

На правах рукописи



БУРЕНИН КИРИЛЛ ВИКТОРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ ПЕРГОВЫХ
СОТОВ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань 2017

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

Научный руководитель

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

Официальные оппоненты:

Курдюмов Владимир Иванович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия им. П.А.Столыпина»,
заведующий кафедрой
агротехнологий, машин и безопасности
жизнедеятельности

Хмыров Виктор Дмитриевич,
заслуженный работник высшей школы РФ, доктор
технических наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Мичуринский государственный аграрный
университет», профессор кафедры технологических
процессов и техносферной безопасности

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Научно-исследовательский институт пчеловодства" (ФГБНУ «НИИ пчеловодства»).

Защита диссертации состоится 4 июля 2017 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационных советов.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом - на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации www.vak3.ed.gov.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2017г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



А.В. Шемякин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На сегодняшний день одной из важных задач, которые стоят перед отечественными товаропроизводителями, является снабжение экологически чистыми и высококачественными продуктами питания Российского рынка. Одним из направлений решения этой задачи является развитие пчеловодства. Медоносные пчелы в перекрестном опылении повышают урожайность, улучшают посевные качества семян, а также товарный вид овощей и плодов. Они являются источником удивительных и ценных продуктов: мед, воск, пчелиный яд, прополис, маточное молочко, пыльцевая обножка и перга. Одной из важных ступеней в развитии пчеловодства и достижения конкурентоспособности на мировом рынке данной отрасли является кормообеспеченность пчел. Для увеличения числа пчелосемей необходимо обеспечить их требуемым количеством кормов. Пчелам нужны как углеводы, так и белки. К белковым кормам относится перга.

В цветочную пыльцу, которую медоносные пчелы укладывают в ячейки сотов, добавляются секреты желез, заливаются медом, и после консервации образующейся молочной кислотой она превращается в то, что принято называть пергой. Благодаря тому, что перга богата белками, углеводами, витаминами, незаменимыми жирными аминокислотами, а также другими биологически активными веществами люди обратили на нее внимание, чтобы использовать её уникальные свойства в таких отраслях, как медицина, косметология, а также в пищевой промышленности. Она способствует излечению различных заболеваний: атеросклероза, желудочно-кишечных расстройств, нервных и психических расстройств, сердечнососудистых заболеваний. Перга особенно важна для укрепления организма ребенка, при частичной потере зрения и малокровии (анемии).

В России около 3,5 млн. пчелосемей и из них только примерно от 300 тыс. получают пергу, а от остальных пчелосемей перга отправляется в отходы при перетопке сотов, снижая при этом выход воска.

Существующее оборудование для получения перги сравнительно дорогое, так как предназначено в основном для промышленного производства.

При небольшом количестве пчелосемей в основном используются малоэффективные способы получения перги, требующие значительных затрат времени. При этом получают малую часть перги. Для увеличения доходности и рентабельности небольших пасек, повышения производства перги, снижения затрат энергии, уменьшения себестоимости производства перги, требуется создание соответствующего оборудования именно для пасек, имеющих не так много ульев.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в изучение вопроса измельчения перговых сотов и извлечения перги внесли отечественные ученые. Изучением этого вопроса занимались Бышов Н.В., Бибиков П.В., Бондарь Л.К., Бронников В.И., Донченко Ю.В., Дудов И.А., Каширин Д.Е., Кирьянов Ю.Н., Мамонов Р.А., Некрашевич В.Ф и другие. Несмотря на большое количество

научных исследований, вопрос измельчения перговых сотов, извлечения перги и получения гранул перги высокого качества остается актуальным и требует детального изучения.

Дальнейшее совершенствование процесса измельчения перговых сотов и извлечения перги возможно осуществить на основе результатов исследований как непосредственно связанных с изучаемым вопросом, так и на основе анализа работ, близких по тематике. Такие исследования проведены в работах ученых: Винокурова С.В., Коваленко М.В., Космовича Е.К., Курдюмова В.И., Курочкина А.А., Ларина А.В., Мельникова С.В., Хмырова В.Д. и других.

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)»

Цель исследований: Обоснование параметров измельчителя перговых сотов.

Объект исследований. Измельчитель перговых сотов.

Предмет исследований. Параметры измельчителя перговых сотов.

Научная новизна диссертационной работы:

- теоретически обоснованные параметры измельчителя перговых сотов;
- результаты экспериментальных исследований измельчителя перговых сотов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретически рассмотрено удаление продукта из измельчителя через решетку с отверстиями квадратного сечения, обеспечивающую проход гранул перги. Представлен измельчитель перговых сотов, который можно использовать на пасеках с небольшим количеством пчелосемей для получения гранул перги. Новизна подтверждена патентами на полезную модель № 141008 «Измельчитель перговых сотов» и № 152375 «Измельчитель перговых сотов». На основании исследований получен патент на изобретение № 2553236 «Способ извлечения перги». В результате экспериментальных исследований получено 34,6 кг перги в КФХ «Богдановская пасека» Старожиловского района Рязанской области.

Методология и методы исследования. Основной метод исследования – анализ и синтез работы измельчителя перговых сотов. При исследовании свойств перги и воскового сырья использовались общеизвестные методики и разработанные на их базе частные. При проведении лабораторных и экспериментальных исследований использовались современные электронные и механические устройства, установки и приборы, а также специально разработанные и изготовленные. Обработка экспериментальных данных, полученных в исследованиях, проводилась методом математической статистики с использованием персонального компьютера и компьютерных программ: Microsoft Excel 2007, Mathcad 14.0, Statistica 8.0.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретически обоснованные параметры измельчителя перговых сотов;

– результаты экспериментального уточнения параметров измельчителя перговых сотов.

Вклад автора заключается в постановке задач исследований, в обосновании параметров измельчителя перговых сотов, проведении теоретических и экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных результатов, написании научных статей и оформлении патентных заявок.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности научных положений подтверждена достаточной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, а также применением современных методик, устройств и средств исследования и обработки результатов экспериментов.

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических конференциях: в ФГБОУ ВО РГАТУ (г. Рязань, 19-21 ноября 2013г.; 4-5 декабря 2014г.; 14 мая 2015г., 12 декабря 2016 г., 26-27 апреля 2017 г.); в НИИ пчеловодства (г.Рыбное 4-6 декабря 2013 г.; 1-3 октября 2015 г.); в Доме науки ФГБНУ ВСТИСП (г. Москва, 6-7 октября 2014 г.; 20-21 марта 2015 г.); на выставке инновационных разработок и технологических стартапов в рамках VII Всероссийского молодежного форума «Сельское хозяйство – территория возможностей», Крокус Экспо (г.Москва, 8 октября 2015 г.).

Публикации результатов исследований. По результатам диссертационной работы опубликовано 14 научных работах, в том числе 7 в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 патент РФ на изобретение и 2 патента РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 3,92 печ.л., из которых 2,55 печ.л. принадлежат лично автору.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы из 135 наименований и приложений. Работа изложена на 119 страницах основного текста, содержит 8 таблиц и 56 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель исследований. Отражены научные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Анализ средств получения перги из пчелиных сотов» дан анализ существующих средств извлечения перги из пчелиных сотов. Определены задачи исследования:

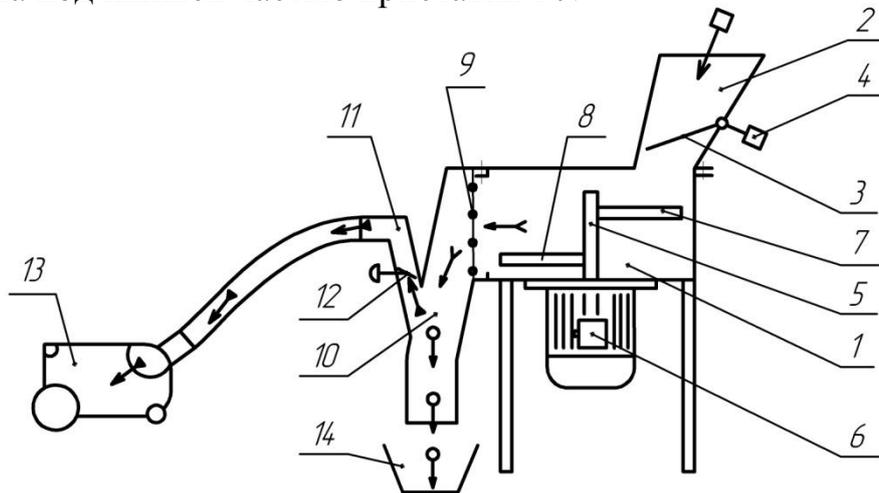
1. Провести анализ существующих средств получения перги, определить их недостатки и выбрать направление их дальнейшего развития.
2. Уточнить физико-механические свойства гранул перги и воскового сырья.
3. Теоретически обосновать параметры измельчителя перговых сотов.
4. Экспериментально уточнить параметры измельчителя перговых сотов.

5. Определить экономический эффект применения измельчителя перговых сотов.

Во втором разделе «Исследование физико-механических свойств гранул перги и воскового сырья» описана программа и методика исследования габаритных размеров, массы, коэффициентов трения гранул перги и воскового сырья, а также влияния влажности перги, времени и температуры охлаждения на прочность гранул перги. Приведены зависимости влияния свойств перги и воскового сырья на работу измельчителя.

В третьем разделе «Теоретическое обоснование параметров измельчителя перговых сотов» описана конструктивно – технологическая схема измельчителя перговых сотов, теоретически обоснованы параметры заслонки измельчителя, исследованы траектории движения куска пергового сота после удара штифтом, условие прохождения гранулы перги между прутками решетки.

Конструктивно – технологическая схема измельчителя перговых сотов (рис. 1) содержит рабочую камеру 1 с загрузочной горловиной 2, внутри которой шарнирно установлена заслонка 3 с грузом-противовесом 4. Внутри рабочей камеры, на валу 5 ротора, связанного с электродвигателем 6, поярусно и радиально расположены верхний 7 и нижний 8 штифты. К боковой поверхности рабочей камеры 1, у ее выгрузного окна, через съемную решетку 9, присоединена приставка 10, выполняющая функцию выгрузного канала измельченной воскоперговой массы из рабочей камеры. На внешней стороне приставки 10 прикреплен патрубок 11 с заслонкой 12 для присоединения внешней пневматической системы 13. Таким образом, приставка 10 выполняет функцию аспирационного канала. Приемная емкость 14 для гранул перги расположена под нижней частью приставки 10.



- | | | | |
|-----|-----------------------------------|-----|----------------|
| □ → | куски пергового сота | ▴ → | восковое сырье |
| ➤ → | измельченная воско-перговая масса | ○ → | гранулы перги |

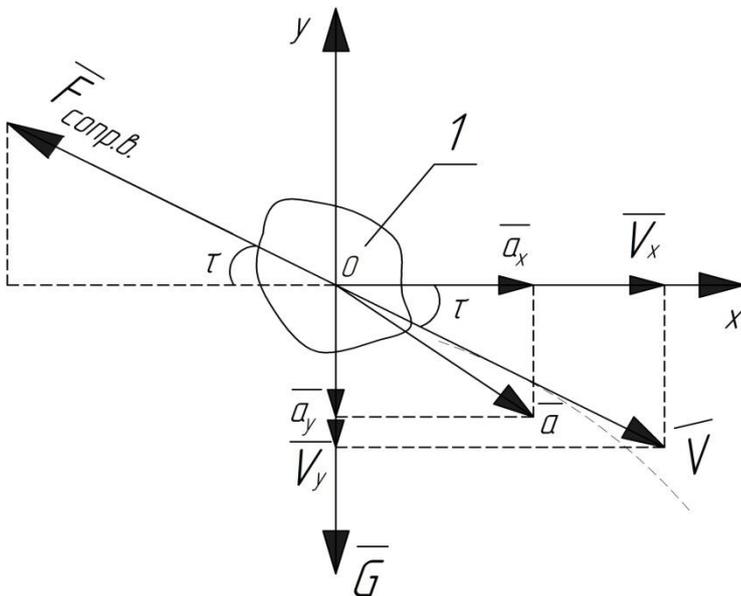
1 – рабочая камера; 2 – загрузочная горловина; 3 – заслонка; 4 – груз-противовес; 5 – вал; 6 – электродвигатель; 7,8 – верхний и нижний штифты; 9 – съемная решетка; 10 – приставка; 11 – патрубок; 12 – заслонка; 13 – внешняя пневматическая система; 14 – приемная емкость

Рисунок 1 – Конструктивно – технологическая схема измельчителя перговых сотов

Куски перговых сотов через заслонку 3 направляются в рабочую камеру 1, где их измельчают штифты 7 и 8. Измельченная воскоперговая масса проходит через отверстия решетки 9 и попадает в аспирационный канал 10. Там под действием воздушного потока, создаваемого внешней пневматической системой 13, происходит разделение воскоперговой массы на пергу и восковое сырье. Очищенная перга попадает в приемную емкость 14.

Качество получаемых гранул перги во многом зависит от процесса измельчения перговых сотов. Вращающиеся в рабочей камере штифты ударяют по куску пергового сота, в результате чего меняется его скорость, которая зависит от характера соударения и соотношения масс вала со штифтами и обрабатываемого материала.

В результате удара кусок перговых сот приобретает начальную скорость и движется по параболе. Рассмотрим движение куска пергового сота в «свободном полете».



1 – кусок пергового сота
Рисунок 2 – Схема действия сил на кусок пергового сота в «свободном полете»

Дифференциальное уравнение движения куска пергового сота в «свободном полете» (центра тяжести) запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = -F_{x.conp.v} \\ m \frac{d^2y}{dt^2} = -G - F_{y.conp.v} \end{cases}, \quad (1)$$

где $F_{x.conp.v}$ и $F_{y.conp.v}$ – сила сопротивления воздуха, Н;

G – вес куска пергового сота, Н.

Подставим значение $F_{conp.v}$ и G получим

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = -Rv_x^2 \\ m \frac{d^2y}{dt^2} = -mg - Rv_y^2 \end{cases}, \quad (2)$$

где R – коэффициент сопротивления воздуха, $\frac{H}{m^2/c^2}$;

v_x – скорость горизонтального перемещения куска пергового сота, м/с;

u_y – скорость вертикального перемещения куска пергового сота, м/с.

В результате получим траекторию движения куска пергового сота после удара

$$y = \frac{m}{R} \ln \left(\left(\sqrt{\frac{m}{R \cdot v_{0y}^2 \cdot e^{\frac{2R \cdot y_0}{m}} - g \cdot \sqrt{g}}}} \right) \cdot \sin \left(\frac{\sqrt{m \cdot g}}{\sqrt{R}} \cdot \left(\frac{m}{R \cdot v_{0x}} \cdot \left(\frac{R}{e^{\frac{R}{m} x}} - 1 \right) + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + \frac{\sqrt{R}}{\sqrt{m \cdot g}} \arcsin \left(\frac{e^{\frac{R \cdot y_0}{m}}}{\sqrt{\frac{m}{R \cdot v_{0y}^2 \cdot e^{\frac{2R \cdot y_0}{m}} - g \cdot \sqrt{g}}}} \right) \right) \right) \right), \quad (3)$$

где y – вертикальное перемещение куска пергового сота, м;

y_0 – начальное положение куска пергового сота по вертикали, м;

m – масса куска пергового сота, кг;

u_0 – начальная скорость куска пергового сота, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

x – горизонтальное перемещение куска пергового сота, м;

x_0 – начальное положение куска пергового сота по горизонтали, м.

На основании полученного выражения проведено исследование траекторий движения с помощью программы MathCad 14.0.

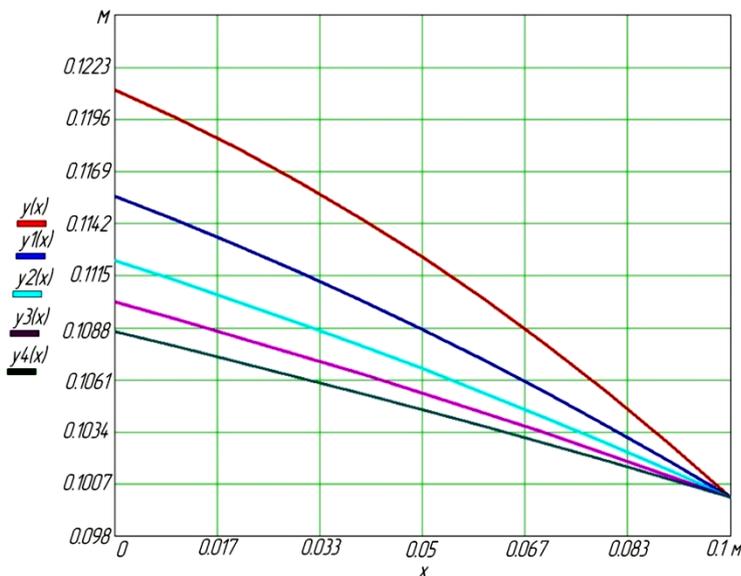


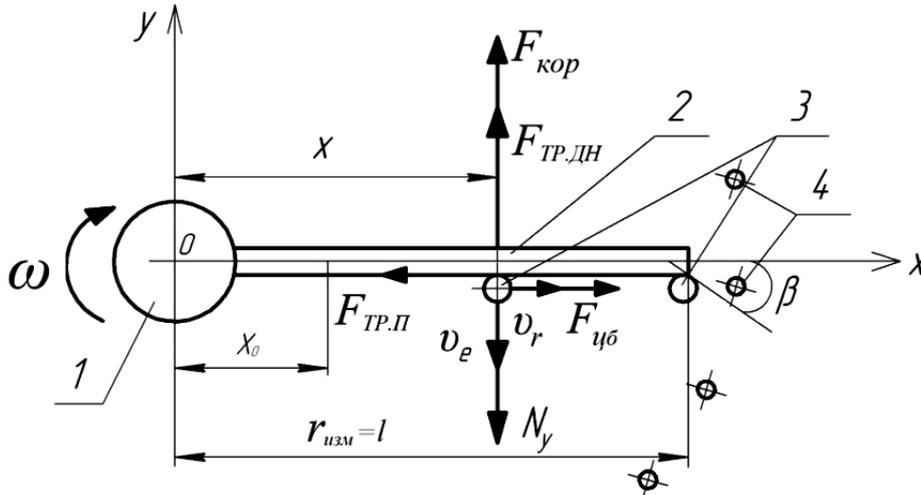
Рисунок 3 – Траектория движения куска пергового сота в вертикальной плоскости при разной окружной скорости штифта

Траектория, представленная на рисунке 3, построена по следующим параметрам: значения частоты вращения $y(x)$ – 1000 мин⁻¹; $y1(x)$ – 1500 мин⁻¹; $y2(x)$ – 2000 мин⁻¹; $y3(x)$ – 2500 мин⁻¹; $y4(x)$ – 3000 мин⁻¹. Радиус камеры измельчения составлял 0,1 м.

На графике видно движение куска пергового сота после удара штифтом. После удара кусок по данной траектории движется до соударения со стенкой камеры измельчителя, а затем после разрушения оставшиеся частицы попадают на нижний штифт.

Анализ траектории полета куска пергового сота после соударения позволил установить, что расстояние по высоте ротора между штифтами составляет от 0,009 м до 0,021 м. Это позволяет разместить в рабочей камере высотой 0,07 м два штифта.

После разрушения куска перговых сотов частицы совершают движение по днищу камеры измельчителя. Рассмотрим движение гранулы по штифту измельчителя (рис. 4), вращающегося в горизонтальной плоскости с угловой скоростью ω . Гранула массой m участвует в относительном движении по штифту и в переносном движении вместе со штифтом. Рассмотрим движение гранулы по отношению к подвижной системе координат, связанной со штифтом.



1 – вал; 2 – штифт;
3 – гранула перги; 4 – прутки.

Рисунок 4 – Схема сил, действующих на гранулу при движении по штифту (вид сверху)

Дифференциальное уравнение относительного движения гранулы имеет вид:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = -F_{\text{тр.п}} + F_{\text{цб}} \\ 0 = F_{\text{тр.дн}} + F_{\text{кор}} - N_y \\ N_z - mg = 0 \\ F_{\text{тр.п}} = f N_y \\ F_{\text{тр.дн}} = f N_z \end{cases}, \quad (4)$$

где $F_{\text{тр.п}}$ – сила трения материала о штифт, Н;

$F_{\text{цб}}$ – центробежная сила, действующая на частицу (гранулу), Н.

m – масса гранулы перги, кг;

ω – угловая скорость штифта, рад/с;

x – расстояние от частицы до центра вращения, м;

$F_{\text{тр.дн}}$ – сила трения материала о дно камеры измельчения, Н;

$F_{\text{кор}}$ – сила Кориолиса, Н.

Решение системы уравнений определить зависимость движения гранулы перги по штифту

$$\begin{aligned} x = & \left[\frac{-gf^2}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega - \omega\sqrt{f^2+1}} \cdot e^{t(f\omega - \omega\sqrt{f^2+1})} \right] \cdot e^{t(-f\omega - \omega\sqrt{f^2+1})} + \left[\frac{f^2g}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \right. \\ & \left. \frac{1}{f\omega + \omega\sqrt{f^2+1}} \cdot e^{t(f\omega + \omega\sqrt{f^2+1})} \right] \cdot e^{t(-f\omega + \omega\sqrt{f^2+1})} + x_0 - \left[\frac{f^2g}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega + \omega\sqrt{f^2+1}} \right] - \\ & \left[\frac{-gf^2}{2\omega\sqrt{f^2+1}} \cdot \frac{1}{f\omega - \omega\sqrt{f^2+1}} \right], \end{aligned} \quad (5)$$

где t – время движения гранулы перги по штифту, с.

По полученному выражению (5) построена зависимость перемещения гранулы перги по штифту вдоль оси x от времени с использованием программы MathCad 14.0 (рис.5).

Зависимость перемещения по оси x , представленная на рисунке 5, построена по следующим параметрам: значения частоты вращения $\omega(t) - 1000 \text{ мин}^{-1}$; $\omega_1(t) - 1500 \text{ мин}^{-1}$; $\omega_2(t) - 2000 \text{ мин}^{-1}$; $\omega_3(t) - 2500 \text{ мин}^{-1}$; $\omega_4(t) - 3000 \text{ мин}^{-1}$, радиус камеры измельчения составлял $0,1 \text{ м}$, коэффициент трения равен $0,5$, первоначальное положение гранулы перги $x_0 = 0$.

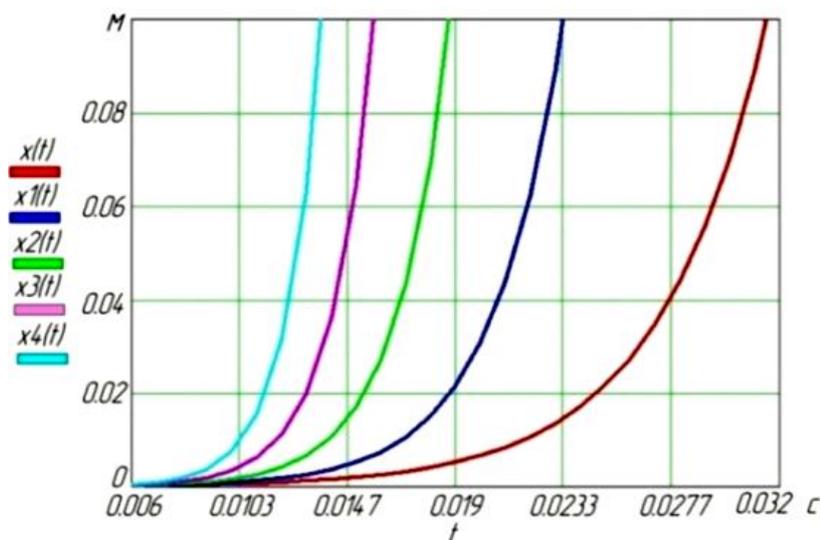


Рисунок 5 – Зависимость перемещения гранулы перги по штифту от времени

Угол поворота штифта при движении гранулы перги

по его поверхности равен

$$\gamma = \omega \cdot t, \quad (6)$$

где γ – угол поворота штифта при движении гранулы перги, рад;

ω – угловая скорость штифта, рад/с;

t – время движения гранулы перги по штифту, с.

Траектория движения гранулы перги по штифту складывается из совокупности уравнений (5) и (6). С использованием программы MathCad 14.0 проанализированы данные уравнения при разных частоте вращения и первоначальном положении гранулы перги.

На основании проведенного анализа в программе КОМПАС-3D v.14 построен общий вид траектории движения гранулы перги по штифту (рис. 6).

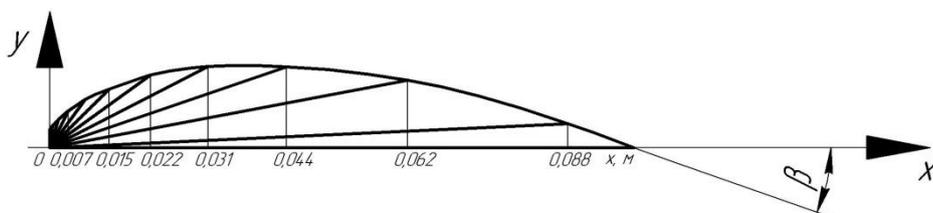


Рисунок 6 – Общий вид траектории движения гранулы перги по штифту измельчителя

Установлено, что угол схода гранулы перги со штифта ($\angle \beta$) незначительно зависит от первоначального положения гранулы перги.

Совместное исследование траектории движения гранул и геометрии решетки позволило установить, что расстояние между прутками решетки для

свободного прохождения гранулы перги при разной частоте вращения вала и при разном расположении гранулы перги при прохождении через решетку может быть в пределах от 0,011 до 0,015 м.

В четвертом разделе «Экспериментальные исследования процесса измельчения перговых сотов» приведены методики лабораторных исследований. Представлена лабораторная установка для измельчения перговых сотов. Рассмотрены результаты исследований, на основании которых выявлены рациональные конструктивно-режимные параметры измельчителя перговых сотов. Обработка полученных данных производилась согласно приведенной методике статистической программой Statistica 8.0 при помощи персонального компьютера.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при частоте вращения ротора 1000 мин^{-1} и, соответственно, окружной скорости штифта $10,47 \text{ м/с}$ разрушается примерно 30% куска пергового сота. При дальнейшем увеличении частоты вращения происходит практически линейное уменьшение массового выхода неразрушенных кусков пергового сота.

Также получена зависимость крошимости гранул перги от частоты вращения вала измельчителя при различном диаметре штифтов (рис. 7).

Анализ показал, что рациональный режим работы измельчителя находится при частоте 1500 мин^{-1} с использованием штифтов диаметром $0,015 \text{ м}$. При данных параметрах крошимость гранул перги составляет 4,9%.

Также в результате лабораторных исследований установлено, что уменьшение расстояния между штифтами увеличивает крошимость гранул перги. Установлено, что для рабочей камеры высотой $0,07 \text{ м}$ количество штифтов должно быть два. Количество штифтов следует выбрать, исходя из производительности измельчителя и объема его рабочей камеры.

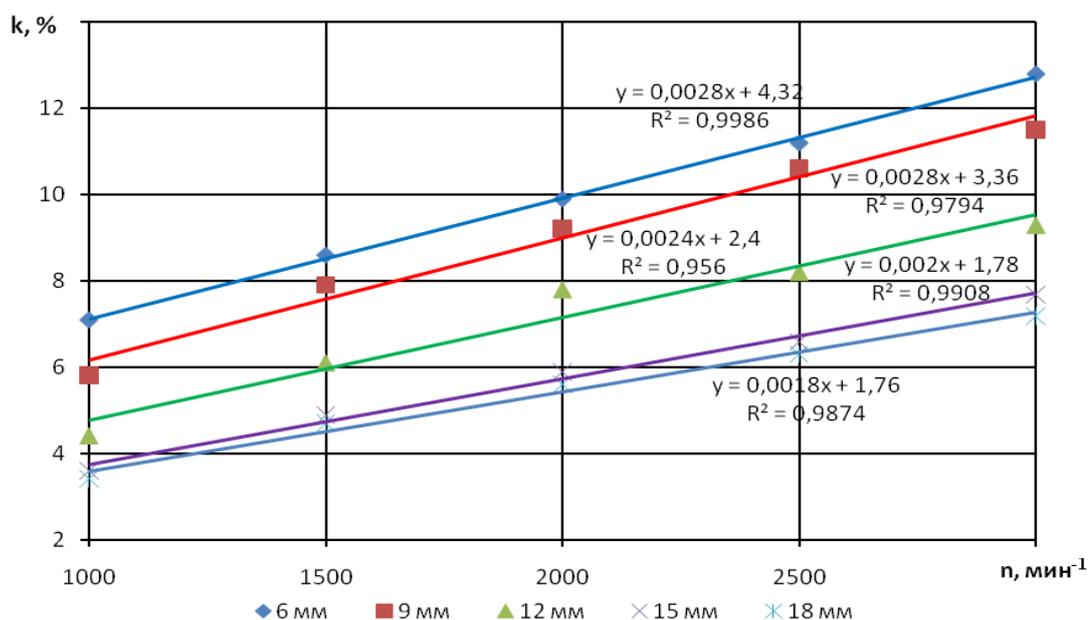
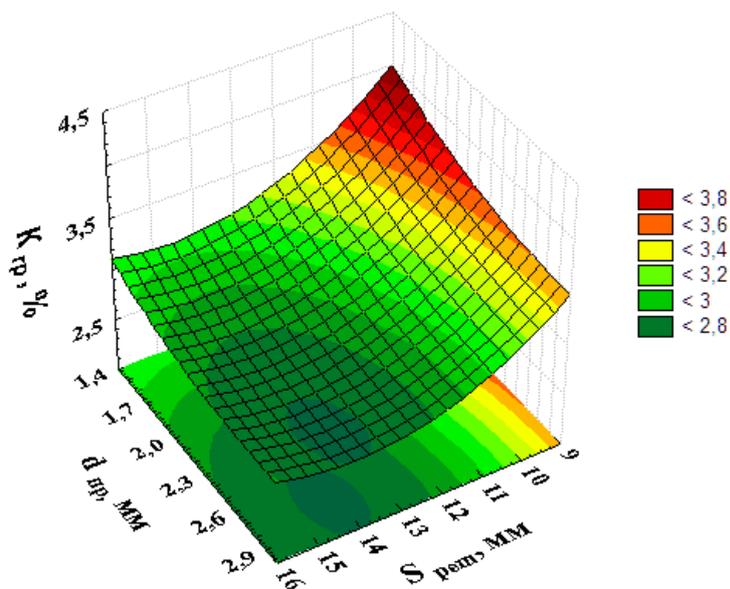


Рисунок 7 – Зависимость крошимости гранул перги от диаметра штифтов и частоты вращения вала

Для выявления конструктивно-технологических параметров и режимов работы измельчителя перговых сотов проведен двухфакторный эксперимент.

При статистической обработке экспериментальных данных получена математическая модель зависимости крошимости гранул перги $K_{гр}$ от диаметра прутка $d_{пр}$ и размера стороны отверстий решетки $S_{реш}$.

$$K_{гр} = 11,1026 - 0,9179 \cdot S_{реш} - 1,3944 \cdot d_{пр} + 0,0304 \cdot S_{реш}^2 + 0,0208 \cdot S_{реш} \cdot d_{пр} + 0,1991 \cdot d_{пр}^2, \quad (7)$$



Результаты эксперимента по определению крошимости гранул перги от толщины прутка и размера отверстий решетки представлены на рисунке 8.

Рисунок 8 – Зависимость крошимости гранул перги от толщины прутка и размера стороны отверстий решетки

Анализ зависимости показал, что наименьшая крошимость гранул перги составляет 2,7% при размере стороны отверстий решетки равным 0,014 м и диаметре прутка 0,0027 м. Также можно отметить, что при этих же параметрах гранулы перги беспрепятственно целиком проходят через решетку, а крупные куски средостения разрушаются.

В процессе статистической обработки экспериментальных данных получена математическая модель зависимости количества воска на гранулах перги $K_{воск}$ от диаметра прутка $d_{пр}$ и размера стороны отверстий решетки $S_{реш}$.

$$K_{воск} = 10,3595 + 0,2299 \cdot S_{реш} - 9,1097 \cdot d_{пр} + 0,0198 \cdot S_{реш}^2 - 0,2073 \cdot S_{реш} \cdot d_{пр} + 2,2199 \cdot d_{пр}^2, \quad (8)$$

Зависимость количества воска на гранулах перги от толщины прутка и размера стороны отверстий решетки представлены на рисунке 9.

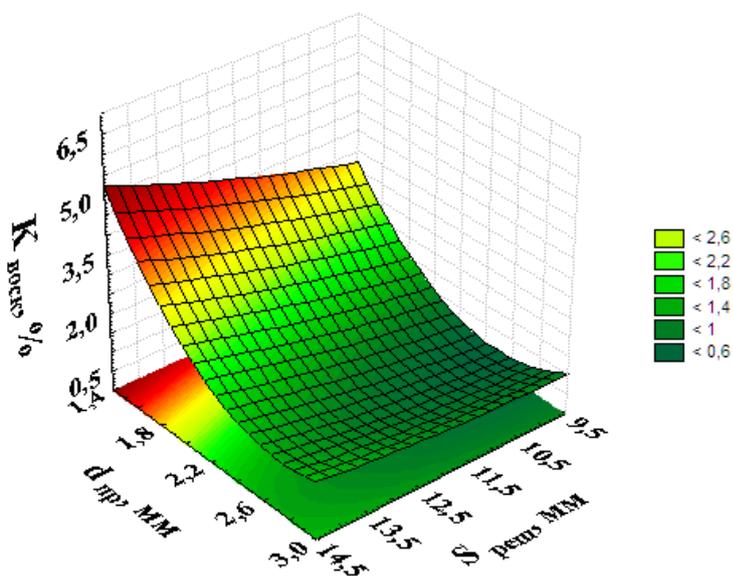
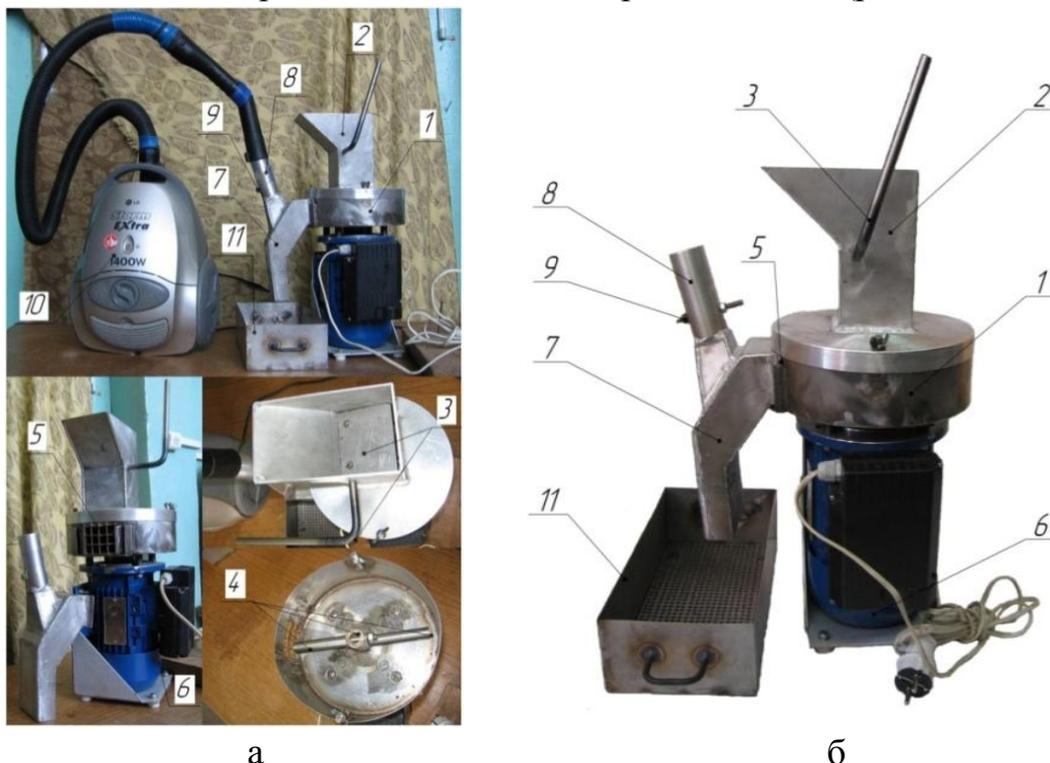


Рисунок 9 – Зависимость количества воска на гранулах перги от толщины прутка и размера стороны отверстий решетки

При анализе полученной зависимости (рис. 9) можно сказать, что наименьшее количество воска на гранулах перги наблюдается при диаметре прутка равном 0,0027 м. При данном диаметре прутка и размере стороны отверстий решетки от 0,010 м до 0,014 м количество воска на гранулах перги увеличивается с 0,6% до 1,2%. Исходя из анализа графических зависимостей, представленных на рисунках 8 и 9, можно сделать вывод, что рациональной для использования является решетка с размером отверстий 0,014 м и толщиной прутка 0,0027 м.

В результате экспериментальных исследований установлено, что разделение воскоперговой массы на восковое сырье и гранулы перги следует начинать при скорости воздушного потока 6 м/с. При данной скорости 95% воскового сырья улетает, а в перге остается лишь 5% восковых частиц, со средним размером более 0,0045 м. Гранул перги при этой же скорости воздушного потока остается практически 97,4%.

В пятом разделе «Экспериментальные исследования измельчителя перговых сотов и экономическая оценка его применения» представлены результаты экспериментальных исследований образца измельчителя перговых сотов. Проведен расчет экономического эффекта применения измельчителя перговых сотов. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований в ООО Агротехнопарк «АВИК» изготовлен и испытан экспериментальный образец измельчителя перговых сотов (рис. 10).



1 – рабочая камера; 2 – загрузочный бункер; 3 – заслонка; 4 – штифтовый вал; 5 – решетка; 6 – электродвигатель; 7 – приставка; 8 – патрубок; 9 – заслонка; 10 – внешняя пневматическая система; 11 – приемная емкость.

Рисунок 10 – Общий вид экспериментальной установки (а) и измельчителя перговых сотов (б)

За время исследований переработано более 200 перговых сотов, которые получены от пчеловодческих хозяйств Кораблинского, Рыбновского и Старожиловского районов Рязанской области. При извлечении перги в качестве внешней пневматической системы измельчителя был использован бытовой пылесос марки LG V-C3044RD. В процессе извлечения получены следующие результаты: производительность 16 сот в час (6,5 кг перги/ч), количество извлеченной перги из пчелиных сотов составило 98,2%, а количество восковых примесей в перге – 4,9%, трудоемкость 0,0625 чел-ч/сот (0,154 чел-ч/кг перги), удельная энергоемкость процесса 0,0385 кВт-ч/кг (с учетом затрат энергии на пневмосепарирование 0,0877 кВт-ч/кг). Потеря перги при пневмосепарации составила 2,4% от общего ее количества. В результате экспериментальных исследований измельчителя отказов и поломок не наблюдалось.

При переработке 60 пчелиных сотов с пергой предлагаемым измельчителем годовой экономический эффект составил 25293 рубля, а срок окупаемости – 0,63 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современных средств получения перги показывает, что среди существующих устройств, перспективными являются измельчители перговых сотов.

2. На основании уточнения физико-механических свойств гранул перги и воскового сырья установлено, что параметры измельчителя перговых сотов зависят от размерно-массовых характеристик гранул перги и коэффициента трения. Размерно-массовые характеристики: у 77,6% исследованных перговых гранул длина находится в пределах от 0,006 до 0,010 м, масса гранул перги увеличивается с 0,157 до 0,334 грамма с изменением длины гранул от 0,003 до 0,011 м. Коэффициент трения гранул перги находится в пределах от 0,4 до 0,5, а воскового сырья – от 0,52 до 0,92.

3. Теоретически установлено: радиус измельчителя 0,1 м; расстояния по высоте ротора между штифтами от 0,009 до 0,021 м и прутками решетки для прохождения гранулы перги от 0,011 до 0,015 м.

4. Экспериментально уточнено, что для рабочей камеры высотой 0,07 м количество штифтов диаметром 0,015 м должно быть два, сторона квадратных отверстий решетки 0,014 м с толщиной прутка 0,0027 м, а рекомендуемый режим работы измельчителя составляет 1500 мин⁻¹.

5. Экспериментально установлено, что производительность измельчителя перговых сотов 6,5 кг/ч, удельная энергоемкость процесса – 0,0385 кВт-ч/кг. Количество извлекаемой перги из сотов составило 98,2%, а количество восковых примесей в перге – 4,9%. Годовой экономический эффект составил 25293 рублей, а срок окупаемости предлагаемого измельчителя – 0,63 года.

Рекомендации производству:

Применение измельчителя позволит пчеловодам с небольшим количеством пчелосемей получать пергу из пчелиных сотов, а не отправлять соты с пергой на перетопку, тем самым безвозвратно теряя этот продукт.

Полученные результаты могут быть использованы предприятиями, занимающимися созданием и реализацией оборудования для отрасли пчеловодства.

Перспективы дальнейшей разработки темы:

В дальнейшей перспективе научных исследований необходимо продолжить работу в направлении совершенствования процесса извлечения перги, а также измельчителя перговых сотов, с целью снижения себестоимости его производства и повышения эффективности его работы путем применения встроенной пневмосистемы, работающей от общего электродвигателя.

Положения диссертации и полученные результаты опубликованы в следующих публикациях:

Статьи в изданиях рекомендованных ВАК РФ:

1. Буренин, К.В. Агрегат АИП-10 для извлечения перги из сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, И.Ф. Карачун // Журнал Пчеловодство. - 2014. - № 9. - С. 58-59.
2. Буренин, К.В. Исследование аэродинамических свойств воскового сырья и гранул перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Журнал Пчеловодство. - 2014. - №8. - С 52-54.
3. Буренин, К.В. Определение количества перги в сотах при организационно-экономических взаимоотношениях пчеловодов и переработчиков / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженова, М.В. Коваленко, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Вестник «Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева». - 2014. - № 4 (24). - С. 77-81.
4. Буренин, К.В. Оптимальный угол течения воска / В.Ф. Некрашевич, Н.Б. Нагаев, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Н.А. Грунин, Д.А. Епифанцев // Журнал Пчеловодство. - 2014. - № 10. - С. 46-48.
5. Буренин, К.В. Сравнительная оценка заготовки обножки и перги / В.Ф. Некрашевич, Т.В. Торженова, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, И.Ф. Карачун, М.С. Потапов // Журнал Пчеловодство. - 2015. - № 5. - С. 60-62.
6. Буренин, К.В. Теория процесса сепарации гранул перги через отверстия выгрузной решетки измельчителя пчелиных сотов / В.Ф. Некрашевич, М.Ю. Костенко, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин, Е.И. Буренина // Вестник «Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева». - 2016. - № 3 (31). - С. 61-65.

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

Патенты на изобретения и полезные модели:

1. Патент на изобретение № 2553236 РФ, А01К59/00. Способ извлечения перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженова, К.В. Буренин (РФ). № 2014111011/13; Заявлено 21.03.2014; Опубликовано 10.06.2015. Бюл. № 16.
2. Патент на полезную модель № 141008 РФ, В02С13/18. Измельчитель перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженова, И.И. Трухин, К.В. Буренин (РФ). № 2014102833/13; Заявлено 28.01.2014; Опубликовано 27.05.2014. Бюл. № 15.
3. Патент на полезную модель № 152375 РФ, А01К59/00. Измельчитель перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, С.В. Некрашевич, Т.В. Торженова, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин (РФ). № 2014151982/13; Заявлено 16.12.2014; Опубликовано 27.05.2015. Бюл. № 15.

В других изданиях:

1. Буренин, К.В. Результаты лабораторных исследований штифтового измельчителя пчелиных сотов с вертикальным рабочим органом / Е.И. Буренина, К.В. Буренин, Р.А. Мамонов // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции Часть II. Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета. - 2016. - С. 50-53.
2. Буренин, К.В. Анализ средств измельчения перговых сотов / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.В. Торженова, К.В. Буренин // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной юбилею специальных кафедр инженерного факультета (60 лет кафедрам «Эксплуатации машино-тракторного парка», «Технологии металлов и ремонта машин», «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины», 50 лет кафедре «Механизации животноводства». – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013. - С. 54-58.
3. Буренин, К.В. Инновационная технология и средства механизации в пчеловодстве / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, Т.Н. Щипачев, М.В. Коваленко, К.В. Буренин // Материалы III Международного форума пчеловодов «Медовый мир», Ярославль. - 2012. - С. 24-25.
4. Буренин, К.В. Комплект оборудования для заготовки перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин // Научный журнал «Научная мысль». - 2015. - №3. - С. 121-126.
5. Буренин, К.В. Результаты исследования прочностных свойств гранул перги / В.Ф. Некрашевич, Р.А. Мамонов, К.В. Буренин // Аграрная наука сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. IX Международная научно-практическая

конференция (5-6 февраля 2014 г.). - Барнаул: РИО АГАУ, 2014. - Кн. 3. - С. 42-44.

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

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