

Александр Владимирович Шемякин

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, врио ректора, доктор технических наук, доцент, Рязань, Россия

E-mail: info@rgatu.ru

Сергей Николаевич Борычев

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, и.о. первого проректора, доктор технических наук, профессор, Рязань, Россия

E-mail: info@rgatu.ru

Дмитрий Евгеньевич Каширин

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, заведующий кафедрой электроснабжения, доктор технических наук, доцент, Рязань, Россия

E-mail: kadm76@mail.ru

Виктор Вячеславович Павлов

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, ассистент кафедры электроснабжения, Рязань, Россия

E-mail: vikp76@mail.ru

Алексей Сергеевич Кузнецов

Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, аспирант кафедры электроснабжения, Рязань, Россия

E-mail: kadm76@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ПЧЕЛИНЫХ СОТОВ

Цель исследования – установление влияния основных режимных параметров вибрационной очистки пчелиных сотов (частоты и амплитуды вибрации) на производительность рабочего процесса. Задачи исследования: 1) определить рациональное значение амплитуды и частоты вибрационного воздействия, оказываемого на восковую основу пчелиных сотов; 2) определить рациональное значение времени вибрационного воздействия, при котором восковая основа сохраняет целостность (не разрушается); 3) определить возможный процентный выход извлекаемых органических загрязнений при рациональных значениях амплитуды, частоты и времени вибрационного воздействия. Исследование проводили на специально изготовленной лабораторной установке, состоящей из вибрационного стола, органов управления, измерительных приборов и датчиков. Особенностью проведенного исследования является неравномерность интенсивности извлечения гранул перги из ячеек сотов в течение рабочего цикла, которую необходимо учитывать во время эксперимента. С этой целью была разработана методика определения процента извлеченных гранул через равные контрольные интервалы времени. Исследование проводили при различных значениях частоты (30; 60; 90 Гц) и амплитуды (0,5; 1,25; 2 мм) колебаний рамки с сотами. Установлено, что при малых значениях амплитуды вибрационного воздействия (0,5 мм) суммарный процент извлекаемых загрязнений через 4 мин после начала процесса очистки стабилизируется на уровне 80 %, а при увеличении амплитуды до 2 мм показатель возрастает до 85–87 %. Вибрационную очистку пчелиных сотов целесообразно проводить при частоте вибрации рамок 30 Гц.

Ключевые слова: пчелиные соты, восковая основа, перга, загрязнения, очистка, вибрация.

Alexander V. Shemyakin

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Acting Rector, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Ryazan, Russia

E-mail: info@rgatu.ru

Sergey N. Borychev

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, acting First Vice-Rector, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ryazan, Russia

E-mail: info@rgatu.ru

Dmitry E. Kashirin

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Head of the Department of Power Supply, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Ryazan, Russia

E-mail: kadm76@mail.ru

Victor V. Pavlov

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Assistant, Department of Power Supply, Ryazan, Russia

E-mail: vikip76@mail.ru

Alexey S. Kuznetsov

Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Postgraduate Student, Department of Power Supply, Ryazan, Russia

E-mail: kadm76@mail.ru

HONEYCOMBS VIBRATION CLEANING PROCESS RESEARCH

The aim of the study is to establish the influence of the main operating parameters of vibration cleaning of bee combs (frequency and amplitude of vibration) on the productivity of the working process. Research objectives: 1) to determine the rational value of the amplitude and frequency of the vibration effect exerted on the wax base of the honeycomb; 2) to determine the rational value of the vibration exposure time, at which the wax base retains its integrity (does not collapse); 3) to determine the possible percentage yield of recoverable contaminants at rational values of the amplitude, frequency and time of vibration exposure. The study was carried out on a specially made laboratory setup consisting of a vibration table, controls, measuring instruments and sensors. A feature of the study is the unevenness of the intensity of extraction of bee bread granules from the honeycomb cells during the working cycle, which must be taken into account during the experiment. For this purpose, a method was developed to determine the percentage of recovered granules at regular control time intervals. The study was carried out at various values of the frequency (30; 60; 90 Hz) and amplitude (0.5; 1.25; 2 mm) of the frame with honeycomb vibrations. It was found that at small values of the vibration amplitude (0.5 mm), the total percentage of recovered contaminants in 4 minutes after the start of the cleaning process stabilizes at 80 %, and with an increase in amplitude to 2 mm, the indicator increases to 85–87 %. It is advisable to carry out vibration cleaning of bee combs at a frame vibration frequency of 30 Hz.

Keywords: honeycomb, wax base, bee bread, pollution, cleaning, vibration.

Введение. Большое значение для использования пчелиных сотов в качестве воскового сырья имеет отсутствие в них посторонних примесей. Часто выбракованные соты бывают сильно загрязнены продуктами жизнедеятельности пчел: пергой, прополисом, обрывками коконов, остающимися от расплода, и т. п. [1–3]. Основную долю среди органических загрязнителей занимает перга. Ее содержание в сотах может составлять

сотни процентов от их чистой массы [4–9]. При перетопке таких сотов расплавленный воск задерживается на поверхности частиц перги, впитывается в нее. Увеличивается количество связанного воска, остающегося в отходах, а качество вытапливаемого воска снижается [2, 5, 10–12]. Нами были предложены различные способы и механизированные средства очистки воскового сырья перед перетопкой [13–19]. Одним из таких

решений является неразрушающая вибрационная очистка с применением разработанной нами вибрационной установки [20].

Цель исследования: установление влияния основных режимных параметров вибрационной очистки пчелиных сотов (частоты и амплитуды вибрации) на производительность рабочего процесса.

Задачи исследования: 1) определить рациональное значение амплитуды и частоты вибрационного воздействия, оказываемого на восковую основу пчелиных сотов; 2) определить

рациональное значение времени вибрационного воздействия, при котором восковая основа сохраняет целостность (не разрушается); 3) определить возможный процентный выход извлекаемых органических загрязнений при рациональных значениях амплитуды, частоты и времени вибрационного воздействия.

Объекты и методы исследования. Лабораторная установка для вибрационной очистки сотов от загрязнений состоит из вибрационного стола, органов управления, измерительных приборов и датчиков (рис. 1).

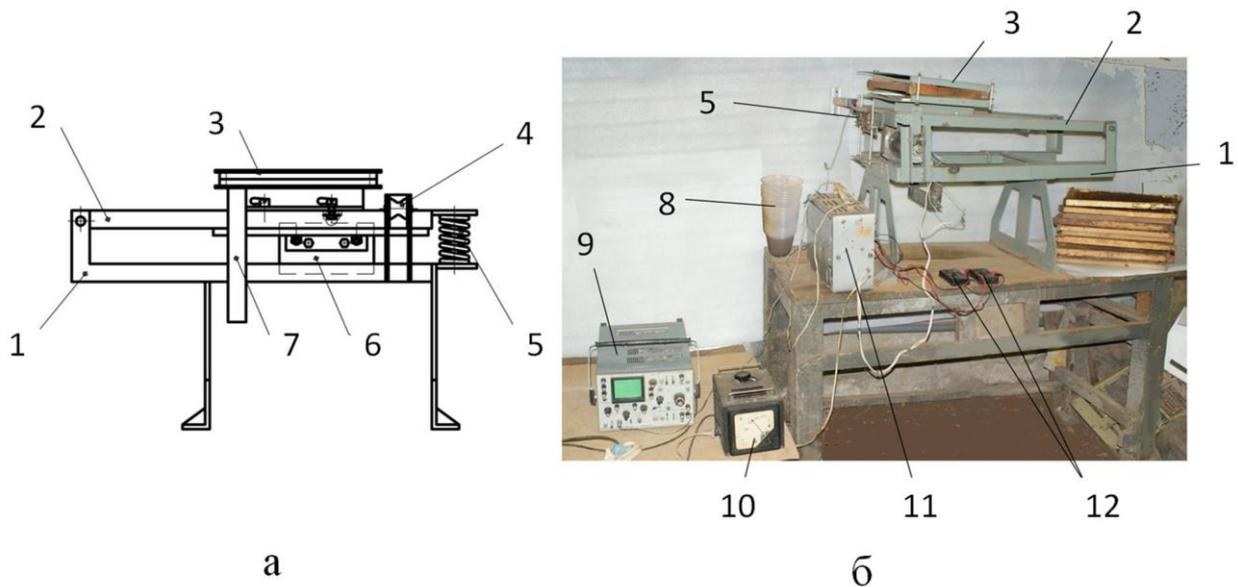


Рис. 1. Лабораторная установка

для вибрационной очистки пчелиных сотов от загрязнений:

а – схема вибрационного стола; б – общий вид установки во время испытаний; 1 – неподвижная рама; 2 – подвижная рама; 3 – сотодержатель; 4 – роликовые опоры; 5 – пружинный амортизатор; 6 – электрический вибровозбудитель; 7 – выгрузная горловина; 8 – набор накопительных емкостей; 9 – осциллограф; 10 – ЛАТР; 11 – блок питания; 12 – измерительные приборы для снятия электрических характеристик (М-838)

Рамка с сотами закрепляется в сотодержателе 3, и установка приводится в действие. Амплитудой и частотой вибрации управляют изменением питающего напряжения при помощи ЛАТР 10 и установкой различных эксцентриков на валу вибровозбудителя 6. Измерение частоты и амплитуды колебаний проводили с использованием осциллографа 9 (см. рис. 1).

Для проведения исследования использовали сушь сотов, выбракованную пчеловодами во время формирования пчелиного гнезда на зиму. Соторамки, взятые с пасек различных районов Рязанской области, располагали на стеллажах,

находящихся в отапливаемых помещениях, и выдерживали в таких условиях на протяжении 1,5–2 месяцев, в результате чего влажность загрязнений в сотах снижалась до 6–11 %. При наличии «свежих сотов» их досушивали конвективным способом до требуемой величины влажности. Влажность загрязнений определяли по стандартной методике определения влажности перги (ТУ 10 РФ 505-92).

Предварительно проведенные исследования позволили определить факторы, значимо влияющие на исследуемый процесс: частота колебаний, амплитуда, продолжительность виб-

рационального воздействия на соты. В качестве критерия оптимизации приняты: процент извлеченных загрязнений P , %; производительность процесса очистки Q , кг/ч. В результате предварительных исследований также установлено, что время, через которое происходит разрушение восковой основы, зависит от частоты и амплитуды вибрации. При частотах 60–90 Гц разрушение происходит быстро, при этом в сотах остается достаточное количество неизвлеченной перги. При частоте 30 Гц восковая основа в течение длительного времени сохраняет целостность, и потенциально возможное количество перги извлекается до разрушения. В связи с вышесказанным, произвести двухфакторный регрессионный анализ зависимости процента извлекаемых загрязнений от режима вибрации по полученным экспериментальным данным не представляется возможным.

Исследование проводили при трех различных значениях амплитуды вибрации: 0,5; 1,25 и 2 мм. В процессе вибрационной очистки сотов измеряли время воздействия вибрации на соторадку, затем взвешиванием извлеченных загрязнений на лабораторных весах марки ВЛКТ-500М устанавливали количество извлеченных загрязнений, определяли процент извлечения и производительность процесса очистки.

Результаты предварительных экспериментов показали, что производительность извлечения гранул перги неодинакова на протяжении всего цикла вибрационной очистки. Поэтому для измерения производительности в разные промежутки времени цикл очистки разбили на контрольные интервалы одинаковой продолжительности – по 20 секунд. На протяжении одного интервала извлекаемые из сотов гранулы перги, проходя через выгрузную горловину, накапливались в отдельной емкости 8 (см. рис. 1). По истечении каждого интервала емкость менялась. Таким образом измеряли количество перги, извлеченной в течение одного контрольного интервала времени. Измерение прекращалось, когда из выгрузной горловины переставала выходить перга, либо при разрушении сотов. Поэтому для каждого опыта (то есть для каждой отдельной соторадки) количество интервалов – величина непостоянная. Оставшуюся в соте пергу извлекали ручным способом. Количество перги в каждой контрольной емкости и количество извлеченной ручным способом из сотов перги взвешивали на весах.

Процент извлеченных загрязнений P_i , %, в каждой контрольной емкости, то есть за i -й интервал времени, вычислялся по формуле

$$P_i = \frac{m_i}{m_p + \sum_{i=1}^n m_i} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_i – масса извлеченных загрязнений в i -й емкости, г; $\sum_{i=1}^n m_i$ – общая масса извлеченной перги за весь цикл, г; m_p – масса загрязнений, извлеченных ручным способом, г; n – количество интервалов на 1 цикл (рамку, опыт).

Процент гранул P , %, извлеченных за один рабочий цикл, характеризует качество очистки отдельной соторадки и определяется выражением

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{m_p + \sum_{i=1}^n m_i} \cdot 100. \quad (2)$$

Так как содержание перги в сотах варьирует в широких пределах – от 50 до 800 г [1, 2, 15], то неодинаковым для разных сотов будет и массовый выход извлекаемых загрязнений, как общий, так и в пределах контрольных интервалов времени. Поэтому при определении производительности процесса вибрационной очистки в качестве единицы измерения производительности целесообразно выбрать не весовой показатель, а процентный в единицу времени. Таким образом, производительность процесса вибрационной очистки на каждом интервале цикла Q_i (% в секунду) будет равна следующему:

$$Q_i = \frac{P_i}{\tau}, \quad (3)$$

где τ – длительность одного интервала ($\tau = 20$ с).

Опыты проводили с 5-кратной повторностью (для 5 сотов с различной степенью загрязненности пергой) при разных значениях частоты и амплитуды вибрации.

Результаты исследования. В процессе эксперимента вибрационное воздействие продолжали до разрушения сота, при этом фиксировали время сохранения целостности восковой основы. На рисунке 2 представлена гистограмма, описывающая процентный выход перги из сотов в различные промежутки времени (i) процесса вибрационного воздействия при частоте 30 Гц и значении амплитуды колебаний рамки с сотами, равном 2 мм.

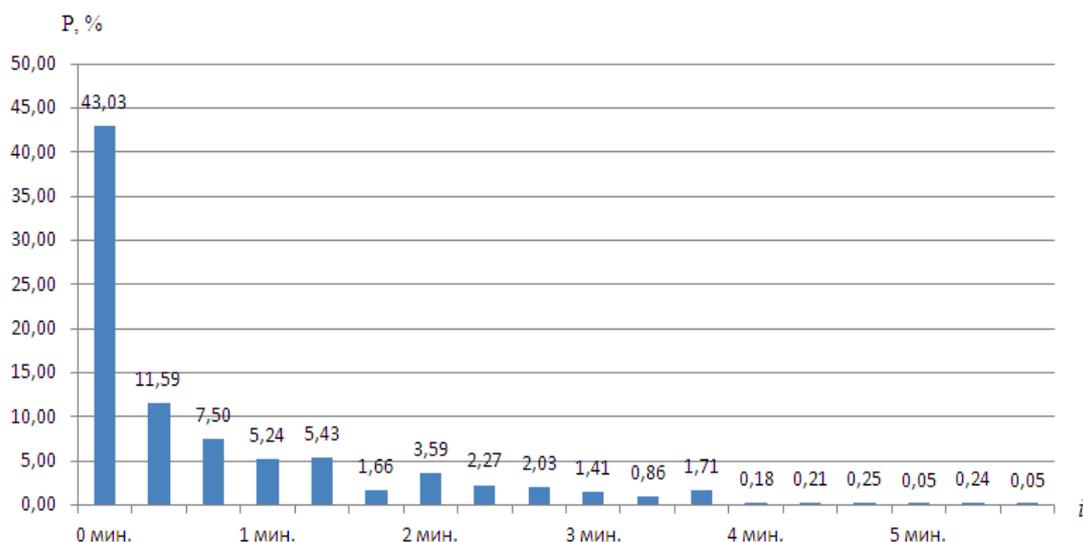


Рис. 2. Выход перги при частоте 30 Гц и амплитуде 2 мм

Из приведенной гистограммы следует, что наиболее интенсивное удаление гранул перги из сотов происходит в течение первых 20 с вибрационного воздействия. Дальнейшая очистка сотов происходит при постепенном замедлении скорости покидания пергой ячеек сот, и в течение 3,5–4 мин извлекается основная масса загрязнений – 80–87 % от общего содержания перги в сотах.

Далее был произведен подсчет суммарного выхода загрязнений (накопленного процента) в каждом контрольном интервале времени и по полученным данным построены регрессионные модели, определяющие зависимость полного

процентного выхода загрязнений от времени вибрационного воздействия при частоте 30 Гц и амплитудах 2; 1,25 и 0,5 мм:

$$\begin{aligned}
 P_2(t) &= -10.144 + 17.723 \cdot \ln(t) \\
 P_{1,25}(t) &= -17.424 + 18.906 \cdot \ln(t) \\
 P_{0,5}(t) &= -19.0 + 18.447 \cdot \ln(t)
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

при соответствующих значениях коэффициента детерминации 0,998; 0,995 и 0,994. Полученные аналитические зависимости представлены графически на рисунке 3.

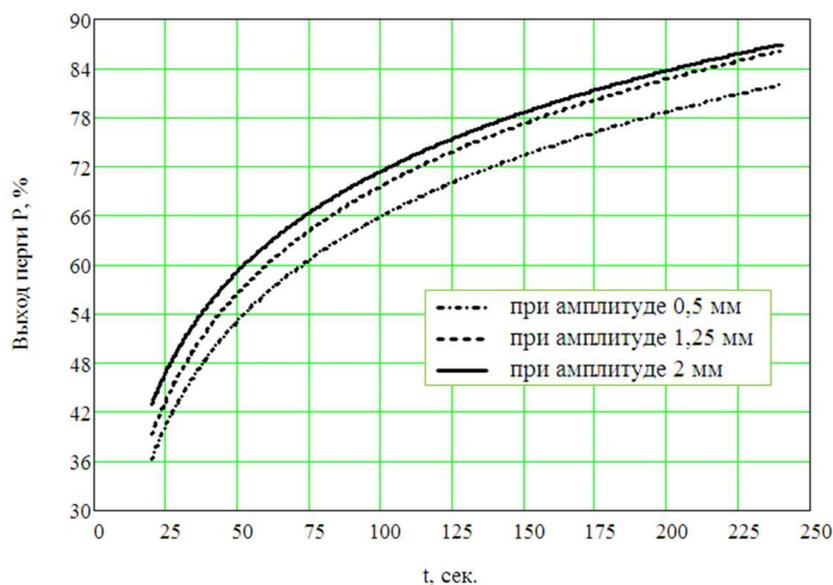


Рис. 3. Зависимость общего (суммарного) процента P , %, удаляемых загрязнений от продолжительности t , с, вибрационного воздействия при частоте 30 Гц и различных значениях амплитуды

Заключение. Из анализа полученных зависимостей следует, что при малых значениях амплитуды вибрационного воздействия (0,5 мм) суммарный процент извлекаемых загрязнений через 4 мин после начала процесса очистки стабилизируется на уровне 80 %, а при увеличении амплитуды до 2 мм показатель возрастает до 85–87 %. Вибрационную очистку пчелиных сотов целесообразно проводить при частоте вибрации рамок 30 Гц.

Литература

1. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья // *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ.* 2016. № S2. С. 35.
2. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* Исследование гранулометрического состава загрязненного воскового сырья // *Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти д-ра техн. наук, проф. Ф.Х. Бурумкулова / отв. за вып. А.В. Столяров; Институт механики и энергетики. Рузаевка, 2016. С. 463–465.*
3. Исследование процесса механической очистки перговых гранул от органических оболочек / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, С.Н. Гобелев [и др.] // Вестник КрасГАУ.* 2016. № 2 (113). С. 73–77.
4. Исследование влияния влажности и температуры на прочностные свойства перги / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, С.Н. Гобелев [и др.] // Вестник КрасГАУ.* 2016. № 1 (112). С. 97–101.
5. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева.* 2017. № 1 (33). С. 69–74.
6. К вопросу механической очистки перговых гранул / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева.* 2017. № 2 (34). С. 57–61.
7. Повышение качества перги путем механической очистки / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов [и др.] // Проблемы и решения современной аграрной экономики: мат-лы конф. пос. Майский, 2017. С. 19–20.*
8. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги // *Вестник КрасГАУ.* 2017. № 2 (125). С. 115–121.
9. Патент на изобретение № 2667734 РФ, А01К 59/00. Установка для извлечения и очистки перги из перговых сотов / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Коченов, В.В. Павлов, А.А. Петухов (РФ).* Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. № 2017145725/13; заявл. 25.12.2017; опубл. 24.09.2018, Бюл. № 27.
10. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* К вопросу механизации очистки воскового сырья // *Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности: сб. мат-лов всерос. науч.-практ. конф. Орел, 2017. С. 45–48.*
11. К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: вероятностная модель процесса измельчения пчелиных сотов / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов [и др.] // Вестник КрасГАУ.* 2019. № 3 (144). С. 141–147.
12. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* К вопросу очистки воскового сырья от загрязнений: моделирование процесса растворения перги в воде при интенсивном механическом перемешивании // *Вестник КрасГАУ.* 2019. № 2 (143). С. 150–156.
13. Исследование эффективности очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании / *Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов [и др.] // Вестник КрасГАУ.* 2017. № 12 (135). С. 115–122.
14. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* К вопросу механизированной очистки воскового сырья // *Аграрная наука в инновационном развитии АПК: мат-лы междунар. молодежного аграрного форума / под ред. В.А. Бабушкина. Мичуринск, 2018. С. 49–55.*
15. *Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В.* Повышение эффективности очистки воскового сырья с применением специальной механизированной технологии // *Новейшие*

- направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сб. мат-лов VII междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Н.Г. Власенко [и др.]. Новосибирск, 2019. С. 293–298.
16. Обоснование рациональных конструктивно-технологических параметров измельчителя воскового сырья / Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, М.Н. Чаткин [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 96–103.
 17. Павлов В.В. Исследование процесса растворения загрязняющих примесей воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 4 (36). С. 126–132.
 18. Патент на изобретение № 2656968 РФ, А01К 51/00. Способ очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов (РФ); заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. № 2017106065/13; заявл. 20.02.2017; опубл. 07.06.2018, Бюл. № 16.
 19. Патент на изобретение № 2672403 РФ, А01К59/06. Установка для очистки воскового сырья / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, В.В. Павлов, А.А. Петухов (РФ); заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. № 2018104393/13; заявл. 05.02.2018; опубл. 14.11.2018, Бюл. № 32.
 20. Патент на изобретение № 2483811 РФ, А01К 59/00, В07В 1/40. Вибрационная установка для очистки пчелиных сотов от загрязнений / Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин, А.В. Куприянов (РФ); заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ. № 2011147682/13; заявл. 23.11.2011; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
- References**
1. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Issledovanie gigroskopicheskikh svojstv zagryaznitel'ej voskovogo syr'ya // `Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. 2016. № S2. S. 35.
 2. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Issledovanie granulometricheskogo sostava zagryaznennogo voskovogo syr'ya // `Energo`effektivnye i resursosberegayuschie tehnologii i sistemy: sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyasch. pamyati d-ra tehn. nauk, prof. F.H. Burumkulova / otv. za vyp. A.V. Stolyarov; Institut mehaniki i `energetiki. Ruzaevka, 2016. S. 463–465.
 3. Issledovanie processa mehanicheskoy ochistki pergovyh granul ot organicheskikh obolochek / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, S.N. Gobelev [I dr.] // Vestnik KrasGAU. 2016. № 2 (113). S. 73–77.
 4. Issledovanie vliyaniya vlazhnosti i temperatury na prochnostnye svojstva pergi / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, S.N. Gobelev [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2016. № 1 (112). S. 97–101.
 5. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Issledovanie dispersionnyh svojstv pergi razlichnogo granulometricheskogo sostava // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2017. № 1 (33). S. 69–74.
 6. K voprosu mehanicheskoy ochistki pergovyh granul / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov [i dr.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. 2017. № 2 (34). S. 57–61.
 7. Povyshenie kachestva pergi putem mehanicheskoy ochistki / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov [i dr.] // Problemy i resheniya sovremennoj agrarnoj `ekonomiki: mat-ly konf. pos. Majskij, 2017. S. 19–20.
 8. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Rezul'taty mnogofaktornogo `eksperimental'nogo issledovaniya dispersionnyh svojstv pergi // Vestnik KrasGAU. 2017. № 2 (125). S. 115–121.
 9. Patent na izobretenie № 2667734 RF, A01K 59/00. Ustanovka dlya izvlecheniya i ochistki pergi iz pergovyh sotov / D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Kochenov, V.V. Pavlov, A.A. Petuhov (RF). Zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO RGATU. № 2017145725/13; zayavl. 25.12.2017; opubl. 24.09.2018, Byul. № 27.
 10. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. K voprosu mehanizacii ochistki voskovogo syr'ya // Prodovol'stvennaya bezopasnost': ot zavisimosti k samostoyatel'nosti: sb. mat-lov vseros. nauch.-prakt. konf. Orel, 2017. S. 45–48.
 11. K voprosu ochistki voskovogo syr'ya ot zagryaznenij: veroyatnostnaya model' processa

- izmel'cheniya pchelinyh sotov / *D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov* [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. 2019. № 3 (144). S. 141–147.
12. *Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V.* K voprosu ochistki voskovogo syr'ya ot zagryaznenij: modelirovanie processa rastvoreniya pergi v vode pri intensivnom mehanicheskom peremeshivanii // *Vestnik KrasGAU*. 2019. № 2 (143). S. 150–156.
13. Issledovanie `effektivnosti ochistki voskovogo syr'ya v vode pri intensivnom mehanicheskom peremeshivanii / *D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov* [i dr.] // *Vestnik KrasGAU*. 2017. № 12 (135). S. 115–122.
14. *Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V.* K voprosu mehanizirovannoj ochistki voskovogo syr'ya // *Agrarnaya nauka v innovacionnom razvitii APK: mat-ly mezhdunar. molodezhnogo agrarnogo foruma* / pod red. *V.A. Babushkina*. Michurinsk, 2018. S. 49–55.
15. *Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V.* Povyshenie `effektivnosti ochistki voskovogo syr'ya s primeneniem special'noj mehanizirovannoj tehnologii // *Novejshie napravleniya razvitiya agrarnoj nauki v rabotah molodyh uchenyh: sb. mat-lov VII mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* / pod red. *N.G. Vlasenko* [i dr.]. Novosibirsk, 2019. S. 293–298.
16. Obosnovanie racional'nyh konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov izmel'chitelya voskovogo syr'ya / *D.E. Kashirin, V.V. Pavlov, M.N. Chatkin* [i dr.] // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. № 4. S. 96–103.
17. *Pavlov V.V.* Issledovanie processa rastvoreniya zagryaznyayuschih primesej voskovogo syr'ya v vode pri intensivnom mehanicheskom peremeshivanii // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2017. № 4 (36). S. 126–132.
18. Patent na izobretenie № 2656968 RF, A01K 51/00. Sposob ochistki voskovogo syr'ya / *D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov* (RF); zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO RGATU. № 2017106065/13; zayavl. 20.02.2017; opubl. 07.06.2018, Byul. № 16.
19. Patent na izobretenie № 2672403 RF, A01K59/06. Ustanovka dlya ochistki voskovogo syr'ya / *D.N. Byshov, D.E. Kashirin, V.V. Pavlov, A.A. Petuhov* (RF); zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO RGATU. № 2018104393/13; zayavl. 05.02.2018; opubl. 14.11.2018, Byul. № 32.
20. Patent na izobretenie № 2483811 RF, A01K 59/00, B07B 1/40. Vibracionnaya ustanovka dlya ochistki pchelinyh sotov ot zagryaznenij / *N.V. Byshov, D.E. Kashirin, A.V. Kupriyanov* (RF); zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO RGATU. № 2011147682/13; zayavl. 23.11.2011; opubl. 10.06.2013, Byul. № 16.

