

На правах рукописи



МАМОНОВ Роман Александрович

**ТЕОРЕТИЧЕСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
МАШИН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРГИ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Рязань – 2018

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

Научный консультант: доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ
Некрашевич Владимир Федорович

Официальные оппоненты: **Курдюмов Владимир Иванович,**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный
аграрный университет имени П.А. Столыпина»,
заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и
безопасность жизнедеятельности»

Коновалов Владимир Викторович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный
технологический университет», профессор
кафедры «Технология машиностроения»

Купреенко Алексей Иванович,
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Брянский государственный
аграрный университет», директор
инженерно-технологического института

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр пчеловодства»

Защита состоится «22» ноября 2018 г. в 10⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 220.057.03, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу: 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ и на сайте университета www.rgatu.ru и на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации www.vak3.ed.gov.ru.

Автореферат разослан “ ____ ” _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В современных условиях возможным направлением экономического роста может стать развитие отрасли пчеловодства. В процессе своей жизнедеятельности пчелы производят ряд ценнейших продуктов: маточное молочко, мед, пчелиный яд, воск, прополис, обножку, пергу и другие. Благодаря своему уникальному химическому составу пергу используют для лечения ряда заболеваний у людей: желудочно-кишечных расстройств, атеросклероза, сердечнососудистых заболеваний и других.

В России большой потенциал производства перги, так как её заготавливают только от 500 тыс. пчелиных семей, а от остальных 3 млн. семей она идет в отход при перетопке выбракованных сотов, снижая выход воска. Перга на рынке стоит в 8...10 раз дороже меда и потребность её в народном хозяйстве очень велика. Однако переработка пчелиных сотов и извлечение из них перги находятся на низком уровне.

Это связано с тем, что существующие технологии получения отдельно перги и воскового сырья имеют высокую энергоёмкость и трудоёмкость технологических операций. Серийно выпускаемое оборудование ориентировано на большие объемы переработки пчелиных сотов и имеет высокую стоимость. За последние годы наблюдается тенденция к снижению среднего числа пчелосемей на пасеках. В настоящее время 70 % пчеловодов имеют пасеки менее 100 пчелосемей.

Поэтому большинство пчеловодов считают нецелесообразным приобретать дорогостоящее оборудование и получают небольшое количество перги кустарными способами, требующими значительных затрат времени.

Таким образом, разработка технологии и машин, повышающих эффективность получения перги с минимальными затратами труда и энергии в условиях большинства пасек, является актуальной и важной научно-технической проблемой, имеющей важное значение для народного хозяйства и экономики страны.

Научная гипотеза. Повышение качества перги достигается за счет создания машин, отвечающих предъявляемым требованиям.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в фундаментальные исследования процессов сушки, измельчения и сепарации материалов различного происхождения внесли В.И. Атаназевич, Н.М. Бушуев, И.Г. Воронов, А.С. Гинзбург, В.П. Горячкин, А.Р. Демидов, В.М. Дринча, П.А. Емельянов, В.А. Жилкин, П.М. Заика, А.Н. Карпенко, Ф. Кик, В.Л. Кирпичев, В.В. Коновалов, О. Кришер, А.И. Купреенко, П.Д. Лебедев, М.Н. Летошнев, М.Ю. Лурье, А.В. Лыков, А.Я. Малис, С.В. Мельников, Р. Молье, П.А. Ребиндер, Б.Г. Турбин, Г.К. Филоненко и многие другие отечественные и зарубежные ученые.

Решению проблемы повышения эффективности заготовки перги посвящены работы: П.В. Бибилова, Л.К. Бондаря, В.И. Бронникова, К.В. Буренина, Н.В. Бышова,

С.В. Винокурова, А.А. Григоряна, Ю.В. Донченко, И.А. Дудова, Д.Е. Каширина, Ю.Н. Кирьянова, М.В. Коваленко, Е.К. Космовича, М.Ю. Костенко, В.И. Курдюмова, А.А. Курочкина, А.В. Ларина, В.Д. Левина, С.Н. Ладутько, Г.Д. Мохнаткина, В.Ф. Некрашевича, В.К. Пестиса, С.А. Стройкова, Т.В. Торженовой, В.Д. Хмырова и других.

Несмотря на большое количество научных исследований, технических решений механизации получения перги, эффективности использования энергетических ресурсов в настоящее время ряд задач остаются не решёнными.

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

Кроме того, часть исследований проводилась в рамках работы лаборатории «Инновационных энергоресурсосберегающих технологий и средств механизации в растениеводстве и животноводстве» ФГБОУ ВО РГАТУ по заданию Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2011 году.

Цель исследований. Теоретическо-экспериментальное обоснование машин для получения перги повышающих качество продукции.

Задачи исследований:

1. Провести анализ способов и технических средств получения перги из пчелиных сотов.
2. Исследовать свойства пчелиных сотов, воскового сырья и перги для обоснования технологических требований к машинам.
3. Теоретически и экспериментально обосновать конструктивно-технологические схемы, параметры и режимы работы машины для получения перги из пчелиных сотов.
4. Осуществить проверку работы машин для получения перги из пчелиных сотов в производственных условиях и оценить технико-экономическую эффективность их работы.

Объект исследований – технологические процессы машин для получения перги из пчелиных сотов, включающие центробежную скарификацию сотов, центробежное выделение воскоперговой массы из сотов и её охлаждение, измельчение воскоперговой массы с разделением пневмосепарированием на восковое сырьё и пергу и её досушивание.

Предмет исследований – закономерности технологических процессов машин для получения перги из пчелиных сотов.

Научная новизна диссертационной работы заключается: в теоретических и экспериментальных зависимостях обоснования конструктивно-технологических схем, параметров и режимов работы машин для получения перги из пчелиных сотов, выполняющих центробежную скарификацию сотов, центробежное выделение воскоперговой массы из сотов и её охлаждение, измельчение воскоперговой массы с разделением пневмосепарированием на восковое сырьё и пергу и её досушивание.

Техническая новизна предложенных решений подтверждена 10 патентами РФ на изобретения и полезные модели.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в том, что предложенные математические зависимости позволяют производить расчёт параметров и режимов работы машин для центробежной скарификации сотов, выделения воскоперговой массы из сотов, её охлаждения, измельчения и разделения на восковое сырьё и гранулы перги, досушки гранул перги.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты позволяют проектным и конструкторским организациям разрабатывать оборудование для получения перги из пчелиных сотов, а пчеловодческим организациям эффективно использовать их в производственной деятельности.

Методология и методы исследования. При проведении теоретических исследований применены законы математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов. При выполнении экспериментальных исследований использовались общеизвестные и разработанные на их базе частные методики. Для измерения и контроля параметров машин применялись современные механические и электронные приборы, установки, а также разработанные специально.

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснование требований к машинам на основе анализа способов и технических средств получения перги из пчелиных сотов и исследования свойств пчелиных сотов, воскового сырьё и перги.

2. Результаты теоретического и экспериментального обоснования конструктивно-технологических схем, параметров и режимов работ машин для получения перги из пчелиных сотов, выполняющих центробежную скарификацию сотов, центробежное выделение воскоперговой массы из сотов и её охлаждение, измельчение воскоперговой массы с разделением пневмосепарированием на восковое сырьё и пергу и её досушивание.

3. Результаты испытаний и оценки технико-экономического эффекта применения машин для получения перги из пчелиных сотов в производственных условиях.

Вклад автора. Научные исследования были проведены автором работы лично или с его непосредственным участием, что включало: обзор существующих технологий, средств механизации производственных процессов получения перги и их анализ, постановку проблемы, целей и задач исследований, выдвижение научной гипотезы, теоретическое и экспериментальное обоснование конструктивно-технологических схем машин для получения перги из пчелиных сотов, разработку и изготовление лабораторных установок и производственных образцов машин, обработку и интерпретацию полученных результатов, оценку технико-экономического эффекта внедрения машин для получения перги из пчелиных сотов в производство, написание научных статей.

Реализация результатов исследований. Технология и машины для получения перги из пчелиных сотов внедрены и прошли испытания в пчеловодческих хозяйствах РФ и ближнего зарубежья. Согласно постановлению бюро секции механизации, электрификации и автоматизации Российской академии сельскохозяйственных наук от 18 декабря 2008 года технология и машины для получения перги из пчелиных сотов включены в систему машин по механизации пчеловодства.

ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации агротехнического обслуживания сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук» (г. Рязань) и ООО Агротехнопарк «АВИК» (г. Луховицы Московской области) по предоставленной конструкторской документации наладили промышленный выпуск разработанного оборудования.

Оборудование для получения перги из пчелиных сотов используются в хозяйствах многих субъектов Российской Федерации, Белоруссии, Украины.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность научных положений подтверждается достаточным количеством теоретических и экспериментальных исследований, схождением их результатов, обеспечена применением современных методик, сертифицированного научного оборудования и статистической обработки экспериментальных данных в программах для ПЭВМ: Microsoft Excel 2007, Statistica 6.0, Mathcad 14.0.

Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на национальных, всероссийских и международных научно-практических конференциях: Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева (г. Рязань, 2005...2017 гг.); Международная промышленная академия (г. Москва, 2010 г.); ФГОУ "Академия пчеловодства (г. Рыбное, 2008...2010 г.), ФГБНУ «НИИ пчеловодства» (г.Рыбное, 2005–2016 гг.); III Международный форум пчеловодов «Медовый мир» (г. Ярославль, 2012 г.); СМООП Бортник и лаборатория пчеловодства Национальной Академии Наук Белоруссии (г. Солигорск, 2012 г.), конференция-форум «Пчела и человек» (г.Москва, 2014...2016 гг.); Мордовского ГУ им. Н.П. Огарева (г. Саранск, 2012 г.);

Алтайского ГАУ (г. Барнаул, 2014 г.); Белгородского ГАУ (г. Белгород, 2015 г.); Пензенской ГСХА (г. Пенза, 2015 г.); Донской ГАУ (пос. Персиановский, 2016 г.).

Технология и машины для получения перги из пчелиных сотов были удостоены: на VI Московском международном салоне инноваций и инвестиций золотой медали (г. Москва, ВВЦ, 2006 г.); на 40-ом международном конгрессе “Апимондия” серебряной медали (г. Мельбурн (Австралия), 2007) и поощрены дипломами и грамотами ряда других организаций.

Публикации.

Основные положения диссертационной работы изложены в 57 печатных работах, в том числе 21 опубликована в журналах, включённых в перечень ВАК Минобрнауки РФ, в 2 научных монографиях, 10 патентах РФ на изобретения и полезные модели. Общий объем публикаций по теме диссертационной работы составил 27,53 п.л., соискателю из них принадлежит 19,15 п.л.

Структура и объем диссертации. Структура диссертационной работы состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 247 источников и приложений. Работа имеет 300 страниц основного текста, содержит 128 рисунков и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и сформулированы цель, научная новизна и практическая значимость работы. Приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ способов и средств производства перги» приведен обзор и анализ научно-практической информации по вопросам изучаемой проблемы: описана область применения перги в народном хозяйстве страны, рассмотрены современные технологии заготовки пчелиных сотов и средства механизации получения перги.

Рассмотренные способы заготовки перги в пчелиных сотах и отдельно от её восковой основы не могли удовлетворить и обеспечить потребность рынка нашей страны высококачественной и дешёвой пергой. Объемы её производства по стране в целом были ничтожно малы. Решить эту проблему возможно только посредством создания эффективной технологии и комплекса машин.

На практике широкое применение получила технология, предложенная В.Ф. Некрашевичем, В.И. Бронниковым и С.А. Стройковым. Получение перги по этой технологии предполагало выполнение операций в следующей последовательности: осушение пчелами сотов от меда; скарификацию поверхности сотов; сушку сотов с пергой; отделение кусков сота с пергой от деревянной рамки; их охлаждение; измельчение; разделение на пергу и восковое сырье. Выявлено, что ряд операций данной технологии являются не механизированными, низкопроизводительными и требуют детального исследования и совершенствования.

В настоящее время отсутствует технология, учитывающая совместное влияние исходных требований к сырью, к параметрам окружающей среды и параметрам рабочего процесса.

Обоснование машин для получения перги повышающих качество продукции можно только на основе системного подхода (рис. 1).

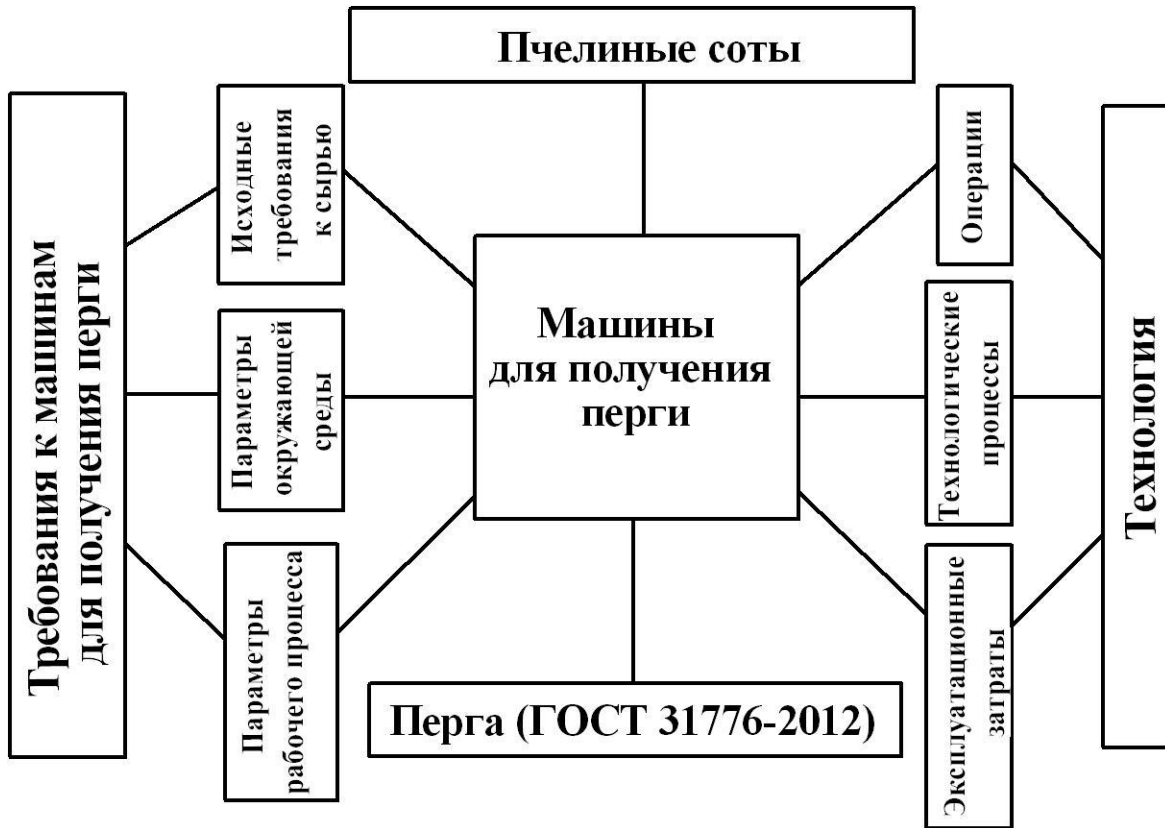


Рисунок 1 – Схема системного подхода к разработке машин для получения перги из пчелиных сотов

Нами предложено на основе анализа свойств пчелиных сотов, перги и восковой основы сотов разработать требования к машинам для получения перги. На их основе усовершенствовать технологические операции и машины для получения перги из пчелиных сотов.

Анализ существующих технологий и средств механизации получения перги позволил сформулировать цель диссертационной работы и задачи исследования.

Во второй главе «Обоснование требований к машинам для получения перги» представлена программа и методика исследования свойств пчелиных сотов, перги и восковой основы.

На основании анализа существующих технологий получения перги и изучения свойств сотов, перги и восковой основы предложены требования к машинам для получения перги (табл. 1).

Таблица 1 – Требования к машинам для получения перги

Исходные требования к сырью	Параметры окружающей среды	Параметры рабочего процесса
1	2	3
1. Исходные требования к пчелиным сотам		
<p>- количество целых гранул перги, $A_1=100\%$; - температура восковой основы сотов, $B_1=0...15^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_1=14...30\%$; - температура перги, $\Gamma_1=0...15^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_1=100\%$; - отсутствие плесени на пчелиных сотах; - отсутствие меда в пчелиных сотах, не более 5%; - отсутствие загрязнений и посторонних запахов.</p>	<p>- температура воздуха, $E_1=0...15^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_1\leq 60\%$.</p>	<p>- трудоемкость, $K_1\leq 0,02$ чел-ч/сот; - затраты энергии, $L_1\leq 0,01$ кВт-ч/сот.</p>
2. Скарификация воскоперговой массы сотов		
<p>- количество целых гранул перги, $A_2=100\%$; - температура восковой основы сотов, $B_2=20...25^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_2=14...30\%$; - температура перги, $\Gamma_2=18...25^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_2=100\%$; - скарификация пчелиных сотов не должна приводить к снижению прочности гранул перги ниже 40 кПа; - скарификация не должна приводить к разрушению пчелиных сотов и гранул перги, находящихся в них; - скарификация должна обеспечивать разгерметизацию всех гранул перги в ячейках сота.</p>	<p>- температура воздуха, $E_2=20...25^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_2\leq 60\%$.</p>	<p>- трудоемкость, $K_2\leq 0,02$ чел-ч/сот; - затраты энергии, $L_2\leq 0,01$ кВт-ч/сот.</p>
3. Сушка перги в сотах		
<p>- количество целых гранул перги, $A_3=100\%$; - температура агента сушки не должна приводить к перегреву восковой основы сота, его разрушению и отрыву от рамки с натянутой проволокой, $B_3\leq 55^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_3=14...18\%$; - температура перги, $\Gamma_3\leq 42^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_3=100\%$; - скарификация пчелиных сотов не должна приводить к снижению прочности гранул перги ниже 40 кПа; - сушилка должна обеспечивать равномерную сушку перги в сотах.</p>	<p>- температура воздуха, $E_3\leq 55^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_3\leq 60\%$.</p>	<p>- трудоемкость, $K_3\geq 0,1$ чел-ч/сот; - затраты энергии, $L_3\geq 3,0$ кВт-ч/сот.</p>
4. Выделение воскоперговой массы из сотов		
<p>- количество целых гранул перги, $A_4=100\%$; - температура восковой основы сотов, $B_4\geq 60^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_4=14...18\%$; - температура перги, $\Gamma_4\geq 42^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_4\leq 95\%$; - выделение воскоперговой массы должно выполняться без разрушения деревянной рамки сота и разрыва натянутой в ней проволоки; - при выделении воскоперговой массы не должно происходить разрушение гранул перги или уменьшение их прочности; - выделяться должна только часть сота, заполненная пергой.</p>	<p>- температура воздуха, $E_4=20...25^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_4\leq 60\%$.</p>	<p>- трудоемкость, $K_4\leq 0,02$ чел-ч/сот; - затраты энергии, $L_4\leq 0,01$ кВт-ч/сот.</p>

1	2	3
5. Охлаждение воскоперговой массы сотов		
<ul style="list-style-type: none"> - количество целых гранул перги, $A_5=100\%$; - температура восковой основы сотов, $B_5\leq 10^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_5=14\dots 18\%$; - температура перги, $\Gamma_5\geq 0^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_5\leq 95\%$; - при охлаждении восковая основа должна приобрести хрупкость; при охлаждении гранул перги должны приобрести прочность в поперечном сечении не менее 40 кПа; - охлажденные куски воскоперговой массы не должны прилипать друг к другу; - охлаждение перги не должно приводить к снижению питательных и биологически активных веществ; - охлаждение перги не должно приводить к сокращению срока хранения перги. 	<ul style="list-style-type: none"> - температура воздуха, $E_5\leq 10^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_5\leq 60\%$. 	<ul style="list-style-type: none"> - трудоемкость, $K_5\leq 0,02$ чел-ч/сот; - затраты энергии, $L_5\leq 0,01$ кВт-ч/сот.
6. Извлечение перги из восковой основы сотов		
<ul style="list-style-type: none"> - количество целых гранул перги, $A_6\geq 95\%$; - температура восковой основы сотов, $B_6\leq 10^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_6=14\dots 18\%$; - температура перги, $\Gamma_6\geq 0^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_6\leq 5\%$; - при разрушении воскоперговой массы не должно происходить измельчение гранул перги; - при измельчении восковые оболочки ячеек сотов должны быть отделены от поверхности гранул перги; - из измельчителя не должны выходить сотовые структуры воскоперговой массы; - равномерность подачи смеси в аспирационный канал. 	<ul style="list-style-type: none"> - температура воздуха, $E_6\leq 10^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_6\leq 60\%$. 	<ul style="list-style-type: none"> - трудоемкость, $K_6\geq 0,03$ чел-ч/сот; - затраты энергии, $L_6\leq 0,02$ кВт-ч/сот.
7. Сушка гранул перги		
<ul style="list-style-type: none"> - количество целых гранул перги, $A_7\geq 95\%$; - температура восковой основы сотов, $B_7\leq 42^\circ\text{C}$; - влажность перги, $V_7= 14\%$; - температура перги, $\Gamma_7\leq 42^\circ\text{C}$; - содержание восковой основы сотов, $D_7\leq 5\%$; - при сушке не должно происходить механического разрушения гранул перги; - не должно происходить пересушивания перги; - минимальные затраты труда и энергии на процесс досушивания. 	<ul style="list-style-type: none"> - температура воздуха, $E_7\leq 42^\circ\text{C}$; - влажность воздуха, $Ж_7\leq 60\%$. 	<ul style="list-style-type: none"> - трудоемкость, $K_7\leq 0,2$ чел-ч/кг; - затраты энергии, $L_7\leq 0,15$ кВт-ч/кг.

В процессе исследования физико-механических свойств пчелиных сотов, перги и восковой основы происходило уточнение и конкретизация требований предъявляемых к операциям технологии получения перги. Предложенные требования позволяют осуществлять обоснованный выбор параметров машин для обеспечения необходимого качества получаемой перги.

В третьей главе «Теоретические исследования машин для получения перги» представлены усовершенствованная технология получения перги из пчелиных сотов и конструктивно-технологические схемы машин с описанием принципа их

работы. Выявлены закономерности для определения основных конструктивных и режимных параметров разрабатываемых машин.

Усовершенствованная технология, обеспечивающая увеличение выхода извлекаемой перги из пчелиных сот с минимальными затратами энергии, труда и средств, может быть осуществлена предложенными машинами: центробежным скарификатором пчелиных сот, сушилкой перги в сотах, центробежным выделителем воскоперговой массы из сот, холодильным оборудованием, агрегатом для извлечения перги и сушилкой гранул перги. Рассмотрим каждую операцию этой технологии (рис. 2).

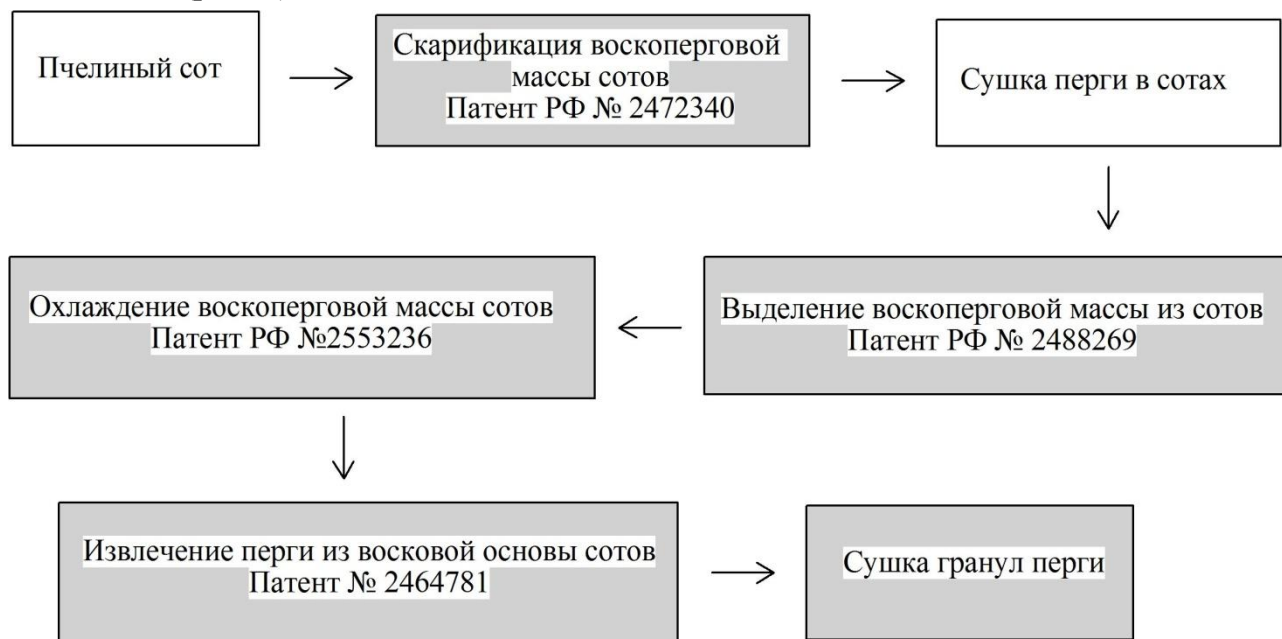


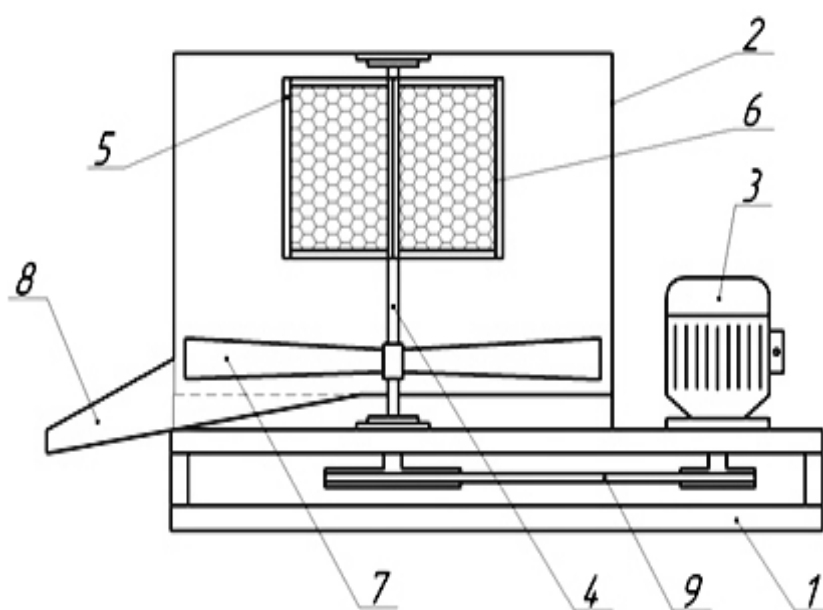
Рисунок 2 – Схема технологии получения перги из пчелиных сотов

Скарификация сотов. В процессе заготовки перги пчелы запечатывают пыльцу растений в восковых ячейках сота, пропитывая её верхние слои медом. Таким образом, перга герметично закрыта в восковых ячейках. Для ускорения процесса сушки перги в сотах необходимо разгерметизировать пергу в восковых ячейках (скарифицировать сот). Для устранения недостатков существующих способов прорезания и прокалывания верхнего слоя гранул перги нами был разработан центробежный способ скарификации. Особенность центробежного способа скарификации заключается в равномерном прогибе воскоперговой массы сота при воздействии на него центробежными силами в роторе центрифуги. В результате деформации сота происходит растяжение стенок восковых ячеек, что приводит к образованию воздушного зазора вокруг гранул перги и увеличению поверхности отвода влаги. Для обеспечения равномерности центробежной скарификации поверхности сота разработана кассета. Она устанавливается в ротор центрифуги, а в неё сот. Совместный прогиб сота с удерживающей резиновой пластиной

предотвращает образование больших трещин и разрушение сота, способствует равномерной скарификации всех восковых ячеек с пергой.

Выделение воскоперговой массы из сотов. Центробежную силу можно так же использовать для механизации выделения из сота восковой основы, заполненной пергой. Для этого необходимо снять удерживающую резиновую пластину с кассеты. Суть центробежного способа выделения воскоперговой массы из сота заключается в прорезании его проволокой рамки и выделение кусков с пергой из сота за счет воздействия центробежной силы.

Для осуществления процессов центробежной скарификации сотов и выделения воскоперговой массы разработана машина, конструктивно-технологическая схема которой представлена на рисунке 3. Кассеты 5 с сотами устанавливаются в ротор 4. Затем включают электродвигатель 3. При вращении ротора 4 под воздействием центробежных сил воскоперговая масса сота 6 деформируется, изгибаясь в сторону от центра вращения, прорезается проволокой рамки, и кусками отрывается от проволоки и рамки. Из сота выделяется только более тяжелая, чем восковая основа сота, воскоперговая масса. Восковая основа, незаполненная пергой, остаётся на деревянной рамке с проволокой.

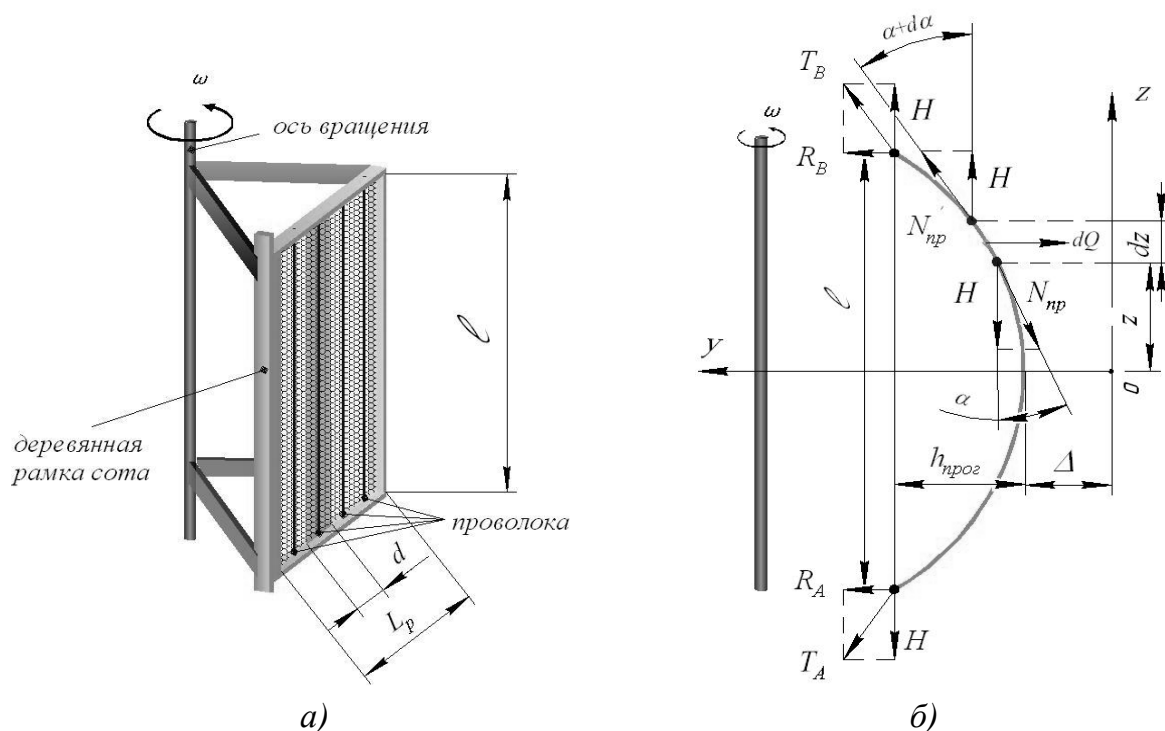


1 – рама; 2 – рабочая камера; 3 – электродвигатель; 4 – ротор; 5 – кассета; 6 – сот; 7 – выгрузное устройство; 8 – выгрузной лоток; 9 – привод.

Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема центробежного скарификатора сотов и выделителя воскоперговой массы

При вращении сота в центрифуге на сотовую пластину действуют центробежные силы инерции, направленные по радиусу вращения (рис. 4). В результате вращения сота в роторе центрифуги происходит натяжение проволоки и её прогиб вместе с сотовой пластиной.

Сила, прогибающая сот, при скарификации складывается из усилий натяжения проволоки под воздействием центробежных сил инерции сота и силы растяжения резиновой удерживающей пластины кассеты для скарификации.



а – размещение сота в роторе центрифуги; б – схема действия сил на проволоку сота.

Рисунок 4 – Схема к определению параметров процесса центробежной скарификации

При теоретическом исследовании процесса прогиба сота под действием центробежных сил были приняты следующие допущения: вес проволоки не учитываем, так как вес сота, приходящийся на проволоку, во много раз больше; изгибающие моменты сота не учитываем, так как они значительно меньше усилий растяжения проволоки; сот равномерно распределен по армирующей проволоке.

Так как направление действия центробежных сил перпендикулярно оси z , то проекции растягивающих сил на ось z равны постоянной величине H . Поэтому на величину натяжения проволоки оказывает влияние только проекции сил на ось y . Сумма проекций всех сил на ось y :

$$H(y' + dy') - Hy' - q_{\pi} \cdot dL = 0, \quad (1)$$

где y' - угловой коэффициент касательной к бесконечно малому элементу проволоки dL ; dy' - приращение углового коэффициента на участке dL .

Преобразовав выражение (1) и подставив координаты точки максимального прогиба $z = \frac{l}{2}$, $y = h_{\text{прог}}$ получим:

$$H = \frac{L_p \cdot \rho_{\text{сот}} \cdot h_{\text{сот}} \cdot \omega^2 \cdot R \cdot l^2}{8 \cdot h_{\text{прог}} \cdot n_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где L_p – длина боковой рейки деревянной рамки сота, м; $\rho_{\text{сот}}$ – средняя плотность сотовой пластины, кг/м³; $h_{\text{сот}}$ – средняя толщина сотовой пластины, м; ω – угловая скорость, с⁻¹; R – расстояние от оси вращения сота до проволоки, м; l –

расстояния между точками крепления проволоки, м; $h_{\text{прог}}$ – прогиб проволоки, м; $n_{\text{пр}}$ – число проволок в соте, шт.

В результате математического моделирования получена зависимость прогиба проволоки от плотности воскоперговой массы сота и частоты вращения ротора (рис. 5).

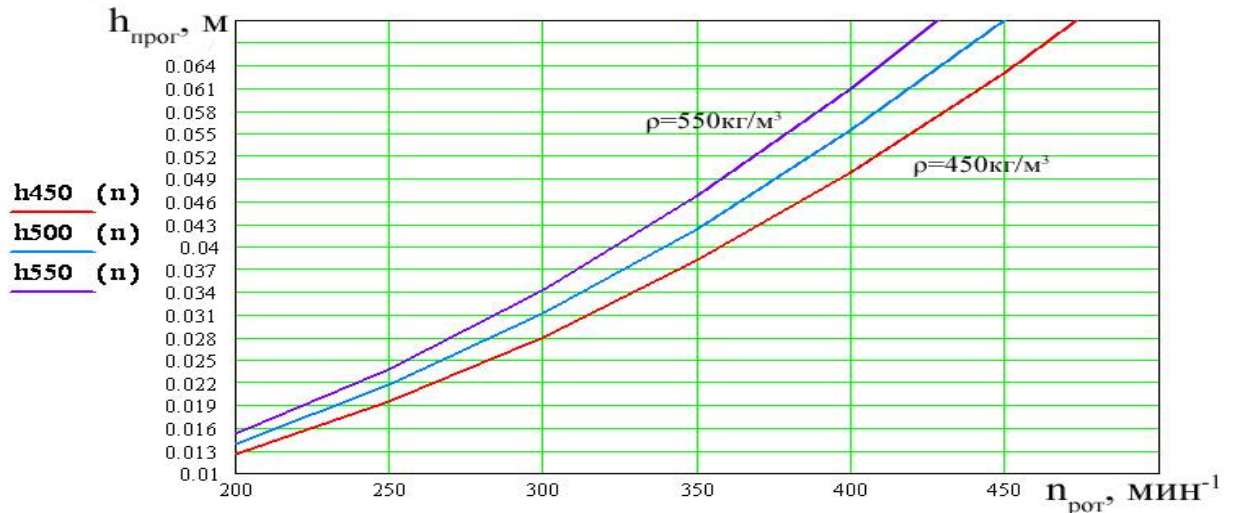


Рисунок 5 – Зависимость прогиба проволоки от плотности воскоперговой массы сота и частоты вращения ротора

Из рисунка 5 видно, что при средней плотности сота 500 кг/м^3 прогиб воскоперговой массы 40 мм достигается при частоте вращения ротора 340 мин^{-1} .

Размер ячейки S через координаты стенки ячейки S_k по оси z на проволоке определим по формуле:

$$S = \frac{1}{2} \left[S_k \sqrt{1 + \left(\frac{q_{\text{п}}}{H} S_k \right)^2} - S_{k-1} \sqrt{1 + \left(\frac{q_{\text{п}}}{H} S_{k-1} \right)^2} \right] + \frac{H}{2q_{\text{п}}} \ln \left| \frac{\frac{q_{\text{п}} \cdot S_k}{H} + \sqrt{1 + \left(\frac{q_{\text{п}} \cdot S_k}{H} \right)^2}}{\frac{q_{\text{п}} \cdot S_{k-1}}{H} + \sqrt{1 + \left(\frac{q_{\text{п}} \cdot S_{k-1}}{H} \right)^2}} \right|, \quad (3)$$

$$(k = 1, 2, \dots, n_{\text{я}})$$

Увеличение ячейки на внешней стороне сота, при его растяжении центробежными силами, расположенной на расстоянии z_k от оси y определим из выражения

$$\Delta S_k = h_{\text{я}} \cdot (\sin \alpha_k - \sin \alpha_{k-1}), \quad (k = 1, 2, \dots, n_{\text{я}}), \quad (4)$$

где $h_{\text{я}}$ – длина ячейки сота, м, α_k – угол наклона стенки ячейки сота к оси z , находящейся на расстоянии z_k от оси y , град; $n_{\text{я}}$ – число ячеек по одну сторону от оси y .

По полученным выражениям (3) и (4) с использованием программы MathCad 14.0 были построены зависимости изменения величины приращения размера поперечного сечения ячейки сота, при центробежном растяжении, от места её расположения на проволоке при различном прогибе проволоки (рис. 6).

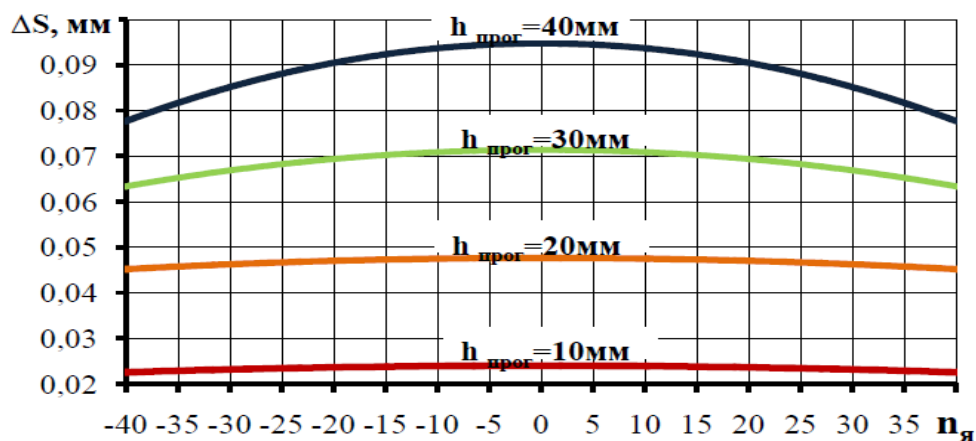


Рисунок 6 – Зависимость изменения величины приращения размера поперечного сечения ячейки сота от места её расположения на проволоке

При диаметре проволоки 0,4 мм, высоте ячейки сота 10 мм и величине прогиба 40 мм, зазор между гранулой перги и восковой стенкой ячейки варьируется в зависимости от места её положения в соте от 0,078 до 0,094 мм.

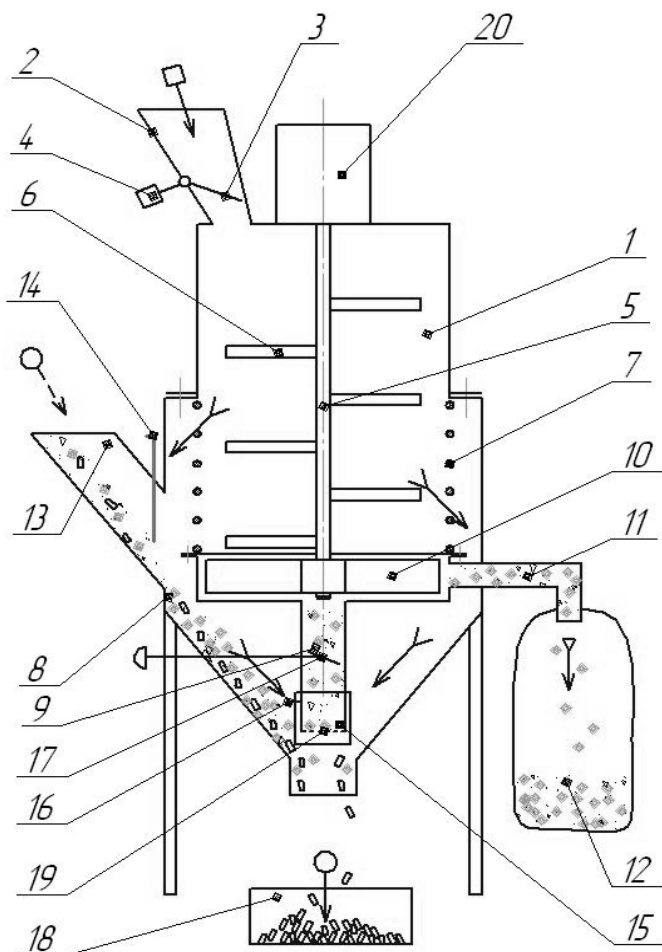
Извлечение перги из сотов. При изучении процесса извлечения перги из пчелиных сотов было выявлено, что при транспортировке воскоперговой смеси из измельчителя к сепаратору происходит конденсация влаги на охлажденной поверхности гранул перги и кусочках восковой основы сота. Это приводит к налипанию восковых частиц на гранулы перги и ухудшению процесса их сепарации. Вследствие этого увеличиваются затраты времени и энергии на извлечение перги, а качество готового продукта ухудшается.

Нами был предложен способ извлечения перги, в котором воскоперговая смесь, выходящая из штифтового измельчителя, в непрерывном процессе выравнивается на наклонной поверхности и подается на сепарацию. В результате обзора существующих схем измельчителей сотов нами предложена их классификация, анализ которой позволил разработать конструктивно-технологическую схему агрегата (рис. 7), в котором осуществляется предложенный способ.

Подготовленные к переработке куски воскоперговой массы сотов помещаются на заслонку 3 в загрузочном бункере 2. При достижении определенной массы сотов заслонка поворачивается, и они скатываются в цилиндрическую рабочую камеру 1, где измельчаются под ударным воздействием штифтов 6 при вращении вала 5.

Измельченная воскоперговая масса, опустившаяся на дно, нижним штифтом вала 5 перемещается к периферии, где, пройдя через отверстия съёмных решеток 7, попадает в циклон 8. Ссыпаясь по конической части циклона 8, измельченная воскоперговая масса равномерным потоком подается в зону сепарации через зазор образованный между стенкой циклона 8 и муфтой 15. Центробежный вентилятор 10 создает восходящий воздушный поток в

трубе 9 аспирационного канала, который уносит восковое сырье через решётку 19 и отводной патрубком 11 в фильтр-мешок 12, а более тяжелые гранулы перги опускаются в емкость 18, расположенную под циклоном. Для изменения зазора прохождения измельченной воскоперговой массы муфту 15 перемещают по трубе 9 и фиксируют стопорным винтом 16. Для изменения значения восходящего воздушного потока, регулировку осуществляют поворотом заслонки 17. При недостаточной очистке перговых гранул за первый проход, они подвергаются загрузке в зону пневмосепарации через бункер 13.



- → куски пергового сота
- Y → измельченная воско-перговая масса
- → гранулы перги или очищенные продукты пчеловодства
- ▶ → восковое сырье
- → продукты пчеловодства, идущие на повторную пневмосепарацию

1 – рабочая камера, 2 – загрузочный бункер, 3 – заслонка, 4 – груз-противовес, 5 – вал, 6 – штифт, 7 – съемная решётка, 8 – циклон, 9 – аспирационный канал, 10 – вентилятор, 11 – отводной патрубок, 12 – фильтр-мешок, 13 – бункер, 14 – дозирующая заслонка, 15 – муфта, 16 – стопорный винт, 17 – заслонка, 18 – емкость, 19 – решётка, 20 – электродвигатель.

Рисунок 7 – Конструктивно-технологическая схема агрегата для извлечения перги

При разрушении восковой основы сотов в измельчителе происходит высвобождение гранул перги, которые падают на дно камеры измельчения и перемещаются нижним цилиндрическим штифтом к выгрузному окну. При их взаимодействии гранула может: 1 - катиться по дну камеры измельчения без скольжения; 2 - катиться по дну камеры измельчения со скольжением; 3 - скользить по дну камеры измельчения без качения; 4 - не катиться и не скользить по дну камеры измельчения.

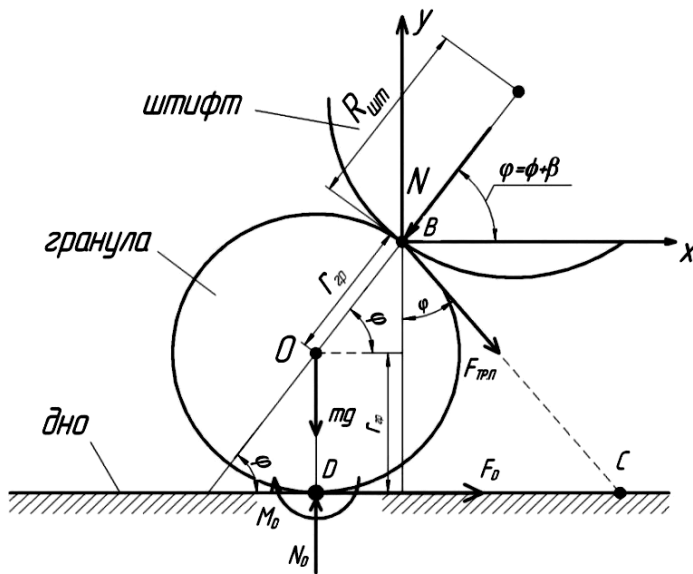


Рисунок 8 - Силы, действующие на гранулу перги при её перемещении нижним штифтом по дну камеры измельчения в сторону выгрузного окна

Четвёртый случай надо исключить, так как произойдет защемление гранулы и её раздавливание.

Уравнение работы сил на перемещении гранул δx имеет вид (рис. 8):

$$A = (N \cdot \cos\varphi - F_{тр.n} \cdot \sin\varphi - F_D) \delta x \quad (5)$$

где $F_{тр.n}$ - сила трения между штифтом и гранулой, Н; F_D - сила трения между гранулой и дном, Н.

Перемещение гранулы станет возможным, если

$$N \cdot \cos\varphi > F_{тр.n} \cdot \sin\varphi + F_D \sin\varphi + f_D \cdot \cos\varphi < 1 \quad (6)$$

Условием не защемления гранулы перги нижним штифтом будет:

$$\varphi < \arcsin \frac{1}{\sqrt{1+f_D^2}} - \arccos \frac{1}{\sqrt{1+f_D^2}}, \quad (7)$$

где φ – угол между направлением действия силы нормального давления штифта на гранулу N и горизонталью; f_D – коэффициент трения перги о дно камеры измельчения.

Требуемый зазор между нижним штифтом и дном камеры измельчения определим из выражения:

$$h = (R_{шт} + r_{сп}) \sin\varphi + r_{сп} - R_{шт}, \quad (8)$$

где $R_{шт}$ – радиус штифта, м; $r_{сп}$ – радиус поперечного сечения гранулы, м. Расчеты показали, что при диаметре штифта 15 мм расстояние между штифтом и дном камеры измельчения не должно превышать $h = 2,24$ мм.

Одновременно с переносным движением по дну камеры измельчения гранула перги совершает относительное движение по штифту в направлении от центра его вращения к периферии, где расположена выгрузная решетка измельчителя. Рассмотрим силы, действующие на гранулу перги при транспортировке её в горизонтальной плоскости штифтом, вращающимся с угловой скоростью ω .

Перемещение гранулы перги штифтом по дну камеры измельчения можно описать системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -f \cdot N_y + m \cdot \omega^2 \cdot x \\ 0 = fN_z + 2 \cdot \omega \cdot m \cdot \dot{x} - N_y \\ N_z = mg \\ F_{mp.uu} = fN_y \\ F_{mp.dn} = fN_z \end{cases}, \quad (9)$$

где $F_{mp.uu}$ – сила трения гранулы перги о материал штифтового вала, Н; $F_{mp.dn}$ – сила трения гранулы перги о дно камеры измельчения, Н; $F_e = m \cdot \omega^2 \cdot x$ – центробежная сила, Н; $F_c = 2 \cdot \omega \cdot m \cdot \dot{x}$ – сила Кориолиса, Н; N_y – сила нормального давления вдоль оси y , Н; f – коэффициент трения перги о сталь; N_z – сила нормального давления гранулы перги на дно измельчителя, Н; m – масса гранулы перги, кг; ω – угловая скорость вала измельчителя, c^{-1} ; x – расстояние от оси вращения штифта до частицы (гранулы перги), м.

Решая систему уравнений (9), получим зависимость перемещения гранулы перги по штифту от первоначального места положения на штифте до выхода из камеры измельчения и времени их взаимодействия:

$$x = \left[\frac{-gf^2}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega - \omega\sqrt{f^2+1}} \cdot e^{t(f\omega - \omega\sqrt{f^2+1})} \right] \cdot e^{t(-f\omega - \omega\sqrt{f^2+1})} + \left[\frac{f^2g}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega + \omega\sqrt{f^2+1}} \cdot e^{t(f\omega + \omega\sqrt{f^2+1})} \right] \cdot e^{t(-f\omega + \omega\sqrt{f^2+1})} + x_0 - \left[\frac{f^2g}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega + \omega\sqrt{f^2+1}} \right] - \left[\frac{-gf^2}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega - \omega\sqrt{f^2+1}} \right], \quad (10)$$

где x_0 – расстояние от оси вращения штифта до места касания гранулы со штифтом, м; t – время движения гранулы перги по штифту, с

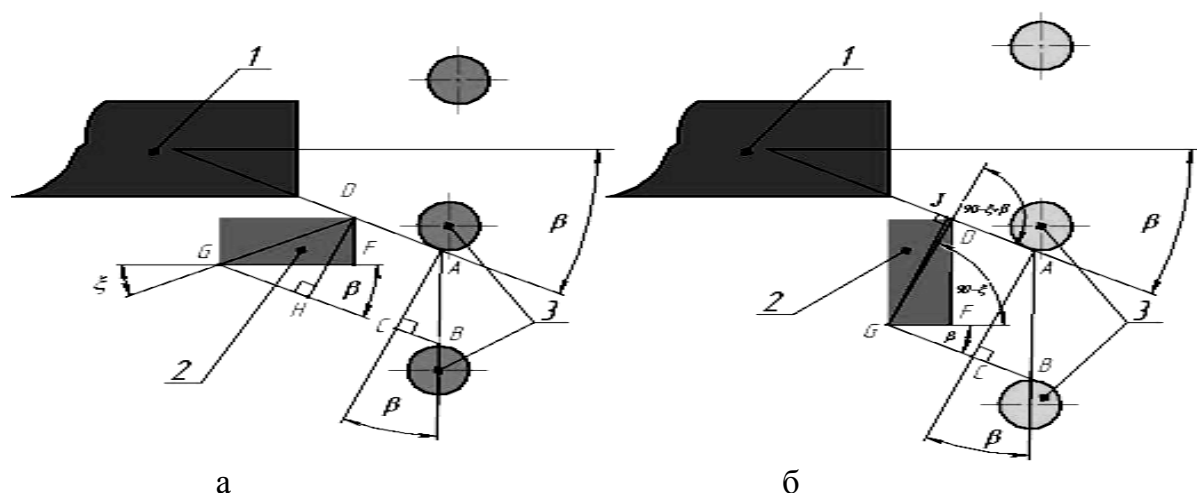
Для определения размеров отверстий выгрузной решетки камеры измельчения необходимо знать угол прохождения гранулы β через неё. Его можно найти из совместного решения уравнений (10) и уравнения:

$$\phi = t \cdot \frac{d\phi}{dt}, \quad (11)$$

где ϕ – угол поворота штифта за время перемещения гранулы перги t , рад.

В результате совместного анализа уравнений (10) и (11) в программе MathCad 14.0. была построена теоретическая зависимость максимального угла прохождения гранулы перги через выгрузную решетку от частоты вращения вала измельчителя.

В момент схода гранулы перги со штифта могут занимать относительного продольное (рис. 9 а) и поперечное (рис. 9 б) расположение.



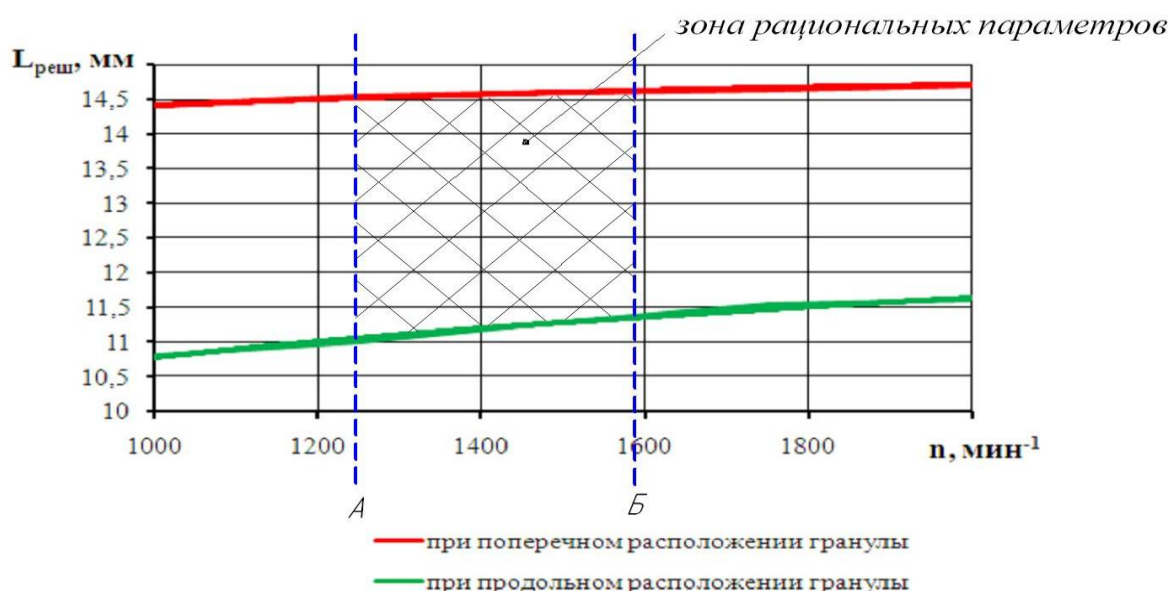
а

б

а – продольное расположение гранулы перги; б – поперечное расположение гранулы перги; 1 – штифт; 2 – гранула перги; 3 – прутки выгрузной решетки.

Рисунок 9 – Траектория перемещения гранулы перги в направлении прутков выгрузной решетки при сходе со штифта

В результате измерительного эксперимента по изучению траектории перемещения гранул по дну измельчителя, задавшись максимальной длиной 11,9 мм и толщиной 5,5 мм гранулы, были построены зависимости изменения расстояний между прутками выгрузной решетки от частоты вращения вала измельчителя при поперечном и продольном расположении гранулы перги на штифте (рис. 10).

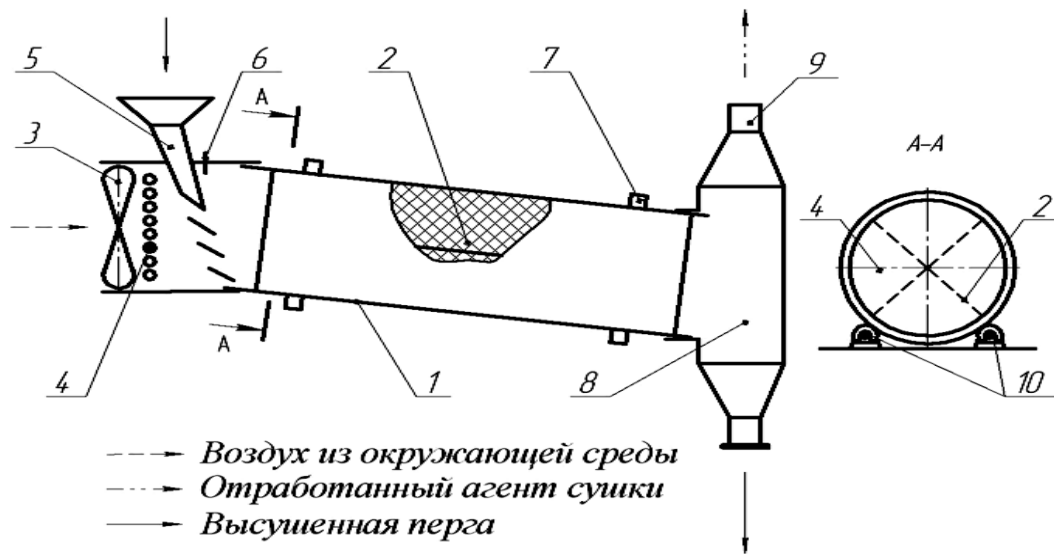


А – удовлетворительное измельчение воскоперговой массы сотов, Б – выход менее 80% целых гранул перги.

Рисунок 10 – Зависимость изменения расстояния между прутками выгрузной решетки от частоты вращения вала измельчителя

Теоретические исследования показали, что размер отверстий прутковой решетки выгрузочного окна измельчителя воскоперговой массы сотов должен быть в пределах от 11,0 до 14,6 мм.

Сушка гранул перги. Анализ существующих средств сушки цветочной пыльцы и перги позволил разработать конструкцию сушилки термочувствительных материалов (рис. 11). Гранулы перги подаются загрузочным устройством во вращающийся барабан с сетчатыми радиальными перегородками с одновременной подачей в него теплоносителя. При вращении барабана увеличивается прямой контакт теплоносителя с гранулами и создаются щадящие условия их нагревания и перемешивания, что интенсифицирует процесс сушки перги. Высушенная перга эвакуируется из сушилки через разгрузочный бункер.



1 – барабан; 2 – сетчатая перегородка; 3 – вентилятор; 4 – калорифер; 5 – загрузочное устройство; 6 – датчик температуры; 7 – направляющие бандажи; 8 – разгрузочный бункер; 9 – патрубок вывода отработанного теплоносителя; 10 – опорные ролики.

Рисунок 11 – Конструктивно-технологическая схема сушилки

При вращении барабана сушилки с сетчатыми радиальными перегородками гранулы перги совершают перемещения: по цилиндрической поверхности барабана (рис. 12); по сетчатой радиальной перегородке от цилиндрической поверхности к оси вращения барабана (рис. 13); по радиальной перегородке от оси вращения барабана к его цилиндрической поверхности барабана (рис. 13).

Перемещение частицы перги по цилиндрической поверхности барабана сушилки можно описать системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -mg \cos \alpha \sin \psi + \varphi - fN \frac{r\dot{\varphi}}{\sqrt{r^2\dot{\varphi}^2 + \dot{z}^2}} \\ m\ddot{y} = -mg \cos \alpha \cos \psi + \varphi + N - m \omega^2 r + 2\omega r\dot{\varphi} , \\ m\ddot{z} = mg \sin \alpha - fN \frac{\dot{z}}{\sqrt{r^2\dot{\varphi}^2 + \dot{z}^2}} \end{cases} \quad (12)$$

где m – масса частицы перги, кг; r – радиус барабана, м; φ – угол между радиус-вектором \vec{r} и осью x , град; g – ускорение свободного падения, м/с²; N – сила нормального давления, Н; α – угол наклона барабана к горизонту, град; ψ – угол, на который повернулась ось Ox , град; ω – угловая скорость переносного движения частицы перги, с⁻¹; f – коэффициент трения гранул перги о поверхность материала барабана; z – перемещение частицы вдоль оси Oz , м.

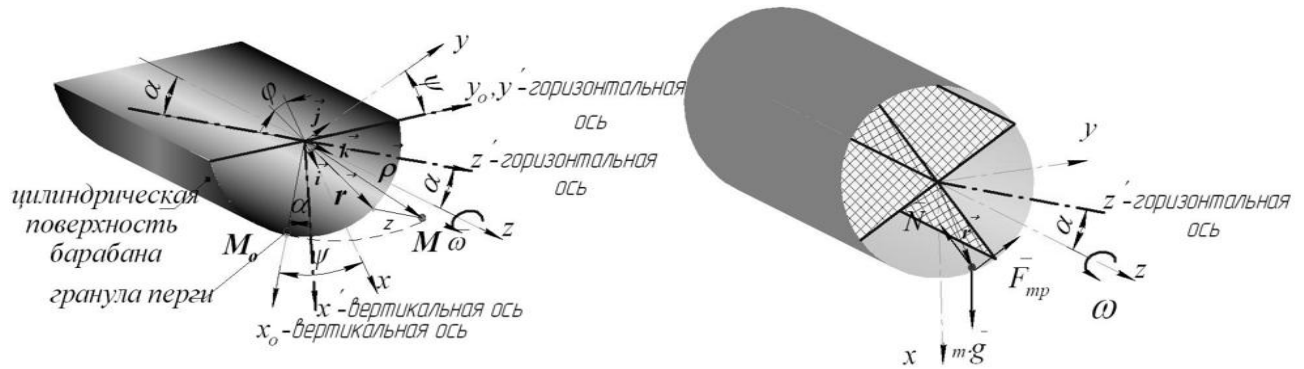


Рисунок 12 – Схема полярной и декартовой систем координат для вывода кинематических соотношений перемещения частицы перги по цилиндрической поверхности барабана

Перемещение частицы перги по сетчатым радиальным перегородкам описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -mg \sin \psi \cos \alpha - f_c N \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{z}^2}} + m\omega^2 x \\ 0 = -mg \cos \psi \cos \alpha + N - 2m\omega \dot{x} \\ m\ddot{z} = mg \sin \alpha - f_c N \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{z}^2}} \end{cases} \quad (13)$$

где f_c – коэффициент трения частицы перги о сетчатую поверхность радиальной перегородки барабана.

Перемещение перги вдоль оси барабана можно найти, решив численно в системе Mathcad уравнения по оси z системы дифференциальных уравнений (12, 13).

Перемещение частицы перги вдоль оси вращения барабана за один оборот будет складываться

$$z = z_1 + z_2 + z_3, \text{ м}, \quad (14)$$

где z_1 , z_2 , z_3 - соответственно перемещения частицы перги вдоль оси z по цилиндрической поверхности, по радиальной перегородке при движении от цилиндрической поверхности к оси вращения и по радиальной перегородке при движении от оси вращения барабана к цилиндрической поверхности, м.

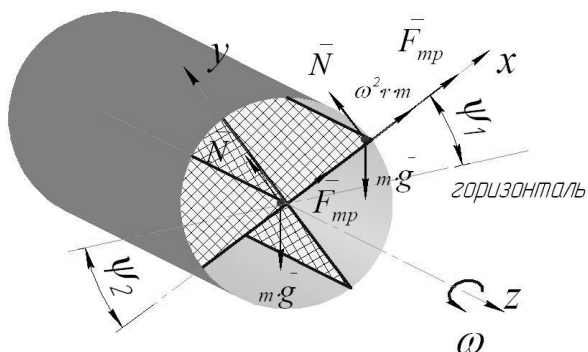


Рисунок 13 – Силы, действующие на частицу перги при её перемещении по радиальным сетчатым перегородкам от цилиндрической поверхности к оси вращения барабана и от оси вращения к цилиндрической поверхности барабана

Пропускная способность сушилки перги определяется по формуле

$$П_c = \frac{60 \cdot z \cdot n_6 \cdot V_6 \cdot \beta \cdot \gamma}{L_6}, \text{ кг/ч}, \quad (15)$$

где L_6 - длина барабана, м; n_6 - частота вращения барабана, мин^{-1} ; β - коэффициент заполнения барабана пергой в долях единицы; V_6 - объем барабана, м^3 ; γ - объемная масса перги, кг/м^3 .

Совместно решив уравнения (12), (13), и (15) в системе Mathcad была построена теоретическая зависимость пропускной способности сушилки от частоты вращения барабана и коэффициента его заполнения (рис. 14).

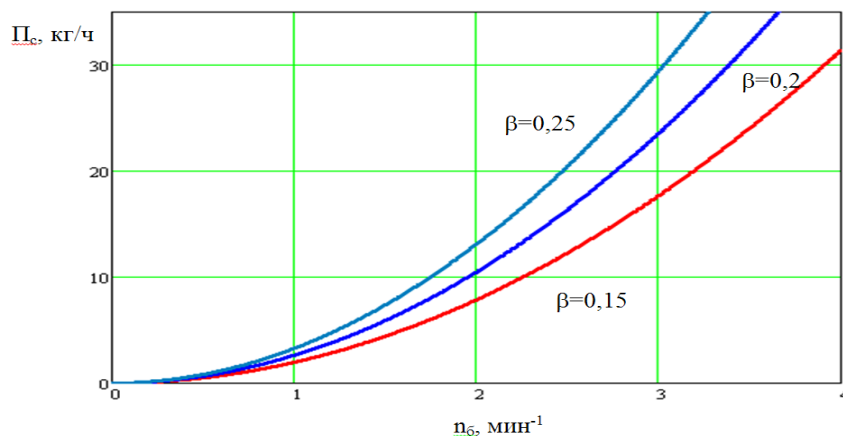


Рисунок 14 – Зависимость пропускной способности сушилки от частоты вращения барабана

Исходя из скорости движения частиц перги вдоль барабана и необходимого времени сушки установлено, что рациональной скоростью вращения барабана $1,7...2,0 \text{ мин}^{-1}$, что соответствует пропускной способности сушилки $7...9 \text{ кг/ч}$.

В четвертой главе «Экспериментальные исследования машин в лабораторных условиях» представлены программа, методики и результаты лабораторных исследований машин для получения перги из пчелиных сотов. Лабораторные исследования проводились с целью установления соответствия теоретических и экспериментальных данных и уточнения оптимальных конструктивных параметров разработанных машин и кинематических параметров их рабочих органов.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены лабораторные установки для центробежной скарификации пчелиных сотов, выделения воскоперговой массы из сотов, измельчения воскоперговой массы сотов и сушки гранул перги.

Эффективность режимов скарификации пчелиных сотов оценивалась скоростью сушки перги в них. Проведенные поисковые опыты показали, что прогиб воскоперговой массы сота свыше 45 мм происходит к образованию больших трещин и его отделение от армирующей проволоки.

В результате исследований и обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии средней скорости сушки перги в соте $C_{\text{ср}}$ от угловой скорости вращения сота $\omega_{\text{скар}}$ и толщины удерживающей пластины $h_{\text{рез}}$ (рис. 15):

$$C_{\text{ср}} = -0,4916 + 0,0183 \cdot h_{\text{рез}} + 0,00497 \cdot \omega_{\text{скар}} - 0,1493 \cdot h_{\text{рез}}^2 + 0,008 \cdot h_{\text{рез}} \cdot \omega_{\text{скар}} - 0,0008 \cdot \omega_{\text{скар}}^2 \quad (16)$$

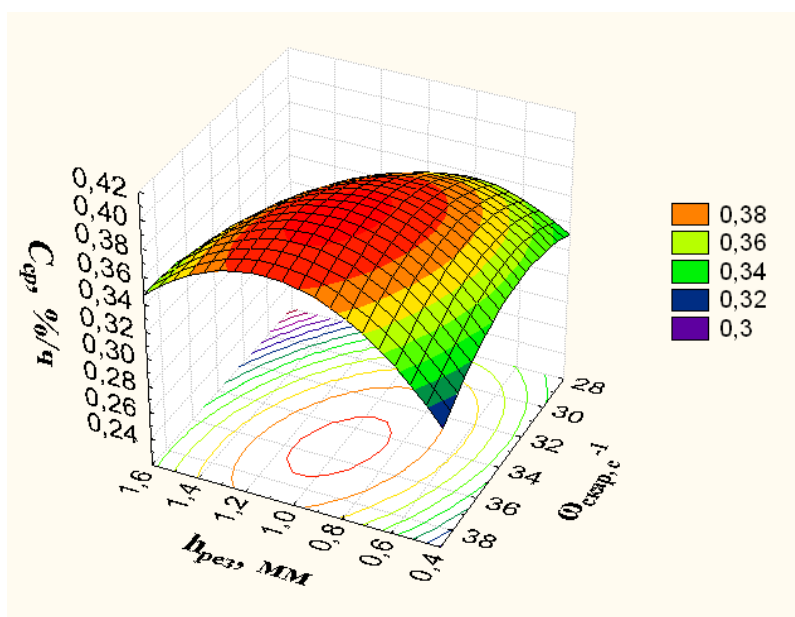


Рисунок 15 -
Зависимость влияния
толщины удерживающей
пластины и угловой скорости
вращения сота на скорость
сушки перги

Анализ зависимости показывает, что максимальная скорость сушки перги в сотах наблюдается при толщине резиновой пластины 1 мм и угловой скорости

вращения сота $35,58 \text{ с}^{-1}$. Проведенные расчеты и экспериментальные данные показали, что при угловой скорости вращения сота $35,58 \text{ с}^{-1}$ прогиб удерживающей резиновой пластины кассеты для скарификации составил 40 мм.

Удельные затраты энергии на процесс центробежной скарификации с увеличением массы сотов от 0,7 до 1,1 кг, при выбранных параметрах скарификации, увеличиваются с 123,48 до 127,17 Вт-ч/сот. Исследования процесса сушки перги в сотах показали, что в первые 15 часов процесс сушки скарифицированных сотов идет на 30-35% интенсивнее, чем в нескарифицированных.

Исследование процесса центробежного выделения воскоперговой массы из сотов показало, что радиус рабочей камеры установки должен быть на 200 мм больше радиуса вращения сота

В ходе исследований было установлено (рис. 16), что при температуре сота 42°C для выделения воскоперговой массы требуется наименьшая частота вращения ротора 385 мин^{-1} . При температуре сота $-1,5^\circ\text{C}$ частота выделения увеличивается до 455 мин^{-1} , а также наблюдается разрыв армирующей проволоки.

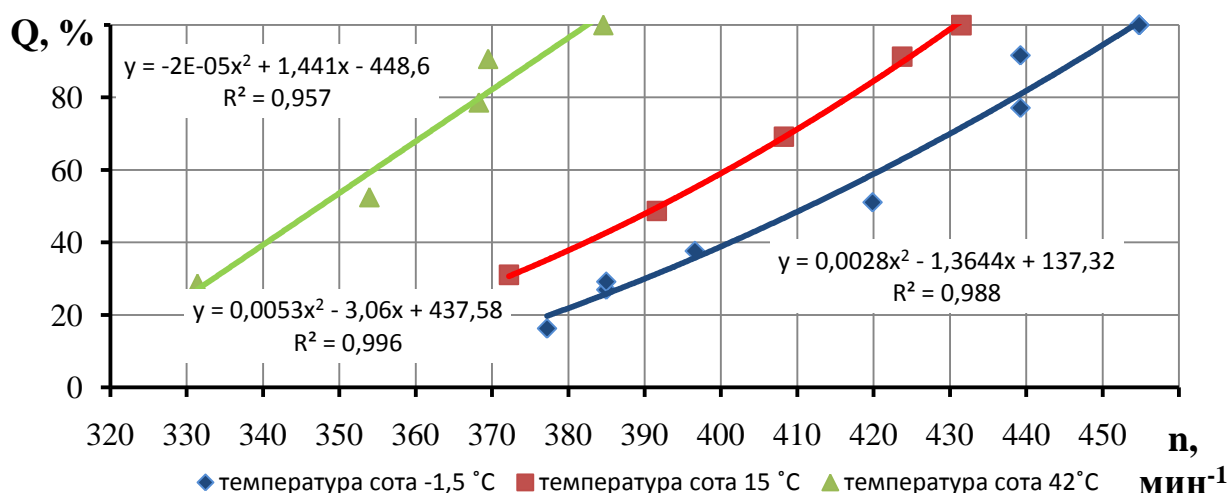


Рисунок 16 – Зависимость выхода воскоперговой массы из сота в процентах от частоты вращения ротора выделителя при различной температуре сота

По результатам статистической обработки экспериментальных данных была получена математическая модель зависимости частоты вращения ротора $n_{\text{выд}}$ от массы сота заполненного пергой $m_{\text{ВПМ}}$ и его температуры $t_{\text{сот}}$:

$$n_{\text{выд}} = 529,36 - 0,2094 \cdot m_{\text{ВПМ}} - 1,1263 \cdot t_{\text{сот}} - 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot m_{\text{ВПМ}}^2 + 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot m_{\text{ВПМ}} \cdot t_{\text{сот}} + 0,0056 \cdot t_{\text{сот}}^2. \quad (17)$$

На основании анализа полученных результатов было выявлено, что при температуре $40-42^\circ\text{C}$ достаточной частотой вращения ротора для выделения воскоперговой массы сотов является 400 мин^{-1} .

В ходе поисковых опытов по измельчению пчелиных сотов было установлено, что при прочности на сжатие в 40 кПа гранулы перги имеют достаточную прочность для восприятия ударных воздействий штифтов измельчителя без их разрушения.

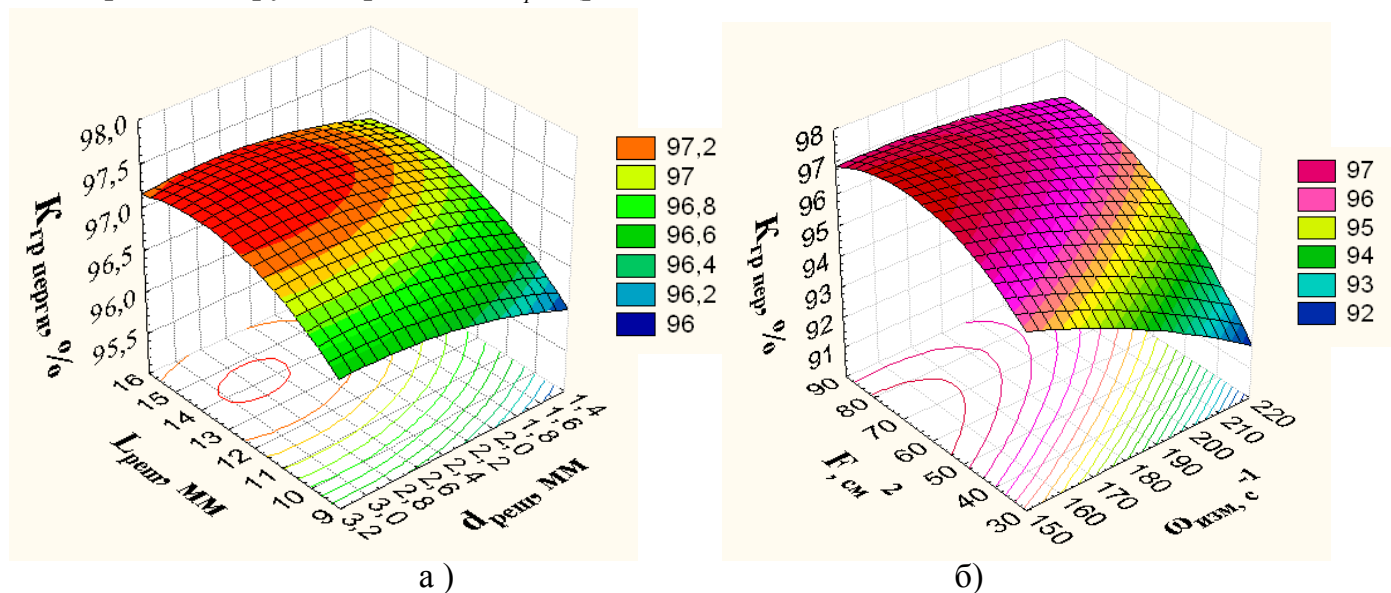
В результате статистической обработки экспериментальных данных, была получена частная математическая модель, по которой можно оперативно определить время экспозиции охлаждения воскоперговой массы сотов при наименьших затратах энергии и времени на охлаждение

$$t_{\text{выд}} = -277,4073 - 1,9408 \cdot T_{\text{охл}} + 31,6739 \cdot W + 0,0014 \cdot T_{\text{охл}}^2 + 0,1799 \cdot T_{\text{охл}} \cdot W - 0,657 \cdot W^2, \text{ мин.}, \quad (18)$$

где W – относительная влажность перги в охлаждаемой воскоперговой массе сотов (14...24%); $T_{\text{охл}}$ – температура среды охлаждения воскоперговой массы сотов (0...-20 °С).

Данное уравнение позволяет определять рациональное время охлаждения воскоперговой массы сотов, при котором восковая основа сотов станет хрупкой, а гранулы перги в соте приобретут достаточную прочность на сжатие 40 кПа.

При исследовании измельчителя сотов установлено, что при увеличении диаметра штифтов более 15 мм не приводит к увеличению выхода целых гранул перги. В результате экспериментального исследования процесса сепарации гранул через отверстия выгрузной решетки измельчителя была получена математическая модель выхода целых гранул перги $K_{\text{гр перги}}$ от диаметра прутка $d_{\text{прут}}$ и размера отверстий выгрузной решетки $L_{\text{реш}}$ (рис. 17 а)



а – от диаметра прутка $d_{\text{прут}}$ и размера отверстий выгрузной решетки измельчителя $L_{\text{реш}}$; б – от площади выгрузной решетки F и угловой скорости вращения вала измельчителя $\omega_{\text{изм}}$.

Рисунок 17 – Зависимости выхода целых гранул перги от основных параметров штифтового измельчителя сотов

$$K_{\text{гр перги}} = 88,8974 + 0,9179 \cdot L_{\text{реш}} + 1,3944 \cdot d_{\text{реш}} - 0,0304 \cdot L_{\text{реш}}^2 - 0,0208 \cdot L_{\text{реш}} \cdot d_{\text{реш}} - 0,1991 \cdot d_{\text{реш}}^2, \quad (19)$$

и выхода целых гранул перги $K_{\text{гр перги}}$ от площади выгрузной решетки F и угловой скорости вращения вала измельчителя $\omega_{\text{изм}}$ (рис. 17 б)

$$K_{\text{гр перги}} = 95,635 + 0,0086 \cdot \omega_{\text{изм}} + 0,0596 \cdot F - 0,0002 \cdot \omega_{\text{изм}}^2 + 0,0008 \cdot \omega_{\text{изм}} \cdot F - 0,0013 \cdot F^2. \quad (20)$$

Анализ полученных зависимостей показал, что рациональными параметрами выгрузной решетки измельчителя являются размер отверстий 14×14 с диаметром прутка 2,7 мм. При угловой скорости вращения штифтового вала 157 с⁻¹ и площади выгрузной решетки 70 см² наблюдается наибольший выход целых гранул перги. При установленных параметрах измельчителя количество неотделенной восковой основы на гранулах перги не превышает 4%.

В ходе поисковых опытов было установлено, что при увеличении скорости движения сушильного агента выше 1,7 м/с практически не приводит к значительному увеличению средней скорости сушки гранул перги в барабане сушилки. Поэтому дальнейшие исследования процесса сушки перги проводились при скорости воздушного потока 1,7 м/с.

В результате статистической обработки экспериментальных данных была получена математическая модель зависимости удельного расхода энергии $Q_{\text{уд}}$ на испарение влаги из высушиваемых гранул перги от частоты вращения n_6 и угла наклона α барабана (рис. 18)

$$Q_{\text{уд}} = 3,7442 - 0,1993 \cdot \alpha - 0,2267 \cdot n_6 + 0,065 \cdot \alpha^2 + 0,03 \cdot \alpha \cdot n_6 + 0,05 \cdot n_6^2 \quad (21)$$

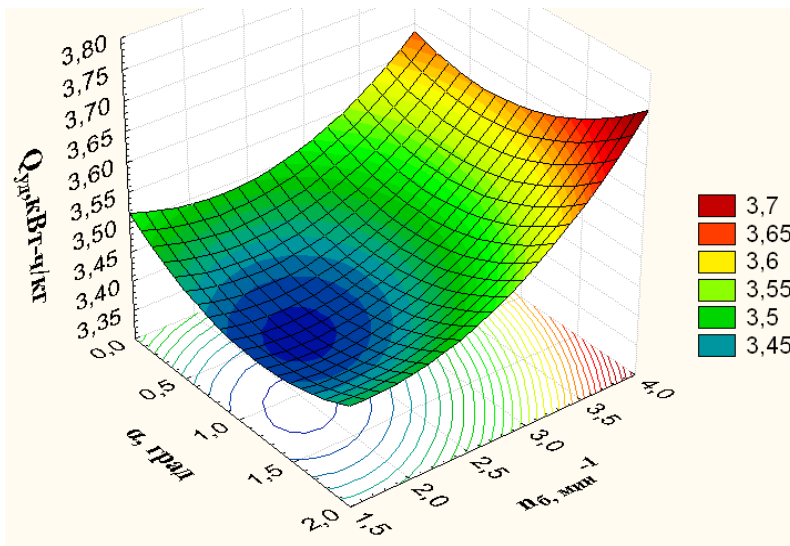


Рисунок 18 – Зависимость удельного расхода энергии от частоты вращения и угла наклона барабана

Анализ проведенных исследований показал, что экономически эффективный режим работы сушилки происходит при частоте вращения барабана 1,9 мин⁻¹, угле его наклона 1,1 градус, температуре 41 °С и скорости сушильного агента 1,7 м/с, а затраты электроэнергии минимальны и составляют 3,416 кВт·ч на испарение 1 кг влаги.

В пятой главе «Производственная проверка и оценка технико-экономической эффективности машин для получения перги» приведены данные по проверке результатов исследований в производственных условиях, дана оценка технико-экономической эффективности внедрения усовершенствованной технологии и машин для получения перги в производство.

По результатам лабораторных исследований были разработаны и изготовлены машины для получения перги из пчелиных сотов (рис. 19). Испытание машин проводилось в ряде хозяйств Московской и Рязанской областей при установленных в лабораторных исследованиях конструктивно-режимных параметрах.



а)



б)



в)

а – агрегат АЦСВ-80; б – агрегат АИП-30; в – барабанная сушилка гранул перги.

Рисунок 19 – Опытные образцы машины

Для центробежной скарификации сотов и выделения воскоперговой массы сотов изготовлен агрегат АЦСВ-80. Фактическая производительность агрегата АЦСВ-80 по скарификации составила 80 сот/ч, удельные затраты энергии 0,008 кВт-ч/сот, а труда 0,0125 чел-ч на сот. Время сушки перги в скарифицированных сотах составило 19 часов, что на 31 % меньше по сравнению с нескарфицированными. Производительность агрегата по выделению воскоперговой массы из сотов составила 140 сот/ч. Время цикла выделения воскоперговой массы из сотов составило 1,6...1,7 минуты, удельные затраты энергии 0,005 кВт-ч/сот, трудоемкость выделения центробежным способом составила 0,0125 чел-ч/сот.

Данные лабораторных исследований позволили модернизировать агрегат для извлечения перги АИП-50, и разработать агрегаты АИП-30 для средних пасек от 30 пчелиных семей, и АИП-10 для небольших пасек от 10 пчелиных семей.

Трудоемкость извлечения перги на агрегате АИП-30 составила 0,025 чел-ч/сот, удельная энергоемкость процесса - 0,0375 кВт-ч/кг, производительность - 8,8 кг перги в час.

За первый проход гранул перги через барабанную сушилку съём влаги составил 2,5...2,7 %, а температура нагрева перги составила 36...38 °С. После повторного пропускания перги через сушилку съём влаги составил 1,2...1,5 %, а температура перги увеличивается до 39...40 °С. При этом затраты энергии на сушку 1 кг перги составили 0,1...0,11 кВт-ч/кг. Производительность сушилки гранул перги по выходу готовой продукции в зависимости от первоначальной влажности 4,1...8,4 кг/ч.

На предприятиях ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии (г. Рязань) и ООО Агротехнопарк «АВИК» (г. Луховицы) налажен серийный выпуск разработанных машин. Агрегаты для извлечения перги и другое оборудование работают в России, Белоруссии, Украине.

Экономический эффект от внедрения усовершенствованной технологии и средств механизации производственных процессов определяли, сопоставляя её с базовой технологией, включающей следующие операции: сушка перги в нескарифицированных сотах на установке СП-40; выделение воскоперговой массы из сотов путем вырезания её вдоль проволоки рамки ножом; охлаждение воскоперговой массы в камере бытового холодильника; извлечение перги на агрегате АИП-50; досушивание гранул перги в камерной сушилке СП-2 (таб. 2).

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели сравниваемых технологий

ПОКАЗАТЕЛИ	Базовая технология	Предлагаемая
Годовой объем перерабатываемых сотов	400	400
Суммарные эксплуатационные затраты на производство перги, руб.	64179,3	50969,6
Снижение эксплуатационных затрат, руб.	-	13209,2
Суммарные затраты труда, чел-ч.	99,2	71,2
Снижение затрат труда, чел-ч.	-	28

Расчет показал, что при годовой переработке 400 сотов прибыль от реализации перги составит 87 тыс. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа применяемых способов и технических средств установлено, что машины для получения перги из пчелиных сотов должны включать технические средства для центробежной скарификации сотов, сушки перги в сотах, центробежного выделения воскоперговой массы из сотов и её охлаждения, измельчения воскоперговой массы с разделением пневмосепарацией на восковое сырье и пергу и её досушивания, обеспечивающие качество продукции соответствующее требованиям ГОСТ 31776-2012.

2. Для обоснования требований к машинам уточнены диапазоны свойств пчелиных сотов и воскового сырья, предназначенного для получения перги. Установлено, что:

- влажность перги в сотах должна быть 14...15 %, при этом её адгезия к поверхностям перерабатывающих машин минимальна и не превышает 0,08 кПа, а теплоемкость составлять 1,89 кДж/(кг·К), коэффициент температуропроводности - $1,13 \cdot 10^{-7}$ м²/с и коэффициент теплопроводности - 0,246 Вт/(м·К);

- извлекать пергу из сотов следует при прочности гранул в поперечном направлении не менее 40 кПа;

- охлажденные соты рекомендуется перерабатывать на пергу и восковое сырье при температурах ниже 10 °С;

- сепарацию гранулы перги от воскового сырья пчелиных сотов следует вести при скорости воздушного потока не ниже 6 м/с, при этом выделяется не менее 96% перги.

Полученные результаты использованы для теоретического и экспериментального обоснования параметров и режимов работы машин для получения перги из пчелиных сотов.

3. Центробежный скарифikator пчелиных сотов должен содержать емкость с вертикально установленным ротором и кассеты с закрепленной удерживающей пластиной. При вращении ротора происходит прогиб удерживающих пластин, проволоки, армирующей пчелиный сот с разрывом стенок восковых ячеек последнего.

Теоретически установлено, что прогиб пчелиного сота зависит от жесткости удерживающей пластины, прочности армирующей проволоки и самого сота. Расчеты показывают, что при прогибе 40 мм, зазор между гранулами перги и стенками восковых ячеек составляет от 0,078 до 0,094 мм.

Выделение воскоперговой массы из пчелиного сота следует проводить на том же агрегате, что и центробежную скарификацию. При этом в агрегат нужно установить кассеты без удерживающей решетки и резиновой пластины, а сам сот с высушенной до влажности 14...15% пергой должен быть прогрет до температуры 40...42 °С.

Мощность на привод установки для скарификации сотов и выделения воскоперговой массы зависит от времени разгона $t_{\text{раз}}$ и массы пчелиных сотов с пергой. При выделении воскоперговой массы максимальная мощность составляет $N=430...500$ Вт.

4. Для извлечения перги из охлажденной воскоперговой массы сотов предложен агрегат, включающий штифтовый измельчитель и пневматический сепаратор, размещенные последовательно на одном валу и обеспечивающие измельчение пчелиных сотов и разделение на гранулы перги и восковое сырье.

Теоретически установлено, что расстояние между дном измельчителя и нижним штифтом должно быть не больше 2,24 мм, а для свободного прохождения гранул перги через выгрузную решетку расстояние между её прутками от 11,0 до 14,6 мм.

5. Установка для досушки гранул перги должна содержать калорифер, сушильный барабан с установленными внутри него сетчатыми радиальными перегородками, дозатор влажных гранул и устройство для наклона барабана. При работе установки происходит равномерное пересыпание и перемешивание высушиваемого продукта с совместным его нагревом за счет кондукции при соприкосновении со стенками барабана и сетчатыми перегородками, и конвекции за счет продувки горячим воздухом.

Теоретически установлено, что скорость перемещения гранул перги в барабане сушилки складывается из осевых скоростей перемещения материала по цилиндрической поверхности барабана и радиальным сетчатым перегородкам, и зависит от диаметра барабана, частоты вращения и угла его наклона. Пропускная способность сушилки зависит от заполнения барабана, скорости перемещения и объемной массы гранул перги. Исходя из скорости движения частиц перги вдоль барабана и необходимого времени сушки установлено, что рациональной частотой вращения барабана $1,7...2,0 \text{ мин}^{-1}$, что соответствует пропускной способности сушилки $7...9 \text{ кг/ч}$.

6. Экспериментальные исследования в лабораторных условиях позволили выявить рациональные режимы работы разработанных машин и установок.

Экспериментально уточнено: скарификацию пчелиных сотов следует вести при угловой скорости вращения сота $35,58 \text{ с}^{-1}$, диаметре установки кассет в роторе 360 мм и толщине удерживающей резиновой пластины 1 мм марки 1Н-1-ТМКЩ-С-1 ГОСТ 7338-90; центробежное выделение воскоперговой массы необходимо проводить сразу после сушки перги в сотах, при её температуре $40...42 \text{ }^\circ\text{C}$, и частоте вращения ротора 400 мин^{-1} ; в штифтовом измельчителе воскоперговой массы сотов необходимо использовать 4 штифта цилиндрической формы с диаметром 15 мм, рациональная площадь выгрузного окна 70 см^2 , при этом размер ячеек между прутками решетки $14 \times 14 \text{ мм}$ с диаметром прутка 2,7 мм, наибольший выход целых гранул перги и минимальное количество не отделенной восковой основы сотов наблюдается при угловой скорости вращения вала агрегата 157 с^{-1} ; сушку гранул перги следует вести в камере диаметром 0,25 м и длиной 1,0 м, при скорости сушильного агента 1,7 м/с, температуре $41 \text{ }^\circ\text{C}$, угол наклона $1,1 \text{ градуса}$ и частота вращения барабана $1,9 \text{ мин}^{-1}$, при этом режиме затраты энергии минимальны и составляют $3,416 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ на килограмм испаренной влаги.

7. В результате исследований машин в производственных условиях подтверждены и уточнены параметры и режимы работы:

- производительность центробежного скарифikatorа составляет 80 сот/ч, трудоемкость процесса 0,0125 чел-ч/сот, удельные затраты энергии 0,008 кВт-ч/сот, время сушки перги в сотах сокращается на 27-31 % по сравнению с нескарифированными сотами, а удельные затраты энергии на сушку перги в сотах составляют не более 1,9 кВт-ч/сот;

- производительность центробежного выделителя воскоперговой массы из сотов составляет 140 сот/ч, трудоемкость процесса 0,01 чел-ч/сот, удельные затраты энергии на выделение воскоперговой массы сотов 0,005 кВт-ч/сот;

- производительность агрегата для извлечения перги составила 8,8 кг/ч, удельные затраты труда на извлечение перги из сотов 0,025 чел-ч/сот, расход воздуха 37 м³/ч, удельная энергоемкость процесса 0,0375 кВт-ч/кг, при этом количество извлекаемой перги из сотов составило 98,2%, а примесей восковой основы в готовом продукте 4,9%;

- производительность сушилki гранул перги составляет 8,4 кг/ч, разовый съем влаги - 1,5...2,5 %, удельные затраты энергии на сушку 1 кг гранул перги - 0,11 кВт-ч.

8. В результате оценки технико-экономического эффекта применения машин для получения перги из пчелиных сотов установлено, что при переработке 400 сотов от пасеки в сто пчелосемей можно получить прибыль от реализации готовой продукции в размере 87 тыс. рублей в год за счет снижения трудоёмкости процессов на 28 чел.-ч, при этом повысив качество конечного продукта за счет снижения примесей восковой основы в 1,3 раза.

Предложения производству

Применение машин для получения перги из пчелиных сотов разработанных на основе научно-обоснованных решений и включающих: центробежный скарифikator сотов; сушилку перги в сотах; центробежный выделитель воскоперговой массы из сотов; агрегат для извлечения перги из охлажденной воскоперговой массы; сушилку гранул перги, позволяет получать пергу соответствующую ГОСТ 31776-2012 в хозяйствах, содержащих до 100 и более пчелосемей. Обоснованные параметры и режимы машин разработанные на основе требований к отдельным операциям, обеспечивают необходимое качество получаемой перги и снижают эксплуатационные затраты на её производство.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейших научных исследованиях, с целью снижения затрат энергии, труда и автоматизации процесса получения готовой продукции, необходимо продолжить работу по согласованию производительности машин, входящих в линию переработки пчелиных сотов на пергу и восковое сырье.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:***В рецензируемых изданиях из списка ВАК РФ:***

1. Мамонов, Р.А. Барабанная сушилка для пыльцевой обножки / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов // Пчеловодство. - 2007. - № 7. - С. 52-53.
2. Мамонов, Р.А. Агрегат для извлечения перги из пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, А.Г. Чепик, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева, М.Е. Троицкая // Пчеловодство. - 2009. - № 9, - С. 47-48.
3. Мамонов, Р.А. Развитие производства перги в России / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева // Пчеловодство. – 2010. - № 6. - С. 48-49.
4. Мамонов, Р.А. Технология промышленной переработки перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева// Пчеловодство. – 2011. - № 3. - С. 48-50.
5. Мамонов, Р.А. Перга: технология, оборудование и экономические аспекты её производства / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, А.Г. Чепик, Т.В. Торженева, М.В. Коваленко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. - № 1(17). - С. 139-143.
6. Мамонов, Р.А. Извлекать пергу стало проще / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева // Пчеловодство. – 2012. - № 9. - С. 46-47.
7. Мамонов, Р.А. Технология заготовки и подготовки пчелиных сотов к промышленной переработке на пергу и восковое сырье / Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. – 2013. - № 2(18). - С. 30-33.
8. Мамонов, Р.А. Центробежная скарификация перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко // Пчеловодство. – 2013. - № 8. - С. 54-55.
9. Мамонов, Р.А. Теория центробежной скарификации перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, А.С. Попов, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. – 2014. - № 2(22). - С. 41-44.
10. Мамонов, Р.А. Исследование аэродинамических свойств воскового сырья и гранул перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Пчеловодство. – 2014. - № 8. - С. 52-54.
11. Мамонов, Р.А. Агрегат АИП-10 для извлечения перги из сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, И.Ф. Карачун // Пчеловодство. – 2014. - № 9. - С. 58-59.
12. Мамонов, Р.А. Оптимальный угол течения воска / В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, Р.А. Мамонов, Н.А. Грунин, К.В. Буренин, Д.А. Елифанцев // Пчеловодство. – 2014. - № 10. - С. 45-48.
13. Мамонов, Р.А. Теория движения материала в барабанной сушилке пыльцевой обножки и перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, В.Д. Левин // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. – 2014. - № 4(24). - С. 73-76.

14. Мамонов, Р.А. Определение количества перги в сотах при организационно-экономических взаимоотношениях между пчеловодами и переработчиками / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, М.В. Коваленко, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. – 2014. - № 4(24). - С. 77-81.
15. Мамонов, Р.А. Сравнительная оценка заготовки обножки и перги / В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженева, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, И.Ф. Карачун, М.С. Потапов // Пчеловодство. – 2015. - № 5. - С. 60–62.
16. Мамонов, Р.А. Технологическая линия извлечения перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко, Н.Б. Нагаев, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Пчеловодство. – 2015. - № 9. - С. 56–59.
17. Мамонов, Р.А. Теория процесса сепарации гранул перги через отверстия выгрузной решетки измельчителя пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. – 2016. - № 3(31). - С. 61–65.
18. Мамонов, Р.А. Влияние температуры на коэффициент трения пчелиного сота о нержавеющую сталь / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, В.В. Миронов, А.М. Афанасьев // Пчеловодство. – 2017. - № 2. - С. 42–43.
19. Мамонов, Р.А. Теория взаимодействия вращающегося штифта, гранулы перги и дна в измельчителе / Р.А. Мамонов, В.Д. Левин, К.В. Буренин // Вестник АПК Ставрополя. – 2017. - № 2(26). – С. 27–29.
20. Мамонов, Р.А. Свойства меда и сотов необходимые для конструирования комплексного агрегата / Р.А. Мамонов, А.М. Афанасьев, М.Ю. Афанасьев // Пчеловодство. – 2017. - № 7. - С. 39–41.
21. Мамонов, Р.А. Теория процесса центробежной скарификации пчелиных сотов / Р.А. Мамонов // Вестник Рязанского ГАТУ им. П.А. Костычева. – 2018. – № 2 (38). – С. 102-107.

В патентах РФ:

22. Патент на полезную модель № 50644 РФ, F26B 11/04. Барабанная сушилка для сыпучих термочувствительных материалов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов (РФ). № 2005117131/22; Заявлено 03.06.2005; Опубликовано 20.01.2006. Бюл. № 2.
23. Патент на изобретение № 2452175 РФ, А01К 59/00. Агрегат для извлечения перги / В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженева, С.В. Некрашевич, Р.А. Мамонов (РФ). № 2010147625/13; Заявлено 22.11.2010; Опубликовано 10.06.2012. Бюл. № 16.
24. Патент на изобретение № 2464781 РФ, А01К 59/00. Способ извлечения перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева (РФ). № 2010147685/13; Заявлено 22.11.2010; Опубликовано 27.05.2012. Бюл. № 15.

25. Патент на изобретение № 2472340 РФ, А01К 59/00. Способ скарификации перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко (РФ). № 2011123184/13; Заявлено 08.06.2011; Опубликовано 20.01.2013. Бюл. № 2.
26. Патент на полезную модель № 128066 РФ, А01К 59/00. Агрегат для извлечения перги. / В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженева, С.В. Некрашевич, Р.А. Мамонов (РФ). № 2012142041/13; Заявлено 02.10.2012; Опубликовано 20.05.2013. Бюл. № 14.
27. Патент на изобретение № 2488269 РФ, А01К 59/02. Способ извлечения перги из сотов. / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженева (РФ). № 2012124630/13; Заявлено 14.06.2012; Опубликовано 27.07.2013. Бюл. № 21.
28. Патент на полезную модель № 144486 РФ, А01К 59/00. Агрегат для извлечения перги. / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, К.В. Буренин, Е.И. Буренина (РФ). № 2013148175/13; Заявлено 29.10.2013; Опубликовано 20.08.2014.
29. Патент на полезную модель № 147422 РФ, А01К 59/00. Кассета для центробежной скарификации перговых сотов. / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, М.В. Коваленко, К.В. Буренин (РФ). № 2014122358/13; Заявлено 02.06.2014; Опубликовано 10.11.2014. Бюл. № 31.
30. Патент на изобретение №2553236 РФ, А01К 59/00. Способ извлечения перги. / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, К.В. Буренин (РФ). № 2014111011/13; Заявлено 21.03.2014; Опубликовано 10.06.2015. Бюл. № 16.
31. Патент на изобретение №2615832 РФ, А01К 59/00. Комбинированный агрегат для откачки мёда, скарификации перговых сотов и выделения воскоперговой массы из сотов. / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, А.М. Афанасьев (РФ). № 2016115950; Заявлено 22.04.2016; Опубликовано 11.04.2017. Бюл. №11.

В монографиях:

32. Мамонов, Р.А. Технология, средства механизации и экономика производства перги/ Некрашевич В.Ф., Мамонов Р.А., Торженева Т.В., Коваленко М.В. – Рязань: Изд. ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – 102 с.
33. Мамонов, Р.А. Повышение эффективности пчеловодства с использованием инновационных технологий (на примере получения перги). Коллективная монография / Чепик А.Г., Некрашевич В.Ф., Торженева Т.В., Мамонов Р.А., Кузнецова Э.В. – Рязань: Изд. ООО «Типография «Лист», 2014. – 236 с.

В сборниках научных трудов и материалах научных конференций:

34. Мамонов, Р.А. Инновационная технология и средства механизации в пчеловодстве. / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.Н. Щипачев, М.В. Коваленко // Материалы III Международного форума пчеловодов «Медовый мир». – Ярославль, 2012. – С. 24-25
35. Мамонов, Р.А. Энергосберегающая технология и средства механизации извлечения перги из пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В.

- Коваленко, Т.В. Торженева, К.В. Буренин // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию института механики и энергетики. Энергоэффективные и энергосберегающие технологии и системы. – Саранск, 2012. – С. 128-132.
36. Мамонов, Р.А. Анализ средств измельчения перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженева, К.В. Буренин // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной юбилею специальных кафедр инженерного факультета (60 лет кафедрам «Эксплуатации машино-тракторного парка», «Технологии металлов и ремонта машин», «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины», 50 лет кафедре «Механизации животноводства». – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 245-251.
37. Мамонов, Р.А. Результаты исследования прочностных свойств гранул перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. – Барнаул: РИО АГАУ, 2014. Кн. 3. – С. 42-44.
38. Мамонов, Р.А. Анализ средств сепарации перги от восковой основы пергового сота после измельчения / Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина // Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы: Материалы 65-ой международной научно-практической конференции. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. Часть 2. – С. 53-56.
39. Мамонов, Р.А. Результаты исследования прочностных свойств перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко, К.В. Буренин // Современная наука глазами молодых ученых: достижения, проблемы, перспективы: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. Часть 1. – С. 33-37.
40. Мамонов, Р.А. Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства/ В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, Р.А. Мамонов и др. // Сборник трудов научных чтений Посвящается памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР, академика Якова Васильевича Бочкарева. – Рязань, 2014. – С. 137-142.
41. Мамонов, Р.А. Исследование процесса измельчения перговых сотов в агрегате АИП-30 / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, И.Ф. Карачун // «Исследования молодых ученых - аграрному производству»: Материалы онлайн-конференции, посвященной Дню российской науки - Белгород: Белгородский ГАУ, 2015. – С. 91–93.
42. Мамонов, Р.А. Комплект оборудования для заготовки перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин // Научная мысль. – 2015. – № 3. – С. 121–125.

43. Мамонов, Р.А. Определение теплофизических свойств воскового сырья / В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, Р.А. Мамонов, Н.Е. Лузгин, Н.А. Грунин, М.В. Урляпов, А.И. Ушаков // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. Том II. – С.115-119.
44. Мамонов, Р.А. Способ выделения воскоперговой массы из рамок / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, А.М. Афанасьев // Вестник совета молодых ученых. – Рязань: Издательство РГАТУ. – 2015. – №1 – С. 162-165
45. Мамонов, Р.А. Результаты испытания барабанной сушилки пыльцевой обножки / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.Е. Бубенчиков // Научно-практические инициативы и инновации для развития регионов России: Материалы национальной научной конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2015. – С. 78-83.
46. Мамонов, Р.А. Сравнения теоретических и экспериментальных исследований центробежной скарификации пчелиных сотов / Р.А. Мамонов, М.В. Коваленко, А.М. Афанасьев // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона: Материалы 67-ой международной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2016, Часть 2.– С. 9-13.
47. Мамонов, Р.А. Результаты лабораторных исследований штифтового измельчителя пчелиных сотов с вертикальным рабочим органом / Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона: Материалы 67-ой международной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2016, Часть 2. – С. 50-53.
48. Мамонов, Р.А. Инновационная технология извлечения перги из пчелиных сотов и экономические аспекты её производства / В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженова, Р.А. Мамонов, А.М. Афанасьев// Наилучшие доступные технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции.– пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 49-54.
49. Мамонов, Р.А. Механизация и экономические аспекты промышленного производства перги / Р.А. Мамонов, Т.В. Торженова, В.Д. Хмыров// Инновационное развитие агропромышленного комплекса России: Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2016, Часть 2. – С. 128-131.
50. Мамонов, Р.А. Анализ способов сушки перги и выбор сушилки / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, К.В. Буренин, К.Е. Бубенчиков // Инновационное развитие агропромышленного комплекса России: Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2016, Часть 2. – С. 151-157.

51. Мамонов, Р.А. Средства механизации измельчения пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, К.В. Буренин, В.В. Миронов // Инновационное развитие агропромышленного комплекса России: Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2016, Часть 2. – С. 157-162.
52. Мамонов, Р.А. Результаты лабораторных исследований влияния окружной скорости штифта на процесс разрушения пчелиных сотов в вертикальном измельчителе / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, К.В. Буренин, В.В. Миронов // Инновационное развитие агропромышленного комплекса России: Материалы национальной научно-практической конференции. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2016, Часть 2. – С. 163-167.
53. Мамонов, Р.А. Теория процесса взаимодействия нижнего штифта, гранулы перги и днища вертикального измельчителя перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 2. – С. 19-24.
54. Мамонов, Р.А. Повышение эффективности извлечения перги в штифтовых измельчителях / Р.А. Мамонов, В.В. Миронов // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2017. – С. 172-176.
55. Мамонов, Р.А. Лабораторные испытания установки для центробежного отделения воскоперговой массы пчелиных сотов / Р.А. Мамонов, Е.И. Буренина, А.М. Афанасьев // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2017. – С. 169-172.
56. Мамонов, Р.А. Результаты испытания сушилki перги / Р.А. Мамонов, К.Е. Бубенчиков // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2017. – С. 165-168.
57. Мамонов, Р.А. Обоснование конструктивных параметров заслонки измельчителя пчелиных сотов / М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2017. – С. 117-119.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная

Усл. печ. л.2. Тираж 100 экз. Заказ № 1388

Подписано в печать 20.08.2018

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А.
Костычева»*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1

*Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий*

ФГБОУ ВО РГАТУ

390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1