // XXXVth International apicultural congress. Bucharest, 1997. -P. 334-335.
338. Vcelak V., Chemie und Technologic des Montanwachses, Praha, 1959
339. Vitamin E content in Brazil pollen pellets preliminary study / K.C.L.S. Oliveira et al. // 39th Apimondia international apicultural congress. - Dublin, 2005.-P. 33.

340. Warth A. H., The chemistry and technology of waxes, 2 ed., N.Y., 1953
341. Warth A. H., The chemistry and technology of waxes, 2 ed., N.Y., 1956;
342. Warth A. H., The chemistry and technology of waxes. (2nd. edition) (1959)
343. Webby R. Floral'origin and seasonal variation of bee collected pollens from individual' colonies in New Zealand / R. Webby // Journal of Apicultural research. - 2004. - Vol.43, №3. - P.83-92.
344. Weidenmiiller A. In-hive behavior of pollen foragers (*Apis mellifera*) in honey bee colonies under conditions of high and own pollen need / A. Weidenmiiller, J. Tautz // Ethology. 2002. - Vol.108; №3. - P. 205-221.
345. WEISS, K (1965) Ueber den Zuckerverbrauch und die Beanspruchung der Bienen bei der Wachserzeugung. Sonderdruck Z.Bienenforsch. 8 (4): 106-124.
346. Wilczynska A. The accumulation of trace metals and pesticides in honey / A. Wilczynska, P. Przybfcyowski // XXXVIIIth Apimondia international apicultural congress. Ljubljana, 2003'. — P.946.
347. Zasz, J. Sušiareň pelu / J. Zasz // Učelār. - 1980. - 54, 12: C. 276-277.
348. Zepissier, M. Ze pollen - recolte et sechage / M. Zepissier // Z'aille de France. - 1978.- 616: C. 205-207.
349. Каталог компании АГРО 63. Пчеловодческое оборудование [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bee63.com/p12900517-voskotopka-ramochnaya.html>
350. Журнал Пчеловодство [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://beejournal.ru/>
351. Пчеловодство и его механизация [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://vk.com/labbee>
352. Репникова Н.Е. Новый стандарт на восковое сырье [Электронный ресурс] / Н.Е. Репникова / Пчеловодство № 8, 2010г. Режим доступа: <http://beejournal.ru/vosk/383-novyj-standart-na-voskovoe-syre>
353. Каталог экспонатов 49 конгресса Апимондии г.Киев 2013г. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://apimondia2013.org.ua/ru/>

354. Сайт компании Апистрой. Каталог оборудования [Электронный ресурс]
Режим доступа: <http://apistroy.ru/catalog/products/voskotopki/>
355. Сайт Росстата [Электронный ресурс] Режим доступа:
http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/fttrade/
356. Каталог патентов [Электронный ресурс] Режим доступа:
<http://www.freepatent.ru/patents/2529701>
357. Сайт <http://refac.ru/> [Электронный ресурс] Режим доступа:
<http://refac.ru/ximicheskij-sostav-voska-pchelinogo/>
358. Сайт <http://www.e-reading.by> [Электронный ресурс] Режим доступа:
http://www.e-reading.by/bookreader.php/115431/Harchuk_-_Spravochnik_po_domashnemu_pchelovodstvu.html
359. Сайт ЧПГУ [Электронный ресурс] Режим доступа:
vestnik.chgpu.edu.ru/upload/fil.php?id=269
360. Сайт ЧПГУ [Электронный ресурс] Режим доступа:
vestnik.chgpu.edu.ru/upload/fil.php?id=383
361. Форум пчеловодов Украины [Электронный ресурс] Режим доступа:
<http://inethub.olvi.net.ua>

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Результаты исследования по определению исходной влажности воскового сырья, воскового сота и воска.

Таблица А.1 – Результаты определения влажности воскового сырья

Время сушки, ч	№ пробы				
	1	2	3	4	5
Масса пустой бюксы, гр.	31,28	30	31,1	30,4	30,5
Масса бюксы с восковым сырьём, гр.	41,28	40,17	41,14	40,42	40,61
3 часа сушки, гр.	41,25	40,14	41,07	40,37	40,56
4 часа, гр.	41,21	40,11	41,01	40,24	40,49
5 часа, гр.	41,16	40,05	40,96	40,15	40,37
6 часа, гр.	41,06	39,95	40,87	40,06	40,25
7 часа, гр.	40,98	39,89	40,75	39,96	40,19
8 часа, гр.	40,81	39,77	40,69	39,87	39,98
Влажность воскового сырья, %	4,6	4,4	4,3	4,2	4,7

Таблица А.2 – Результаты определения влажности воска

Время сушки, ч	№ пробы				
	1	2	3	4	5
Масса пустой бюксы, гр.	31,28	30	31,1	30,4	30,5
Масса бюксы с воском, гр.	41,29	40,14	41,18	40,47	40,53
3 часа сушки, гр.	41,23	40,11	41,12	40,41	40,49
4 часа, гр.	41,18	40,08	41,08	40,36	40,48
5 часа, гр.	41,11	40,01	41,03	40,31	40,39
6 часа, гр.	41,05	39,98	40,97	40,25	40,31
7 часа, гр.	40,97	39,94	40,91	40,21	40,25
8 часа, гр.	40,92	39,91	40,87	40,13	40,16
Влажность воска, %	3,9	3,8	3,7	3,5	4,0

Таблица А.3 – Результаты определения влажности воскового сота

Время сушки, ч	№ пробы				
	1	2	3	4	5
Масса воскового сота, гр.	41,19	40,11	41,13	40,45	40,59
3 часа сушки, гр.	41,15	40,06	41,06	40,39	40,47

4 часа, гр.	41,09	39,95	40,98	40,28	40,36
5 часа, гр.	41,02	39,87	40,87	40,16	40,23
6 часа, гр.	40,96	39,69	40,73	40,03	40,18
7 часа, гр.	40,83	39,52	40,62	39,93	40,09
8 часа, гр.	40,69	39,46	40,49	39,86	39,91
Влажность воскового сота, %	9,6	10,1	10,3	9,8	10,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Результаты экспериментов по определению статических и динамических коэффициентов трения различного дисперсного состава по пищевой стали стали в зависимости от температуры.

Таблица Б.1 – Результаты определения статических и динамических коэффициентов трения f воскового сырья различного дисперсного состава по нержавеющей стали в зависимости от температуры $T^{\circ}C$

$T^{\circ}C$	№ п/п	Коэффициенты трения f в покое и в движении					
		Дисперсный состав, мм					
		менее 2		2,0 – 4,0		4,0 – 7,0	
		α_d	α_c	α_d	α_c	α_d	α_c
20 ⁰ C	1	22,6	30,3	14,2	30,8	11,3	25,7
	2	22,9	30,2	14,8	30,3	11,1	25,4
	3	22,8	30,1	14,5	30,6	11,0	25,3
	4	22,9	29,9	14,9	30,2	11,4	25,7
	5	22,7	30,0	14,7	30,4	11,3	25,6
	Ср.	22,8	30,1	14,6	30,5	11,2	25,5
	f	0,4203	0,5796	0,2604	0,5890	0,1980	0,4769
25 ⁰ C	1	22,6	32,5	15,3	33,5	12,8	26,8
	2	22,3	32,6	15,2	33,3	13,1	26,9
	3	22,5	32,2	15,1	33,2	13,0	27,1
	4	22,6	32,1	14,9	33,0	12,7	27,2
	5	22,2	32,4	15,0	33,1	12,8	26,7
	Ср.	23,4	32,3	15,1	33,2	12,9	26,9
	f	0,4327	0,6321	0,2698	0,6543	0,2290	0,5073
30 ⁰ C	1	24,8	35,8	15,7	35,3	13,6	28,3
	2	25,2	35,4	15,6	35,4	13,9	28,4
	3	25,1	35,6	15,9	35,6	14,0	28,5
	4	25,0	35,7	15,8	35,5	14,2	28,2
	5	25,7	35,5	15,9	35,2	14,1	28,1
	Ср.	24,9	35,6	15,8	35,4	13,9	28,3
	f	0,4641	0,7159	0,2829	0,7106	0,2474	0,5384
35 ⁰ C	1	25,7	41,1	17,3	37,8	14,5	31,7
	2	25,3	41,2	17,4	37,4	14,7	31,6
	3	25,4	40,9	17,1	37,5	14,6	31,8
	4	25,5	40,8	17,0	37,9	14,8	32,0
	5	25,8	41,3	17,3	37,7	14,7	31,9
	Ср.	25,6	41,1	17,2	37,6	14,6	31,8

	<i>f</i>	0,4791	0,8723	0,3095	0,7701	0,2604	0,6201
40°C	1	26,2	43,4	18,2	38,3	15,4	32,4
	2	26,3	43,2	18,3	38,5	15,1	32,5
	3	25,9	43,1	17,9	38,1	15,3	32,1
	4	25,8	43,0	17,8	38,0	14,9	32,0
	5	26,2	43,3	18,0	37,9	14,8	31,9
	Cp.	26,1	43,2	18,1	38,2	15,2	32,2
	<i>f</i>	0,4898	0,9390	0,3268	0,7869	0,2716	0,6297
45°C	1	26,7	45,2	18,3	38,9	15,8	32,7
	2	26,8	45,6	18,6	38,8	15,7	32,8
	3	30,0	45,5	18,7	39,1	15,3	33,0
	4	30,1	45,2	18,4	39,0	15,2	33,1
	5	30,2	45,1	18,6	39,2	15,7	33,2
	Cp.	26,9	45,3	18,5	38,9	15,6	32,9
	<i>f</i>	0,5073	1,010	0,3345	0,8069	0,2792	0,6469
50°C	1	27,6	46,8	19,2	40,4	16,3	32,8
	2	27,1	46,9	19,3	40,6	15,9	32,9
	3	27,5	47,1	18,9	40,8	16,0	32,5
	4	27,2	47,0	18,8	40,2	15,8	32,7
	5	27,5	47,2	19,0	40,3	16,4	32,6
	Cp.	27,4	46,9	19,1	40,5	16,2	32,7
	<i>f</i>	0,5183	1,0686	0,3462	0,8540	0,2905	0,6919
55°C	1	27,8	48,8	16,3	42,3	16,4	33,3
	2	27,7	48,6	16,7	42,0	16,5	33,4
	3	28,1	48,9	16,8	41,8	16,9	33,5
	4	28,0	48,8	16,9	41,9	16,3	33,0
	5	28,2	48,5	16,4	42,2	16,7	33,2
	Cp.	27,9	48,7	19,6	42,1	16,6	33,3
	<i>f</i>	0,5294	1,3822	0,3560	0,9035	0,2981	0,6568
60°C	1	28,2	49,8	20,2	41,6	16,9	34,2
	2	28,1	46,4	20,1	41,9	17,3	34,1
	3	28,6	46,5	20,4	41,8	17,4	34,0
	4	28,5	46,7	20,5	42,0	17,0	34,4
	5	28,0	46,5	20,6	42,1	17,2	34,3
	Cp.	28,3	49,6	20,3	41,9	17,1	34,2
	<i>f</i>	0,5384	1,1749	0,3639	0,8972	0,3084	0,6795
65°C	1	28,9	51,3	20,2	42,8	17,0	35,3
	2	28,9	50,8	20,3	42,7	17,1	35,4
	3	29,3	51,4	20,4	42,6	17,4	35,0
	4	29,2	50,9	19,9	43,0	17,3	35,1
	5	29,0	51,2	19,8	43,1	17,1	34,9

	Ср.	29,1	51,2	20,1	42,9	17,2	35,2
	<i>f</i>	0,5565	1,2437	0,3838	0,9292	0,3095	0,7054

Таблица Б.2 – Результаты определения статических и динамических коэффициентов трения f воска различного дисперсного состава по нержавеющей стали в зависимости от температуры $T^{\circ}\text{C}$

$T^{\circ}\text{C}$	№ П/П	Коэффициенты трения f в покое и в движении					
		Дисперсный состав, мм					
		менее 2		2,5–4,0		4,0 – 7.0	
		$\alpha_{\text{д}}$	$\alpha_{\text{с}}$	$\alpha_{\text{д}}$	$\alpha_{\text{с}}$	$\alpha_{\text{д}}$	$\alpha_{\text{с}}$
20 $^{\circ}\text{C}$	1	21,3	38,8	18,4	30,5	13,0	27,8
	2	21,4	39,1	18,5	30,6	13,4	27,9
	3	21,1	39,2	18,2	30,4	13,2	28,0
	4	21,0	39,0	18,1	30,7	13,3	28,1
	5	20,9	38,9	18,4	30,8	13,1	28,2
	Ср.	21,2	39,1	18,3	30,6	13,2	27,9
	<i>f</i>	0,3878	0,8126	0,3307	0,5913	0,2345	0,5294
25 $^{\circ}\text{C}$	1	22,4	40,2	20,7	31,9	14,2	28,2
	2	22,1	40,5	20,8	31,8	14,5	28,3
	3	22,3	40,1	20,9	31,7	14,6	28,6
	4	22,5	40,6	20,4	32,2	14,1	28,3
	5	22,0	40,0	20,5	32,3	14,3	28,7
	Ср.	22,3	40,3	20,6	32,1	14,4	28,4
	<i>f</i>	0,4101	0,8480	0,3758	0,6272	0,2567	0,5371
30 $^{\circ}\text{C}$	1	23,6	40,9	21,2	34,5	15,3	30,2
	2	23,7	40,6	21,5	34,6	15,1	30,1
	3	24,1	40,7	21,3	34,2	15,0	30,4
	4	24,0	40,5	21,0	34,1	15,4	30,5
	5	24,2	41,0	21,4	34,4	14,9	30,1
	Ср.	23,9	40,8	21,3	34,3	15,2	30,3
	<i>f</i>	0,4431	0,8631	0,3898	0,6821	0,2716	0,5843
35 $^{\circ}\text{C}$	1	25,7	41,0	22,7	37,4	15,9	31,9
	2	25,6	41,2	22,8	37,3	15,7	31,7
	3	25,4	40,9	22,4	37,5	15,8	32,0
	4	25,9	40,8	23,0	37,8	15,6	32,1
	5	26,0	41,3	22,9	37,7	16,1	31,7
	Ср.	25,8	41,1	22,8	37,6	15,8	31,8
	<i>f</i>	0,4834	0,8723	0,4203	0,7535	0,2829	0,6201
40 $^{\circ}\text{C}$	1	28,1	42,3	24,3	41,5	16,0	35,5
	2	28,3	42,6	24,2	41,6	16,3	35,8

Продолжение таблицы Б.2

	3	28,4	42,7	24,1	41,3	16,4	35,7
	4	28,2	42,1	24,2	41,0	15,9	35,9
	5	28,6	42,5	24,0	41,4	15,8	35,7
	Ср.	28,3	42,4	24,1	41,3	16,2	35,6
	f	0,5384	0,9131	0,4473	0,8785	0,2905	0,7159
45°C	1	30,2	43,1	24,7	42,6	16,7	36,2
	2	30,3	43,5	24,5	42,3	16,9	36,1
	3	30,5	43,4	24,8	42,1	16,5	36,0
	4	30,4	43,2	24,2	42,8	17,1	36,5
	5	30,1	43,2	24,9	42,7	17,0	36,4
	Ср.	30,2	43,3	24,6	42,5	16,8	36,3
	f	0,5820	0,9423	0,4578	0,9163	0,3019	0,7345
50°C	1	31,5	44,6	25,6	43,6	16,7	37,6
	2	31,3	44,3	26,1	43,2	17,2	37,4
	3	31,6	44,2	25,8	43,4	16,9	37,5
	4	31,2	44,8	25,7	43,5	17,0	37,1
	5	31,4	44,7	26,0	43,0	17,1	37,2
	Ср.	31,3	44,5	25,9	43,3	16,9	37,4
	f	0,6080	0,9826	0,4855	0,9423	0,3038	0,7645
55°C	1	32,9	46,1	26,5	43,7	16,9	39,5
	2	32,7	46,3	26,6	44,1	17,3	39,7
	3	32,6	46,4	26,1	44,0	17,2	39,8
	4	33,1	46,5	26,5	43,8	17,0	39,6
	5	33,2	46,2	26,2	44,2	17,4	39,9
	Ср.	32,8	46,3	26,4	43,9	17,2	39,6
	f	0,6444	1,0464	0,4954	0,9623	0,3095	0,8272
60°C	1	33,2	47,6	27,1	44,3	17,9	40,1
	2	33,5	47,5	27,2	44,2	17,6	40,5
	3	33,6	47,2	26,7	44,5	17,8	40,3
	4	33,3	47,1	27,0	44,4	17,5	40,4
	5	33,6	47,5	26,8	44,1	17,4	40,2
	Ср.	33,4	47,3	26,9	44,2	17,6	40,3
	f	0,6593	1,0836	0,5073	0,9754	0,3172	0,8480
65°C	1	34,8	48,8	27,6	44,9	18,2	42,1
	2	34,7	48,9	27,4	44,8	17,9	42,4
	3	34,2	49,2	27,5	45,2	18,3	42,6
	4	32,3	49,0	27,2	45,3	17,8	42,2
	5	32,6	49,1	27,1	45,4	18,1	42,5
	Ср.	34,5	48,9	27,3	45,1	17,9	42,3
	f	0,6872	1,1463	0,5161	1,0034	0,3229	0,9099

Приложение В

(обязательное)

Результаты эксперимента по определению вязкости воска μ выше температуры плавления в зависимости от температуры $T^{\circ}\text{C}$. Данные полученные на ротационном вискозиметре «ВИСКОТЕСТЕР VT 550» (фирма HAAKE, Германия).

Таблица В.1 – Исследование вязкости воска μ при температуре 65 $^{\circ}\text{C}$

№ измерения	GP in 1/s	Tau in Pa	Eta in Pas	T in $^{\circ}\text{C}$	t in s	t_seg in s
1 1	10,96	0,307	0,028	65,02	3,308	1,092
1 2	22,07	0,675	0,03061	65,02	4,431	2,215
1 3	33,15	0,798	0,02408	65,02	5,523	3,307
1 4	44,12	1,105	0,02505	64,96	6,615	4,399
1 5	55,22	1,351	0,02446	64,96	7,738	5,522
1 6	66,18	1,596	0,02412	64,96	8,846	6,63
1 7	77,28	1,842	0,02383	64,97	9,938	7,722
1 8	88,37	1,903	0,02154	64,97	11,09	8,876
1 9	99,85	2,21	0,02214	64,97	12,22	9,999
1 10	110,8	0,553	0,004987	65,05	13,37	11,15
1 11	123	3,254	0,02647	65,05	14,59	12,37
1 12	134,7	3,561	0,02644	65,05	15,74	13,52
1 13	146,3	3,623	0,02476	65,17	16,83	14,62
1 14	157,4	5,219	0,03316	65,17	17,96	15,74
1 15	168,4	4,605	0,02735	65,17	19,05	16,83
1 16	179,3	4,973	0,02773	65,2	20,14	17,92
1 17	190,4	5,833	0,03063	65,2	21,26	19,05
1 18	201,5	5,342	0,02651	65,2	22,35	20,14
1 19	212,4	6,079	0,02862	65,17	23,45	21,23
1 20	223,3	5,894	0,02639	65,17	24,57	22,35
1 21	234,7	4,359	0,01858	65,17	25,66	23,45
1 22	245,6	5,71	0,02325	65,09	26,77	24,55
1 23	256,7	6,201	0,02415	65,09	27,91	25,69
1 24	267,8	6,263	0,02338	65,09	29,02	26,8
1 25	279,1	6,386	0,02288	64,98	30,11	27,89
1 26	290	6,386	0,02202	64,98	31,23	29,02
1 27	301,2	7,245	0,02405	64,98	32,32	30,11
1 28	312,1	7,245	0,02322	64,96	33,42	31,2
1 29	322,9	7,307	0,02263	64,96	34,54	32,32
1 30	334,1	7,859	0,02352	64,96	35,63	33,42
1 31	345,1	7,552	0,02188	65,02	36,72	34,51
1 32	356,2	7,859	0,02206	65,02	37,85	35,63

1 33	367	8,289	0,02258	65,02	38,95	36,74
1 34	378,5	8,903	0,02352	65,08	40,05	37,83
1 35	389,5	8,657	0,02223	65,08	41,17	38,95
1 36	400,7	9,394	0,02344	65,08	42,26	40,05
1 37	411,4	9,701	0,02358	65,14	43,35	41,14
1 38	422,5	12,1	0,02863	65,14	44,46	42,24
1 39	433,5	10,93	0,02521	65,14	45,55	43,34
1 40	444,5	11,67	0,02625	65,15	46,65	44,43
1 41	455,3	11,24	0,02468	65,15	47,75	45,54
1 42	466,3	11,79	0,02528	65,15	48,84	46,63
1 43	477,4	11,73	0,02457	65,12	49,95	47,74
1 44	488,7	12,16	0,02488	65,12	51,08	48,86
1 45	499,8	11,91	0,02383	65,12	52,18	49,97
1 46	510,6	12,4	0,02429	65,06	53,28	51,06
1 47	521,9	12,03	0,02306	65,06	54,4	52,18
1 48	532,8	12,34	0,02316	65,06	55,51	53,29
1 49	543,9	12,77	0,02348	65	56,6	54,38
1 50	555,2	13,08	0,02356	65	57,71	55,49
1 51	565,9	12,59	0,02224	65	58,8	56,58
1 52	577	12,77	0,02214	64,97	59,89	57,67
1 53	587,9	12,89	0,02193	64,97	61,01	58,8
1 54	599,1	14	0,02337	64,97	62,1	59,89
1 55	609,7	14,49	0,02377	65,04	63,2	60,98
1 56	621,1	14,06	0,02264	65,04	64,32	62,1
1 57	632	15,04	0,0238	65,04	65,43	63,21
1 58	642,9	15,53	0,02416	65,12	66,52	64,3
1 59	654,2	17,07	0,02609	65,12	67,64	65,43
1 60	665,5	16,95	0,02547	65,12	68,73	66,52
1 61	676,2	17,25	0,02552	65,16	69,83	67,61
1 62	687,3	17,31	0,02519	65,16	70,93	68,72
1 63	698,1	17,25	0,02471	65,16	72,04	69,83
1 64	709,4	18,17	0,02562	65,16	73,13	70,92
1 65	720,5	19,65	0,02727	65,16	74,26	72,04
1 66	731,4	17,56	0,02401	65,16	75,35	73,13
1 67	742,6	18,36	0,02472	65,13	76,46	74,24
1 68	753,6	18,24	0,0242	65,13	77,58	75,36
1 69	764,9	18,11	0,02368	65,13	78,69	76,47
1 70	775,9	20,26	0,02611	65,04	79,79	77,58
1 71	786,7	17,74	0,02255	65,04	80,92	78,7
1 72	798,3	18,11	0,02269	65,04	82,01	79,79
1 73	809,1	20,32	0,02512	65,02	83,1	80,89
1 74	820	20,45	0,02493	65,02	84,22	82,01
1 75	831,2	21,06	0,02534	65,02	85,33	83,12
1 76	842,1	20,57	0,02443	65,01	86,43	84,21

1 77	853,3	20,08	0,02353	65,01	87,55	85,33
1 78	864,7	21,12	0,02443	65,01	88,64	86,42
1 79	874,8	22,04	0,0252	65,11	89,73	87,52
1 80	886,1	22,84	0,02578	65,11	90,86	88,64
1 81	897,6	22,96	0,02558	65,11	91,95	89,73
1 82	908,5	23,02	0,02534	65,16	93,04	90,82
1 83	919,7	24,13	0,02624	65,16	94,16	91,95
1 84	930,5	23,52	0,02527	65,16	95,25	93,04
1 85	941,3	23,88	0,02537	65,2	96,36	94,15
1 86	952,4	23,76	0,02495	65,2	97,5	95,28
1 87	963,7	23,64	0,02453	65,2	98,61	96,39
1 88	975,3	24,13	0,02474	65,12	99,72	97,5
1 89	986,3	23,52	0,02384	65,12	100,8	98,62
1 90	997,5	24,99	0,02505	65,12	101,9	99,71
1 91	999,6	25,42	0,02543	65,06	103	100,8

Таблица В.2 – Исследование вязкости воска μ при температуре 70 °С

№ измерения	GP in 1/s	Tau in Pa	Eta in Pas	T in °C	t in s	t_seg in s
1 1	11,22	0,184	0,01641	69,65	3,354	1,123
1 2	22,19	0,43	0,01937	69,65	4,446	2,215
1 3	33,15	0,675	0,02037	69,78	5,538	3,307
1 4	44,25	0,982	0,0222	69,78	6,662	4,431
1 5	55,34	1,167	0,02108	69,78	7,754	5,523
1 6	66,18	1,412	0,02134	70,09	8,846	6,615
1 7	77,28	1,596	0,02066	70,09	9,969	7,738
1 8	88,37	1,719	0,01945	70,09	11,09	8,861
1 9	99,47	1,903	0,01914	70,39	12,25	10,02
1 10	111,6	6,324	0,05667	70,39	13,46	11,23
1 11	123,5	2,64	0,02138	70,39	14,65	12,42
1 12	135,2	3,131	0,02316	70,4	15,84	13,6
1 13	147,2	3,684	0,02503	70,4	16,94	14,71
1 14	158,2	4,851	0,03067	70,4	18,03	15,8
1 15	169	4,114	0,02434	70,1	19,13	16,9
1 16	180,1	4,544	0,02523	70,1	20,25	18,02
1 17	191,2	5,28	0,02762	70,1	21,34	19,11
1 18	202	4,851	0,02401	69,86	22,45	20,22
1 19	213,5	5,649	0,02646	69,86	23,59	21,36
1 20	224,6	4,728	0,02105	69,86	24,68	22,45
1 21	235,6	4,789	0,02033	69,76	25,79	23,56
1 22	246,8	4,973	0,02015	69,76	26,93	24,69
1 23	257,9	5,403	0,02095	69,76	28,02	25,79
1 24	268,7	5,526	0,02056	69,82	29,13	26,9

1 25	280,4	5,772	0,02059	69,82	30,25	28,02
1 26	291,1	5,833	0,02004	69,82	31,34	29,11
1 27	302	6,631	0,02196	70,01	32,43	30,2
1 28	313,4	6,631	0,02116	70,01	33,56	31,33
1 29	324,2	6,877	0,02121	70,01	34,65	32,42
1 30	335,1	7,245	0,02162	70,21	35,74	33,51
1 31	346	6,754	0,01952	70,21	36,86	34,63
1 32	357,4	7,061	0,01976	70,21	37,97	35,74
1 33	368,2	8,166	0,02218	70,24	39,06	36,83
1 34	379,7	7,982	0,02102	70,24	40,19	37,96
1 35	390,5	10,13	0,02594	70,24	41,28	39,05
1 36	401,5	8,535	0,02126	70,1	42,37	40,14
1 37	412,6	9,394	0,02277	70,1	43,49	41,26
1 38	423,7	10,5	0,02478	70,1	44,59	42,35
1 39	434,5	9,763	0,02247	69,93	45,68	43,45
1 40	445,7	10,19	0,02287	69,93	46,8	44,57
1 41	456,6	10,44	0,02286	69,93	47,89	45,66
1 42	467,7	8,473	0,01812	69,83	49	46,77
1 43	479	10,44	0,02179	69,83	50,12	47,89
1 44	489,9	10,25	0,02093	69,83	51,22	48,99
1 45	500,8	10,68	0,02133	69,81	52,32	50,09
1 46	511,9	10,93	0,02135	69,81	53,45	51,22
1 47	523	10,87	0,02078	69,81	54,54	52,31
1 48	534	11,36	0,02127	69,9	55,63	53,4
1 49	545,1	11,67	0,0214	69,9	56,75	54,52
1 50	556,1	12,1	0,02175	69,9	57,85	55,62
1 51	567,2	12,16	0,02144	70,09	58,94	56,71
1 52	578,4	11,3	0,01953	70,09	60,06	57,83
1 53	589,3	12,71	0,02157	70,09	61,15	58,92
1 54	600,3	12,59	0,02097	70,19	62,24	60,01
1 55	611,3	13,75	0,0225	70,19	63,35	61,12
1 56	622,2	14,24	0,02289	70,19	64,44	62,21
1 57	633,2	14,49	0,02288	70,11	65,54	63,31
1 58	644,2	14,67	0,02278	70,11	66,64	64,41
1 59	655,1	15,78	0,02409	70,11	67,74	65,5
1 60	666	15,47	0,02323	69,92	68,83	66,6
1 61	677,1	15,35	0,02267	69,92	69,97	67,74
1 62	688,2	15,47	0,02248	69,92	71,07	68,84
1 63	699,1	15,17	0,02169	69,82	72,17	69,93
1 64	711	15,47	0,02176	69,82	73,31	71,07
1 65	721,6	15,84	0,02195	69,82	74,41	72,18
1 66	733,1	15,53	0,02119	69,84	75,5	73,27
1 67	743,8	15,47	0,0208	69,84	76,63	74,4
1 68	754,7	16,7	0,02213	69,84	77,74	75,5

1 69	766,1	16,89	0,02204	69,92	78,83	76,6
1 70	777,2	16,46	0,02117	69,92	79,95	77,72
1 71	787,9	19,4	0,02463	69,92	81,04	78,81
1 72	799	19,28	0,02413	70,06	82,14	79,9
1 73	810,3	18,48	0,02281	70,06	83,24	81,01
1 74	821,4	18,42	0,02242	70,06	84,35	82,12
1 75	832	18,6	0,02236	70,18	85,44	83,21
1 76	843,6	19,46	0,02307	70,18	86,57	84,33
1 77	854,1	19,77	0,02315	70,18	87,66	85,43
1 78	865,4	19,46	0,02249	70,13	88,75	86,52
1 79	876,4	19,71	0,02249	70,13	89,87	87,64
1 80	887,8	19,59	0,02206	70,13	91	88,76
1 81	898,5	20,88	0,02324	69,97	92,1	89,87
1 82	910,3	20,51	0,02253	69,97	93,24	91,01
1 83	921,5	20,32	0,02205	69,97	94,33	92,1
1 84	932,1	20,57	0,02207	69,83	95,44	93,21
1 85	943,1	20,57	0,02181	69,83	96,57	94,33
1 86	954,2	21,12	0,02214	69,83	97,67	95,44
1 87	965,7	21,49	0,02225	69,81	98,76	96,53
1 88	976,4	21,86	0,02239	69,81	99,89	97,66
1 89	987,3	23,39	0,02369	69,81	101	98,75
1 90	998,6	21,61	0,02164	69,94	102,1	99,86
1 91	999,6	21,06	0,02107	69,94	103,2	101

Таблица В. 3 – Исследование вязкости воска μ при температуре 75 °С

№ измерения	GP in 1/s	Tau in Pa	Eta in Pas	T in °C	t in s	t_seg in s
1 1	11,22	1,351	0,12	74,84	3,338	1,107
1 2	22,07	1,535	0,06957	74,84	4,43	2,199
1 3	33,03	1,596	0,04833	75,27	5,522	3,291
1 4	44,12	1,903	0,04314	75,27	6,646	4,415
1 5	55,22	1,903	0,03447	75,27	7,769	5,538
1 6	66,44	2,333	0,03512	75,3	8,892	6,661
1 7	78,18	1,658	0,0212	75,3	10,08	7,847
1 8	89,41	1,719	0,01923	75,3	11,22	8,985
1 9	100,8	2,026	0,02011	75,05	12,35	10,12
1 10	112,4	2,21	0,01967	75,05	13,56	11,32
1 11	124,5	2,456	0,01973	75,05	14,85	12,62
1 12	137,3	4,912	0,03578	74,66	16,04	13,81
1 13	149,3	2,702	0,0181	74,66	17,14	14,91
1 14	160,1	3,009	0,01879	74,66	18,25	16,02
1 15	171,2	4,114	0,02403	74,46	19,36	17,13
1 16	182,7	3,5	0,01916	74,46	20,5	18,27

1 17	193,6	3,807	0,01966	74,46	21,61	19,37
1 18	204,9	3,991	0,01948	74,78	22,71	20,48
1 19	216	3,991	0,01848	74,78	23,84	21,61
1 20	227,2	4,298	0,01892	74,78	24,93	22,7
1 21	238	4,421	0,01857	75,39	26,02	23,79
1 22	249,1	4,912	0,01972	75,39	27,14	24,91
1 23	260,1	4,728	0,01818	75,39	28,24	26,01
1 24	271,2	5,219	0,01924	75,75	29,34	27,11
1 25	282,3	5,28	0,01871	75,75	30,47	28,24
1 26	293,3	4,851	0,01654	75,75	31,58	29,34
1 27	304,6	5,772	0,01895	75,48	32,67	30,44
1 28	315,4	7,921	0,02511	75,48	33,79	31,56
1 29	326,4	7,184	0,02201	75,48	34,88	32,65
1 30	337,4	7,675	0,02275	75,02	35,97	33,74
1 31	348,6	7,491	0,02149	75,02	37,1	34,87
1 32	359,4	7,368	0,0205	75,02	38,21	35,97
1 33	371	8,473	0,02284	74,75	39,31	37,08
1 34	382,1	7,798	0,02041	74,75	40,48	38,25
1 35	393,5	7,614	0,01935	74,75	41,59	39,36
1 36	404,5	7,614	0,01882	74,7	42,68	40,45
1 37	415,7	7,982	0,0192	74,7	43,79	41,56
1 38	426,7	8,228	0,01928	74,7	44,9	42,67
1 39	437,9	8,412	0,01921	74,85	45,99	43,76
1 40	448,8	8,535	0,01901	74,85	47,11	44,88
1 41	459,9	9,026	0,01962	74,85	48,2	45,97
1 42	470,9	8,903	0,01891	75,09	49,3	47,07
1 43	481,9	9,21	0,01911	75,09	50,42	48,19
1 44	493	9,578	0,01943	75,09	51,51	49,28
1 45	503,7	9,149	0,01816	75,29	52,6	50,37
1 46	514,9	9,578	0,0186	75,29	53,73	51,5
1 47	525,9	12,59	0,02394	75,29	54,82	52,59
1 48	537	10,93	0,02035	75,13	55,91	53,68
1 49	547,9	11,91	0,02174	75,13	57,03	54,8
1 50	559	11,24	0,0201	75,13	58,13	55,9
1 51	569,9	11,36	0,01993	74,87	59,22	56,99
1 52	581,2	12,1	0,02081	74,87	60,34	58,11
1 53	592,2	11,3	0,01908	74,87	61,43	59,2
1 54	602,9	10,56	0,01752	74,7	62,53	60,29
1 55	614	11,85	0,0193	74,7	63,65	61,42
1 56	625,1	12,22	0,01955	74,7	64,74	62,51
1 57	636,2	12,4	0,0195	74,69	65,85	63,62
1 58	647,3	12,71	0,01964	74,69	66,97	64,74
1 59	658,2	13,14	0,01996	74,69	68,06	65,83
1 60	669,2	13,39	0,02	74,9	69,15	66,92

1 61	680,4	13,14	0,01931	74,9	70,26	68,03
1 62	691,1	13,26	0,01919	74,9	71,36	69,12
1 63	702,2	12,89	0,01836	75,21	72,45	70,22
1 64	713,6	14,8	0,02074	75,21	73,55	71,32
1 65	724,3	14,61	0,02018	75,21	74,65	72,42
1 66	735,3	14,24	0,01937	75,34	75,74	73,51
1 67	746,1	13,88	0,0186	75,34	76,86	74,63
1 68	757,2	14,49	0,01914	75,34	77,95	75,72
1 69	768,5	15,53	0,02021	75,23	79,05	76,81
1 70	779,1	16,58	0,02128	75,23	80,17	77,94
1 71	790,5	18,36	0,02322	75,23	81,26	79,03
1 72	801	18,6	0,02322	74,98	82,35	80,12
1 73	812,4	16,46	0,02025	74,98	83,48	81,24
1 74	823,5	17,13	0,0208	74,98	84,57	82,34
1 75	834,2	17,19	0,02061	74,79	85,66	83,43
1 76	845	16,89	0,01998	74,79	86,78	84,55
1 77	856,3	15,29	0,01785	74,79	87,87	85,64
1 78	867,8	16,89	0,01946	74,69	88,98	86,75
1 79	878,8	17,62	0,02005	74,69	90,12	87,89
1 80	890,2	18,11	0,02035	74,69	91,23	89
1 81	900,9	18,11	0,02011	74,78	92,32	90,09
1 82	912	18,85	0,02067	74,78	93,44	91,21
1 83	923,2	17,74	0,01922	74,78	94,54	92,31
1 84	933,9	17,68	0,01893	75,08	95,63	93,4
1 85	944,9	18,67	0,01975	75,08	96,75	94,52
1 86	956,1	18,48	0,01933	75,08	97,84	95,61
1 87	966,7	19,4	0,02007	75,29	98,94	96,7
1 88	978,3	19,4	0,01983	75,29	100,1	97,83
1 89	989,4	20,69	0,02091	75,29	101,2	98,92
1 90	999,6	20,57	0,02058	75,23	102,2	100

Таблица В.4 – Исследование вязкости воска μ при температуре 80 °С

№ измерения	GP in 1/s	Tau in Pa	Eta in Pas	T in °C	t in s	t_seg in s
1 1	505,5	9,026	0,01786	80,07	3,339	1,092
1 2	511,2	9,149	0,0179	79,94	4,431	2,184
1 3	516,6	9,701	0,01878	79,94	5,554	3,307
1 4	522,1	8,964	0,01717	79,94	6,646	4,399
1 5	527,5	8,903	0,01688	79,83	7,738	5,491
1 6	533,1	8,964	0,01682	79,83	8,861	6,614
1 7	538,8	8,35	0,0155	79,83	9,953	7,706
1 8	544,2	9,087	0,0167	79,77	11,06	8,814
1 9	549,7	8,964	0,01631	79,77	12,18	9,937

1 10	555,2	8,78	0,01582	79,77	13,29	11,05
1 11	561	9,885	0,01762	79,85	14,38	12,14
1 12	566,5	9,456	0,01669	79,85	15,51	13,26
1 13	571,9	9,149	0,016	79,85	16,6	14,35
1 14	577,3	9,271	0,01606	80	17,69	15,44
1 15	582,9	9,333	0,01601	80	18,81	16,57
1 16	588,6	10,07	0,01711	80	19,92	17,68
1 17	594	9,947	0,01675	80,13	21,01	18,77
1 18	599,5	9,578	0,01598	80,13	22,14	19,89
1 19	605,1	10,74	0,01776	80,13	23,23	20,98
1 20	610,5	10,56	0,0173	80,06	24,32	22,07
1 21	615,9	10,68	0,01735	80,06	25,43	23,18
1 22	621,5	10,99	0,01768	80,06	26,54	24,29
1 23	627,1	10,62	0,01694	79,94	27,63	25,38
1 24	632,4	11,24	0,01777	79,94	28,75	26,5
1 25	638,2	12,28	0,01924	79,94	29,84	27,6
1 26	643,8	11,97	0,0186	79,83	30,93	28,69
1 27	649,5	12,03	0,01853	79,83	32,06	29,81
1 28	654,6	11,54	0,01763	79,83	33,17	30,92
1 29	660,4	11,79	0,01785	79,71	34,27	32,03
1 30	666	12,46	0,01872	79,71	35,4	33,15
1 31	671,5	11,91	0,01774	79,71	36,51	34,26
1 32	677,1	12,1	0,01786	79,77	37,6	35,35
1 33	682,4	12,59	0,01845	79,77	38,72	36,47
1 34	688,2	12,71	0,01847	79,77	39,81	37,56
1 35	693,6	12,59	0,01815	79,99	40,9	38,66
1 36	699,1	11,85	0,01695	79,99	42,03	39,78
1 37	704,7	13,63	0,01934	79,99	43,13	40,89
1 38	710	12,1	0,01704	80,16	44,23	41,98
1 39	715,6	12,53	0,0175	80,16	45,35	43,1
1 40	721,1	12,71	0,01763	80,16	46,44	44,19
1 41	726,5	13,02	0,01792	80,17	47,53	45,29
1 42	731,9	13,69	0,01871	80,17	48,66	46,41
1 43	737,5	14,61	0,01982	80,17	49,75	47,5
1 44	743,1	14,12	0,019	80,01	50,86	48,61
1 45	748,9	13,75	0,01836	80,01	52	49,75
1 46	754,2	13,81	0,01832	80,01	53,09	50,84
1 47	760,2	13,75	0,01809	79,88	54,21	51,96
1 48	765,6	14	0,01829	79,88	55,33	53,09
1 49	771	14,12	0,01832	79,88	56,43	54,18
1 50	776,5	14,18	0,01826	79,77	57,52	55,27
1 51	782,2	12,16	0,01554	79,77	58,63	56,38
1 52	787,4	13,45	0,01708	79,77	59,72	57,47
1 53	793,2	13,88	0,01749	79,78	60,81	58,56

1 54	798,3	12,89	0,01615	79,78	61,93	59,69
1 55	804,3	14,12	0,01756	79,78	63,03	60,78
1 56	809,7	14,92	0,01843	79,98	64,12	61,87
1 57	815,1	15,35	0,01883	79,98	65,24	62,99
1 58	820,7	15,17	0,01848	79,98	66,33	64,08
1 59	826,3	17,01	0,02058	80,17	67,42	65,18
1 60	831,2	15,84	0,01906	80,17	68,55	66,3
1 61	837	15,72	0,01878	80,17	69,64	67,39
1 62	842,8	15,9	0,01887	80,2	70,73	68,48
1 63	848	16,52	0,01948	80,2	71,86	69,61
1 64	854,1	16,89	0,01977	80,2	72,96	70,71
1 65	859,4	15,53	0,01808	80,07	74,07	71,82
1 66	864,7	15,72	0,01818	80,07	75,22	72,98
1 67	870,2	16,21	0,01863	80,07	76,32	74,07
1 68	875,6	16,39	0,01872	79,92	77,42	75,18
1 69	882,1	15,53	0,01761	79,92	78,55	76,3
1 70	886,8	15,9	0,01793	79,92	79,64	77,39
1 71	892,7	16,64	0,01864	79,8	80,73	78,48
1 72	898,5	16,46	0,01831	79,8	81,85	79,61
1 73	903,5	15,96	0,01767	79,8	82,96	80,71
1 74	909,4	16,64	0,0183	79,77	84,05	81,81
1 75	914,6	16,89	0,01846	79,77	85,18	82,93
1 76	920,6	17,5	0,01901	79,77	86,29	84,04
1 77	925,9	16,82	0,01817	79,91	87,38	85,13
1 78	931,2	18,36	0,01971	79,91	88,5	86,25
1 79	936,7	16,89	0,01803	79,91	89,61	87,36
1 80	942,2	17,68	0,01877	80,09	90,7	88,45
1 81	947,7	17,56	0,01853	80,09	91,82	89,58
1 82	953,3	18,11	0,019	80,09	92,93	90,68
1 83	959	17,68	0,01844	80,2	94,04	91,79
1 84	964,8	18,11	0,01877	80,2	95,18	92,93
1 85	970,6	17,07	0,01759	80,2	96,28	94,04
1 86	975,3	17,81	0,01826	80,12	97,38	95,13
1 87	981,3	18,48	0,01883	80,12	98,51	96,27
1 88	987,3	16,89	0,0171	80,12	99,61	97,36
1 89	992,4	17,56	0,0177	79,95	100,7	98,47
1 90	998,6	18,42	0,01845	79,95	101,8	99,59
1 91	999,6	18,67	0,01867	79,95	102,9	100,7

Таблица В.5 – Исследование вязкости воска μ при температуре 85 °С

№ измерения	GP in 1/s	Tau in Pa	Eta in Pas	T in °C	t in s	t_seg in s
-------------	-----------	-----------	------------	---------	--------	------------

1 1	505,5	7,368	0,01458	84,56	3,354	1,092
1 2	511,2	7,736	0,01514	84,56	4,477	2,215
1 3	516,6	8,105	0,01569	84,56	5,569	3,307
1 4	522,1	7,859	0,01505	84,55	6,661	4,399
1 5	527,5	8,043	0,01525	84,55	7,769	5,507
1 6	533,1	8,228	0,01543	84,55	8,861	6,599
1 7	538,5	8,596	0,01596	84,85	9,953	7,691
1 8	543,9	8,412	0,01546	84,85	11,08	8,814
1 9	549,5	8,596	0,01564	84,85	12,18	9,922
1 10	555,2	8,412	0,01515	85,28	13,28	11,01
1 11	560,6	8,35	0,0149	85,28	14,4	12,14
1 12	566,2	9,763	0,01724	85,28	15,49	13,23
1 13	571,5	9,763	0,01708	85,32	16,58	14,32
1 14	577,3	9,394	0,01627	85,32	17,71	15,44
1 15	582,9	10,07	0,01728	85,32	18,81	16,55
1 16	588,2	9,701	0,01649	85,02	19,92	17,66
1 17	594	8,105	0,01364	85,02	21,05	18,78
1 18	599,5	9,271	0,01546	85,02	22,14	19,87
1 19	605,1	9,824	0,01624	84,75	23,23	20,97
1 20	610,5	8,903	0,01458	84,75	24,37	22,11
1 21	615,9	9,456	0,01535	84,75	25,48	23,21
1 22	621,5	8,964	0,01442	84,62	26,57	24,31
1 23	627,1	9,64	0,01537	84,62	27,67	25,41
1 24	632,4	9,947	0,01573	84,62	28,77	26,51
1 25	638,2	9,578	0,01501	84,55	29,86	27,6
1 26	643,8	9,578	0,01488	84,55	30,97	28,7
1 27	648,9	9,763	0,01504	84,55	32,07	29,81
1 28	654,6	9,763	0,01491	84,8	33,17	30,9
1 29	660	9,885	0,01498	84,8	34,29	32,03
1 30	666	10,5	0,01577	84,8	35,38	33,12
1 31	671	11,91	0,01775	85,19	36,47	34,21
1 32	676,7	11,11	0,01642	85,19	37,6	35,33
1 33	682,4	11,17	0,01638	85,19	38,69	36,43
1 34	687,7	10,81	0,01571	85,35	39,78	37,52
1 35	693,1	11,85	0,0171	85,35	40,9	38,64
1 36	698,6	10,99	0,01573	85,35	42	39,73
1 37	704,3	10,99	0,01561	85,14	43,1	40,84
1 38	710	11,97	0,01686	85,14	44,24	41,98
1 39	715,6	11,3	0,01579	85,14	45,35	43,09
1 40	721,1	10,68	0,01482	84,85	46,44	44,18
1 41	726,5	11,11	0,0153	84,85	47,56	45,3
1 42	731,9	10,99	0,01502	84,85	48,66	46,4
1 43	737,5	11,48	0,01557	84,65	49,75	47,49
1 44	743,1	11,73	0,01578	84,65	50,87	48,61

1 45	748,9	10,93	0,01459	84,65	51,96	49,7
1 46	754,2	12,16	0,01612	84,57	53,06	50,79
1 47	759,5	11,79	0,01552	84,57	54,16	51,9
1 48	764,9	12,59	0,01646	84,57	55,26	52,99
1 49	770,3	11,73	0,01522	84,77	56,35	54,09
1 50	775,9	12,22	0,01575	84,77	57,47	55,21
1 51	781,6	10,62	0,01359	84,77	58,56	56,3
1 52	787,4	12,22	0,01552	85,13	59,65	57,39
1 53	792,5	13,2	0,01666	85,13	60,76	58,5
1 54	798,3	12,28	0,01538	85,13	61,87	59,61
1 55	803,6	12,77	0,01589	85,33	62,98	60,72
1 56	809,1	13,57	0,01677	85,33	64,13	61,87
1 57	815,1	14,37	0,01763	85,33	65,22	62,96
1 58	820,7	11,85	0,01444	85,24	66,33	64,07
1 59	826,3	12,65	0,01531	85,24	67,47	65,21
1 60	831,2	13,51	0,01625	85,24	68,56	66,3
1 61	837	13,2	0,01577	85	69,67	67,41
1 62	842,8	12,96	0,01537	85	70,79	68,53
1 63	848	13,51	0,01593	85	71,89	69,62
1 64	854,1	13,08	0,01531	84,71	72,98	70,72
1 65	859,4	13,81	0,01608	84,71	74,1	71,84
1 66	864,7	13,94	0,01612	84,71	75,19	72,93
1 67	870,2	14	0,01609	84,57	76,29	74,02
1 68	875,6	13,81	0,01578	84,57	77,41	75,15
1 69	881,3	15,17	0,01721	84,57	78,52	76,25
1 70	886,8	13,81	0,01558	84,73	79,61	77,35
1 71	892,7	14,74	0,01651	84,73	80,73	78,47
1 72	897,6	14,49	0,01614	84,73	81,82	79,56
1 73	903,5	15,35	0,01699	85,07	82,92	80,65
1 74	908,5	14,67	0,01615	85,07	84,04	81,78
1 75	914,6	14,92	0,01631	85,07	85,13	82,87
1 76	919,7	16,15	0,01756	85,3	86,24	83,98
1 77	925,9	15,41	0,01664	85,3	87,36	85,1
1 78	931,2	14	0,01503	85,3	88,45	86,19
1 79	936,7	15,96	0,01704	85,2	89,56	87,3
1 80	942,2	16,76	0,01779	85,2	90,71	88,45
1 81	947,7	16,52	0,01743	85,2	91,81	89,54
1 82	953,3	16,7	0,01752	84,96	92,9	90,64
1 83	959	15,96	0,01665	84,96	94,02	91,76
1 84	964,8	17,62	0,01827	84,96	95,11	92,85
1 85	969,5	16,82	0,01735	84,73	96,21	93,94
1 86	975,3	18,6	0,01907	84,73	97,33	95,07
1 87	981,3	17,25	0,01758	84,73	98,42	96,16
1 88	986,3	17,99	0,01824	84,62	99,51	97,25

1 89	991,4	19,03	0,0192	84,62	100,6	98,37
1 90	997,5	19,77	0,01982	84,62	101,7	99,47
1 91	999,6	19,95	0,01996	84,74	102,8	100,6

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Результаты эксперимента по определению влияния температуры на адгезию воска различного дисперсного состава в зависимости от его температуры.

Таблица Г.1 – Давление прессования воска P_{np} различного гранулометрического состава в зависимости от температуры, $T^{\circ}C$

Фракция Температура, $^{\circ}C$	Давление прессования P_{np} , Па		
	Менее 2 мм	2,0 – 4,0 мм	4,0 - 7,0 мм
20	4486	5366	6449
	3691	5175	6595
	3939	5216	6156
	3643	5070	6745
	3742	4923	6398
	3773	5207	6486
30	4155	4675	5417
	3251	4773	5662
	3394	4429	5757
	3493	4480	5662
	3101	4576	5464
	3288	4587	5592
40	3537	4035	4184
	2560	3792	4429
	2659	3643	4283
	2853	3888	4528
	2608	3691	4232
	2589	3810	4331
50	3706	3050	3633
	1722	3149	3544
	2168	2952	3691
	1821	2853	3493
	2019	3003	3394
	1969	3001	3551
60	3572	2461	2853
	1920	2608	3050
	1722	2509	3149
	1576	2461	2904
	1671	2363	3003
	1710	2480	2992
65	3595	2066	2509
	1474	2168	2710

	1229	2213	2656
	1328	2019	2608
	1426	2168	2557
	1389	2127	2608

Таблица Г.2 – Давление выпрессовки воска $P_{\text{вып}}$ различного дисперного состава в зависимости от температуры, $T^{\circ}\text{C}$.

Фракция Температура, $^{\circ}\text{C}$	Давление выпрессовки $P_{\text{вып}}$, Па		
	Менее 2 мм	2,0 – 4,0 мм	4,0 - 7,0 мм
20	15503	15270	14815
	15515	15267	14812
	15519	15251	14818
	15512	15248	14821
	15500	15273	14805
	15506	15264	14818
30	16092	15550	15219
	16089	15547	15210
	16108	15570	15216
	16105	15557	15207
	16101	15544	15216
	16098	15557	15213
40	16792	15984	15560
	16786	15996	15547
	16780	16000	15550
	16777	16006	15570
	16792	16012	15566
	16789	16000	15557
50	17585	16547	15917
	17573	16554	15891
	17589	16531	15907
	17592	16538	15888
	17566	16541	15882
	17576	16541	15901
60	18114	17270	16633
	18095	17273	16636
	18130	17264	16652
	18124	17289	16649
	18111	17299	16643
	18117	17280	16640

65	18751	18318	17286
	18754	18321	17289
	18764	18324	17283
	18767	18302	17270
	18757	18305	17273
	18761	18315	17280

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(справочное)

Графики тарировки датчиков прибора для определения теплофизических характеристик методом плоского зонда.

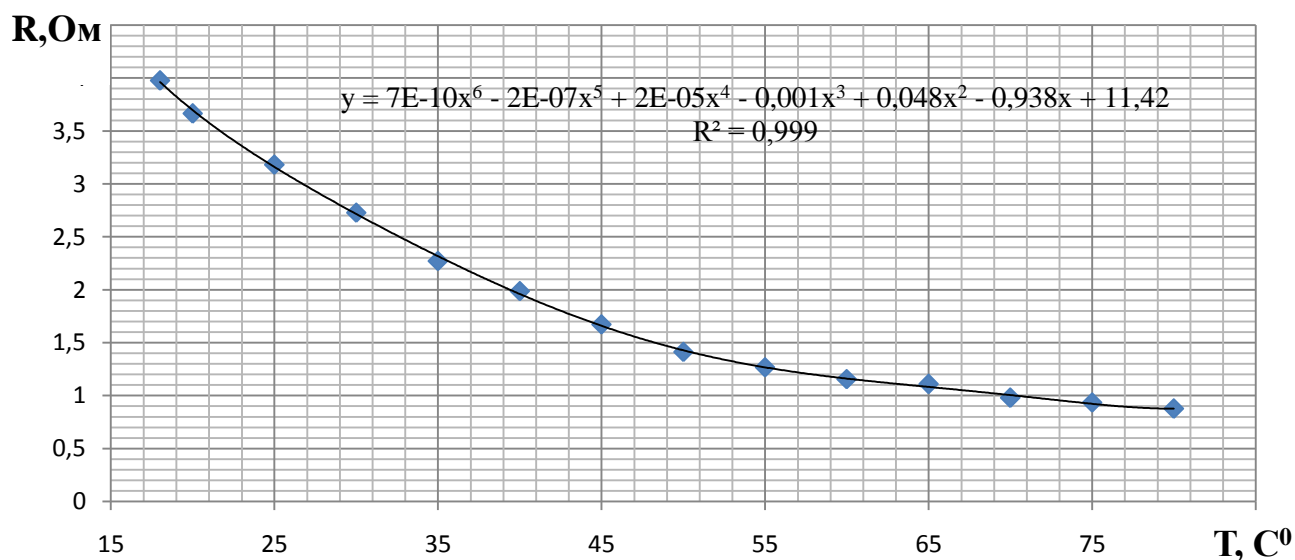


Рисунок Д.1 – График тарировки температурного датчика ДТ-2.

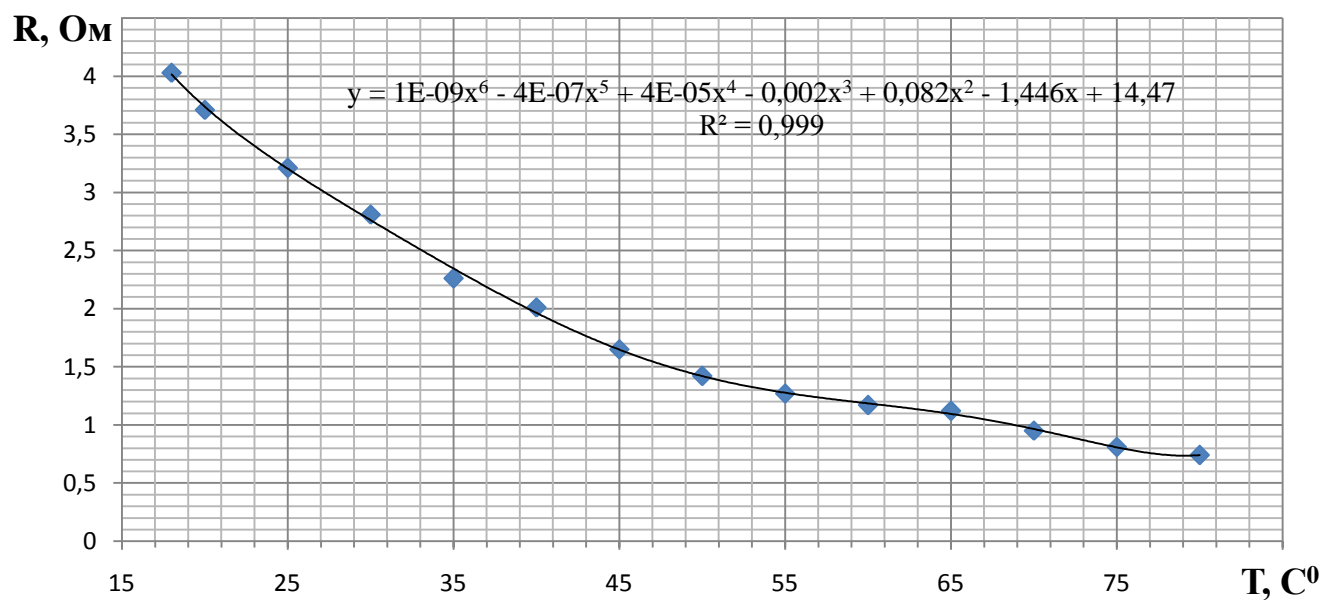


Рисунок Д.2 – График тарировки температурного датчика ДТ-1.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Результаты исследований по определению влияния температуры воскового сырья на коэффициент температуропроводности и коэффициент теплопроводности и удельную теплоемкость

Таблица Е.1 – Результаты исследования по определению коэффициента температуропроводности a в зависимости от температуры $T^{\circ}\text{C}$.

$T^{\circ}\text{C}$	коэффициент температуропроводности, $10^{-8}\text{m}^2/\text{c}$											
	менее 2,0мм				2,0-4,5мм				4,5-7,0мм			
	a_1	a_2	a_3	\bar{a}	a_1	a_2	a_3	\bar{a}	a_1	a_2	a_3	\bar{a}
25	9,1	8,6	9	8,9	11,5	12,1	11,9	11,8	15,4	14,9	15,3	15,2
30	26,6	26,1	26,3	26,4	30,8	31,3	31,1	31,3	37,5	37,3	38,1	37,8
35	38,1	38,2	38,1	37,9	43,2	43,7	43,5	43,5	49,4	49,6	48,9	49,3
40	41,4	41,3	41,2	41,3	49,3	49,4	48,9	49,2	55,3	55,7	55,8	55,6
45	45,9	45,5	45,7	45,7	57,6	57,3	57,5	57,4	66,9	67,3	67,0	67,1
50	52,5	52,4	52,3	52,4	64,8	65,1	65,0	64,9	73,8	73,7	73,9	73,8
55	61,1	61,2	61,5	61,2	71,8	71,4	71,7	71,6	83,5	83,1	83,2	83,3
60	69,5	69,1	69,3	69,3	78,8	79,3	79,2	79,1	90,9	91,4	91,3	91,2
65	75,8	76,2	75,7	75,9	83,8	84,5	84,3	84,2	95,8	95,9	96,1	95,9

Таблица Е.2 – Результаты исследования по определению удельной теплоемкости c в зависимости от температуры $T^{\circ}\text{C}$

$T^{\circ}\text{C}$	удельная теплоемкость, $\text{kJ}/(\text{kg}^{\circ}\text{C})$											
	менее 2,0мм				2,0-4,5мм				4,5-7,0мм			
	c_1	c_2	c_3	\bar{c}	c_1	c_2	c_3	\bar{c}	c_1	c_2	c_3	\bar{c}
25	0,44	0,42	0,46	0,44	0,58	0,65	0,67	0,63	0,9	0,94	1,3	1,05

30	0,72	0,78	0,83	0,78	0,88	0,89	0,94	0,9	1,29	1,31	1,39	1,33
35	1,11	1,2	1,24	1,18	1,18	1,21	1,27	1,22	1,56	1,61	1,74	1,64
40	1,29	1,27	1,34	1,31	1,47	1,39	1,41	1,43	1,97	1,86	2,01	1,95
45	1,39	1,47	1,52	1,46	1,69	1,78	1,72	1,68	2,31	2,21	2,27	2,26
50	1,64	1,72	1,73	1,69	1,95	2,07	2,04	2,02	2,60	2,48	2,62	2,57
55	1,95	1,99	2,04	1,99	2,31	2,29	2,18	2,26	2,89	2,78	2,87	2,85
60	2,27	2,17	2,24	2,21	2,54	2,47	2,56	2,51	2,98	3,15	3,10	3,08
65	2,37	2,49	2,46	2,44	2,67	2,81	2,69	2,72	3,27	3,37	3,34	3,34

Таблица Е.3 – Результаты исследования по определению коэффициента теплопроводности λ в зависимости от температуры $T^{\circ}C$

T ⁰ C	коэффициент теплопроводности, Вт/(м ⁰ с)											
	менее 2,0мм				2,0-4,5мм				4,5-7,0мм			
	λ_1	λ_2	λ_3	$\bar{\lambda}$	λ_1	λ_2	λ_3	$\bar{\lambda}$	λ_1	λ_2	λ_3	$\bar{\lambda}$
25	0,058	0,061	0,061	0,060	0,077	0,073	0,072	0,074	0,126	0,119	0,122	0,123
30	0,176	0,17	0,173	0,173	0,2	0,22	0,18	0,2	0,28	0,29	0,21	0,26
35	0,26	0,3	0,31	0,29	0,34	0,35	0,3	0,33	0,39	0,41	0,46	0,42
40	0,39	0,43	0,40	0,41	0,41	0,48	0,47	0,45	0,49	0,51	0,53	0,51
45	0,52	0,62	0,59	0,58	0,65	0,59	0,63	0,62	0,68	0,64	0,69	0,67
50	0,69	0,68	0,66	0,67	0,73	0,75	0,71	0,73	0,78	0,79	0,71	0,76
55	0,72	0,78	0,73	0,74	0,82	0,84	0,78	0,81	0,84	0,82	0,81	0,83
60	0,91	0,88	0,87	0,88	0,91	0,86	0,88	0,88	0,95	0,93	0,88	0,92
65	0,92	0,95	0,91	0,92	0,93	0,97	0,94	0,95	1,01	1,07	0,99	1,03

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

Результаты проведения поисковых экспериментов по определению параметров центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем в процессе вытопки воска.

Таблица Ж.1 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению частоты вращения ротора центрифуги (N_u), мин⁻¹.

Обороты центрифуги (N_u), мин ⁻¹	Масса чистого воска (m), г и выход воска (θ), %			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
200	1660,7	1660,8	1660,5	1660,6/72,2
250	1731,9	1731,8	1732,3	1731,9/75,3
300	1844,6	1845,1	1844,1	1844,5/80,2
350	1846,7	1850,2	1850,1	1846,9/80,3
400	1849,3	1849,2	1849,1	1849,2/80,4
450	1849,5	1849,2	1848,8	1849,2/80,4
500	1852,2	1851,1	1851,2	1851,5/80,5
550	1853,9	1853,8	1853,9	1853,8/80,6
600	1867,7	1867,9	1867,5	1867,6/81,2
650	1874,3	1874,6	1874,4	1874,5/81,5
700	1881,7	1881,6	1881,3	1881,4 /81,8
750	1886,1	1885,8	1886,1	1886,01/82,0

Таблица Ж.2 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению частоты вращения ротора центрифуги (N_u), мин⁻¹.

Обороты центрифуги (N_u) , мин ⁻¹	Затраты энергии (W), Вт/ч			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
200	2056	2059	2048	2055
250	2079	2094	2095	2089
300	2125	2129	2115	2123
350	2194	2187	2178	2189
400	2216	2209	2215	2214
450	2276	2282	2280	2278
500	2311	2316	2307	2311
550	2399	2383	2411	2397
600	2454	2468	2448	2456
650	2503	2506	2497	2501
700	2573	2579	2561	2571
750	2638	2637	2643	2640

Таблица Ж.3 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению времени вращения ротора центрифуги (t), сек.

Время вращения ротора центрифуги (t), сек	Масса чистого воска (m), г и выход воска (θ), %			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
30	1800,8	1801,1	1801,0	1800,9/78,3
60	1814,9	1814,7	1814,6	1814,7/78,9
90	1828,3	1828,6	1828,4	1828,5/79,5
120	1844,9	1845,3	1843,9	1844,6/80,2
150	1856,3	1856,0	1855,8	1856,1/80,7
180	1867,5	1867,3	1868,2	1867,6/81,2
210	1874,3	1874,8	1874,6	1874,5/81,5
240	1878,9	1878,8	1879,3	1879,1/81,7
270	1888,2	1888,5	1888,2	1888,3/82,1
300	1890,8	1890,9	1890,7	1890,6/82,2

Таблица Ж.4 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению времени вращения ротора центрифуги (t), сек.

Время вращения ротора центрифуги (t), сек	Затраты энергии (W), Вт/ч			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
30	2046	2049	2042	2045

60	2079	2071	2075	2074
90	2096	2093	2099	2097
120	2117	2129	2136	2124
150	2131	2135	2139	2135
180	2153	2156	2145	2151
210	2169	2167	2175	2169
240	2183	2181	2174	2178
270	2193	2199	2208	2197
300	2210	2204	2201	2206

Таблица Ж.5 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению частоты вращения шнека воскопресса (N_{θ}), мин⁻¹.

Частота вращения шнека воскопресса (N_{θ}), мин ⁻¹	Масса чистого воска (m), г и выход воска (θ), %			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
50	1798,6	1798,7	1798,5	1798,6/78,2
100	1807,7	1807,9	1808,0	1807,8/78,6
150	1844,5	1844,9	1844,4	1844,6/80,2
200	1888,2	1888,5	1888,4	1888,3/82,1
250	1874,3	1874,2	1875,2	1874,5/81,5
300	1879,1	1879,6	1878,5	1879,1/81,7

Таблица Ж.6 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению частоты вращения шнека воскопресса (N_{θ}), мин⁻¹.

Частота вращения шнека воскопресса (N_{θ}), мин ⁻¹	Затраты энергии (W), Вт/ч			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
50	2016	2017	2011	2014
100	2039	2035	2034	2036
150	2071	2072	2064	2069
200	2114	2135	2136	2129
250	2189	2179	2182	2184
300	2212	2215	2200	2209

Таблица Ж.7 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению подачи пара в процессе вытопки (V_n), г/мин.

Расход пара (V_n), г/мин	Масса чистого воска (m), г и выход воска (θ), %			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
10	1871,2	1865,7	1865,2	1867,6/81,2
20	1877,9	1876,1	1875,9	1876,8/81,6
30	1888,3	1888,4	1888,5	1888,3/82,1

Таблица Ж.8 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению подачи пара в процессе вытопки (V_n), г/мин.

Расход пара (V_n), г/мин	Затраты энергии (W), Вт/ч			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
10	2313	2315	2309	2311
20	2281	2287	2283	2284
30	2126	2124	2119	2123

Таблица Ж.9 – Результаты проведения поискового эксперимента по определению времени разваривания воскового сырья в зависимости от подачи пара (V_n), г/мин в процессе вытопки (t), мин.

Расход пара (V_n), г/мин	Время разваривания (t), мин			
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	Среднее
10	41	38	38	39
20	28	32	32	31
30	17	19	21	19

ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

Результаты проведения экспериментальных исследований по изучению совместного влияния частоты вращения ротора центрифуги, частоты вращения ротора, и подачи пара во время вытопки воска на центробежном агрегате для вытопки воска из рамок с восковым сырьем на выход воска и затраты энергии.

Таблица К.1 – Влияние частоты вращения ротора центрифуги, частоты вращения ротора, и подачи пара во время вытопки воска на агрегате для вытопки воска из рамок с восковым сырьем на выход воска(θ), %

№ п/п	Выход воска (θ), %					
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	4-я повт.	5-я повт.	Среднее
1	79,3	79,2	79,1	79,4	79,1	79,2
2	77,7	77,9	77,8	77,7	77,9	77,8
3	76,5	76,7	76,8	76,6	76,8	76,7
4	78,3	78,4	78,5	78,3	78,1	78,3
5	79,4	79,6	79,5	79,4	79,6	79,5
6	79,0	78,8	78,9	78,7	78,1	78,9
7	78,5	78,6	78,7	78,9	78,8	78,7
8	78,5	78,4	78,6	78,5	78,7	78,5
9	78,3	78,4	78,1	78,0	78,1	78,2
10	77,8	77,9	78,0	77,8	78,1	77,9
11	78,3	78,0	78,1	79,8	78,2	78,1
12	78,2	78,4	77,9	78,4	78,5	78,3
13	79,7	79,8	80,1	80,0	79,9	79,8
14	80,1	80,2	79,7	79,9	80,1	80,0
15	80,2	79,9	80,1	79,7	80,0	79,9

Таблица К.2 – Влияние частоты вращения ротора центрифуги, частоты вращения ротора, и подачи пара во время вытопки воска на агрегате для вытопки воска из рамок с восковым сырьем на расход энергии (W), Вт/ч

№ п/п	Расход энергии (W), Вт/ч					
	1-я повт.	2-я повт.	3-я повт.	4-я повт.	5-я повт.	Среднее
1	2296	2294	2287	2289	2294	2292
2	2264	2265	2259	2257	2264	2263
3	2265	2268	2269	2271	2266	2267
4	2271	2269	2278	2275	2277	2274
5	2266	2263	2268	2265	2270	2265
6	2323	2325	2329	2319	2322	2323
7	2336	2335	2234	2239	2230	2335
8	2275	2277	2280	2278	2282	2278
9	2276	2271	2269	2268	2270	2271
10	2337	2341	2340	2339	2338	2339
11	2345	2341	2346	2344	2340	2342
12	2283	2281	2279	2278	2279	2280
13	2281	2280	2278	2279	2280	2279
14	2279	2283	2284	2278	2284	2282
15	2283	2279	2278	2281	2282	2280

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(обязательное)

Таблица Л.1 – Вспомогательная таблица для подсчета критерия Фишера

№ опыта	\bar{y}	\hat{y}	$ \bar{y} - \hat{y} $	$(\bar{y} - \hat{y})^2$
1	79,2	78,4	0,8	0,64
2	77,8	78,3	0,5	0,25
3	76,7	76,71	0,01	0,0001
4	78,3	77,8	0,5	0,25
5	79,5	78,9	0,6	0,36
6	78,9	79,91	1,01	1,02
7	78,7	78,07	0,63	0,39
8	78,5	78,63	0,13	0,0169
9	78,2	78,79	0,59	0,34
10	77,9	77,7	0,2	0,04
11	78,1	78,78	0,68	0,46
12	78,3	78,16	0,14	0,0196
13	79,8	79,52	0,25	0,0625
14	80,0	79,52	0,48	0,23
15	79,9	79,52	0,38	0,1444
			$\Sigma 6,9$	$\Sigma 4,1871$

ПРИЛОЖЕНИЕ М

(обязательное)

Результаты производственных испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем.

Таблица М.1 – Результаты определения производительности и удельных энергозатрат центробежного агрегата при вытопке воска из рамок с восковым сырьем.

№ опыта	Производительность, кг/ч	Удельные энергозатраты, кВт·ч/кг
1	3,25	0,987
2	3,19	0,984
3	3,28	0,979
Среднее значение	3,24	0,971

Таблица М.2 – Результаты определения расхода и выхода воды вместе с воском при работе центробежного агрегата для вытопки воска из сотов с восковым сырьем за 1 цикл.

№ опыта	Количество		
	Воск, кг/цикл	Расход воды, л/цикл	Выход воды вместе с воском, л/цикл
1	1,94	0,84	0,66
2	2,08	0,8	0,62
3	2,12	0,73	0,55
среднее значение	2,05	0,79	0,61

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(обязательное)

Результаты производственных испытаний центробежного агрегата для вытопки воска

Таблица Н – Результаты исследования влияния срока использования рамок на время разваривания воскового сырья и время течения сырья.

Год использования рамки с восковым сырьем	Время разваривания воскового сырья, мин	Время течения воскового сырья из центрифуги в воскопресс и прессования, мин
1 год	16	16
1 год	15	17
1 год	17	15
Среднее значение	16	16
2 год	22	18
2 год	21	19
2 год	20	20
Среднее значение	21	19
3 год	27	23
3 год	29	21
3 год	28	22
Среднее значение	27	22

ПРИЛОЖЕНИЕ П

(обязательное)

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический
университет П.А. Костычева»

Центр нанотехнологий и наноматериалов для АПК

Протокол испытаний № 3-П

От 20 мая 2015 г.

Наименование образца: Сырье восковое (Соты восковые, вытопки пасечные)

Наименование и адрес заказчика 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 33,
Нагаев Н.Б.

НД на продукцию ГОСТ 31775-2012 Сырье восковое. Технические условия

Дата проведения испытаний: с 14.05.2015 по 19.05.2015

Результаты испытаний:

Наименование продукта	Цвет воскового сырья	Массовая доля воды, %	Массовая доля воска, %
Соты восковые (2 год)	Светло-желтые	2,0	93,2
Соты восковые (2 год)	Светло-коричневые	1,9	89,8
Соты восковые (3 год)	Светло-коричневые	1,8	87,3

Наименование продукта	Цвет воскового сырья	Массовая доля воды, %	Массовая доля воска, %
Вытопки пасечные	Коричневые	8,4	22,3
Вытопки пасечные	Коричневые	7,9	21,9
Вытопки пасечные	Коричневые	8,0	22,4

Руководитель центра нанотехнологий

и наноматериалов для АПК

Исполнитель лаборант



Полищук С.Д.

Позднякова И.Н.

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

(обязательное)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕХАНИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ АГРОХИМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»
(ФГБНУ ВНИМС)

390025, г. Рязань, ул. Щорса. 38/11; тел. (4912) 985607; факс (4912) 985704

03.12.2014 № 554

на № _____ от _____

СПРАВКА

Дана аспиранту РГАТУ им. П.А. Костычева Нагаеву Николаю Борисовичу о том, что 15.09.14 ФГБНУ ВНИМС принял конструкторскую документацию на центробежный агрегат для вытопки воска из пчелиных сотов АВВЦ 20/19 (Патент РФ № 2528960), для изготовления опытно-производственного образца.

Заместитель директора



Гайбарян М.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(обязательное)

Утверждаю

Руководитель КФХ «Богдановская пасека»



Половинкин

АКТ

испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем с отжатием воска от мервы

Комиссия в составе: заведующий лабораторией «Инновационные и энергоресурсосберегающие технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве», д.т.н., профессор Некрашевич В.Ф. и аспирант Нагаев Н.Б., от кафедры «Механизация животноводства» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева и руководитель КФХ «Богдановская пасека» Половинкин К.А. составили настоящий акт о нижеследующем.

В период с 1.11.2014 по 30.05.2015 в лаборатории «Инновационные и энергоресурсосберегающие технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве» ФГБОУ ВО РГАТУ были произведены производственные испытания центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем и отжатием воска из мервы в присутствии руководителя КФХ Половинкина К.А.. Для проведения производственных испытаний были предоставлены рамки с восковым сырьем полученные на производственной пасеке КФХ «Богдановская пасека». Данный агрегат используется для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, причем рамки в процессе вытопки воска дезинфицируются, что способствует беспрепятственному дальнейшему их использованию. Данный агрегат, разработанный на кафедре «Механизация

животноводства» Рязанского ГАТУ, позволяет получить большее количество воска из того же количества воскового сырья благодаря отпрессовке разваренного воскового сырья в прессе в горячем состоянии.

Агрегат состоит из парообразователя, в котором размещена центрифуга. В центрифугу устанавливаются гнездовые и магазинные рамки для разваривания. Для перемещения разваренного сырья дно камеры центрифуги выполнено с уклоном, переходящим в сливной патрубок, а затем в воскопресс. В воскопрессе установлен шнек конусовидной формы и фильтр-сетка при помощи их и происходит отпрессовка разваренного воскового сырья.

В процессе работы центробежного агрегата для вытопки воска на рамки с восковым сырьем, размещенные в центрифуге, действует пар, образующийся в парообразователе. Затем разваренное восковое сырье под действием силы тяжести попадает на наклонное дно камеры центрифуги, а после через сливной патрубок и в воскопресс. При помощи вращения шнека конусовидной формы восковое сырье подпрессовывается. Воск, проникая через фильтр – сетку, очищается и собирается в емкость. Выжимки с механическими примесями через выгрузное отверстие воскопресса попадают в ёмкость для их сбора. В конце разваривания воскового сырья включается ротор центрифуги с целью отделения остатков воскового сырья, оставшегося на рамках, которое так же попадает в воскопресс, где происходит отжим из него воска.

В процессе вытопки воска получены следующие результаты: производительность агрегата составила 3,24 кг/ч, из одного килограмма воскового сырья различного срока использования средней восковитости 90,1% получилось воска 786 г или 78,6 % выхода, что составляет от восковитости сырья 87,2%, при этом получилось вытопок 213,6 г восковитостью 22,2 %, выход воска увеличился в среднем на 20 - 30 %, по сравнению с другими современными паровыми установками для вытопки воска и воскопрессами. Энергоемкость процесса вытопки составляет 0,989 кВт·ч /кг.

В процессе вытопки воска установлено, что данная конструкция центробежного агрегата работоспособна, отказов и поломок не наблюдалось.

По результатам производственных испытаний и определения количественных и качественных показателей полученного воска дается следующие рекомендации: для вытопки воска в центробежном агрегате следует соблюдать режим подачи пара 30 г/мин, частоту вращения ротора центрифуги 310 мин⁻¹, временем вращения ротора 2 минуты, частоту вращения шнека воскопресса 190 мин⁻¹ и время разваривания воскового сырья 19 минут. При этом достигается производительность по чистому воску 3,24 кг/ч, а качественные показатели получаемого воска соответствуют требованиям ГОСТ 31775-2012. Кроме того, рекомендуется включить в конструкцию воскопресса сменный лавсановый фильтр тонкой очистки отжимаемого воскового сырья, для повышения качества получаемого воска, так же каждые 15 циклов проводить очистку фильтра - сетки.

От кафедры «Механизация животноводства» Рязанский ГАТУ

Заведующий лабораторией

«Инновационные и энергоресурсосберегающие

технологии и средства механизации

в растениеводстве и животноводстве»,

д.т.н., профессор

В.Ф. Некрашевич

аспирант

Н.Б. Нагаев

От КФХ «Богдановская пасека»



К.А. Половинкин

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(обязательное)

Утверждаю

Глава ИП КФХ Фионин Н.Г.



Н.Г. Фионин
ДЛЯ
ДОКУМЕНТОВ 2015 г.

АКТ

производственных испытаний центробежного агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем с отжатием воска от мервы

Комиссия в составе: заведующий лабораторией «Инновационные и энергоресурсосберегающие технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве», д.т.н., профессор Некрашевич В.Ф. и аспирант Нагаев Н.Б., к.э.н, доцент Торженова Т.В., от кафедры «Механизация животноводства» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева и Фионин Н.Г. от ИП КФХ Фионин Н.Г. составили настоящий акт о нижеследующем.

В период с 2.02.2015 по 15.05.2015 в лаборатории «Инновационные и энергоресурсосберегающие технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве» ФГБОУ ВО РГАТУ производственные испытания агрегата для вытопки воска из рамок с восковым сырьем, разработанного на кафедре «Механизация животноводства» Рязанского ГАТУ.

Агрегат состоит из парообразователя, в котором размещена центрифуга. В центрифугу устанавливаются гнездовые и магазинные рамки для разваривания. Для перемещения разваренного сырья дно камеры центрифуги выполнено с уклоном, переходящим в сливной патрубков, а затем в воскопресс. В воскопрессе установлен шнек конусовидной формы и фильтр-сетка при помощи их и происходит отпрессовка разваренного воскового сырья.

Агрегат испытан при следующих работы: подача пара 30 г/мин, частота вращения ротора центрифуги 310 с⁻¹, время вращения рамок в центрифуге 2

минуты, частота вращения шнека воскопресса 190 с^{-1} и время разваривания воскового сырья 19 минут.

В процессе вытопки воска из рамок с воскосырьем измерялась производительность агрегата за один цикл его работы (т.е. от одной загрузки рамок с восковым сырьем до другой) и количество воды, требуемое для процесса вытопки.

В процессе вытопки воска получены следующие результаты: производительность агрегата составила 2,05 кг/цикл, выход воды вместе с воском 0,61 литр/цикл, количество воды заливаемой в парообразователь 0,79 литр/цикл.

За период эксплуатации агрегата для вытопки воска было переработано около 17 кг воскового сырья, отказов и поломок не наблюдалось. Так же из одного килограмма воскового сырья различного срока использования средней восковитости 90,1% получилось воска 786 г или 78,6 % выхода, что составляет от восковитости сырья 87,2%, при этом получилось вытопок 213,6 г восковитостью 22,2 %, выход воска увеличился в среднем на 20 - 30 %, по сравнению с другими современными паровыми установками для вытопки воска и воскопрессами.

От кафедры «Механизация животноводства» Рязанский ГАТУ

Заведующий лабораторией

«Инновационные и энергоресурсосберегающие

технологии и средства механизации

в растениеводстве и животноводстве»,

д.т.н., профессор

аспирант кафедры

«Механизация животноводства»

к.э.н., доцент

Глава ИП КФХ Н.Г. Фионин



В.Ф. Некрашевич



Н.Б. Нагаев

Т.В. Торженова

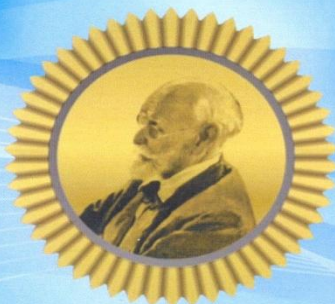


Н.Г. Фионин

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(справочное)

Правительство Рязанской области
Совет молодых ученых и специалистов
при Губернаторе Рязанской области



ДИПЛОМ

награждается

Нагаев
Николай Борисович

аспирант

*ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный
агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»*

за участие в конкурсе
«Молодой ученый года – 2014 года»
имени академика И.П. Павлова

Губернатор Рязанской области

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'O.I. Kovalev'.

О.И. Ковалев

Председатель Совета молодых ученых
и специалистов при Губернаторе
Рязанской области

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'V.E. Vezlomcev'.

В.Е. Везломцев



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ
 малых форм предприятий в научно-технической сфере

ДИПЛОМ

Победитель программы "Участник молодежного
 научно-инновационного конкурса" ("УМНИК")

Нагаев Н.Б.

РГАТУ

*Председатель
 Наблюдательного совета*

И.М. Борщук

*Генеральный директор
 Фонда содействия развитию
 малых форм предприятий
 в научно-технической сфере*

С.Г. Поляков



ПРИЛОЖЕНИЕ X

(справочное)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2528960

АГРЕГАТ ДЛЯ ВЫТОПКИ ВОСКА

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

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № **2013112090**

Приоритет изобретения **18 марта 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **28 июля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **18 марта 2033 г.**

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 528 960** (13) **C1**(51) МПК
A01K 59/06 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013112090/13, 18.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.03.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.03.2013

(45) Опубликовано: 20.09.2014 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 81040 U1, 10.03.2009. RU 107459
U1, 20.08.2011. RU 1795876 C, 15.02.1993. SU
1604301 A1, 07.11.1990. CA 2735490 A1,
16.10.2011

Адрес для переписки:

390044, г.Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВПО
РГАТУ, Отдел по патентной и изобретательской
работе

(72) Автор(ы):

Некрашевич Владимир Федорович (RU),
Нагаев Николай Борисович (RU),
Торженова Татьяна Владимировна (RU),
Липин Владимир Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(54) АГРЕГАТ ДЛЯ ВЫТОПКИ ВОСКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к пчеловодству, а именно к устройствам для извлечения воска из сотовых рамок. Агрегат для вытопки воска содержит центрифугу-воскотопку 5 с герметичной крышкой 2, емкость 6 для воды, парообразователь 1, воскопресс 19, емкости 23 и 24 для сбора чистого воска и выжимок. Центрифуга-воскотопка 5 выполнена в виде корпуса с ротором 9, в котором установлены сотовые рамки 11 в держателях 10. Емкость 6 для воды оснащена электрическими ТЭНами 12, смотровым окном 13 и краном. В воскопрессе 19 установлен прессующий шнек 21 конусовидной формы с выгрузным отверстием, оснащенный

регулируемым винтом 22 и сеткой-фильтром 20. Центрифуга-воскотопка 5, парообразователь 1 и воскопресс 19 размещены в едином корпусе. Причем центрифуга-воскотопка 5 размещена в парообразователе 1 над емкостью 6 для воды. В парообразователе 1 установлен предохранительный клапан 14. Дно камеры 17 центрифуги-воскотопки 5 выполнено с уклоном, переходящим в сливной патрубок 18. Воскопресс 19 размещен в нижней части агрегата для вытопки воска в емкости 6 для воды. Обеспечивается непрерывный технологический процесс вытопки воска. 3 ил.

RU 2 5 2 8 9 6 0 C 1

RU 2 5 2 8 9 6 0 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 155462

АГРЕГАТ ДЛЯ ВЫТОПКИ ВОСКА

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

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014148450

Приоритет полезной модели 01 декабря 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 15 сентября 2015 г.

Срок действия патента истекает 01 декабря 2024 г.

Заместитель руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾155 462⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

A01K 59/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014148450/05, 01.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.12.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.12.2014

(45) Опубликовано: 10.10.2015 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВПО
РГАТУ, отдел по патентной и изобретательской
работе, Липину В.Д.

(72) Автор(ы):

Некрашевич Владимир Фёдорович (RU),
Нагаев Николай Борисович (RU),
Епифанцев Дмитрий Александрович (RU),
Грунин Николай Александрович (RU),
Липин Владимир Дмитриевич (RU),
Урляпов Михаил Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(54) АГРЕГАТ ДЛЯ ВЫТОПКИ ВОСКА

(57) Формула полезной модели

Агрегат для вытопки воска, содержащий центрифугу-воскотопку с герметичной крышкой, выполненную в виде корпуса с ротором, в котором установлены сотовые рамки в держателях, емкость для воды, оснащенную электрическими ТЭНами, смотровым окном и краном, парообразователь, воскопресс, в котором установлен прессующий шнек конусовидной формы с выгрузным отверстием, оснащенным регулировочным винтом и сеткой-фильтром, емкости для сбора чистого воска и выжимок, центрифуга-воскотопка, парообразователь и воскопресс размещены в едином корпусе, причем центрифуга-воскотопка размещена в парообразователе над емкостью для воды, в котором установлен предохранительный клапан, дно камеры центрифуги-воскотопки выполнено с уклоном, переходящим в сливной патрубков, воскопресс размещен в нижней части агрегата в емкости для воды, отличающийся тем, что под центрифугой, внутри которой устанавливаются сотовые рамки, размещена перфорированная площадка, причем в нижней части центрифуги на роторе жестко закреплены штифты.

RU 155462 U1