

УДК 631.363.258/638.178

*Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин,  
В.В. Павлов, М.Б. Угланов,  
Б.А. Нефедов, В.А. Макаров,  
С.Д. Полищук*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОСКОВОГО СЫРЬЯ В ВОДЕ  
ПРИ ИНТЕНСИВНОМ МЕХАНИЧЕСКОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ**

*D.N. Byshov, D.E. Kashirin,  
V.V. Pavlov, M.B. Uglanov,  
B.A. Nefedov, V.A. Makarov,  
S.D. Polishchuk*

**THE RESEARCH OF EFFICIENCY OF PURIFICATION OF WAX RAW MATERIALS IN WATER  
AT INTENSIVE MECHANICAL MIXING**

**Бышов Д.Н.** – канд. техн. наук, доц. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: kadm76@mail.ru

**Каширин Д.Е.** – д-р техн. наук, доц., зав. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: kadm76@mail.ru

**Павлов В.В.** – асп. каф. электроснабжения Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: vikp76@mail.ru

**Угланов М.Б.** – д-р техн. наук, проф. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: kadm76@mail.ru

**Нефедов Б.А.** – д-р техн. наук, проф. каф. управления Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва. E-mail: kadm76@mail.ru

**Макаров В.А.** – д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. отдела концептуальных проблем механизации агрохимического обеспечения сельскохозяйственного производства Всероссийского НИИ механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства, г. Рязань. E-mail: kadm76@mail.ru

**Полищук С.Д.** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. химии Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: svpolishuk@mail.ru

**Byshov D.N.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Operation of Machine and Tractor Park, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan. E-mail: kadm76@mail.ru

**Kashirin D.E.** – Dr. Techn. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan. E-mail: kadm76@mail.ru

**Pavlov V.V.** – Post-Graduate Student, Chair of Power Supply, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan. E-mail: vikp76@mail.ru

**Uglanov M.B.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Operation of Machine and Tractor Park, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan E-mail: kadm76@mail.ru

**Nefedov B.A.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Management, Russian State Agricultural University – MAA named after K.A. Timiryazev, Moscow. E-mail: kadm76@mail.ru

**Makarov V.A.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chief Staff Scientist, All-Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agrochemical Providing Agriculture. Ryazan. E-mail: kadm76@mail.ru

**Polishchuk S.D.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Chair of Chemistry, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan. E-mail: svpolishuk@mail.ru

*Цель исследования – изучение возможности и определение целесообразности очистки вос-*

*кового сырья путем освобождения от загрязняющих компонентов до его перетопки в вос-*

котонках различного типа. Основным загрязнителем воскового сырья, значительно снижающим качество и выход товарного воска при перетопке, является перга. Представлены методика и результаты эксперимента по определению эффективности очистки измельченного воскового сырья при интенсивном механическом перемешивании в воде. Оценивается влияние двух факторов – интенсивности перемешивания и времени перемешивания – на относительное изменение сухой массы сырья, вызванное удалением водорастворимых примесей, включая пергу. Установлена адекватная эмпирическая зависимость, определяющая влияние перечисленных факторов на критерий оптимизации. Произведена оптимизация полученной модели, определены значения факторов, при которых целесообразно осуществлять влажную очистку измельченного воскового сырья посредством интенсивного механического перемешивания. В частности, установлено, что критерий оптимизации – относительное изменение сухой массы – стремится к максимуму при значении интенсивности перемешивания  $15 \text{ кВт/м}^3$  на протяжении 9–10 минут, по истечении которых большая часть содержащейся в сырье перги полностью распадается до отдельных пыльцевых зерен и проходит сквозь ячейки фильтровальной сетки, на которой остается очищенное восковое сырье. Результаты исследования позволяют определить основные параметры режима очистки воскового сырья с применением перемешивающих устройств различных габаритов.

**Ключевые слова:** восковое сырье, перга, очистка, интенсивность, перемешивание.

*The purpose of the study was to research the feasibility and determination of the expediency of cleaning waxy raw materials by releasing from polluting components prior to its dewatering in various types of wax-ups. The main pollutant of wax raw materials significantly reducing the quality and yield of commodity wax during ditching is bee-bread. The technique and results of the experiment for determining cleaning efficiency of crushed wax raw material with intensive mechanical mixing in water are described in the study. The influence of two factors, the intensity of mixing and mixing time on relative*

*change in dry weight of the feedstock, caused by the removal of water-soluble impurities, including bee-bread is evaluated. An adequate empirical dependence is established, which determines the influence of these factors on optimization criterion. The optimization of obtained model is carried out, the values of the factors under which it is expedient to carry out wet cleaning of crushed wax raw material by means of intensive mechanical mixing are determined. In particular it is found out that the optimization criterion on relative change in dry weight tends to the maximum at mixing intensity of  $15 \text{ кВт/м}^3$  for 9–10 minutes, after which most of contained bee-bread is completely broken up to individual pollen grains and passes through the cells of the filter net, on which raw material remains purified waxy material. The results of the study make it possible to determine the main parameters of wax raw material purification regime using mixing devices of various dimensions.*

**Keywords:** wax raw materials, bee-bread, cleaning, intensity, mixing.

**Введение.** Известно, что основным загрязнителем воскового сырья является перга. По мнению многих пчеловодов, для очистки сырья от примесей перед перетопкой следует залить его теплой водой и выдержать в ней двое суток для удаления из него водорастворимых компонентов [1–4]. Воду при этом следует менять несколько раз. Однако на практике замачивание воскового сырья перед перетопкой применяется редко, так как это требует дополнительных затрат труда, времени и ресурсов. Кроме того, длительный (до нескольких суток) контакт рыхлого воскового сырья с теплой водой приводит к развитию патогенной микрофлоры и гнильцовых поражений, что делает восковое сырье непригодным для дальнейшей переработки. В связи с вышесказанным необходимо исследовать возможность и найти способ промышленной механизированной очистки воскового сырья от загрязнений путем интенсивного перемешивания измельченного воскового сырья в воде, что приведет к удалению из него большей части перги и других водорастворимых примесей перед перетопкой. Уменьшение контакта расплавленного воска с загрязнениями позволит увеличить процент выхода получаемого воска и улучшить его качество.

В ранее проведенном исследовании [5–7] изучена способность перги к расслоению при ее замачивании в воде. С целью определения количественных параметров оптимального режима очистки воскового сырья в воде при интенсивном механическом перемешивании было решено провести многофакторный эксперимент, устанавливающий влияние двух факторов – интенсивности и времени перемешивания – на степень очистки воскового вороха в воде, которая оценивается процентом удаленных примесей от первоначальной массы в пересчете на сухое вещество (критерий оптимизации максимизируется).

**Цель исследования.** Изучение возможности и определение целесообразности очистки воскового сырья путем освобождения от загрязняющих компонентов до его перетопки в воскотопках различного типа.

**Материалы и методы исследования.** Для проведения исследования была изготовлена лабораторная установка, схема и общий вид которой показаны на рисунке 1.

Установка состоит из подвижного основания 1, имеющего возможность вертикального перемещения с фиксацией положения, на котором расположен привод, состоящий из электродвигателя 3 постоянного тока марки УХЛ-4 с редуктором и вала 2 с наконечником 9. На валу 2 привода установлен электронный тахометр, состоящий из диска 10 с расположенными по окружности постоянными магнитами и датчика Холла, импульсы с которого поступают на мультиметр 4 модели М890F с функцией измерения частоты. Регулирование частоты вращения ротора электродвигателя 3 осуществляется изменением напряжения при помощи ЛАТРа 5 с последующим его выпрямлением через диодный мост. Измерение мощности, потребляемой электродвигателем 3, проводили при помощи ваттметра 6 марки Д539. Под основание 1 установки помещаются сменные емкости 8 различного объема, в каждой из которых установлен собственный вал с закрепленными на нем одной или несколькими мешалками, зафиксированный от поперечного смещения в двух подшипниковых опорах, расположенных в крышке и на дне емкости. При соединении с приводом вал, установленный в емкости, входит в зацепление с наконечником 9 вала 2 привода. Во

время перемешивания происходит контроль температуры жидкости внутри емкости 8 при помощи внедренной в крышку термодпары от мультиметра 7 марки М-838 с функцией измерения температуры.

Наиболее точным методом определения интенсивности перемешивания является отношение расходуемой на перемешивание мощности к единице объема  $N/V$ , Вт/м<sup>3</sup>. Мощность  $N$  (Вт), расходуемую на перемешивание, можно определить как полезную мощность электродвигателя, приводящего в движение мешалку с определенными геометрическими параметрами, установленную в данном конкретном сосуде. Мощность электродвигателя измерялась ваттметром. Полезная мощность, потребляемая мешалкой, или мощность, расходуемая на перемешивание, рассчитывалась как разность измеренной электрической мощности двигателя с мешалкой, работающей в жидкости, и на холостом ходу при одинаковых числах оборотов.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для проведения опытов взяли небольшую емкость диаметром  $D = 160$  мм и объемом  $V = 1,7$  л и изготовили для нее мешалку с двумя прямыми лопастями и отражательные перегородки. Геометрические параметры системы определили по справочным данным [8], выполнив рекомендованные соотношения  $B/D = 0,11$ ;  $D/d = 3,07$ ;  $b/D = 0,07$ ;  $h/H = 0,11$ , где  $B$  – ширина отражательных перегородок;  $h$  – высота установки мешалки от дна сосуда аппарата;  $b$  – высота лопастей мешалки;  $d$  – диаметр мешалки,  $H$  – высота столба жидкости в сосуде. При данных значениях параметров нами получено уравнение регрессии, выражающее зависимость полезной мощности  $N$  (Вт) от числа оборотов  $n$  (об/мин) рабочего вала в виде степенной функции

$$N(n) = (6,296 \cdot 10^{-8}) \cdot n^{2,637} . \quad (1)$$

Разделив данное выражение на объем жидкости в перемешивающем аппарате, получим зависимость интенсивности перемешивания от частоты вращения мешалки. При желании выполнить условие  $I = N/V = const$  для геометрически подобных перемешивающих устройств, не-

обходимо с увеличением размеров аппарата повысить окружную скорость мешалки и, прини-

мая во внимание увеличение ее диаметра, понизить частоту вращения [8].

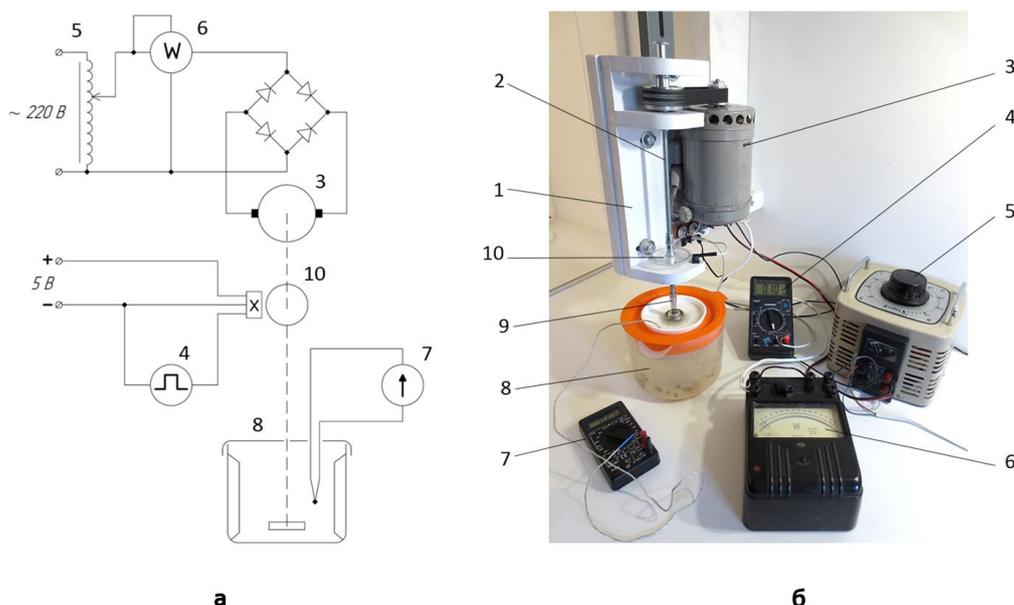


Рис. 1. Лабораторная установка для исследований процессов растворения:  
 а – функциональная схема; б – общий вид во время испытаний;

1 – основание; 2 – рабочий вал; 3 – электродвигатель постоянного тока; 4 – мультиметр M890F для измерения частоты импульсов; 5 – ЛАТР; 6 – ваттметр; 7 – мультиметр М-838 для измерения температуры с термопарой, установленной в емкости; 8 – емкость для перемешивания с отражательными перегородками; 9 – наконечник; 10 – тахометр

Для исследования процесса с двумя факторами был выбран некомпозиционный ротатбельный план второго порядка типа правильного шестиугольника с четырьмя центральными точками. В соответствии с выбранным планом для фактора  $X_1$  «интенсивность перемешивания» потребуется использование пяти уровней (+1; +0,5; 0; -0,5; -1); трех уровней (+0,866; 0; -0,866) – для фактора  $X_2$  «время перемешивания».

Уровни варьирования фактором  $X_1$  «интенсивность перемешивания» и соответствующие им величины оборотов  $n$  (об/мин) мешалки рассчитывали с помощью эмпирически установленной зависимости (1). Нижний уровень фактора представлен минимальным значением интенсивности перемешивания ( $1700 \text{ Вт/м}^3$ , 800 об/мин) для обеспечения достаточно полного вовлечения свободно плавающей на поверхности воды измельченной массы воскового вороха в турбулентное движение жидкости внутри рабочей камеры. Верхнему уровню соответствует наибольшая частота вращения мешалки ( $16400 \text{ Вт/м}^3$ , 1900 об/мин), превышение которой не приводит к повышению эффективности

перемешивания и скорости диспергирования загрязнений и способствует выплескиванию воды через отверстия в крышке рабочей камеры. Соответственно, остальные три уровня определяются внутри этого диапазона.

Верхний уровень варьирования фактором  $X_2$  «время перемешивания», по данным предварительных исследований, ограничили 10 мин. Таким образом, уровень (+0,866) составил 8 мин. Уровень (-0,866) установлен на значении 2 мин. Таким образом, вариация фактора  $X_2$  локализована в более или менее широком диапазоне.

Уровни и интервалы варьирования факторами представлены в таблице.

Для проведения исследования был получен измельченный восковый ворох, являющийся вторичным продуктом при извлечении перги из сотов посредством механизированной технологии [9–16]. При использовании данной технологии, в процессе выполнения её последней операции – пневмосепарации, теряется до 30 % перги, которая уходит в восковое сырье, загрязняя его, при этом загрязненность восковыми частицами выделяемой так называемой «чистой перги» достигает 7 % [1–16].

## Факторы и уровни их варьирования

Фактор	Ед. изм.	Уровень варьирования							Интервал варьирования
		-1	-0,866	-0,5	0	+0,5	+0,866	+1	
X1 – интенсивность перемешивания	Вт/м <sup>3</sup>	1700	-	5375	9050	12725	-	16400	3675
X2 – время перемешивания	с	-	120	-	300	-	480	-	180

Эксперимент проводили следующим образом. Из полученного воскового вороха формировали навески массой  $20 \pm 2$  г, которые загружали в лабораторную установку (см. рис.1). Водяную смесь воскового сырья подвергали интенсивному перемешиванию в соответствии с планом эксперимента. По завершении перемешивания водяную смесь отфильтровывали при помощи сетчатых бюксов, изготовленных из сетки с размером ячейки  $0,5 \times 0,5$  мм и предварительно взвешенных на весах марки ВЛКТ-500, и ополаскивали холодной водой.

Бюксы с частицами воскового сырья обдували теплым воздухом, пока вода не испарится с поверхности сита и промежутков между ячейками сетки, затем взвешивали на весах. Далее определяли влажность отфильтрованного воскового сырья по стандартной методике (ГОСТ 31775-2012).

Критерием оптимизации является относительное изменение (уменьшение) массы воскового сырья вследствие удаления растворившихся и диспергированных компонентов

$$\Delta m_{\%} = \frac{m_n \cdot \left(1 - \frac{W_n}{100}\right) - m_k \cdot \left(1 - \frac{W_k}{100}\right)}{m_n \cdot \left(1 - \frac{W_n}{100}\right)} \cdot 100 = 100 - \frac{m_k \cdot \left(1 - \frac{W_k}{100}\right)}{m_n \cdot \left(1 - \frac{W_n}{100}\right)} \cdot 100,$$

где  $\Delta m_{\%}$  – относительное изменение массы воскового сырья (процент удаленных загрязнений), %;  $m_n$  – масса навески до очистки, г;  $m_k$  – масса очищенного воскового сырья, г;  $W_n$  – начальная относительная влажность воскового сырья, %;  $W_k$  – относительная влажность воскового сырья после очистки, %;  $\left(1 - \frac{W}{100}\right)$  – пересчет на сухое вещество.

Опыты проводили с 10-кратной повторностью в каждой точке плана.

В результате проведенного исследования получено уравнение регрессии (2), описывающее зависимость количества удаленных из воскового сырья примесей, выраженного относительным изменением сухой массы, от интенсивности и времени перемешивания в воде с постоянной температурой

$$\Delta m_{\%}(I, t) = 6,79 + 0,001 \cdot I + 0,038 \cdot t - 8,62 \cdot 10^{-7} \cdot I \cdot t - 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot I^2 - 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 \quad (2)$$

Полученная эмпирическая зависимость изображена графически на рисунке 2.

Все факторы, влияющие на процесс, и их взаимодействия оказались значимыми на уровне  $\alpha = 0,1$ . Таким образом, получена полная квадратичная модель, адекватно аппроксимирующая результаты эксперимента на уровне значимости  $\alpha = 0,01$ . Оптимизация регрессион-

ной модели (2), проведенная с использованием встроенных операторов Mathcad 14.0, позволила получить следующие результаты:

$$F_{\max}(X1, X2) = F(14630, 554) = 24,98 \%$$

При данном сочетании факторов критерий оптимизации – процент растворившихся и диспергированных примесей – достигает максимального значения.

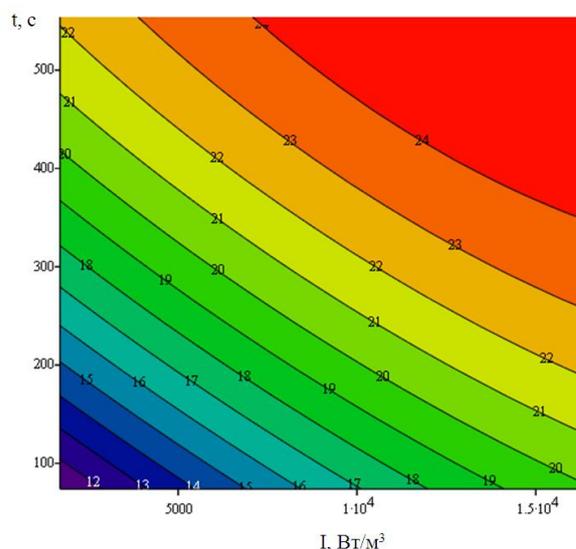
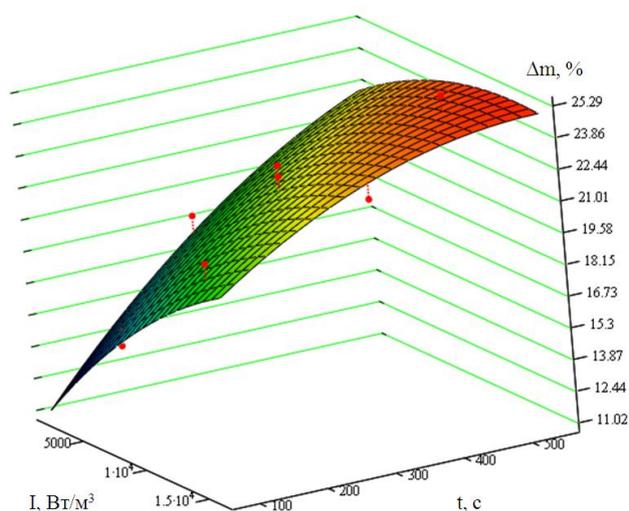


Рис. 2. Зависимость процента удаленных примесей  $\Delta m$  (%) от интенсивности  $I$  ( $\text{Вт}/\text{м}^3$ ) и времени  $t$  (с) перемешивания

**Выводы.** Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что оптимальный режим перемешивания воскового сырья в воде находится вблизи верхней границы факторного пространства по обоим факторам. При этом наблюдается заметное насыщение (стабилизация процесса) при приближении значений факторов к верхним уровням. Максимальному удалению примесей из воскового сырья, соответствующему относительной потере сухой массы 25 %, способствует режим перемешивания с интенсивностью  $I = 15 \text{ кВт}/\text{м}^3$  в течение 9–10 минут. Характер полученной зависимости (см. рис. 2) свидетельствует о более значительном влиянии на исследуемый процесс времени перемешивания, чем интенсивности.

### Литература

1. 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, профессора Ф.Х. Бурумкулова / отв. за выпуск: А.В. Столяров; Институт механики и энергетики. – Саранск, 2016. – С. 463–465.
2. Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В. К вопросу влияния загрязнений, содержащихся в пчелиных сотах, на выход товарного воска // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сб. мат-лов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню российской науки / ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия». – Пенза, 2015. – С. 280–282.
3. Исследование процесса получения воска из воскового сырья различного качества / Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 145–149.
4. Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В. К вопросу усовершенствования технологического процесса очистки воскового сырья от загрязнений // Основные принципы развития землеустройства и кадастров: мат-лы межвуз. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых (27 апр. 2016). – Новочеркасск, 2016. – С. 208–209.
5. Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В. Исследование гигроскопических свойств загрязнителей воскового сырья // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – Спецвыпуск № 2. – URL: <http://e-journal.omgau.ru/index.php>.
6. Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В. Исследование дисперсионных свойств перги различного гранулометрического состава // Вестн. Рязан. гос. агротехнол. ун-та им. П.А. Костычева. – 2017. – № 1 (33). – С. 69–74.

7. Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Павлов В.В. Результаты многофакторного экспериментального исследования дисперсионных свойств перги // Вестник КрасГАУ – 2017. – № 2 (125). – С. 115–121.
8. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / пер. с польск. И.А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
9. Бышов Н.В., Каширин Д.Е. Вопросы теории механизированной технологии извлечения перги из перговых сотов. – Рязань: Изд-во РГАУ, 2012. – 113 с.
10. Исследование конструктивно-технологических параметров измельчителя перговых сотов / Д.Н. Бышов, Д.Е. Каширин, Н.В. Ермаченков [и др.] // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2015. – С. 116–119.
11. Бышов Н.В., Каширин Д.Е. Исследование отделения перги от восковых частиц // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 1. – С. 26–27.
12. Исследование работы измельчителя воскового сырья / Д.Н. Бышов, И.А. Успенский, Д.Е. Каширин [и др.] // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 28–29.
13. Бышов Н.В., Каширин Д.Е. Обоснование рациональных параметров измельчителя перговых сотов // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 6. – С. 134–138.
14. Пат. № 2297763 РФ. МПК А01К 59/00. Способ извлечения перги из сотов / Д.Е. Каширин. – Заявл. 05.12.2005; опублик. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 4 с.
15. Пат. № 2326531 РФ. МПК А01К 59/00. Способ извлечения перги из сотов / Д.Е. Каширин, А.В. Ларин, М.Е. Троицкая. – Заявл. 19.12.2006; опублик. 20.06.2008, Бюл. № 17. – 4 с.
16. Каширин Д.Е. Технология и устройство для измельчения перговых сотов: дис. ... канд. техн. наук. – Рязань, 2001. – 182 с.
2. Jenergojefektivnye i resursosberegajushhie tehnologii i sistemy: sb. nauch. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. pamjati d-ra tehn. nauk, professora F.H. Burumkulova / otv. za vypusk: A.V. Stoljarov; Institut mehaniki i jenergetiki. – Saransk, 2016. – S. 463–465.
3. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. K voprosu vlijanija zagrijaznenij, soderzhashhihsja v pchelinyh sotah, na vyhod tovarnogo voska // Obrazovanie, nauka, praktika: innovacionnyj aspekt: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. Dnju rossijskoj nauki / FGBOU VPO «Penzenskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija». – Penza, 2015. – S. 280–282.
4. Issledovanie processa poluchenija voska iz voskovogo syr'ja razlichnogo kachestva / N.V. Byshov, D.N. Byshov, D.E. Kashirin [i dr.] // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 6. – S. 145–149.
5. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. K voprosu usovershenstvovanija tehnologicheskogo processa ochistki voskovogo syr'ja ot zagrijaznenij // Osnovnye principy razvitija zemleustrojstva i kadastruv: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. studentov i molodyh uchenyh (27 apr. 2016). – Novocherkassk, 2016. – S. 208–209.
6. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Issledovanie gigroskopicheskih svojstv zagrijaznitelej voskovogo syr'ja // Jelektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU. – 2016. – Specvypusk № 2. – URL: <http://e-journal.omgau.ru/index.php>.
7. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Issledovanie dispersionnyh svojstv pergi razlichnogo granulometricheskogo sostava // Vestn. Rjazan. gos. agrotehnol. un-ta im. P.A. Kostycheva. – 2017. – № 1 (33). – S. 69–74.
8. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Rezultaty mnogofaktornogo jeksperimental'nogo issledovanija dispersionnyh svojstv pergi // Vestnik KrasGAU – 2017. – № 2 (125). – S. 115–121.
9. Strenk F. Peremeshivanie i apparaty s meshalkami / per. s pol'sk. I.A. Shhupljaka. – L.: Himija, 1975. – 384 s.
9. Byshov N.V., Kashirin D.E. Voprosy teorii mehanizirovannoj tehnologii izvlechenija pergi

### Literatura

1. Byshov D.N., Kashirin D.E., Pavlov V.V. Issledovanie granulometricheskogo sostava zagrijaznennogo voskovogo syr'ja //

- iz pergovyh sotov. – Rjazan': Izd-vo RGATU, 2012. – 113 s.
10. Issledovanie konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov izmel'chitelja pergovyh sotov / *D.N. Byshov, D.E. Kashirin, N.V. Ermachenkov* [i dr.] // *Innovacionnye napravlenija razvitija tehnologij i tehniceskikh sredstv mehanizacii sel'skogo hozjajstva: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Voronezh, 2015. – S. 116–119.*
  11. *Byshov N.V., Kashirin D.E.* Issledovanie otdelenija pergi ot vosko-vyh chastic // *Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2013. – № 1. – S. 26–27.*
  12. Issledovanie raboty izmel'chitelja voskovogo syr'ja / *D.N. Byshov, I.A. Uspenskij, D.E. Kashirin* [i dr.] // *Sel'skij mehanizator. – 2015. – № 8. – S. 28–29.*
  13. *Byshov N.V., Kashirin D.E.* Obosnovanie racional'nyh parametrov izmel'chitelja pergovyh sotov // *Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 6. – S. 134–138.*
  14. Pat. № 2297763 RF. MPK A01K 59/00. Sposob izvlechenija pergi iz sotov / *D.E. Kashirin.* – Zajavl. 05.12.2005; opubl. 27.04.2007, Bjul. № 12. – 4 s.
  15. Pat. № 2326531 RF. MPK A01K 59/00. Sposob izvlechenija pergi iz sotov / *D.E. Kashirin, A.V. Larin, M.E. Troickaja.* – Zajavl. 19.12.2006; opubl. 20.06.2008, Bjul. № 17. – 4 s.
  16. *Kashirin D.E.* Tehnologija i ustrojstvo dlja izmel'chenija pergovyh sotov: dis. ... kand. tehn. nauk. – Rjazan', 2001. – 182 s.

