

**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА / ELECTROTECHNOLOGY, ELECTRICAL EQUIPMENT AND
POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31>

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ ОТ КЛЕЩА ВАРРОА

Научная статья

Оськин С.В.¹, Цокур Д.С.^{2,*}, Федак С.М.³

¹ ORCID : 0000-0001-7274-5229;

² ORCID : 0000-0003-3291-810X;

^{1,2,3} Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (dmitry_tsokur[at]mail.ru)

Аннотация

Для пчеловодов все большее беспокойство вызывает наличие в ульях клеща варроа. Гарантированного лечебного средства пока нет. Источником заражения здоровых пчел чаще всего являются больные пчелиные семьи. Личинки клеща могут попадать в здоровые семьи при подстановке рамок с расплодом из других ульев. Семья, пораженная клещами варроа, может очень быстро ослабнуть и погибнуть. На сегодняшний день наибольшее распространение имеют химические способы борьбы с этой болезнью. С каждым годом на рынке появляются все более агрессивные лекарства, что увеличивает вероятность попадания их в мед. Многие пчеловоды применяют комбинированные средства борьбы с клещом с использованием электротехнологических и механических методов лечения и профилактики. Одним из таких методов является механический вибрационный способ удаления клеща с пчел с дальнейшей его утилизацией из подрамочного пространства. Предложено одно из таких устройств на основе громкоговорителя низкой частоты с закреплением на нем волноводов для передачи вибраций на рамки в улье. Обоснованы параметры и режимы работы такого оборудования на основе моделирования физических процессов программно обеспечении Comsol. Эксперимент на пасеке доказал результативность работы установки с наиболее эффективной частотой вибрации 1500 Гц.

Ключевые слова: клещ Варроа, вибрации, моделирование, улей.

VARROA MITE TREATMENT UNIT FOR BEE FAMILIES

Research article

Oskin S.V.¹, Tsokur D.S.^{2,*}, Fedak S.M.³

¹ ORCID : 0000-0001-7274-5229;

² ORCID : 0000-0003-3291-810X;

^{1,2,3} Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

* Corresponding author (dmitry_tsokur[at]mail.ru)

Abstract

Beekeepers are increasingly concerned about the presence of varroa mites in the hives. There is no guaranteed cure yet. The source of infestation of healthy bees is most often sick bee families. Mite larvae can spread to healthy families by inserting brood frames from other hives. A family affected by varroa mites can weaken and die very quickly. Today, the most widespread are chemical methods of controlling this disease. Every year, more and more aggressive drugs appear on the market, which increases the likelihood of getting them into the honey. Many beekeepers use combined means of controlling the mite, using electro-technological and mechanical methods of treatment and prevention. One such method is a mechanical vibration method of removing the mite from the bees, with further disposal from the sub-frame space. One of such devices based on a low-frequency loudspeaker with waveguides fixed on it to transmit vibrations to the frames in the hive is suggested. The parameters and modes of operation of such equipment are substantiated on the basis of modelling of physical processes by Comsol software. The experiment on the apiary proved the effectiveness of the installation with the most effective vibration frequency of 1500 Hz.

Keywords: Varroa mite, vibrations, modelling, hive.

Введение

Производство меда пчелиными семьями напрямую связано с их здоровьем. Заболеваниям подвержены все особи семьи. Ключевой особенностью пчел является существование общественного типа, а это приводит к высокой вероятности передаче заболевания от одной особи всей семье. Сегодня для пчеловодов большую опасность представляет заболевание варроатоз, которое является инвазионной болезнью пчел и расплода. Считается, что по ущербу, наносимому пчеловодству, варроатоз не идет в сравнение ни с какими другими заболеваниями пчел [1], [2]. Это подтверждают как ученые практики [3], [4]. Причиной болезни является клещ варроа яacobsoni (рис. 1).

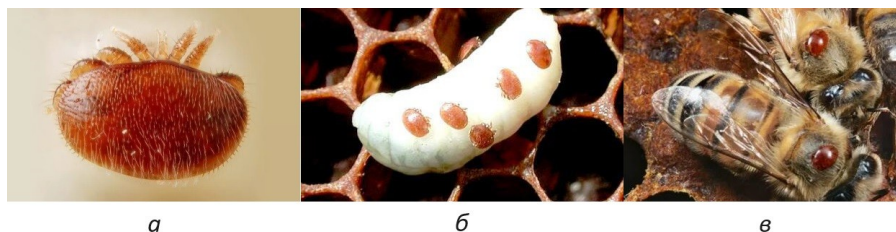


Рисунок 1 - Клещ варроа яacobсони:
 а - внешний вид клеща; б - размещение на куколке; в - размещение на пчелах
 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.1>

Питаются клещи гемолимфой. Самки клеща откладывают по 4-5 яиц в ячейки с расплодом до их запечатывания восковыми крышечками. При выходе из ячейки новой пчелы клещи также становятся взрослыми и, прикрепившись к пчеле, покидают ячейки. Цикл развития клеща составляет 8-11 дней. Весной с появлением расплода и за все лето количество клещей в пчелиной семье может увеличиваться почти в 20 раз.

Конечно, лучше всего для борьбы с клещом выполнять весь комплекс мероприятий, в том числе организационные, специальные и ветеринарные меры. Для лечения и профилактики используют физические, химические, биологические и механические методы. Большинство пчеловодов используют медикаментозные способы борьбы с этим заболеванием. При этом есть ограничения – запрещено применять препараты до или в процессе сбора меда. Применяют вырезание трутневого расплода, при этом уничтожаются соты, где самки клеща откладывают яйца. Периодически в литературе приводят положительный эффект от использования тепловой обработки семей [5], [6]. Тепловая обработка – это нагревание до температуры, вредной для клещей, но допустимой для пчел. Этот метод является эффективным, но трудоемким и опасным. Бывают случаи, когда возникало «запаривание пчел» и семья практически вся погибала. Применяют и другие методы борьбы с клещом [7], такие как дым-пушка, разрыв цикла размножения [8], [14], [15] и т.д.

В последнее время все больше привлекают внимание пчеловодов экологически чистые методы борьбы с клещом варроа. В Кубанском ГАУ давно ведутся исследования по использованию электротехнологического оборудования с применением экологически чистых методов борьбы с болезнями пчел [9], [10]. Хорошие показатели были получены при обработке пчел озоном и анолитом, полученном от электроактиватора воды [11], [12]. Проведены первичные опыты по воздействию вибраций в улье для стряхивания клещей с пчел в подрамочное пространство.

Цель исследований – обосновать параметры вибрационной установки для обработки пчелиных семей от клеща варроа.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований была разработана конструкция вибратора на основе низко частотного динамика, которая должна устанавливаться на рамки улья. Для передачи вибраций от диффузора устанавливались стальные лапы, которые опирались на рамки. Первоначально разрабатывалась геометрия модели в ПО Comsol (рис.2). Вид вибратора представлен на рисунке 3.

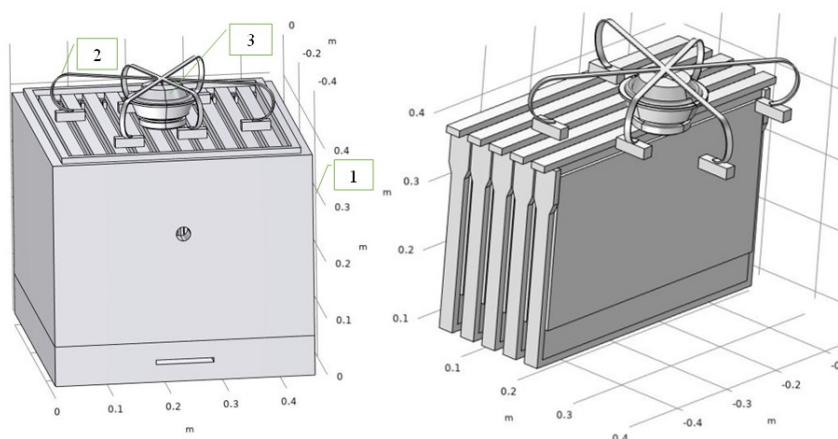


Рисунок 2 - Геометрия объекта исследований:
 1 – улей; 2 – волноводы; 3 – вибратор
 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.2>

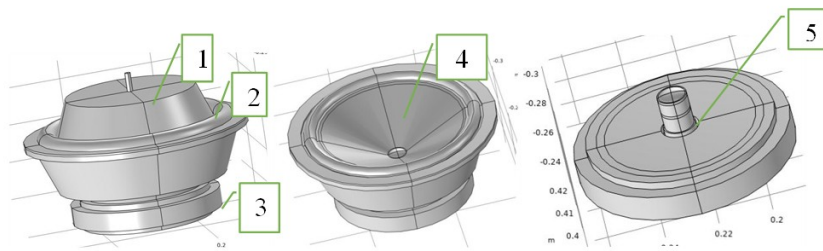


Рисунок 3 - Геометрия вибратора:

1 – надставка; 2 – резиновая диафрагма; 3 – постоянный магнит; 4 – диффузор; 5 – катушка

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.3>

Все дальнейшие исследования физических процессов проводились в принятом программном продукте Comsol. Объект исследования разбивался на домены и строилась сетка для расчета методом конечных элементов. Интерфейсы в ПО устанавливались в соответствии с типом физических процессов: анализ магнитных полей – «Magnetic fields»; анализ вибраций и перемещений – «Solid mechanics». При моделировании используется мультифизическая связь между интерфейсом магнитных полей и интерфейсом механики твердого тела. Основой всех взаимодействий является сила Лоренца, которая возникает при взаимодействии электрического и магнитного полей [13]:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}), \quad (1)$$

где q – единичный заряд;

\vec{E} – вектор электрического поля;

\vec{v} – вектор скорости;

\vec{B} – вектор индукции магнитного поля.

В программном продукте сила Лоренца рассчитывается в удельном виде, то есть на единицу объема [13]:

$$J = \sigma(E + v \times B), \quad (2)$$

где σ – плотность заряда (заряд на единицу объема).

Поля E и B могут заменяться на магнитный векторный потенциал A , тогда получаются следующие выражения [13]:

$$E = -\frac{\partial A}{\partial t}; \quad B = \nabla \times A, \quad (3)$$

где ∇ – оператор Гамильтона.

В вибраторе находится катушка, которая будет создавать магнитное поле, зависящее от количества витков и величины тока. Подача тока будет производиться переменного типа с определенной частотой. Интенсивность вибраций будет зависеть от индукции постоянного магнита и параметров катушки и электрического тока.

Интерфейс Solid Mechanics, предназначен для общего структурного анализа и основан на решении уравнений движения вместе с моделью для твердого материала. Вычисляются такие результаты, как смещения, напряжения и деформации. Основное решаемое уравнение в данном интерфейсе это [13]:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \nabla S + \sigma v \times B, \quad (4)$$

где ρ – плотность материала;

u – перемещение;

S – механическое напряжение в материале.

Все необходимые характеристики принимаются в зависимости от материала (в том числе свойства упругости) и устанавливаются автоматически из библиотеки программного продукта. В расчетах определяются механические параметры в зависимости от плотности материалов и их объемов.

Эксперимент проводился на пчелиной пасеке в летний период. По геометрической модели был изготовлен вибратор (рис.4), который размещался на рамках в улье. Были взяты два улья с одинаковым количеством обсиживаемых пчелами рамок и примерно одинаковым уровнем заклепанности. Один из ульев был контрольным и у него только подсчитывались количество опавших клещей. Второй улей подвергали обработке с разными частотами вибрации (500 Гц, 1500 Гц, 2500 Гц). Продолжительность опыта с одной частотой вибрации была 10 дней. Первые 10 дней вибрации на опытном улье были 500 Гц, последующее два периода по 10 дней вибрации соответственно 1500 Гц и 2500 Гц. Режим работы установки – периодическое включение вибратора на 10 с и отключение на 30 мин. После обработки происходил подсчет клещей в подрамочном пространстве.

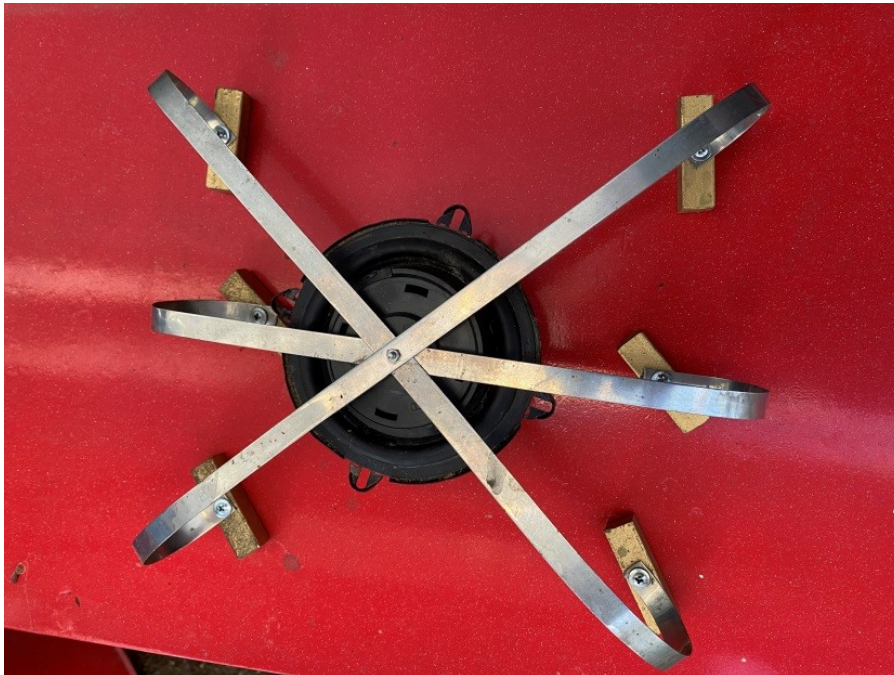


Рисунок 4 - Внешний вид вибратора
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.4>

Результаты исследований и обсуждение

По результатам моделирования определялись места наиболее интенсивного воздействия вибратора, уровень деформаций, степень смещений, ускорения в отдельных местах объекта исследований. На рисунке 5 показан вибратор, места деформаций и смещений через 0,2 с и 0,3 с. Здесь видно, что вибрации передаются по волноводам к рамкам практически на весь улей. Наибольшие амплитуды наблюдаются в центре вибратора.



Рисунок 5 - Вид вибратора с перемещениями через 0,2 и 0,3 с
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.5>

Проанализированы уровни вибраций и смещений на рамках во всем улье. На рисунке 6 представлены изображения улья с нанесением уровней смещений через 0,2 с и 0,3 с. Из рисунков видно, что во времени уровень вибраций периодически меняется от центра к периферии улья.

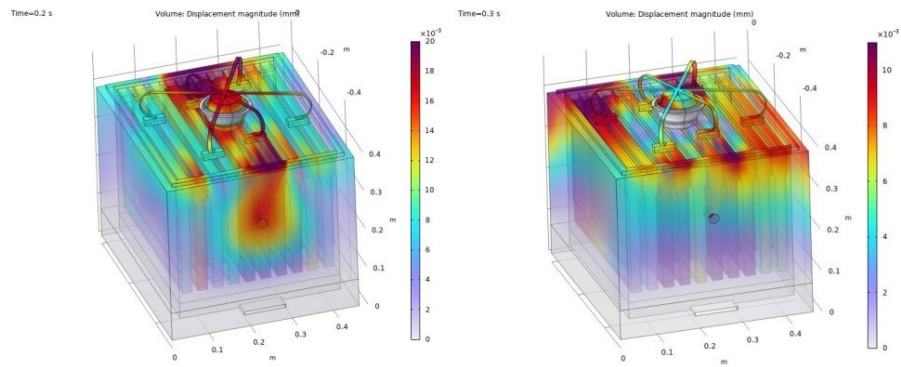


Рисунок 6 - Вид улья со смещениями рамок через 0,2 и 0,3 с
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.6>

На рисунке 7 показаны рамки с уровнем смещений в поперечном и продольном разрезах улья. На представленных изображениях видно, что вибрации достигают рамок по всему объему.

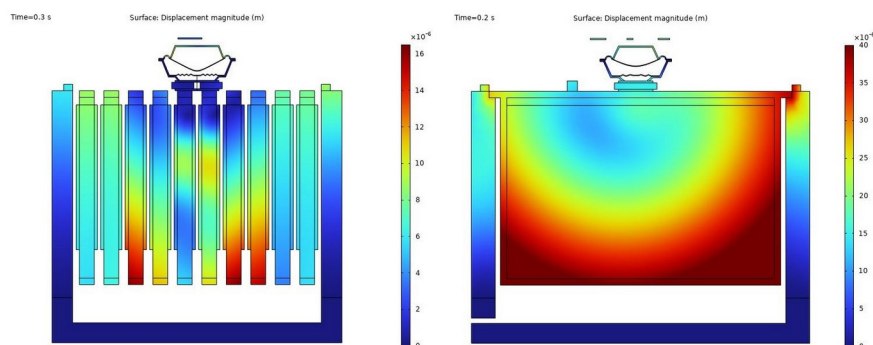


Рисунок 7 - Вид рамок в поперечном и продольных разрезах улья
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.7>

Если посмотреть уровни смещений всех рамок во времени, поперек улья как представлено на рисунке 8 (слева по красной линии), то можно увидеть следующее. Уровни смещения периодически повышаются, и максимальное воздействие наблюдалось через 0,7 и 0,8 с.

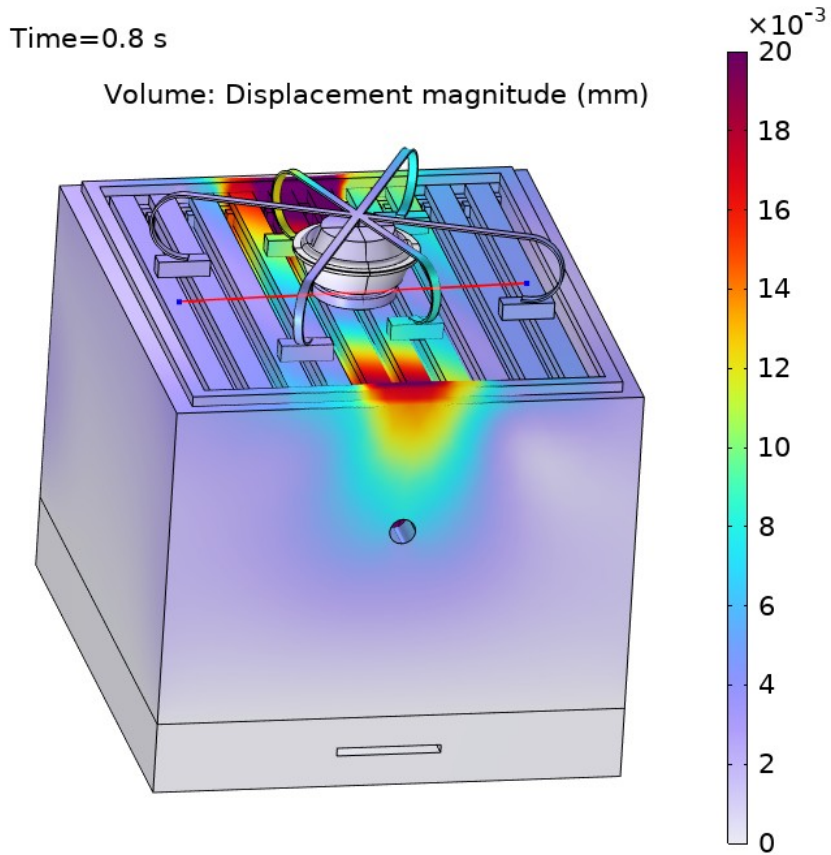


Рисунок 8 - Вид улья с нанесением линии анализа смещений
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.8>

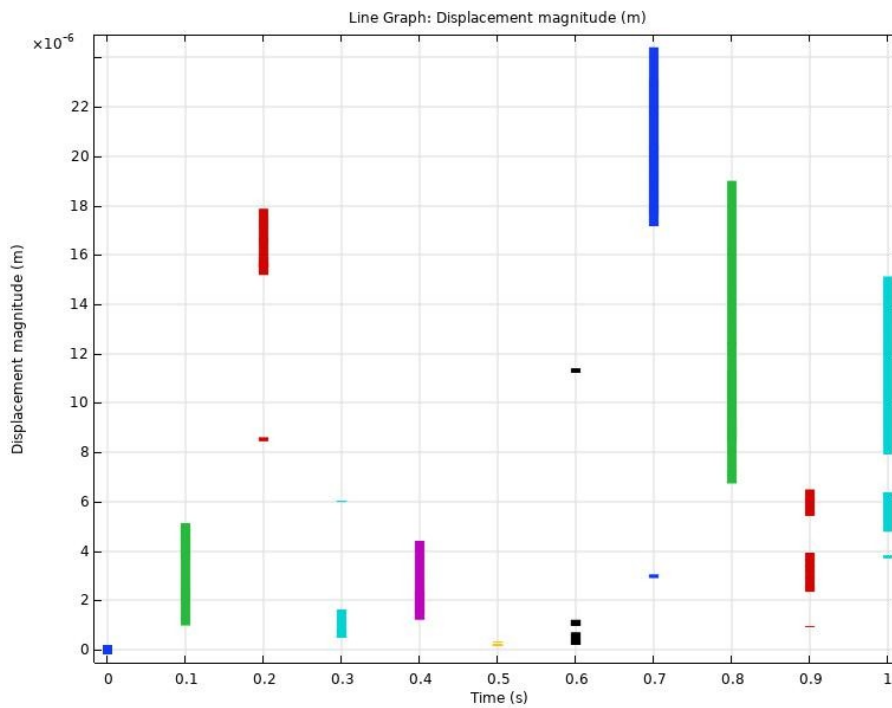


Рисунок 9 - Результаты смещений во времени
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.9>

Результаты эксперимента на пасеке сведены в таблицу 1. Как видно из таблицы наибольший эффект наблюдался при частоте вибрации 1500 Гц.

Таблица 1 - Результаты экспериментальных исследований

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.31.10>

Показатели	Частота вибраций, Гц					
	0	500	0	1500	0	2500
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Среднее количество опавших клещей, шт.	3,3	4,3	3,7	6,0	5,20	6,4
Среднее квадратическое отклонение, шт.	2,00	2,71	1,89	1,56	2,39	2,91

Снижение по среднему, шт.	1,0	2,3	1,2
---------------------------	-----	-----	-----

Заключение

1. Разработана конструкция вибратора для размещения в верхней части улья, позволяющая передавать вибрации на рамки с пчелами, что позволит сбрасывать периодически клещей с пчел.

2. Получена модель в ПО Comsol, которая дает возможность определить наиболее эффективные режимы работы вибратора и установить его параметры. Установлено, что при максимальном значении тока в катушке 1,5 А и частоте пульсаций 500 Гц вибратор получает периодические смещения на уровне 0,02 мм, а рамки – $2 \cdot 10^{-5}$.

3. Анализ полученных изображений смещений отдельных элементов по всему улью доказал эффективность разработанной конструкции вибратора и подтвердил периодичность вибраций в объекте исследований.

4. Экспериментальные исследования подтвердили эффективность работы установки и показали наиболее рациональную частоту вибрации, которая составила 1500 Гц.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Масленникова В.И. Оценка влияния вирусной и клещевой нагрузки на гибель пчел / В.И. Масленникова, Е.А. Климов, А.В. Королев и др. // Пчеловодство. — 2017. — №5. — С. 28-30.
2. Морева Л.Я. Хронический паралич пчел и роль клеща варроа в его распространении / Л.Я. Морева, А.А. Мойся // Пчеловодство. — 2018. — №5. — С. 22-24.
3. Сохликов А.Б. Борьба с варроатозом / А.Б. Сохликов, Г.И. Игнатъева // Пчеловодство. — 2018. — №3. — С. 30-33.
4. Масленникова В.И. Размножение клещей варроа в пчелиных семьях / В.И. Масленникова // Пчеловодство. — 2002. — №7. — С. 36-38.
5. Яранкин В.В. Борьба с варроатозом в 2021 г / В.В. Яранкин // Пчеловодство. — 2022. — №1. — С. 34-35.
6. Коляда И.Л. Опыт работы с термокамерой ЯВ 79-09 / И.Л. Коляда // Пчеловодство. — 2022. — №1. — С. 35-36.
7. Цветов Н.В. Дым-пушка, вывод элитных маток и летне-осенний метод борьбы с клещами / Н.В. Цветов // Пчеловодство. — 2021. — №6. — С. 36-39.
8. Цветов Н.В. Методы борьбы с клещами варроа с разрывом цикла их размножения / Н.В. Цветов // Пчеловодство. — 2021. — №7. — С. 33-36.
9. Оськин С.В. Электротехнологические способы и оборудование для повышения производительности труда в медотоварном пчеловодстве Северного Кавказа: монография / С.В. Оськин, Д.А. Овсянников. — Краснодар: Крон, 2015. — 198 с.
10. Перспективы внедрения электротехнологий в пчеловодстве / С.В. Оськин, А.А. Кудрявцева, С.П. Волошин и др. // Сельский механизатор. — 2019. — № 3. — С. 21-23.
11. Оськин С.В. Параметры озонирования в пчеловодстве / С.В. Оськин, Д.С. Цокур, И.Н. Шишигин и др. // Сельский механизатор. — 2023. — № 6. — С. 15-17.
12. Волошин С.П. Особенности электроактиваторов для сельского хозяйства / С.В. Оськин, С.П. Волошин // Сельский механизатор. — 2019. — №1. — С. 26-28.
13. Документация на модуль AC/DC программы Comsol Multiphysics. — 474 с.
14. Ayan A. Control Methods against Varroa Mites / A. Ayan, H. Tutun, O.S. Aldemir // International Journal of Advance Study and Research Work. — 2019. — № 2(11). — P. 19-23. — DOI: 10.5281/zenodo.3548388
15. Vercelli M. Biotechnical Control of Varroa in Honey Bee Colonies: A Trade-Off between Sustainable Beekeeping and Profitability? / M. Vercelli, L. Croce, T. Mancuso // Insects. — 2023. — № 14. — P. 830. — DOI: 10.3390/insects14110830

Список литературы на английском языке / References in English

1. Maslennikova V.I. Ocenka vliyaniya virusnoj i kleshchevoj nagruzki na gibel' pchel [Assessment of the impact of viral and tick-borne loads on the death of bees] / V.I. Maslennikova, E.A. Klimov, A.V. Korolev et al. // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2017. — №5. — P. 28-30. [in Russian]
2. Moreva L.YA. Hronicheskij paralich pchel i rol' kleshcha varroa v ego rasprostranenii [Chronic bee paralysis and the role of the varroa mite in its spread] / L.YA. Moreva, A.A. Mojsya // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2018. — №5. — P. 22-24. [in Russian]

3. Sohlikov A.B. Bor'ba s varroatozom [The fight against varroatosis] / A.B. Sohlikov, G.I. Ignat'eva // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2018. — №3. — P. 30-33. [in Russian]
4. Maslennikova V.I. Razmnozhenie kleshchey varroa v pchelinyh sem'yah [Reproduction of varroa mites in bee colonies] / V.I. Maslennikova // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2002. — №7. — P. 36-38. [in Russian]
5. YArankin V.V. Bor'ba s varroatozom v 2021 g [The fight against varroatosis in 2021] / V.V. YArankin // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2022. — №1. — P. 34-35. [in Russian]
6. Kolyada I.L. Opyt raboty s termokameroj YAV 79-09 [Experience working with a thermal camera JAV 79-09] / I.L. Kolyada // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2022. — №1. — P. 35-36. [in Russian]
7. Cvetov N.V. Dym-pushka, vyvod elitnyh matok i letne-osennij metod bor'by s kleshchami [Smoke cannon, breeding of elite queens and a summer-autumn method of tick control] / N.V. Cvetov // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2021. — №6. — P. 36-39. [in Russian]
8. Cvetov N.V. Metody bor'by s kleshchami varroa s razryvom cikla ih razmnozheniya [Methods of controlling varroa mites by breaking their reproductive cycle] / N.V. Cvetov // Pchelovodstvo [Beekeeping]. — 2021. — №7. — P. 33-36. [in Russian]
9. Os'kin S.V. Elektrotekhnologicheskie sposoby i oborudovanie dlya povysheniya proizvoditel'nosti truda v medotovarnom pchelovodstve Severnogo Kavkaza: monografiya [Electrotechnological methods and equipment for increasing labor productivity in small-scale beekeeping in the North Caucasus: monografiya] / S.V. Os'kin, D.A. Ovsyannikov. — Krasnodar: Kron, 2015. — 198 p. [in Russian]
10. Perspektivy vnedreniya elektrotekhnologij v pchelovodstve [Prospects for the introduction of electrical technologies in beekeeping] / S.V. Os'kin, A.A. Kudryavceva, S.P. Voloshin et al. // Sel'skij mekhanizator [Rural machine operator]. — 2019. — № 3. — P. 21-23. [in Russian]
11. Os'kin S.V. Parametry ozonirovaniya v pchelovodstve [Parameters of ozonation in beekeeping] / S.V. Os'kin, D.S. Cokur, I.N. SHishigin et al. // Sel'skij mekhanizator [Rural machine operator]. — 2023. — № 6. — P. 15-17. [in Russian]
12. Voloshin S.P. Osobennosti elektroaktivatorov dlya sel'skogo hozyajstva [Features of electric activators for agriculture] / S.V. Os'kin, S.P. Voloshin // Sel'skij mekhanizator [Rural mechanic]. — 2019. — №1. — P. 26-28. [in Russian]
13. Dokumentaciya na modul' AC/DC programmy Comsol Multiphysics [Documentation for the 'AC/DC module of the Comsol Multiphysics program]. — 474 p. [in Russian]
14. Ayan A. Control Methods against Varroa Mites / A. Ayan, H. Tutun, O.S. Aldemir // International Journal of Advance Study and Research Work. — 2019. — № 2(11). — P. 19-23. — DOI: 10.5281/zenodo.3548388
15. Vercelli M. Biotechnical Control of Varroa in Honey Bee Colonies: A Trade-Off between Sustainable Beekeeping and Profitability? / M. Vercelli, L. Croce, T. Mancuso // Insects. — 2023. — № 14. — P. 830. — DOI: 10.3390/insects14100830