

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И.Т.ТРУБИЛИНА»

На правах рукописи



Федак Сергей Михайлович

***ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ БОРЬБЫ С КЛЕЩОМ
ВАРРОА В ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЯХ***

Специальность: 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и
энергоснабжение агропромышленного комплекса

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Оськин С.В.

Краснодар – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ	9
1.1 Условия эффективного развития пчелиных семей	9
1.2 Классические методы борьбы с клещом варроа	27
1.3 Современные электротехнологические методы борьбы с клещом варроа	36
2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЙ	47
2.1 Разработка компьютерной модели и выбор интерфейсов	47
2.2 Результаты моделирования физических процессов при работе вибратора в улье	58
2.3 Разработка схемы управления вибратором и алгоритма программы микроконтроллера	71
2.4 Выводы	75
3. МЕТОДИКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ УСТАНОВКИ	78
3.1 Методика экспериментальных исследований	78
3.2 Результаты экспериментальных исследований по подтверждению данных моделирования вибрационных процессов	81
3.3 Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности использования вибраций в условиях пасеки	85
3.4 Экономическая эффективность внедрения установки на пчеловодческой пасеке	93
3.5 Выводы	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	101
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	105
ПРИЛОЖЕНИЯ	131

ВВЕДЕНИЕ

Увеличению показателей доходности пасеки возможно при организации комплекса мероприятий, направленных на подготовку пчеловодом пчел к медосбору. При наступлении основных медосборов пчеловод должен иметь более сильные семьи, чем до этого периода. Значительное влияние на продуктивное развитие семей оказывают ветеринарно-санитарные правила содержания пчел. В процессе развития пчелиной семьи ее преследует большая вероятность заразиться большим набором болезней. Особую опасность представляет клещ варроа, который паразитирует на медоносной пчеле, переносит и активизирует вирусы, бактерии. Развитие клеща тесно связано с циклом развития пчелиной семьи. Клещ варроа сегодня адаптировался к пчелам всех пород. Личинки клещей и взрослые самки питаются гемолимфой, сами клещи быстро размножаются в расплоде. При большой зараженности варроатозом могут наблюдаться массовая гибель пчелиных семей. Наиболее широко применяемыми при лечении варроатоза пчёл являются химически синтезированные препараты, относящиеся к группе пиретроидов, форманинов и кислот. Самыми популярными и опасными для семей и человека являются препараты основу которых, составляет амитраз и флувалинат. Большинство пчеловодов применяет указанные препараты посредством опрыскивания, что ведет к накоплению остатков препаратов в сотах, а это вызывает появление недоразвитых и короткоживущих пчел, а также снижение иммунитета у всех особей пчелиной семьи. Сегодня для лечения варроатоза используется более ста естественных и промышленно изготовленных препаратов. Тем не менее они часто малоэффективны, либо очень трудоемко их применение, либо опасны для пчеловода и могут попадать в продукты пчеловодства. В связи с этим стали распространяться методы профилактики, не связанные с химическими препаратами: использование тепловых камер, установка сетчатого подрамника-клещеуловителя, использование озонирования,

применение электроактивированных растворов, ультрафиолетовое облучение, применение электромагнитных и электростатических полей, вибрационное воздействие.

Степень разработанности темы. Вопросами профилактики и лечения пчелиных семей занимались: Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, Ю.П. Пичугин, Д.А. Нормов, И.Н. Шишигин, А.А. Лоза. Проблемам повышения эффективности установок в сельском хозяйстве и в пчеловодстве посвящали свои работы: В.Ф. Сторчевой, Е.И. Гаврикова, А.Н. Матюнин и другие. Значительный вклад в разработку оборудования для пчеловодов, внесли учёные ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева (г. Рязань).

Несмотря на значительное количество публикаций по способам борьбы с клещом варроа и проводимых исследований по экологичным методам снижения заклещенности ульев положение в пчеловодстве с этим заболеванием обостряется. Необходимо продолжить разработку новых способов с другими принципами работы. Перспективным является применение электромеханических вибраторов в различных технологических операциях пчеловодства в том числе и для удаления клещей с пчел.

Кашириным Д.Е. с группой ученых предложено использование вибрационных воздействий на восковые соты с целью удаления загрязнений и облегчения извлечения перги. Публикуются патенты по применению вибраций рамок в улье с целью удаления и уничтожения клещей. Значительное внимание определению необходимых параметров электромагнитных систем подобных устройств уделяли ученые Ставропольского ГАУ: Никитенко Г.В., Антонов С.Н.

Появилась потребность в дополнительных исследованиях по использованию вибрационного метода удаления клещей внутри улья с разработкой соответствующего устройства.

Гипотеза. Исследование механических перемещений при вибрациях верхних брусов рамок в пчелином улье и изучение электромагнитных сил, возникающих в вибраторе, позволит определить оптимальные параметры и

режимы работы установки, снизит заклещеванность пчелиных семей и сократит объем применяемых химических препаратов.

Цель работы. Обоснование параметров и режимов работы электромагнитной вибрационной установки для обработки пчелиных ульев от заражения клещом варроа для снижения объема применяемых химических препаратов.

Задачи исследования.

1. Установить зависимость показателей вибрации от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил.

2. Разработать компьютерную математическую модель установки, описывающую электромагнитные и механические процессы при вибрациях в объекте исследования, выбрать необходимые интерфейсы для реализации в программном комплексе Comsol Multiphysics.

3. В ПО Comsol Multiphysics провести моделирование физических процессов в вибрационной установке и в элементах улья, определить рациональные параметры и режимы работы.

4. Разработать принципиальную электрическую схему управления электромагнитным вибратором для реализации режимов работы обработкой пчелиных ульев.

5. Разработать алгоритм и соответствующую программу для микроконтроллера, управляющего режимами обработки ульев.

6. Изготовить электромагнитную вибрационную установку для борьбы с клещом варроа в пчелиных ульях, провести исследования по сопоставлению экспериментальных данных с результатами моделирования.

7. Провести полевые эксперименты в течение сезона работы пчеловода на пасеке, проанализировать эффективность использования вибратора с сокращением применения химических препаратов для обработки пчелиных семей от клеща варроа, получить регрессионные модели с установлением рациональных параметров и режимов работы электромагнитной вибрационной установки.

8. Обосновать экономическую эффективность применения вибрационной установки для обработки пчелиных ульев от клеща варроа.

Объект исследования – электромагнитная вибрационная установка и элементы пчелиного улья.

Предмет исследования – параметры и режимы работы вибрационной установки для борьбы с клещом варроа, зависимости показателей вибрации от параметров вибратора и подаваемого вида напряжения постоянного тока.

Методология и методы исследования: метод конечных элементов с использованием ПО Comsol Multiphysics, законы электротехники и механики, методика проведения экспериментальных исследований.

Научную новизну работы составляют:

- зависимость показателей вибрации от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил;
- компьютерная математическая модель электромагнитных и механических процессов в вибраторе и в элементах улья;
- регрессионные зависимости влияния параметров вибрации на интенсивность сброса клещей с пчел;
- обоснованные параметры и режимы работы электромагнитной вибрационной установки для борьбы с клещом варроа в пчелиных ульях.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующем:

- математическая компьютерная модель электромагнитных и механических процессов, происходящих в вибраторе и элементах улья, позволяющая оценить значения показателей вибрации в геометрических частях вибратора и отдельных составляющих улья при изменении частоты и скважности подаваемого напряжения от источника постоянного тока;
- зависимости показателей вибрации от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил, необходимые для установления связи с параметрами электромагнитного поля;

- алгоритм и программа для программирования микроконтроллера, реализующие рациональные режимы работы вибратора;
- обоснованные параметры и режимы работы вибрационной установки для борьбы с клещом варроа в пчелиных семьях, позволяющие снизить объем применяемых химических препаратов и повысить эффективность лечебно-профилактических мероприятий на пасеке;
- принципиальная электрическая схема управления вибратором, необходимая для изготовления блоков управления вибраторов;
- изготовленная вибрационная установка, которая применяется в пчелиных ульях на пасеках в течение сезона работы пчеловода, снижающая количество химических обработок от клеща варроа;
- регрессионная модель влияния параметров вибрации на интенсивность сброса клещей с пчел, позволяющая установить рациональные параметры и режимы работы электромагнитной вибрационной установки.

Реализация результатов исследований.

Результаты исследований внедрены в ООО «Предприятие по пчеловодству «Краснодарское» (г. Краснодар). Материалы работы используются в учебном процессе на факультете энергетики Кубанского ГАУ.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследования подтверждается: компьютерным моделированием в ПО Comsol Multiphysics с планированием и обработкой экспериментальных данных с помощью ПО STATISTICA, использованием современной измерительной техники. Основные положения и выводы диссертации доложены и одобрены на ежегодных научных конференциях факультета энергетики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (2020–2024 гг.); XIV Международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе» (г. Ставрополь, 28–29 мая 2021 года); на XXXIV Международной научно-практической конференции «Наука в современном инфор-

мационном обществе» (г. Бангалор, Индия, 8–9 апреля 2024 г.); на II национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко «Актуальные проблемы энергетики АПК» (г. Саратов, 25 апреля 2024 г.); на V Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования в современном мире» (г. Уфа, 20 сентября 2024 г.).

Публикации результатов работы. Основное содержание диссертации отражено в 15 печатных работах, в том числе: 9 статей – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК России. Получено 2 патента РФ на изобретения.

На защиту выносятся следующие положения:

- зависимости показателей вибрации от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил, связывающие эти силы с параметрами электромагнитного поля;
- математическая компьютерная модель электромагнитных и механических процессов, происходящих в вибраторе и элементах улья, для обоснования параметров и режимов работы всей установки;
- регрессионные зависимости влияния параметров вибрации на интенсивность сброса клещей с пчел;
- алгоритм и программа управляющего микроконтроллера;
- обоснованные параметры и режимы работы электромагнитной вибрационной установки;
- результаты лабораторных и полевых экспериментов и их сопоставление с данными моделирования.

1. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ

1.1 Условия эффективного развития пчелиных семей

Основа рентабельности каждого пчеловодческого хозяйства – сильные и здоровые пчелиные семьи [50]. Главная роль в увеличении показателей доходности пасеки возлагается на комплекс мероприятий, направленных на подготовку пчеловодом пчел к медосбору. Накануне главного взятка в семье должно быть минимум открытого, максимум печатного расплода и летных, нелетных пчел. При таком составе пчелиная семья будет оптимально расходовать ресурсы при добыче, хранении и переработке продуктов пчеловодства. В природе пчелиная семья достигает данного состояния в предельный момент годового развития. В тоже время рациональный состав особей в пчелином гнезде может быть реализован в любой здоровой семье и к каждому медосбору (табл. 1.1) [126, 141].

Таблица 1.1 – Соотношение между летными и нелетными пчелами и расплодом в период продуктивных медосборов [141].

Период пасечного сезона	Летные пчелы, %	Нелетные пчелы %	Расплод %	Всего пчел, тыс. шт.
Весной перед медосбором с озимого рапса (5—10 мая)	30	30	40	18–25
После отцветания озимого рапса	30	30	40	18–25
Перед медосбором с гречихи (конец июня)	25	35	40	18–25
Перед главным медосбором с подсолнечника (середина июля)	15	40	45	60–70
После главного медосбора	40	40	20	50–60
Перед медосбором с вереска (5 августа)	30	35	35	40–60
Осенью (15 октября)	20	78	2	20–30

В. И. Лебедев в ходе своей многолетней работы значительно расширил область знаний в теории роста и развития пчелиных семей, что позволило достоверно выделить пять периодов развития с отличием по качеству и количеству составляющих ее особей. Годовой жизненный цикл можно разделить на две части: активную и пассивную, которые в условиях центральных регионов нашей страны практически равны. В активном периоде выделяют четыре характерных этапа жизнедеятельности пчёл: I этап – с 1.04 по 10.05 – смена долгоживущих пчел осенней регенерации; II этап – с 10.05 по 20.06 – воспроизводство пчел, предназначенных для медосбора (мало живущие); III этап – с 20.06 по 1.08 – основной медосбор и заготовка осенне-зимне-весенних кормовых запасов; IV этап – с 1.08 по 10.09 – выращивание пчёл высокого качества для зимовки, с максимальным сроком жизни [61, 141].

На время продуктивных медосборов ставится задача создания более сильных семей. Для реализации этого принято использовать широко известные способы, а именно получение дополнительного количества пчел при помощи заблаговременно сформированных отводков с использованием запасных маток (рис. 1.1) [52].

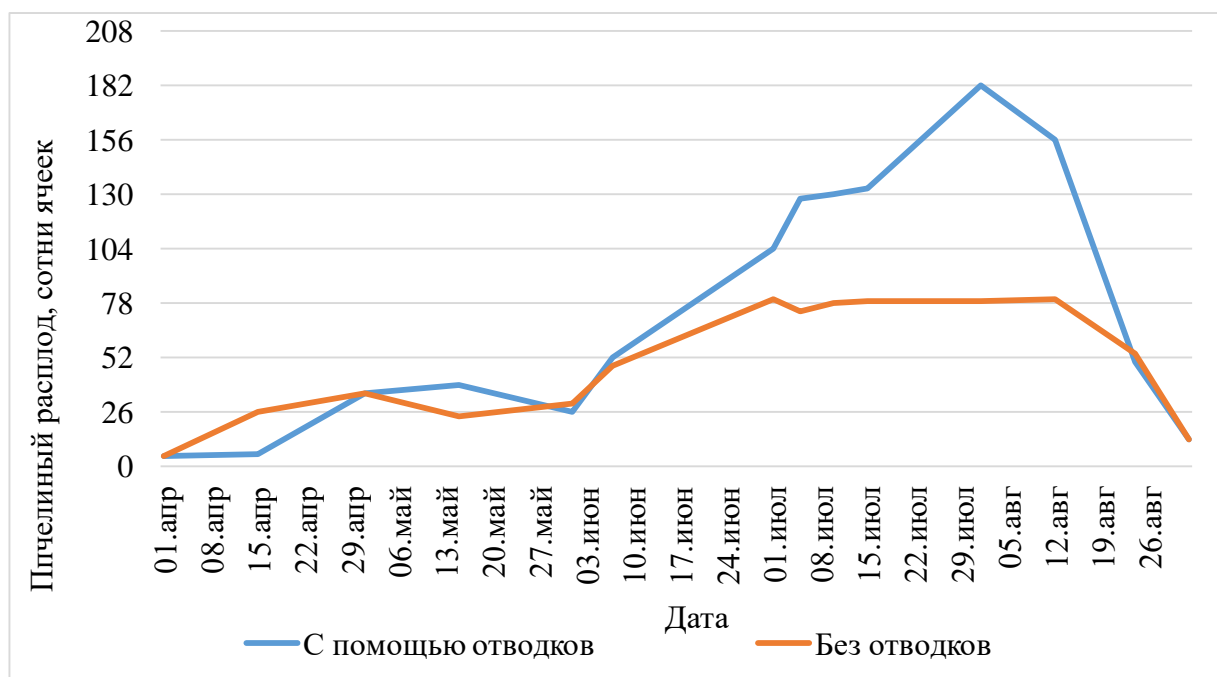


Рисунок 1.1 – Графики эффективности увеличения расплода в семьях с помощью отводков и без [52]

Матки должны соответствовать нормативам разработанными научно-исследовательским институтом пчеловодства Российской академии сельскохозяйственных наук (табл. 1.2) [24, 52].

Таблица 1.2 – Биологические признаки и нормы пчелиной матки [24]

Наименование породы, типа	Биологические признаки и нормы				
	Окраска тела	Масса матки, мг, не менее		Ширина третьего тергита, мм, не менее	Число яйцевых трубочек в яичниках, шт., не менее
		Неплодная	Плодная		
Среднерусская	темно-серая	195	220	5,7	310
Приокский	темно-серая	190	215	5,7	316
Орловский	темно-серая	200	220	6,0	320
Татарский	темно-серая	200	220	5,8	320
Бурзьянская бортевая	темно-серая	200	220	5,9	320
Башкирская	темно-серая	197	220	5,8	320
Карпатская	серая	185	210	5,6	290
Майкопский	серая с желтизной	190	215	5,7	310
Краинская	серая	185	215	5,6	310
Серая горная кавказская	серая	180	205	5,5	280
Краснополянский	серая	185	210	5,6	300
Дальневосточный•	серая	180	205	5,5	280
• Породный тип, сформировавшийся в результате массовой селекции.					

Наряду с усилением семей посредством отводков, широко используют объединение нескольких семей в одну. В этом случае при благоприятных условиях медосбора с таких медоносов как подсолнечник, кориандр, белая акация, удается получить на 40-50% больше выхода товарного меда в пересчете на одну пчелиную семью [54]. Так, на передовой пасеке при ООО "ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ПЧЕЛОВОДСТВУ "КРАСНОДАРСКОЕ"

производят объединение семей весной к медосбору с белой акации.

В то же время, должное внимание при эффективном пчеловодении отводится расширению пчелиного гнезда. На крупных пасеках рекомендуется применять разовое расширение пчелиного гнезда. Он обусловлен стремлением пчел активно осваивать и занимать соты, расположенные ближе к летку. Выполняют расширение при достаточном количестве пчел в пчелиной семье (не менее 10 улочек) и активном взятке сдвигая все соты гнезда к противоположной стороне от летка, а на их место располагают рамки с сотами и вощиной. Расширенное гнездо побуждает быстрее осваивать новые соты, а их нахождение в месте поступления свежего воздуха располагает к червлению в них расплода (рис. 1.2) [111, 141].

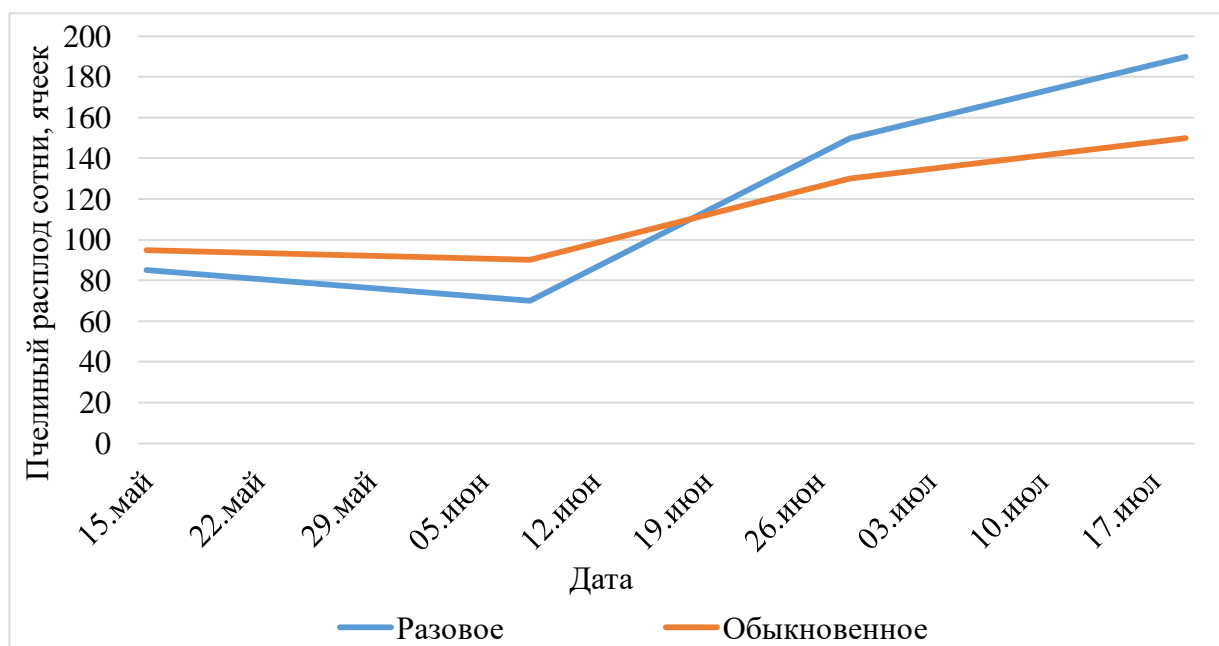


Рисунок 1.2 – Графики зависимости количества расплода от способа расширения гнезда [3]

Значительное влияние на плодотворное развитие семей оказывают ветеринарно-санитарные правила содержания пчел, утвержденные министерством сельского хозяйства Российской Федерации от 21 сентября 2021 г [38]. Располагать пасеку следует на сухих и маловетренных территориях вдали от шоссе и железных дорог, не ближе 5 км от химических и

кондитерских предприятий. Территорию огораживают забором и обсаживают медоносами. Как правило, нарушение условий содержания, разведения и кормления приводит к возникновению незаразных (по этиологии) форм болезней пчелиной семьи. При несоблюдении правил кормления наблюдается дистрофия и токсикозы. Выделяют: нектарный, пыльцевой, падевый, солевой и химический токсикозы. После определения диагноза инфицированных пчел лечат [16]. В литературе можно встретить различные классификации болезней пчел.

Наиболее научно обоснованной, на наш взгляд, является классификация болезней по происхождению (рис. 1.3) [50, 126].



Рисунок 1.3 – Классификация заболеваний пчел [48, 50, 72]

Серьезную опасность представляют заразные болезни и возникают в результате проникновения в организм возбудителя от инфицированных особей. По виду возбудителя различают инфекционные и инвазионные болезни [26, 72].

Патогенами инфекционных заболеваний пчел являются: вирусы, бактерии, грибы. Болезни, вызванные бактериями – бактериозы. Наиболее опасным в данной категории именуемый «чума пчел» является Американский гнилец (лат. — *Histolysis infectiosa pernicioso larva apium*) –заболевание печатного расплода, вызванное грамположительной палочкой *Paenibacillus larvae* (рис. 1.4) [36].



Рисунок 1.4 – Внешний вид пораженного *P. larvae* расплода [4].

По данным лабораторных исследований, представленным ученым Кубанского ГАУ Шевченко А. А., средний показатель зараженности гнильцами по Краснодарскому краю составляет 3,5-4,4% [135].

Болезнь проявляется в основном летом. Является сложно поддающейся лечению и включена в число особо опасных болезней животных, по которым действуют ограничительные мероприятия (карантин), согласно Приказа Минсельхоза от 19.12.2011г [37].

Впервые заболевание исследовал и описал русский исследователь Прокопович П. И. в публичной статье «О гнильце пчёл» в 1827 году. Р. Преуссом в 1868 году было доказано, что гнилец – это заразная болезнь и

передается через соты и корм. Он впервые обнаружил бактериальную природу гнильцов. В 1904 г. исследователем Г. Ф. Уайтом было сделано полное описание двух форм возбудителя: злокачественного *Bacilla larvae*, которого он назвал американским; возбудитель доброкачественного *Streptococcus pluton* получил название – европейский гнилец [53].

Споры бациллы устойчивы к физическим и химическим воздействиям, в воде погибают через 3 ч при температуре 90 °С, а при 95 °С – через час. При кипячении личинок в воде в течение 1 мин гибнет 80 % спор, за 5 мин – 99 %, а в течение 14 мин возбудитель полностью погибает. Сухие свободные споры солнечный свет убивает за 41 ч. В сухой почве споры сохраняются до 2 лет, на сотах и ульях – 15 лет, в сухих трупах личинок – до 30 лет. В лабораторных условиях даже после 75–89 лет хранения споры *Paenibacillus larvae* сохраняют вирулентность [26, 36].

Возбудитель распространяется с кормом при кормлении личинки пчелами-кормилицами. В первую очередь заражению подвержены личинки, ослабленные тепловым стрессом. Болезнь имеет статус карантинного и находится в группе В и подлежит обязательной регистрации [110]. Экономический ущерб невероятно высок, а эффективность развития пчелиной семьи снижается на 30-80%. Отсутствие мер по предотвращению распространения заболевания ведет к нерентабельности инфицированной пасеки и дальнейшему распространению за ее пределы [36, 129].

Наряду с гнильцовыми патогенами широкое распространение на территории России среди бактериозов взрослых пчел получил Гафниоз (паратиф). Проявляется воспалением в области тонкого кишечника и бактериальной инфекцией, поражающей лимфоток, вызванной бактерией гафния алвей (*Hafnia alvei*) [26, 110].

Заболевание впервые было описано датским ученым Баром в 1919 году [105]. Возбудителем болезни считается граммотрицательная, палочковидная подвижная бактерия рода *Hafnia alvei*, которой не свойственно образовывать споры. Достаточно устойчива к изменению внешних физико-химических

параметров окружающей среды, в частности к отрицательной температуре. На пчелоинвентаре и в грунте сохраняет свою жизнедеятельность до 270, в меде 70-90, в перге до 300 дней. При пастеризации меда при температуре 60 градусов Цельсия в течение 30 мин, а при кипячении уже через 1-2 мин активность возбудителя не наблюдается полностью [26, 36]. Больные пчелиные семьи, животные, загрязненные продуктами жизнедеятельности организма человека и животных водоемы, очистительные сооружения, животноводческие предприятия, осемененные возбудителем, являются основным источником распространения инфекции [10]. Паратифу подвержены все породы пчел, а также осы, которые активно участвуют в распространении болезни. При заражении с кормом и водой попадая в пищеварительную систему насекомого при пониженной бактериальной устойчивости происходит быстрый рост возбудителя, что вызывает интоксикацию. Возникает нарушение процессов пищеварения, как следствие - семья плохо развивается и отстраивает соты, при этом медосбор не используют. Пчелы выглядят малоподвижными и слабыми, теряют способность к полету и погибают. А в случае попадания возбудителя в гемолимфу отмечается септицемия, предшествующая гибели пчел преимущественно в конце зимнего периода и весной [26, 91, 120].

В случае возникновения заражения пчел одним из видов бактерий, которые вызывают паратиф у животных, товарные продукты, произведенные на зараженной пасеке, будут представлять серьезную опасность для здоровья человека. Употребление в пищу инфицированных продуктов человеком вызывает острое пищевое отравление [47, 83, 91].

Особое значение в анализе эпидемиологического состояния пасеки уделяется контролю заразных заболеваний, вызванных грибковыми возбудителями. Грибы устойчивы к различным условиям окружающей среды, что позволяет им успешно вытеснять другие организмы с субстрата обитания. Среди всего многочисленного разнообразия патогенных грибов наиболее распространённым является грибок рода *Ascosphaera*, который является

возбудителем аскофероза пчел (*Ascospaerosis larvae apium*, известковый расплод) [136].

Возбудитель микоза впервые был обнаружен и выведен изучен в Германии П. Клауссенем в 1912 году [158]. Споры микоза весьма долго сохраняют жизнеспособность во внешних условиях пасеки от 3 до 35 лет, а именно на стенках улья, сотах, оборудовании и инвентаре – более 15 лет; в перге и меду более 4 лет. Оптимальными условиями для роста, развития и размножения спор являются: относительная влажность выше 92,5%, рН среды 5,0 – 7,8, температура в пределах 31 – 35 °С [5, 33, 123].

К провоцирующим факторам возникновения болезни относятся: содержание пчел в условиях повышенной влажности; нарушение правил реализации воска с неблагополучных пасек; заплесневелая перга; интенсивное использование органических кислот, в частности для борьбы с клещом варроа; содержание слабых пчелиных семей [122].

В ходе анализа результатов обследования пасек начиная с 1981 года от Урала, до Восточной Сибири было зарегистрировано широкое распространение аскофероза (рис. 1.5). Также на пасеках Московской области регулярно подтверждаются масштабные заражения приведенным выше возбудителем [68].



Рисунок 1.5 – Вид погибших личинок пчел на соте [6]

Поражая в основном трутневый расплод и 3 – 4-дневные личинки рабочих пчел инфекция вызывает заметное ослабление пчелиных семей,

снижению продуктивности и гибели особей до 45% [114].

По результатам исследования проб пчел и меда разных регионов РФ методом ПЦР Краснодарский край входит в число неблагополучных к распространению *Ascosphaera apis* наряду с Ростовской областью [73].

Зараженные семьи не в состоянии полноценно обеспечить себя кормом и погибают. А экономический ущерб достаточно высок, так как при выявлении данного заболевания запрещается вывозить пчелиные семьи, маток и продукты пчеловодства [26, 36].

По данным исследований Казанского (Приволжского) федерального университета наряду с аскосферозом широкое распространение на территории Краснодарского края и Ростовской области получил аспергиллез [73].

Аспергиллез (*aspergillosis*, каменный расплод) впервые был обнаружена в США Ховардом (1894—1896гг.) В России, аспергиллез поражающий расплод и взрослых пчел, особенно в северной части страны, определил И. Л. Сербинов в 1910г [10]. Заболевание, поражающее открытый расплод, реже взрослых пчел, приводит к их гибели и высыханию. Возбудителем являются грибы рода *Aspergillus* [26].

Споры возбудителя аспергиллеза повсеместно распространены в природе. Встречается в почве, гниющих корнеплодах, нектаре и пыльце цветов, семенах, кормах и пр. [67].

Заражение чаще происходит при заносе спор грибов насекомыми вместе с нектаром и пыльцой, а быстрому прорастанию способствует рыхлое состояние свежей принесенной пыльцы. При кормлении или через повреждения наружных покровов, мицелий попадая в организм, прорастает сквозь тело личинки и разрушительно воздействует вырабатываемыми токсинами на ткани расплода и взрослых особей [43].

Развитию болезни способствует малочисленность особей пчелиной семьи, высокая влажность и несвоевременное расширение пчелиного гнезда.

Пик активности заболевания приходится на весну и осень, в затяжные периоды ненастной погоды, при содержании особей пчёл в малочисленном

составе во влажных, затененных, плохо вентилируемых ульях с нарушением баланса между занимаемым объемом и силой семьи [16].

Симптоматическое течение болезни характеризуется клинической картиной, при которой расплод покрывается плесневым налетом прорастающего мицелия, расплод стягивается, твердеет, тело деформируется, в сухом и окаменелом виде легко вываливается из ячейки. У взрослых пчел вначале наблюдается повышенная возбужденность и двигательная активность, затем проявляется физическая слабость, а брюшко твердеет. Заражению подвержен и человек. Поэтому на зараженных аспергиллезом пасеках необходимо соблюдать соответствующие меры по защите кожных покровов и органов дыхания, дезинфицировать спецодежду и инвентарь. Использовать для употребления в пищу людям и кормления пчел продукты пчеловодства от больных пчел нельзя [43].

В целях поддержания эффективного развития пчелосемей в период медосбора и его подготовки должно уделяться внимание контролю и определению вирусных заболеваний. Вирозы пчел часто протекают бессимптомно, а присутствие их постоянно, что вызывает сложности своевременного диагностирования и как следствие, приводит к значительному ущербу [26, 48].

В настоящий момент у современных медоносных пчел *Apis mellifera* обнаружено 20 видов вирусов [42]. По результатам исследования образцов, поступивших в ВНИИ экспериментальной ветеринарии, наиболее частой причиной гибели расплода на пасеках и крупных пчеловодческих предприятиях многих регионов России, в том числе Краснодарского края и республики Адыгея, является вирус мешотчатого расплода (*Sacculisatio contagiosa larvae*). К первому упоминанию заболевания можно отнести работу Лангстрота в 1856г., который описал его под названием «сухой гнилец». На территории нашей страны, вирус мешотчатого расплода обнаружен в 1917 г. К. А. Горбачевым [7].

Заболевание регистрируется повсеместно на всех континентах [7].

Местные пчелы более устойчивы по сравнению с завозными. В естественных и экспериментальных условиях заражаются личинки рабочих пчел, маток и трутней всех возрастов независимо от породы. Однако наиболее восприимчивы к заражению личинки 2-3-дневного возраста, которые обычно погибают на 5-7-й день (рис. 1.6) [18, 26].



Рисунок 1.6 [18] – Вид здоровой личинки (а); предкуколка с пигментированными глазами, пораженная вирусом (б)

Установлено, что 6% личинок может погибать без характерных видимых причин заражения. Заболевание наносит значительный ущерб пчеловодству, так как больные семьи без оказания помощи не дают товарного меда, не обеспечивают себя кормом, хозяйства лишаются возможности продавать маток и пакеты пчел [7].

Часто симптоматика заболеваний пчел, вызванных вирозами одинакова и обнаруживается, когда заболевание приводит к гибели. Некоторые из которых связывают с другими заболеваниями пчел, приводящие к гибели не только вирусными возбудителями [26, 65].

Вирус деформации крыла (*deformed wing virus* — *DWV*) в полной степени отражает сложность своевременного выявления инфекционного агента. Это обусловлено отсутствием явных признаков заболевания [19].

Впервые вирус *DWV* был обнаружен в Японии и выведен из образцов

погибших особей пчел, в 1983 году. В нашей стране лишь в 1985 году вирус был выделен из погибших пчел пасеки, зараженных клещом варроа. Однако подтверждений совпадения штаммов не было, что вызывало неточности в классификации определения болезни, которую ошибочно стали называть египтовирозом. Позднее в 1988 году, в Англии, все же появилось сообщение о подтверждении доктором Б. Боллом совпадения выделенных штаммов с изолятом выделенного в Японии. В последствии болезнь стала именоваться по вызванному вирусу [124].

В 1984 году английскими учеными было доказано, что все уродства крыльев пчел связаны с вирусом DWV (рис. 1.7) [124, 134].



Рисунок 1.7 – Внешний вид укороченного брюшка и деформированных крыльев погибшей куколки пчелы, пораженной вирусом деформации крыла (*deformed wing virus* — DWV) [12]

Распространенность вируса в европейских странах подтверждают исследования групп ученых-вирусологов. Вирус деформации крыла (ВДК, DWV) — один из самых распространенных вирусов пчелы медоносной *Apis mellifera*. В Австрии, Франции, Дании выявлен соответственно на 91, 97 и 57 % пасек; в Чехии 31 % отобранных пчел заражены вирусом деформации крыла. Превалирование ВДК отмечено в большинстве обследованных регионов России. В частности, преобладание болезни отмечали на пасеках Майкопского района Республики Адыгея [19].

Среди инвазионных (паразитарных) болезней медоносных пчел вызванными возбудителями различной природы: простейшими, гельминтами и насекомыми. Особая роль отводится клещу рода варроа (*varroa*) (рис. 1.8). Об этом свидетельствуют многочисленные исследования ученых всего мира со времен первого обнаружения клеща энтомологом Якобсоном на острове Ява в 1909 году. Который отнес вредителя к виду Якобсони. И вплоть до 2000 года считалось, что клещ представлен в единственном виде. Однако, после генетических исследований учеными Андерсоном и Труманом разных образцов материалов варроа, был выделен еще один вид клеща варроа, названным деструктором. Это изменило предыдущие представления о географии распространения и обитания клеща. На сегодня считается, что на пасеках нашей страны доминирует варроа деструктор. Паразитируют на медоносной пчеле, переносит и активизирует вирусы и патогенные бактерии, вызывает болезни пчёл. В то время как ареалом обитания клеща варроа Якобсони - Азия, а паразитирует на восковой китайской пчеле. Но в 2008 году он был обнаружен на медоносной пчеле в Папуа – Новой Гвинее. Это показывает, что *V. Якобсони* тоже может распространиться на нашу медоносную пчелу. Однако масштабы этого паразитирования оценить сложно из-за недостатка исследований [46, 168].

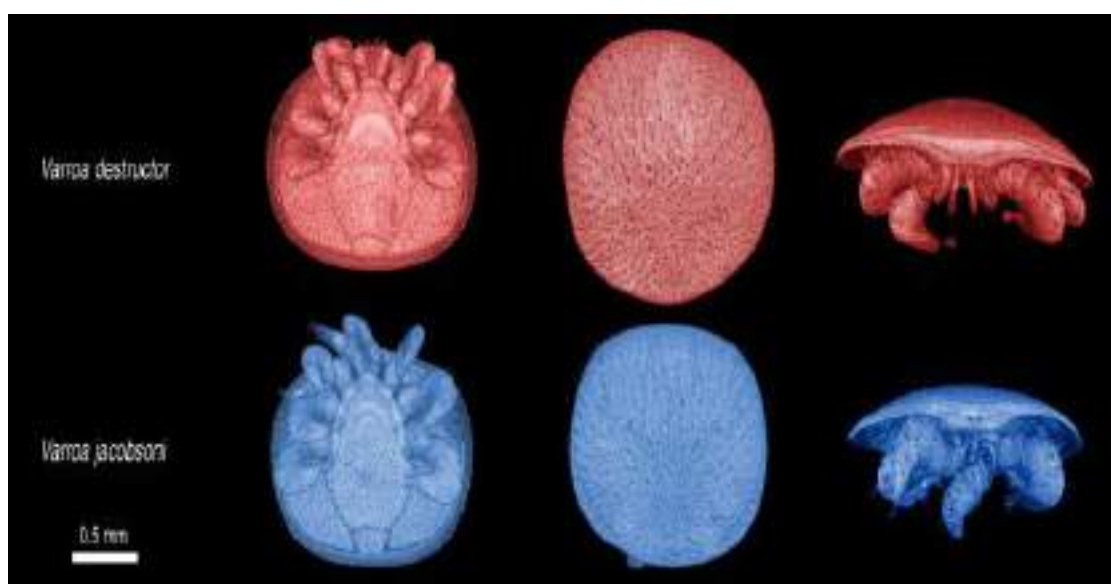


Рисунок 1.8 – Внешний вид клеща рода варроа (*varroa*) [168]

Цикл развития и биология клеща тесно связаны с циклом развития пчелиной семьи (рис. 1.9). Это обуславливает благоприятную среду для развития и активного распространения паразита. Как известно [55, 39], клещи появляются на 3–4 год содержания *Apis cerana cerana*. Клинические изменения в пчелиной семье становятся заметными при поражении клещом от 20 до 30% семьи [45].



Рисунок 1.9 – Вид цикла развития клеща варроа (*varroa*) [49]

Для своего развития самки предпочитают трутневый расплод пораженность которого, может быть, до 14.3 раза выше, чем расплода пчел, где обнаруживается до 12 экземпляров клещей. А наибольшая пораженность расплода приходится на весну и осень. В это время поражение куколок может достигать 80% [27]. Летние генерации клещей весьма устойчивы к температурным и влажностным характеристикам окружающей среды. Они способны выживать при температуре 28 С и влажности 85% до 9 суток, на трупах пчел и куколках – 11 суток, в воско-перговой крошке - 9 суток, а при минусовой температуре (10-30С) – 48-72 часа [45, 71].

Клещ варроа хорошо адаптировался к медоносной пчеле всех пород и вызывает тяжело протекающее, карантинное, инвазионное заболевание варроатоз, которое считается самым значимым среди всех видов заболеваний медоносной пчелы нашей страны. В настоящее время ущерб, наносимый этой болезнью, представляет одну из актуальных проблем пчеловодства. Варроатоз

отнесен Международным эпизоотическим бюро в список "Б" карантинных болезней пчел, наряду с американским гнильцом и акарапидозом [29].

Источником заражения считаются больные семьи, а заражение происходит при покупке и продаже маток и пчелосемей, кочевке, с роями; блуждающими пчелами, трутнями, пчелином воровстве; при механическом переносе клеща с сотами, инвентарем и оборудованием. Пораженность клещом определяют из расчета на 100 пчел, %: слабая – менее 2, средняя – до 4, сильная – более 4 [147].

Личинки клещей и взрослые самки, прокалывающие хитиновое покрытие, питаются гемолимфой (рис. 1.10). Интенсивно питаясь, клещи быстро размножаются в расплоде, в то время как масса куколок пчелы значительно снижается. У личинок пчел в результате многократной травматизации появляются незаживающие раны и создаются благоприятные условия для проникновения в организм патогенной микрофлоры, включая вирусы – в случае «спящего» заболевания. Наряду с этим клещи являются переносчиками, выступая в роли «проводника» основных болезней пчел [169].



Рисунок 1.10 – Внешний вид клеща варроа (varroa), проколовшего хитиновое покрытие медоносной пчелы [169]

Имеются подтвержденные данные о массовой гибели пчел, подверженных заболеваниям вируса деформации крыла и острого паралича, агенты которых, были занесены и переданы клещом [8, 160]. В гемолимфе

пчел, неустойчивых насекомых, РНК вируса в 20 раз выше, чем у устойчивых [159]. О роле клеща *varroa* в трансмиссии вируса мешотчатого расплода сообщается в многочисленных публикациях о выявлении вируса у летных пчел с высокой заклещеванностью [8,149], а также в организме самих клещей [151, 166, 169].

Предполагается, что варроатоз способствует распространению грибковых заболеваний, которые проявляются гораздо чаще при инвазиях клеща, и их течение характеризуется, как более тяжелое. Вместе с тем в Краснодарском крае, наряду с Татарстаном и Томской областью, отмечается расширение ареала распространения микозов за последние несколько лет, что связано, вероятно, с нарушением равновесия нормальной микрофлоры в пчелиной семье, вызванной бесконтрольным применением антибиотиков и других химических препаратов к которым успешно адаптируется клещ [22].

Более детальные работы были проведены по взаимодействию варроа с бактериями. При питании клещей на пленке они воспринимали патогенную для пчел *Spiroplasma melliferum*. Извитые формы типа спироплазм установлены на поверхности тела клещей, взятых их ульев, а в их кишечнике и мальпигиевых сосудах обнаружены палочковидные бактерии [157]. Изучение кишечника самок показало различную степень выделения микроорганизмов из образцов от 30% [104] до 90% при концентрации от 10 до 120 колоний-образующих единиц/клещ; микробов реже выделяют у самок из расплода, чем у клещей, снятых с взрослых пчел; с марта по апрель количество стерильных варроа в расплоде снижается с 50 до 12,5%, но возрастает с 12,5% до 25% у паразитов взрослых пчел. Видовой состав микроорганизмов в кишечнике клеща не постоянен, представлен банальной микрофлорой и некоторыми патогенными для пчел видами. Эти результаты подтверждают исследования хозяев при паразитировании на них клеща варроа [59, 131].

Чаще и в большем количестве в клеще устанавливают различных представителей *Enterobacteriaceae*, особенно у паразитов, снятых со взрослых пчел [59, 104, 131]. Выделенные из клеща *Hafnia alvei*, бактерия которого

активизирует паратиф, вызывают гибель пчел при скармливании и инокуляции в гемоцель, что предполагало возможное участие варроа в переносе микроорганизма [59, 113]. Отмечено увеличение случаев гибели самих пчел от гафниоза в зоне Дальнего Востока с появлением на этой территории клеща варроа [113, 112], в последующем аналогичные случаи стали регистрироваться в Молдавии, Германии, Финляндии [28].

Из представителей семейства *Bacillaceae* наибольший интерес представляет влияние клеща на возбудителей опасного карантинного заболевания – американского гнильца, *Paenibacillus larvae var. larvae*. Споры этого микроорганизма установлены сканирующей электронной микроскопией на дорсальном щитке самок варроа из неблагополучного по этому заболеванию нуклеуса. Видовая их принадлежность подтверждена последующим культивированием и изучением свойств возбудителя [141]. Вместе с тем варроа не участвует в переносе патогена непосредственно хозяину, хотя может загрязнять спорами внутреннее содержимое улья. Заражение спорами бацилл происходит только у личинок пчел в возрасте до 24-28 часов. Отсутствие связи самок варроа с американским гнильцом отмечено рядом авторов [141]. Возникновение заболевания после переноса клещей из больной семьи [106, 119] не исключает других путей заражения. Увеличение случаев этой болезни при поражении семей пчел клещом более 4%, прогрессирование признаков и летальность исхода от гнильца на фоне варрооза [118], очевидно, связано с ослаблением, голоданием личинок из-за вызванных этим паразитом изменений у пчел-кормилиц. Такие личинки требуют меньшую дозу спор для заражения [150, 153].

Исследования ученых Всероссийского научно-исследовательский института ветеринарной энтомологии и арахнологии, результаты которых представлены в таблице 1.3 непосредственно подтверждают массовое распространение клеща варроа на территории РФ и значимость незамедлительного реагирования [35].

Исходя из полученных данных, обнаруживается присутствие клеща

варроа на особях всех исследованных пасек. Это несомненно вызывает научный интерес к решению проблем, связанных с его уничтожением или сокращением его популяции.

Таблица № 1.3 - Результаты обследования пасек [35]

Наименование региона	Количество обследованных пасек	Количество неблагополучных пасек по варроатозу
Ленинградская обл.	1	Не исследовано
Омская обл.	2	2
Челябинская обл.	1	1
Тюменская обл.	28	28
Республика Крым	4	4
Всего	36	35 (100.0%)

1.2 Классические методы борьбы с клещом варроа

В настоящее время для борьбы с клещом варроа разработан комплекс достаточно эффективных зоотехнических и физических мероприятий, а также химиотерапевтических средств и биологических методов. Правильное и своевременное применение этих методов позволяет резко снижать степень заклещеванности пчелиных семей, не допускать их гибели и получать высокие медосборы. Варроатоз коварен тем, что одновременно поражает расплод и взрослых пчел, резко ослабляет пчелиные семьи и способствует проявлению и рецидивам других болезней. Пораженные варроатозом семьи пчел плохо развиваются, снижают медосборы и без принятия соответствующих мер обычно погибают. На рисунке 1.11 представлена классификация способов борьбы с клещом варроа. Самым простым способом является применение карантинных мероприятий: дезакаризация ульев, инвентаря, запрет на перемещение пчел. Однако данный способ лучше применять в комплексе с

другими мероприятиями, например, химическими или с использованием термокамер. Возможно появление и других методов борьбы с этим опасным заболеванием пчел.

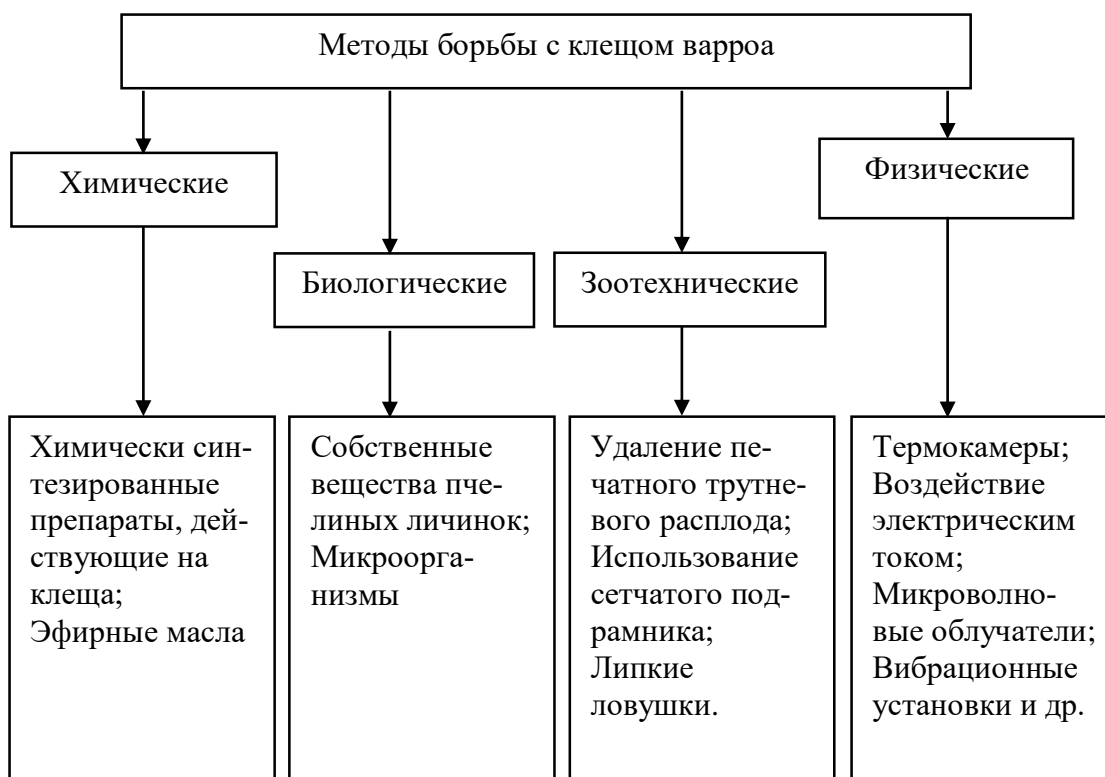


Рисунок 1.11 - Методы борьбы с клещом варроа [40]

Наиболее широко используемыми при борьбе с варроатозом пчёл являются химически синтезированные препараты, относящиеся к группе пиретроидов, форманинов и кислот. Самыми популярными и опасными являются препараты основу которых, составляет амитраз и флувалинат [40]. Несомненно, результативность действия данных препаратов имеет высокий показатель. Однако, в научной литературе всё чаще появляются сообщения о возникновении популяций клеща варроа, резистентных, в частности, к пиретроидам. Всё вышперечисленное говорит о необходимости изучения резистентности популяций этого клеща с целью подбора оптимальной схемы лечения варроатоза пчёл, а также совершенствования химического метода борьбы с клещом варроа для предупреждения развития его устойчивости к акарицидам [108]. Так, в исследовании Ляшенко А. Н. «Бипин-Т»

действующим веществом которого является амитраз на момент анализа имел эффективность $92,4 \pm 1,5\%$, против 98% ранее [66].

Более того, флувалинат способен долгое время сохраняться в воске. В исследовании Баньковского приводится таблица распада, где флувалинат сохраняется более 110 дней в воске и в следовом количестве в меде. След амитраза пропадает за 15 суток, а в воске за тоже время остаются следы [115].

Кроме того, препараты не безвредны для пчел, и их накопление в воске может привести к снижению иммунитета пчелиной семьи. Эти вещества надо применять с осторожностью и только в крайнем случае (говорилось в докладе американских ученых, на который ссылается сайт «Мир пчеловодства» "Американские ученые о токсичности флувалината для пчел" от 24.10.12) [3]. Однако необходимо отметить, что большинство пчеловодов применяет указанные препараты посредством опрыскивания, проливания. Это ведет к накоплению остатков препаратов в сотах, попаданию их в кормовую цепочку, что вызывает появление недоразвитых и короткоживущих пчел, снижение иммунитета у всех особей пчелиной семьи. В результате двухгодичного использования вышеуказанных химических препаратов семьи ослабевают, снижается их продуктивность (на 20–80 %), а при трехгодичном лечении семьи не доживают до весны [90].

В 2014 году в №6 журнала Пчеловодство вышла статья "Действие флувалината и амитраза на семью пчел" [41]. Приводились результаты эксперимента по обработке пчелиных семей дозой этих препаратов, увеличенной в 1,5 раза. Исходя из выводов, однозначно определялась нецелесообразность увеличение дозы препаратов. Это в очередной раз подтверждает более точный подход при обработки пчелиных семей химическими препаратами, что не всегда отражает реалии любительского пчеловодения.

Значительный вред человеку наносят продукты полураспада амитраза, основной из которых – ксилен. У человека в остром периоде отравления вызывает угнетение ЦНС с атаксией, нарушение координации движений,

ступор и кому. К сожалению, практика испытания меда на соответствие ГОСТу не предусматривает его проверку на наличие этих препаратов. Также не найдено нормативов по содержанию в меде этих препаратов [32, 89].

Все большее внимание исследователей привлекают химические вещества природного происхождения (карбоновые кислоты, эфирные масла и их компоненты), которые при определенных способах применения не токсичны для пчёл и не приводят к накоплению остаточных количеств в мёде и продуктах пчеловодства.

Одним из самых эффективных средств борьбы с клещом считается муравьиная кислота. Пары кислоты в определенной концентрации вызывают гибель клещей, но, что важно, не наносят вреда пчелам [148, 163].

Кроме того, данная кислота обладает бактерицидными и фунгицидными свойствами, что позволяет еще излечить пчел от различных заболеваний, например, аскосфероза и др.

В настоящее время выпускается препарат «Муравьиная кислота», содержащий в качестве действующего вещества муравьиную кислоту (85%) и гелеобразователь. По внешнему виду препарат представляет собой бесцветный полупрозрачный гель. Установлено, что муравьиная кислота в сочетании со щавелевой кислотой может использоваться для повышения эффективности акарицида против *V. destructor* у *A. Mellifera* [163].

Отмечено [155, 170], что с различными заболеваниями в пчелиных ульях эффективно удастся бороться с помощью эфирного масла. Примерами компонентов эфирных масел, которые могут использоваться для борьбы с клещом, являются монотерпены (ментол, гараниол, тимол, мирцен, цитраль, лимонен, карен, камфора, эвгенол), природные масла (лимонное масло, эвкалиптовое масло). Наиболее предпочтительными являются монотерпены, в частности, тимол.

Например, в патенте М. Уоткинса представлена разработка гелеобразного состава с замедленным выделением активных веществ [92]. Состав содержит эфирное масло и загуститель, не оказывающий на пчел

негативного влияния. В качестве компонентов-загустителей, способствующих замедлению высвобождения действующего вещества, применяют полимеры акриловой кислоты (карбоксополиметилены, карбоксивинилполимеры, или карбомеры), карбоксиметилцеллюлозы, ацетаты поливиниловых спиртов, длинноцепные соли аммония, гидрофильные полисахариды, производные целлюлозы.

Однако данными препаратами не рекомендуется обрабатывать семьи пчел силой менее 5 улочек, а также дополнительные сложности заключаются в том, что работать с препаратом можно только в резиновых перчатках и в средствах защиты органов дыхания. Также установлено, что применение акарицидов снижает резистентность пчел и способствует появлению и распространению аскосфероза, гнильцов и других вирусных инфекций. По сообщению А. Белоногова и других [9], вспышка аскосфероза пчел на одной из пасек по времени совпала с началом массового применения эффективных акарицидов. Необходимо отметить, что независимо от способа, который был выбран для лечения варроатоза, предпочтительное время обработки популяции пчел – до или после основного сбора меда [92].

В настоящее время [171] для лечения варроатоза используется более ста естественных и промышленно изготовленных препаратов. Однако они либо малоэффективны, либо крайне трудоемки. Кроме того, ни один химический препарат не обеспечивает полной гибели клещей, и наличие выживающих особей способствует появлению устойчивости к данному препарату, и предполагает использование более сильных акарицидов, не всегда нейтральных по отношению к пчелам [25].

Значимым является и тот факт, что пчелы могут вырабатывать резистентность к клещам *Varroa* благодаря естественному отбору. Ключевым фактором естественного выживания пчелиных колоний, по-видимому, является снижение репродуктивного успеха *Varroa* [25]. Во многих колониях, где развилась резистентность к паразиту, важно гигиеническое поведение пчел и уход за потомством.

Учитывая биологические особенности клеща и невозможность излечения пчел известными способами, в середине 80-х гг. начаты поиски новых экологических методов борьбы с варроатозом. В основном они направлены на выявление и закрепление генетических механизмов резистентности медоносных пчел к варроатозу. Предполагается получение линий пчел *Apis mellifera*, которые обладали бы гигиеническим поведением как пчелы *A. cerana* - очистка тела от клещи и уничтожение пораженного расплода [167]. Поскольку развитие и размножение клеща происходит на стадии куколки, другим направлением селекции пчел является получение пчел с укороченной куколочной стадией [152].

Недавно проведенными исследованиями [156] продемонстрировано, что взрослые пчелы и расплод разных семей обладают различной привлекательностью для клещей, т. е. возможен целенаправленный отбор и разведение пчел, не привлекательных для клещей. Также была выявлена устойчивость медоносных пчел к варроатозу, связанное с нарушением репродукции клещей на некоторых видах расплода [154]. В результате проведенных исследований отмечалось, что избыток или недостаток ювенильного гормона препятствует откладке яиц самками клеща. Наблюдалась также повышенная гибель клещей в пораженных расплодом пчелосемьях, больные личинки которых имеют высокое содержание ювенильного гормона [30].

Пчеловоды из США, Канады и Европы в качестве биологической защиты используют хищного клеща *Stratiolaelaps scimitus* для борьбы с клещами *Varroa* в пчелиных колониях. Эти хищные клещи питаются варроа, но могут иногда питаться яйцами пчел и атаковать их личинок, однако существенной угрозы для колонии они не представляют. Тем не менее эффективность *S. scimitus* в борьбе с *V. destructor* остается под сомнением и нуждается в изучении [165].

В борьбе с клещами медоносных пчел в пчелиных ульях также применяют ложноскорпионов, в частности книжного ложноскорпиона. [164].

Биологических методов (например, использование вирусов, бактерий и других патогенных организмов, атакующих клещей *Varroa* [162] очень много, но многие из них не подтверждены исследованиями и испытаниями, либо их проводилось очень мало.

Один из распространенных зоотехнических методов заключается в том, чтобы удалять клещей из запечатанных ячеек. Чаще клещи удаляются вместе с трутневым расплодом, что не влияет негативно на размер колонии или на производство меда. С расплодом рабочих пчел требуется другой подход. Матка должна отложить яйца в выбранные пчеловодом ячейки, затем извлекаются соты с расплодом, выборочно уничтожаются клещи при помощи тепла и обработанные соты возвращаются в улей. Следует признать, что это очень трудоемкая процедура, требующая много времени, сил и энергии, и рекомендуется не всегда [162].

Использование сетчатого подрамника позволяет снизить заклещенность пчелиных семей до 30%. Подрамник, или клещеуловитель, представляет собой металлический поддон с сетчатой крышкой. Устанавливается после весенней очистки ульев от подмора. Для исключения повторного заповзания клещей к пчелам дно поддона смазывают вазелином. Сетчатую крышку вдвигают в пазы поддона, что исключает проход в подрамник пчел. Через 7-10 суток очищают от естественно-осыпавшихся клещей, наносят новый слой вазелина на его дно и снова помещают в улей [116]. Многие современные типы ульев имеют в своей конструкции клещеуловители (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Вид донного сетчатого подрамника [128]

Липкие ловушки, заменяющие подрамники, представляют собой лист любого плотного материала (пергаментная бумага, пластик, и т. п.), смазанного тонким слоем жира (медицинский вазелин, ланолин и т. д.). Такой материал помещают на дно улья на 5-6 дней, а затем его заменяют новым. Клещи, попавшие в жирный слой, погибают через несколько часов.

Зоотехнические методы, несмотря на экологическую безопасность, в силу высоких показателей трудозатрат и малой эффективности, в сравнении с вышеперечисленными технологиями являются малораспространенными и не имеют на данный момент активного развития.

Среди физических способов термическое воздействие остается самым распространенным, основано на создании, прежде всего, температурных условий, не совместимых с жизнедеятельностью клеща. Было установлено, что клещ и пчелы имеют разную устойчивость к повышенной температуре (пчелы дольше выдерживают пребывание при повышенной температуре, что связано с разницей в массе клеща и пчелы).

Суть метода обработки пчелиных семей в термокамере (рис. 1.13) заключается в том, что пчел стряхивают с сотов в специальную сетчатую кассету и помещают на 15-20 минут в термокамеру, где поддерживается температура в пределах 42-46°C. Клещ при этом осыпается, а пчел после обработки возвращают в улей [69].



Рисунок 1.13 – Внешний вид термокамеры [127]

По данным Дунец Е. Н., накопленный опыт применения термообработки наметил целый ряд особенностей этого способа борьбы с клещом. Считается, что эффективность термообработки пчел вместе с маткой несколько снижается, поэтому рекомендуют матку отделять. Время термообработки составляет - 15-20 мин. не выдерживают пчелы с переполненным кишечником. Следовательно, не стоит проводить обработку в безоблетный период. Термообработку также плохо переносят голодные пчелы, поэтому перед стряхиванием их в кассету рекомендуют дать в леток несколько клубов дыма из дымаря, чтобы пчелы набрали мед в зобик. Кроме того, возбуждение пчел подкормкой приводит к активизации клеща, находящегося между брюшными кольцами, и он становится более уязвимым при термообработке [69].

Термообработку также плохо переносят трутни, что в период весеннего развития является недостатком. При пониженной температуре воздуха (до 10°C) надо выдержать пчел в кассете перед термообработкой 10-15 мин в помещении с температурой 18-25°C и столько же после обработки. Лучшее время для термообработки - осень, когда пчелы вышли из печатного расплода, и все клещи находятся на них [69, 78].

Опыление пчел мелкодисперсными веществами (рис. 14). Опыление проводят как непосредственно в улье, так и ссыпав пчел в кассету. Принцип метода основывается на том, что мелкие частицы порошков «загрязняют» присоски на лапках клеща варроа, который теряет возможность закрепляться на своей жертве. К тому же порошок забивает дыхальца клеща.



Рисунок 1.14 – Вид орошения пчел мелкодисперсным веществом [49]

Также существует предположение о том, что эти частицы ухудшают ориентацию клеща. После обработки семья возбуждается и начинает активную чистку в своем жилье. Клещ варроа при этом осыпается на дно, где снова попадает в пудру. Осыпавшегося клеща собирают и уничтожают. Для этого способа борьбы с варроатозом применяют сахарную пудру, порошок глюкозы, мел, тальк, ароматизированный крахмал, хвойную муку и др.

1.3 Современные электротехнологические методы борьбы с клещом варроа

Электротехнические методы стали появляться сравнительно недавно, но играют большую роль в поиске эффективных средств борьбы с паразитами пчел и открывают новые пути для исследований в этой области [62].

Учеными постоянно ведутся поиски способов и приемов лечения и профилактики варроатоза пчел. Большой вклад в развитие экологически безопасных способов борьбы с клещом-паразитом варроа внесли ученые КубГАУ [57, 63, 76, 77, 79, 85, 86, 87, 88, 94, 96, 102, 103, 139]. Учитывая современную тенденцию производства экологически безопасных продуктов питания, наиболее привлекательными остаются методы, в которых не используются вредные химические вещества [140]. К современным физическим методам борьбы с клещом варроа с использованием электротехнических средств относятся большое количество прогрессивных разработок: электромагнитное поле, облучения ультрафиолетом, воздействие электрическим током, электромеханические колебания и ультразвук.

Воздействие электромагнитного поля (ЭМП) на живые организмы достаточно изучено, широко известны, например, работы А. С. Пресмана Ю. А. Холодова, А. З. Смолянской, Н. Д. Девяткова и др., однако механизм нетеплового воздействия сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения еще слабо изучен. Неизвестно, например, почему одна и та же частота ЭМП действует на

клещей, но не действует на насекомых. Так, установлено что при облучении СВЧ ЭМП малых плотностей потока мощности (ППМ) в течение 5 секунд пчел, пораженных клещами *Varroa Jacoosoni*, с пчел осыпается от 80 до 100% клещей [109]. То есть поле определенной частоты не действует на пчел, но негативно воздействует на клещей.

В состав гемолимфы членистоногих входят аналоги лимфоцитов - амебоциты. СВЧ излучение свободно проникает сквозь хитиновый (или волосистой) покров. Для низких частот гемолимфа насекомых представляет собой проводящую среду, которая поглощает излучение, но для СВЧ гемолимфа (и кровь человека) ведет себя как диэлектрик, поэтому излучение свободно проходит через эту среду. В живых клетках отсутствуют молекулы, в спектре которых содержатся СВЧ-линии, единственным агентом, способным поглощать СВЧ ЭМП, являются макромолекулы ДНК. Спектр молекул ДНК складывается из крутильных колебаний ее спирали (что обнаружено группой М. Д. Франк-Каменецкого в конце 1960-х), изгибных и продольных колебаний. Изгибные колебания не могут возбуждаться внешним ЭМП так как участки молекулы нейтральны. Частота продольных колебаний лежит в мега-герцевом диапазоне, и только для крутильных колебаний ДНК собственными частотами являются частоты, лежащие в диапазоне СВЧ. Таким образом, поглощение СВЧ ЭМП происходит лишь в молекулах ДНК амебоцитов гемолимфы членистоногих. Как предполагается, воздействие на ДНК амебоцитов резонансной частотой и приводит к гибели паукообразных [109].

Полученные результаты свидетельствуют в пользу того, что при помощи нетеплового электромагнитного излучения СВЧ полем возможно не только осуществлять дезинфекцию зерновых, пищевых продуктов, но и подавлять рост численности членистоногих без применения инсектицидов [44].

Известен способ управляемого волнового воздействия на клеща варроа. П. П. Горяев в своих трудах «Волновой геном» и «Волновой генетический код» научно обосновал принципиальную важность эндогенных регуляторных электромагнитных (волновых) процессов в многоклеточном организме,

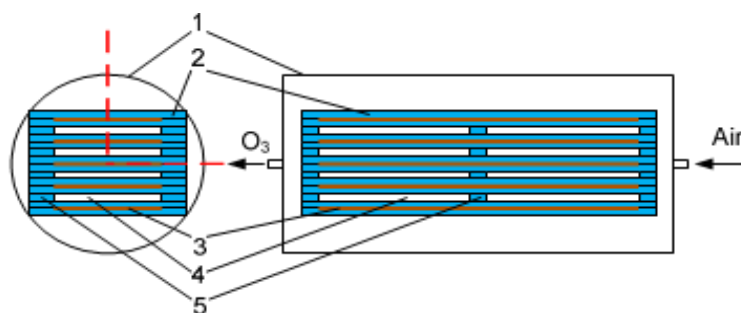
применяемых при воздействии на клеща [20].

Изобретение относится к пчеловодству и предназначено для управляемого волнового воздействия на паразитарного клеща варроа и его личинок в гнездовом пространстве улья. Способ воздействия заключается в изменении (повреждении) генома изолированного клеща варроа с помощью облучения рентгеном или ультрафиолетом, сканировании изолированных особей клеща-донора с измененным геномом оптическим волновым устройством для снятия с них спектральных характеристик, присущих данному биологическому организму, конвертировании оптического диапазона частот-деструкторов паразитарного клеща и его личинок в параметрически связанный радиоволновой спектр для блокирования развития личинок клеща варроа при облучении таким радиоволновым спектром в гнездовом пространстве улья здорового клеща и его личинок. Изобретение направлено на более эффективное уничтожение клеща варроа и его личинок в гнездовом пространстве улья.

Следует учитывать главный недостаток, который выражается в приспособляемости клеща в отдельно близко расположенных ульях одной пасеки, т.е. механизм уничтожения паразитарного клеща для разных пасек может отличаться в связи с их приспособляемостью в разных условиях, идентичных для пасек с накопившимися химическими обработками и внутренними изменениями в организме паразита, свойственными для одной пасеки. Отсюда следует, что волновую повреждающую информационную характеристику желательно использовать только для одной пасеки [95].

В Кубанском ГАУ давно ведутся исследования по использованию электротехнологического оборудования с применением экологически чистых методов борьбы с болезнями пчел. Широко используется озонирование (рис. 1.16 и рис. 1.17) с применением дополнительных устройств, повышающих эффективность установки, в частности и для лечения инвазионных заболеваний пчел. Так в работах Д. А. Овсянникова, С. А. Николаенко и Д. А. Нормова показана эффективность применения озона в

пчеловодстве для стимуляции весеннего развития пчел, а также для профилактики и лечения заболеваний [76, 77, 79, 80, 81]. В этих работах также указывается что пчелы переносят высокие концентрации озона без последствий. Это дает возможность создавать повышенные концентрации озона для лечения основных болезней пчел. В Кубанском ГАУ продолжают исследования в данном направлении.



1 – корпус; 2 - диэлектрические барьеры; 3 – электроды; 4 - разрядный промежуток;
5 – кусочки стекла

Рисунок 1.16 – Схема устройства электроозонатора пластинчатого типа показанная в [161]



Рисунок 1.17 – Фотография озонатора для обеззараживания пчелиных ульев, используемого в исследованиях С. А. Николаенко [161]

Разработанные авторами электроозонаторы представляют из себя корпус, в котором находится разрядное устройство пластинчатого типа. Оно состоит из воздушных (или ещё называемых разрядными) промежутков, формируемых с помощью последовательного расположения электродов, заключенных между диэлектрических барьеров.

Принцип действия установок заключается в подаче на электроды

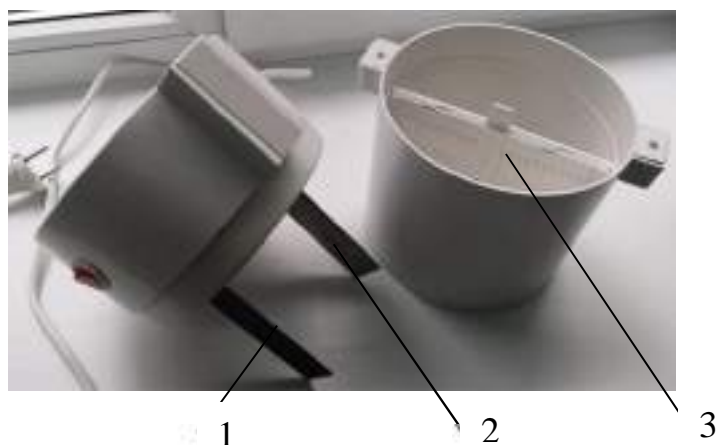
высокого напряжения, что приводит к электрическим разрядам (стримерам) в воздушном промежутке. Воздух подается в разрядное устройство электроозонатора с помощью компрессора. По предлагаемой авторами технологии возможна одновременная обработка нескольких ульев с помощью одного электроозонатора и системы гибких шлангов [76].

Одна из такой комплектной установки изготовленная в Кубанском ГАУ, показала высокую эффективность при обработки пчелиных семей на пасеке в 50 ульев ООО «Предприятие по пчеловодству «Краснодарское». После периодического озонирования отмечается в обработанных ульях понижение заклещенности. При этом пчелы не испытывали раздражений, продолжали свое нормальное функционирование [139].

Также известен способ дезинфекции ульев и соторамок от варроатоза после зимовки путем выдерживания в анолите с содержанием NaCl 0,8-1,5 г/л, имеющим температуру 30-45°C в течении 30-45 минут [97].

В основе способа лежит электролитическая установка, принцип ее действия основан на процессе диафрагменного электролиза. Наличие полунепроницаемой диафрагмы между электродами позволяет получить из исходной воды два раствора с низким (анолит) и высоким (католит) уровнем pH. Получаемый раствор анолита является отличным дезинфектантом и широко используется в сельском хозяйстве [11, 17, 56, 57]. Его дезинфицирующие свойства объясняются тем, что в воде всегда есть небольшое количество ионов хлора (Cl), либо их увеличивают, добавляя в исходную воду (NaCl). Благодаря этому в анодной камере образуются такие активные дезинфектанты, как соляная кислота HCl , хлорноватистая кислота HClO и гипохлорит ион ClO^- .

В продаже существует большое количество доступных для пчеловодов электролизеров диафрагменного типа «Ива» и т.д. (рис. 1.18). Производители данных установок добились значительных успехов по увеличению срока службы приборов и наладили производство запасных компонентов, требующих регулярной замены.



1- анод, 2 – катод, 3 – диафрагма

Рисунок 1.18 – Фотографии устройства непроточного диафрагменного электролизера воды «Ива» [64]

Таким образом, применение электроактивированных растворов, в частности анолита является экологически безопасным, как для пчел, так и для человека [84]. Его применение эффективно против бактериозов и микозов пчел. К недостаткам способа следует отнести следующее: трудоемкость и слабая эффективность при борьбе с варроатозом и вирусными заболеваниями [64]. Считается, что такой способ обработки не подходит для деревянных ульев, т.к. чрезмерное, хоть и краткое увлажнение такого материала приводит к его постепенному разрушению [64]. Имеются также противоречивые данные по применению анолита против варроатоза методами подкормки, орошения и вливания в улочки [51].

Воздействие на пчел постоянным электрическим током при влете их в улей успешно применяется для борьбы с клещом варроа. Этот способ реализован в виде устройства - электрощеточного очистителя пчел от паразитов "Эшовар-4" представленного на рисунке 1.19, изготовлен на основе известного патента Егина Н. Л. и проверено в научно-исследовательском институте пчеловодства Министерства сельского хозяйства РФ. Прибор выпускается компанией ООО "Анта-Р"[82]. Состоит из корпуса и расположенных внутри него 4 углеграфитовых пластинок с отверстиями для

прохода пчел. Пластины подключены к источнику постоянного тока (аккумулятор или выпрямительное устройство). Устройство крепится к передней стенке улья к хорошо освоенному пчелами летку так, чтобы пчелы попадали в улей или из него через отверстия пластин. Пчелы, проходя по коридору, образованному углеграфитовыми пластинами, своим телом замыкают пластины. Происходит электрическая обработка пчел. Сила тока рассчитана таким образом, что не наносит им вреда, а клещей парализует. Получившие разряд тока клещи счесываются упругими гребешками углеграфита, расположенными по краям отверстий, и опадают в поддон [82]. К недостаткам этого способа следует отнести повышенную возбудимость (злость) пчел в процессе обработки и недостаточную эффективность отпадания клещей.



Рисунок 1.19 – Внешний вид электрощеточного очистителя пчел от паразитов "Эшовар-4" [82]

Электрощеточный очиститель послужил прототипом для создания устройства, которое основано на вибрационном воздействии на пчел, влетающих в улей (рис. 1.20) [93].

Предложенный способ может быть осуществлен, например, с помощью устройства, присоединяемого к улью (1) и состоящего из генератора электрических колебаний заданной частоты с соответствующим блоком питания (5) и вибраторов (3), преобразующих электрические колебания в механические. При этом вибраторы, например, могут быть размещены в стенках коридора, который присоединен к летковому отверстию (2) или ко входу в кормушку (чертеж) или в любом другом скоплении пчел. При проходе

через этот коридор пчелы попадают под воздействие вибраторов, например, соприкасаются с вибраторами. Осыпавшиеся клещи падают через сетчатый поддон на липкую поверхность коллектора (4). Использование механического вибратора исключает воздействие электрических напряжений на пчелу и клеща [93].

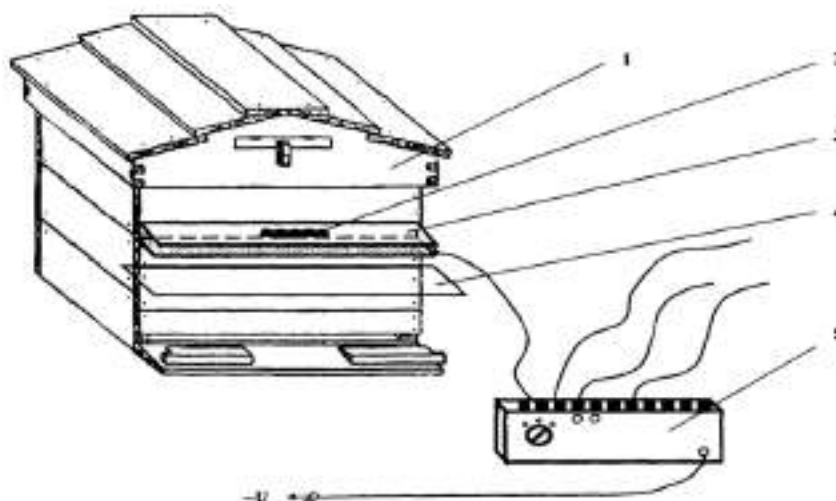


Рисунок 1.20 – Внешний вид устройства для борьбы с варроатозом [93]

Сущность способа заключается в кратковременном воздействии на пчел и клещей вибрациями с частотой, длина волны которой, например, пропорциональна половине длины клеща, при влете или вылете пчелы из улья или в любом другом месте скопления пчел. Поскольку порог чувствительности механорецепторов различных видов насекомых индивидуален, то вибрации с частотой, пропорциональной половине длине клеща, вызывают у него раздражение и приводят к повышенной двигательной активности и как следствие опаданию клещей, не оказывая при этом воздействия на пчел, поскольку размеры пчелы и клеща отличны. После прекращения воздействия исходное состояние пчел и клещей полностью восстанавливается, при использовании сетчатого дно в улье упавшие (осыпавшиеся) клещи теряют возможность вернуться на пчелу. При этом жизнедеятельность пчел не нарушается [93, 130]. Однако, наличие ряда недостатков, связанного с отсутствием экспериментальных данных, а также полной картины действие данного физического воздействия, как на самого

клеща, так и на пчелиную семью в целом, вызывает ряд вопросов по реальной эффективности разработки.

Исследованиями процессов переработки продуктов пчеловодства и механических перемещений в элементах пчелиного улья занимались сотрудники ФГБОУ ВО РГАТУ имени П. А. Костычева (г. Рязань) [2, 13, 14, 15, 99, 117, 137, 138]. Были получены хорошие результаты при воздействии вибраций низкой частоты на пчелиные соты с целью удаления загрязнений и облегчения извлечения перги из ячеек сот [137, 138, 14, 117].

В. Ф. Сторчевым проводилось изучения влияния СВЧ излучений с резонаторами на эффективность вытопки воска [101, 100, 132, 133]. При этом оптимизировались параметры резонаторов и для других технологических процессов АПК [60, 107].

Важным условием получения оптимальных параметров резонатора или вибратора является изучение электромагнитных полей, возникающих в преобразователе электрической энергии. От их интенсивности и конфигурации зависят механические усилия, создаваемые таким преобразователем электрической энергии. Значительные исследования по электромагнитным характеристикам преобразователей электрической энергии в механическую проводят ученые Ставропольского ГАУ (Никитенко Г. В., Антонов С. Н.) [1, 142, 144, 145, 146]. Полученные ими результаты позволили создавать инструменты для использования в сельском хозяйстве [74, 125, 143]. Интересный способ борьбы с варроатозом предложен авторами [98] с применением модулированных вибраций. Способ борьбы с варроатозом пчел заключается в воздействии на пчел, находящихся в улье, амплитудно-модулированным сигналом с низкочастотной от 450 до 550 Гц и высокочастотной от 22,7 до 25,5 ГГц составляющими. Напряженность электрического поля амплитудно-модулированного сигнала не превышает 6 В/см, а продолжительность воздействия на пчел составляет не более 15 минут. Энергия низкочастотного поля возбуждает пчел, повышает их двигательную активность и обуславливает стряхивание клещей, а энергия высокочастотного

поля селективно воздействует на клещей, вызывая их интенсивный нагрев и гибель. Поскольку воздействие электрической энергии является непродолжительным, эффекта привыкания к нему пчел не наблюдалось. Авторы заключают, что предлагаемый способ позволяет существенно повысить эффективность борьбы с варроатозом пчел.

Несмотря на значительное количество публикаций по способам борьбы с клещом варроа и проводимых исследований по экологичным методам снижения заклещенности ульев положение с этим заболеванием в пчеловодстве обостряется. Необходимо продолжить разработку новых устройств с другими принципами работы. Перспективным является применение электромеханических вибраторов в различных технологических операциях пчеловодства в том числе и для удаления клещей с пчел. Требуется дополнительное исследование по использованию вибрационного метода для удаления клещей внутри улья с разработкой соответствующего устройства.

Перспективным является применение электромеханических вибраторов в различных технологических операциях пчеловодства в том числе и для удаления клещей с пчел.

Гипотеза. Исследование механических перемещений при вибрациях верхних брусов рамок в пчелином улье и изучение электромагнитных сил, возникающих в вибраторе, позволит определить оптимальные параметры и режимы работы установки, снизит заклещеванность пчелиных семей и сократит объем применяемых химических препаратов.

Цель работы. Обоснование параметров и режимов работы электромагнитной вибрационной установки для обработки пчелиных ульев от заражения клещом варроа для снижения объема применяемых химических препаратов.

Задачи исследования.

1. Установить зависимость показателей вибрации от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил.
2. Разработать компьютерную математическую модель установки,

описывающую электромагнитные и механические процессы при вибрациях в объекте исследования, выбрать необходимые интерфейсы для реализации программном комплексе Comsol Multiphysics.

3. В ПО Comsol Multiphysics провести моделирование физических процессов в вибрационной установке и в элементах улья, определить рациональные параметры и режимы работы.

4. Разработать принципиальную электрическую схему управления электромагнитным вибратором для реализации режимов работы обработкой пчелиных ульев.

5. Разработать алгоритм и соответствующую программу для микроконтроллера, управляющего режимами обработки ульев.

6. Изготовить электромагнитную вибрационную установку для борьбы с клещом варроа в пчелиных ульях, провести исследования по сопоставлению экспериментальных данных с результатами моделирования.

7. Провести полевые эксперименты в течении сезона работы пчеловода на пасеке, проанализировать эффективность использования вибратора с сокращением применения химических препаратов для обработки пчелиных семей от клеща варроа, получить регрессионные модели с установлением рациональных параметров и режимов работы электромагнитной вибрационной установки.

8. Обосновать экономическую эффективность применения вибрационной установки для обработки пчелиных ульев от клеща варроа.

Объект исследования - электромагнитная вибрационная установка и элементы пчелиного улья.

Предмет исследования - параметры и режимы работы вибрационной установки для борьбы с клещом варроа, зависимости показателей вибрации от параметров вибратора и подаваемого вида напряжения постоянного тока.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Разработка компьютерной модели и выбор интерфейсов

В исследованиях планируется установка вибратора на верхние брусья рамок улья. Вибрации будут передаваться на все составляющие улья: соты, мед, личинки, пчелы. Клещи могут находиться на пчелах, личинках, перемещаться по сотам. Схему сил, действующих на клеща, можно представить в виде, показанном на рисунке 2.1. Если клещ будет находиться на вертикальной плоскости, то на него основное действие будут оказывать две силы: сила тяжести и сила виброперегрузки. Виброперегрузка - это величина, характеризующая нагрузку, действующую на объект при колебаниях, которая выражается единицах ускорения свободного падения. При условии того, что клещ не находится еще в плотном соприкосновении с телом пчелы или личинки, сила виброперегрузки при достаточном значении может стряхнуть клеща с объекта прикрепления. Не смотря на небольшую массу клеща - около 0,450 мг, силы могут быть значительными из-за больших виброускорений. В случае нахождения клеща на сотах большее влияние может оказать виброперемещение сота (рис. 2.2). Виброперемещение - расстояние между крайними точками смещения колеблющегося элемента, измеряется в линейных единицах. Так как размеры клеща небольшие – от 0,5 мм до 1 мм, то виброперемещение даже от 0,1 мм до 0,5 мм может привести к его выпадению из сота. Таким образом в дальнейших исследованиях необходимо больше уделять внимания виброперемещениям и виброускорениям. Тем не менее, есть еще один показатель вибраций это виброскорость, который также можно учитывать при общей оценке интенсивности вибраций. Конечно, трудно определить и измерить реальные показатели вибраций на пчелах и личинках. В реальности оценку вибраций можно проводить на сотах в улье и на рамках. В теоретических исследованиях и в моделировании определить степень вибраций можно будет в любой точке улья.

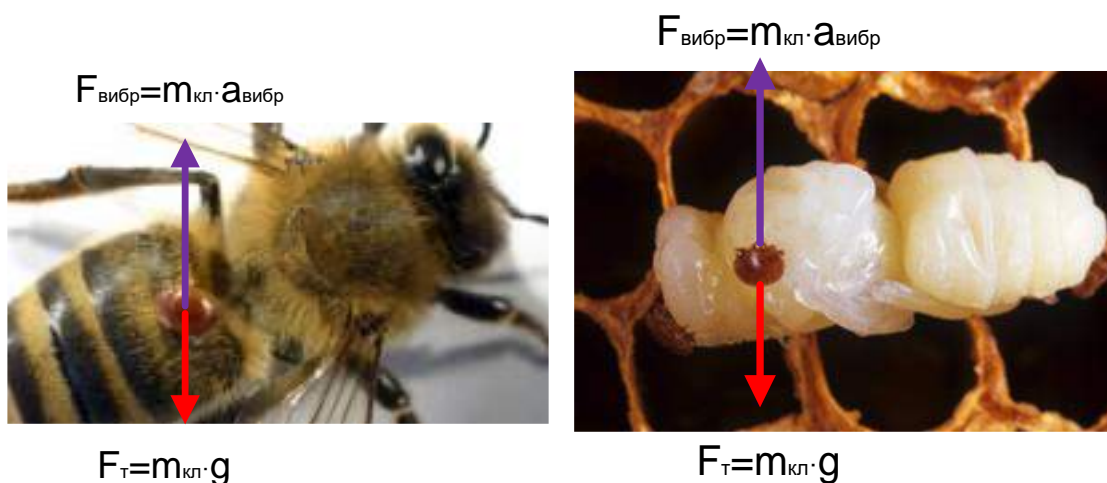


Рисунок 2.1 – Схема действующих сил на клеща во время вибрационной обработки

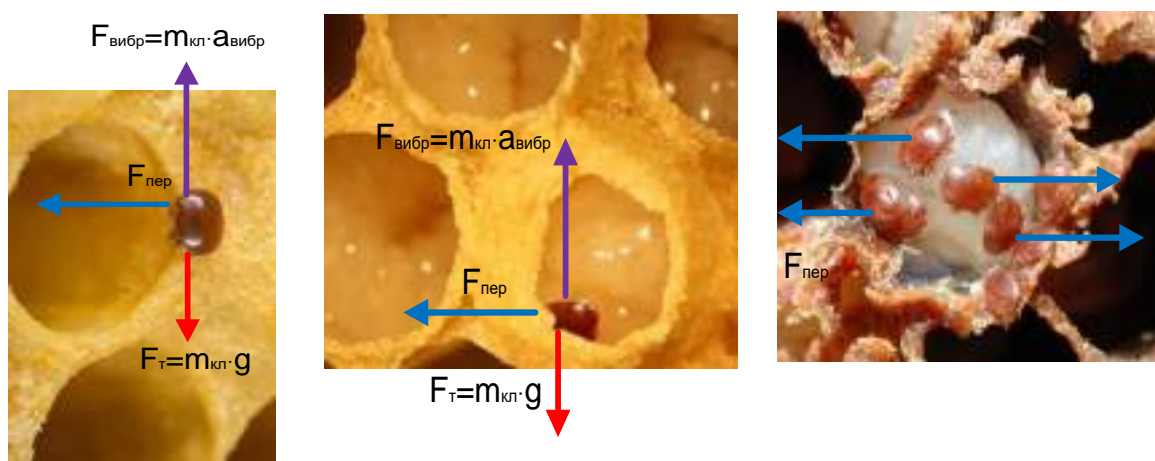
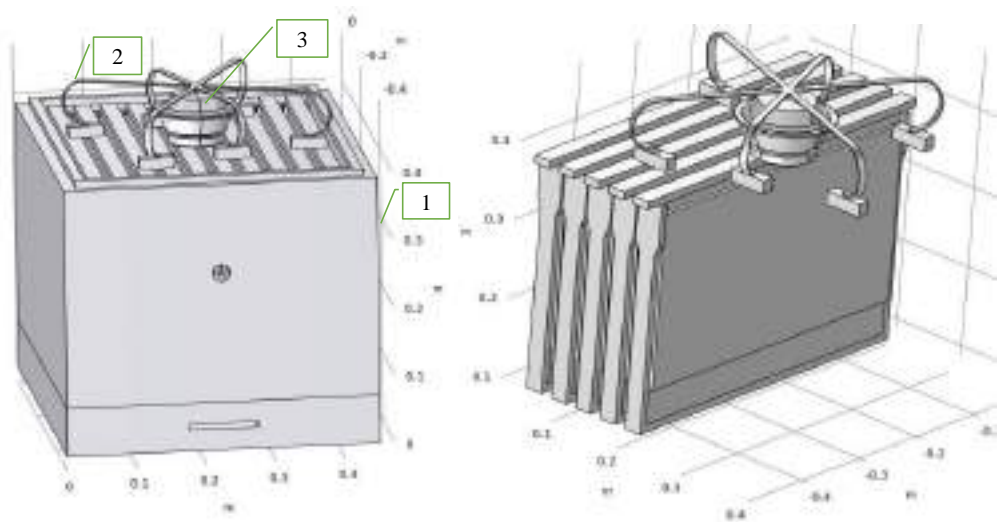


Рисунок 2.2 – Схема действующих сил на клеща, расположенного на сотах при вибрационной обработке

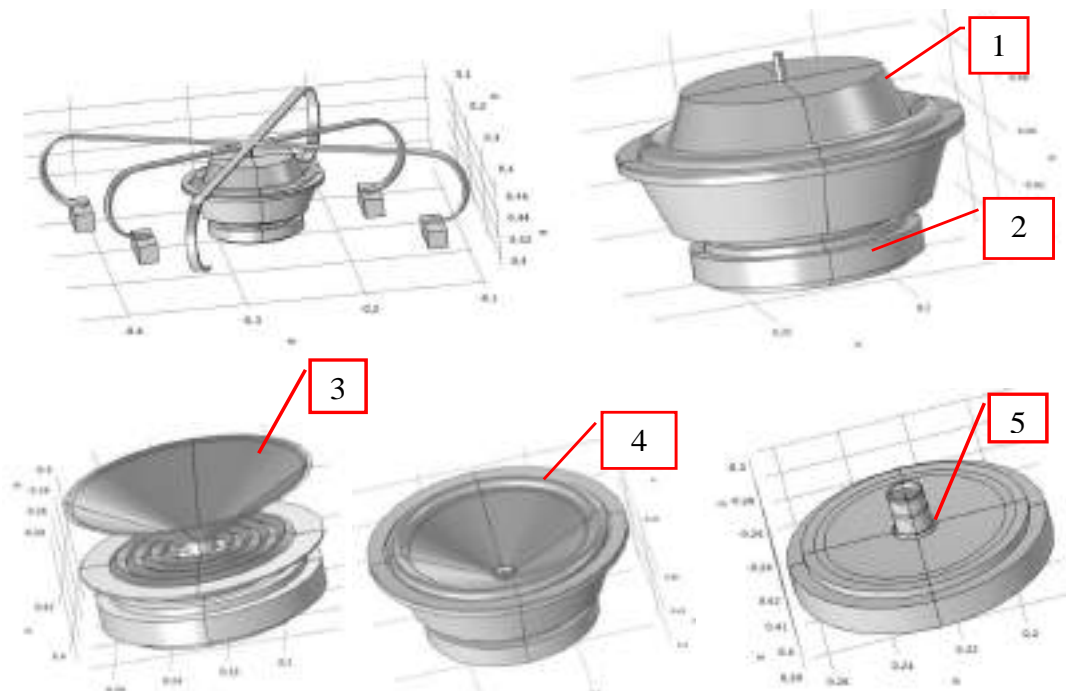
Объект моделирования состоял из вибратора и улья с рамками, на которых размещены пчелы (рис. 2.3). В результате предварительных исследований была разработана конструкция вибратора. В основу конструкции был взят низко частотный динамик, который устанавливается на рамки улья. Передача вибраций от диффузора к рамкам осуществляется через стальные лапы (волноводы). Для моделирования основных физических процессов в объекте исследований разработана геометрия модели в ПО Comsol (рис. 2.3) [88]. Составной частью модели являлся непосредственно сам вибратор, который изображен на рисунке 2.4.



1 – улей; 2 – волноводы; 3 - вибратор

Рисунок 2.3 – Геометрия объекта исследований

К диффузору 3 крепилась металлическая надставка, 1 от которой передавались вибрации на волноводы и далее на рамки. Диффузор связан с неподвижной частью вибратора через резиновую диафрагму 4, что обеспечивало высокую подвижность самого диффузора. В нижней части диффузора расположена картонная втулка, на которой намотана катушка 5 с медным проводом.



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

Рисунок 2.4 – Геометрия вибратора и его составных частей

Все дальнейшие исследования физических процессов проводились в принятом программным 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», тепловые процессы - «Heat Transfer». При моделировании используется две мультифизические связи: между интерфейсом магнитных полей и интерфейсом механики твердого тела; между интерфейсом магнитных полей и интерфейсом теплопередачи.

Вся поступающая энергия от источника тока расходуется на механические перемещения и выделение тепла в катушке, что можно представить в следующем виде:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{мех}} + W_{\text{тепл}}, \quad (2.1)$$

где $W_{\text{общ}}$ – общая поступающая энергия в катушку; $W_{\text{мех}}$ – энергия, идущая на механические перемещения - вибрации; $W_{\text{тепл}}$ – энергия, выделенная в виде тепла в катушке.

Механическая энергия идет на создание вибраций диффузора, от которого далее эти импульсы передаются рамкам с пчелами. Основой вибраций является сила Лоренца, которая возникает при взаимодействии электрического и магнитного полей [34, 88]:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}), \quad (2.1)$$

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 (Н/м^3) [34]:

$$f_L = \rho_e (E + v \times B) \quad (2.2)$$

где ρ_e – плотность заряда, Кл/м^3 ; E – напряженность электрического поля, В/м ; v – скорость м/с ; индукция, Тл .

При движении заряда с определённой скоростью создается плотность тока (А/м^2):

$$J = \rho_e v . \quad (2.3)$$

Тогда выражение для силы Лоренца еще записывается в следующем виде:

$$f_L = \rho_e E + J \times B, \quad (2.4)$$

Электрическое и магнитное поля могут определяться через магнитный векторный потенциал (A):

$$E = - \frac{\partial A}{\partial t}; \quad B = \nabla \times A. \quad (2.5)$$

где A - магнитный потенциал, Тл·м; ∇ - оператор Гамильтона.

Вибратор содержит катушку с проводом, которая подключается к источнику напряжения. Форма напряжения, будет пульсирующая однополярная с ШИМ модуляцией высокочастотной составляющей.

В вибраторе находится магнит, который создает основное постоянное магнитное поле в зазоре, где находится катушка. Интенсивность вибраций зависит от индукции постоянного магнита, параметров катушки и электрического тока.

Интерфейс Solid Mechanics, производит общий структурный анализ и основан на решении уравнений движения вместе с моделью для твердого материала. В расчетную область взяты все домены геометрии. Вычисляются следующие параметры отдельных доменов: смещения, ускорения, напряжения, деформации. Основное решаемое уравнение движения в данном интерфейсе это [34]:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho g = \nabla S + f_L, \quad (2.6)$$

где ρ – плотность материала, кг/м³; u – перемещение, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; S – механическое напряжение в материале, Н/м².

Однако в динамике установленные демпфирующие шайбы в подвесе диффузора, тогда с учетом гибкости подвеса и демпфирующей силы затухания, уравнение 2.6 принимает вид:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho g + \frac{1}{V} \mu_{\text{под}} u + \frac{1}{V} \mu_{\text{сопр}} \frac{\partial u}{\partial t} = \nabla S + f_L, \quad (2.7)$$

где V – объём тела, м^3 ; $\mu_{\text{под}}$ – гибкость подвеса, Н/м ; $\mu_{\text{сопр}}$ – коэффициент сопротивления, $\text{Н}\cdot\text{с/м}$.

Так как сила Лоренца в результате подачи пульсирующего напряжения представляет собой сочетания гармоник разных частот, то общее уравнение представим в следующем виде:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho g + \frac{1}{V} \mu_{\text{под}} u + \frac{1}{V} \mu_{\text{сопр}} \frac{\partial u}{\partial t} = \nabla S + \left(\frac{1}{2} A_0 + \sum_1^{\infty} A_k \cos k\omega t + B_k \sin k\omega t \right) \quad (2.8)$$

где $A_0/2$ – среднее значение силы Лоренца, Н/м^3 ; A_k, B_k коэффициенты Фурье, Н/м^3 ; k – номер гармоники; $k\omega$ – частоты, с^{-1} .

Данное уравнение является неоднородным, его решение состоит из двух составляющих: u_1 – общего и u_2 – частного. Таким образом общее решение будет иметь вид $u = u_1 + u_2$.

Решение однородного дифференциального уравнения показывает, что собственные колебания затухают [75]. Однако при этом будут возникать резонансные явления. Общее вынужденное движение не существенно отличается от вынужденных колебаний [75], то есть $u = u_2$.

При частном решении и, следовательно, при общем вид выражения для вынужденных колебаний следующий:

$$u = \sum_1^{\infty} U_k \sin(k\omega t + \varphi_k), \quad (2.9)$$

где U_k – амплитуда смещения при k -ой гармонике, м ; φ_k – сдвиг фазы k -ой гармоники.

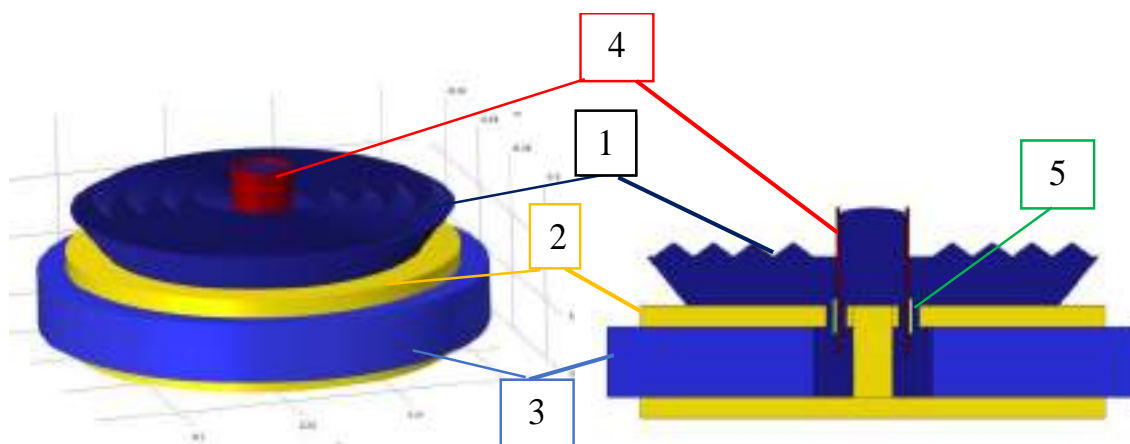
Анализ таких уравнений показывает, что демпфирование вне зоны резонанса не оказывает никакого значительного влияния на амплитуды колебаний [75, 31, 58]. Решение представленных уравнений будет происходить в принятом интерфейсе методом конечных элементов. Таким образом следует предполагать, что вибрации, поступающие на рамки улья, будут иметь нестационарный вид с резонансными всплесками амплитуд виброперемещений и виброускорений. Это является положительным моментом так как основная задача — это периодические встряхивания рамок

для сброса клещей с пчел.

Основные характеристики материалов (плотность, модуль Юнга, коэффициент Пуассона и т.д.) принимаются автоматически из библиотеки программного продукта. В качестве ограничений принято следующее: неподвижными являются нижняя часть корпуса улья и место крепления резинового диффузора, остальные домены являются свободными для перемещения.

В интерфейс Solid Mechanics поступают необходимые данные, в том числе сила Лоренца, через мультифизическую связь, из интерфейса «Magnetic fields».

Расчеты по магнитному полю с вычислением силы Лоренца производятся в интерфейсе «Magnetic fields», а его настройка осуществляется следующим образом. В расчетную область выбраны основные домены, которые являются или проводниками электромагнитных полей, или их источниками (рис. 2. 5).



1 - воздушная область под диафрагмой; 2 – металлические шайбы; 3 – магнит; 4 – каркас для катушки; 5 – катушка с проводом

Рисунок 2.5 – Вид доменов из расчетной области «Magnetic fields»

По катушке проходит пульсирующий ток, который взаимодействует с магнитным полем магнита. Возникает сила, которая приводит в движение диффузор и вибраторы. На катушку подается амплитудное напряжение 12 В с ШИМ модуляцией, вид которой представлен на рисунке 2.6. На правой части

рисунка высокочастотные импульсы, заполняющие модулирующий импульс.

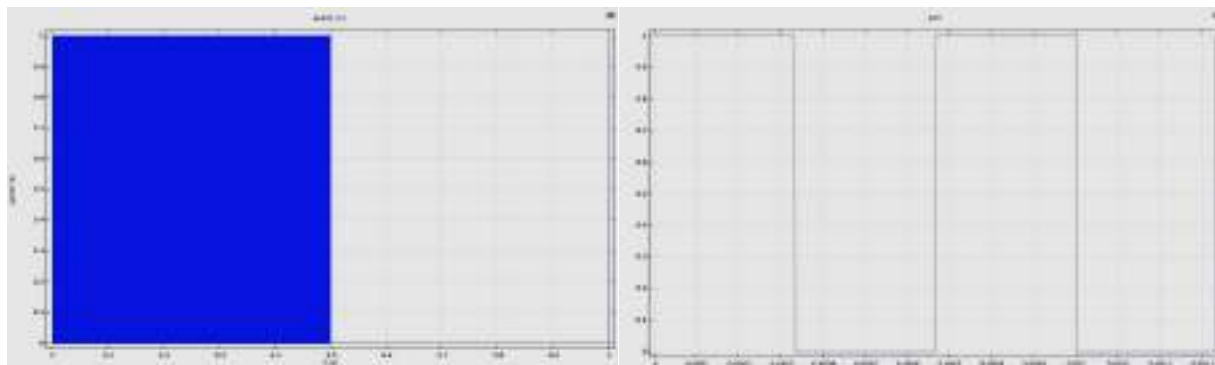


Рисунок 2.6 – Вид диаграммы напряжения при ШИМ модуляции

В данном интерфейсе второе слагаемое в уравнении 2.4 зависит от тока, протыкаемого через катушку, количества витков в ней и значения индукции магнитного поля. Все параметры катушки устанавливаются в соответствии с принятым базовым элементом вибратора: сопротивление 4 Ома, провод сечением $3,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$, количество витков - 170. Характеристики магнита приняты из библиотеки материалов в соответствии типом сердечника. Остальные необходимые характеристики материалов также принимались из библиотеки программного продукта.

Количество тепла, полученное в результате потерь в катушке, передавалось через мультифизическую связь «Electromagnetic Heating» в интерфейс по расчетам тепловых процессов. В расчетную область тепловых процессов включены все домены. Источник тепла в виде потерь в катушке приходит в интерфейс «Heat Transfer». Наибольшие изменения тепловых состояний заметны в доменах, окружающих катушку.

Необходимость моделирования теплового режима объекта связана с ограничением температуры изоляции обмоточного провода катушки. При превышении критической температуры (обычно для обмоточного провода она составляет 155 С) может произойти пробой изоляции и выход из строя установки. Поэтому при повышении тока в обмотке, с одной стороны, амплитуда вибраций увеличивается, но увеличивается и температура обмотки. Конструкция вибратора такова, что отвод тепла идет очень затруднительно.

Уменьшить температуру можно также периодическим отключением вибратора от источника тока, то есть необходимо определить оптимальный режим работы установки.

Отвод тепла от катушки будет идти двумя путями: путем теплопроводности окружающих материалов и за счет конвекции. Одной из составляющей этого баланса является отвод тепла естественным конвективным способом.

Система уравнений теплового баланса с учетом теплопроводности и конвекции будет иметь вид:

$$\begin{cases} \rho_i C_i \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla q_i + \rho_i C_i u_a \nabla T = Q_c \\ q_i = -\lambda_i \nabla T \end{cases} \quad (2.10)$$

где ρ_i – плотность i -го домена, кг/м³; C_i – удельная теплоемкость i -го домена, Дж/(кг·К); T – температура, К; q_i – тепловой поток через i -й домен, связанный с его теплопроводностью, Вт/м²; u_a – скорость воздушного потока, м/с; Q_c – общее тепловыделение катушки, Вт/м³; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го домена, Вт/(м·К).

Охлаждение наружных поверхностей отдельных доменов принимает за счет естественной конвекцией, что учитывается коэффициентами теплопередачи на поверхностях. Конвективный тепловой поток на границе, контактирующей с охлаждающей поверхностью, представляется общим уравнением [121]:

$$-nq = h\Delta T, \quad (2.11)$$

где h – коэффициент теплопередачи через данную поверхность, n – количество элементов.

В программном комплексе Comsol имеются встроенные функции для расчета коэффициентов теплопередачи в виде раздела "Heat Flux". Для внешней части улья и постоянного магнита принимаем естественную конвекцию охлаждающего потока на вертикальных плоскостях (рис. 2.7).

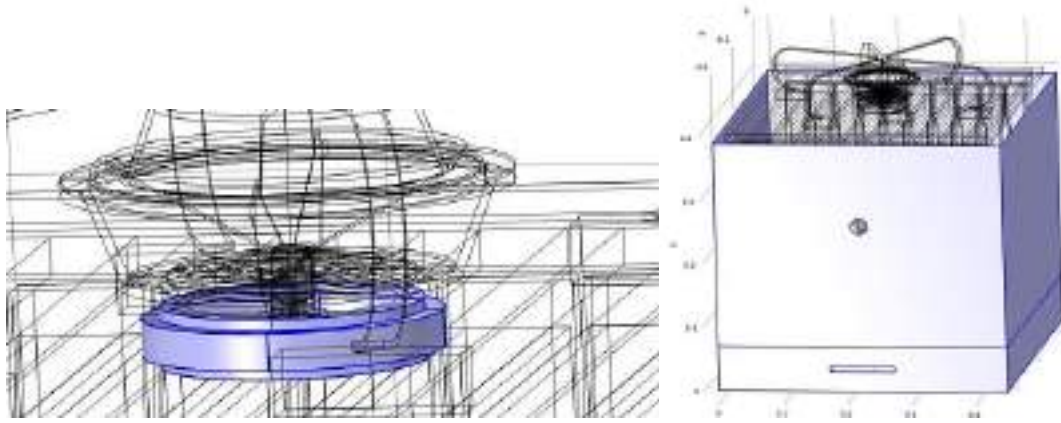


Рисунок 2.7 – Вид доменов, охлаждающихся за счет естественной конвекции

Для расчета коэффициента теплопередачи этих поверхностей применяется следующая формула [121]:

$$h_B = \begin{cases} \frac{k_B}{L} \left(0,68 + \frac{0,67 Ra_L^{1/4}}{\left(1 + \left(\frac{0,492k}{\mu_B C_B} \right)^{9/16} \right)^{4/9}} \right) & \text{если } Ra_L \leq 10^9 \\ \frac{k_B}{L} \left(0,825 + \frac{0,387 Ra_L^{1/6}}{\left(1 + \left(\frac{0,492k_B}{\mu_B C_B} \right)^{9/16} \right)^{8/27}} \right) & \text{если } Ra_L \leq 10^9 \end{cases}, \quad (2.12)$$

где k_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·°С);
 L – характерная длина плоскости, на которой задаётся граничное условие (площадь поверхности, деленная на периметр), м; Ra_L – число Рэлея, связанное с характерной длиной L ; μ_B – коэффициент динамической вязкости, Па·с;

Коэффициент Рэлея для вертикальной плоскости определяется по формуле [121]:

$$Ra_L = \frac{g \cdot \alpha_p \cdot \Delta T \cdot L^3}{k\mu}, \quad (2.13)$$

где α_p - коэффициент теплового расширения, К⁻¹.

Для горизонтальных поверхностей воспользуемся следующей формулой для расчета коэффициента теплоотдачи:

$$h_{\Gamma} = \begin{cases} \frac{k_B}{L} 0,54 Ra_L^{1/4} & \text{если } T_{\text{СТ}} > T_{\text{ВН}} \quad \text{и} \quad 10^4 \leq Ra_L \leq 10^7 \\ \frac{k_B}{L} 0,15 Ra_L^{1/3} & \text{если } T_{\text{СТ}} > T_{\text{ВН}} \quad \text{и} \quad 10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}. \\ \frac{k_B}{L} 0,27 Ra_L^{1/4} & \text{если } T_{\text{СТ}} \leq T_{\text{ВН}} \quad \text{и} \quad 10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10} \end{cases} \quad (2.8)$$

Коэффициент Релея, определяющий термическую неустойчивость свободной конвекции под воздействием силы тяжести для горизонтальной поверхности, определяется по формуле:

$$Ra_L = \frac{g \cdot \alpha_p \cdot \rho^2 \cdot C_p \cdot \Delta T \cdot L^3}{k\mu}. \quad (2.9)$$

Отвод тепла от катушки с соприкасающимся воздухом имеет свою особенность. Трудность определения такого способа отдачи заключается в том, что катушка не находится в статическом режиме и постоянно движется. Кроме того, диффузор также находится в движении и создает потоки воздуха для охлаждения катушки. В связи с этим решено было учесть эти конвективные процессы через критерий Нуссельта. Значение скоростей воздуха можно взять из интерфейса Solid Mechanics. Таким образом расчёт потерь тепла через окружающей катушку в воздух производится в соответствии со следующей системой уравнений [121]:

$$\left\{ \begin{array}{l} q_i = -k_i Nu \nabla T \\ Nu = \begin{cases} 0,18 \left(\frac{Pr}{0,2+Pr} \right)^{0,29} \quad \text{if } 1 \leq \frac{H}{L} \leq 2 \\ 0,22 \left(\frac{Pr}{0,2+Pr} Ra_L \right)^{0,28} \left(\frac{H}{L} \right)^{-\frac{1}{4}} \quad \text{if } 2 \leq \frac{H}{L} \leq 10 \\ 0,42 Ra_L^{\frac{1}{4}} Pr^{0,012} \left(\frac{H}{L} \right)^{-0,3} \quad \text{if } 10 \leq \frac{H}{L} \leq 40 \end{cases} \\ Ra_L = \frac{g \cdot \alpha_p \cdot \rho^2 \cdot C_p \cdot \Delta T \cdot L^3}{k\mu} \\ \alpha_p = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \end{array} \right. \quad (2.14)$$

В данном интерфейсе можно будет проанализировать рост температуры в катушке вибратора и установить наиболее рациональный и режим работы.

В итоге методом конечных элементов в программном комплексе будет решаться следующая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_i C_i \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla q_i + \rho_i C_i u_a \nabla T = Q_c \\ q_i = -k_i \nabla T; \quad q_i = -k_i Nu \nabla T \\ \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho g = \nabla S + \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho g + \frac{1}{V} \mu_{\text{под}} u + \frac{1}{V} \mu_{\text{сопр}} \frac{\partial u}{\partial t} = \\ = \nabla S + \left(\frac{1}{2} A_0 + \sum_1^{\infty} A_k \cos k\omega t + B_k \sin k\omega t \right) \\ f_L = \rho_e (E + v \times B) \end{array} \right. \quad (2.15)$$

2.2 Результаты моделирования физических процессов при работе вибратора в улье

Моделирование велось с установкой разных частот ШИМ подаваемого напряжения: 500 Гц, 1500 Гц, 2500 Гц. Менялась также скважность подаваемых импульсов в широком диапазоне. Первоначально исследовались результаты по интерфейсу «Magnetic fields». Так на рисунке 2.8 представлен вид магнитного поля в расчетной области данного интерфейса.

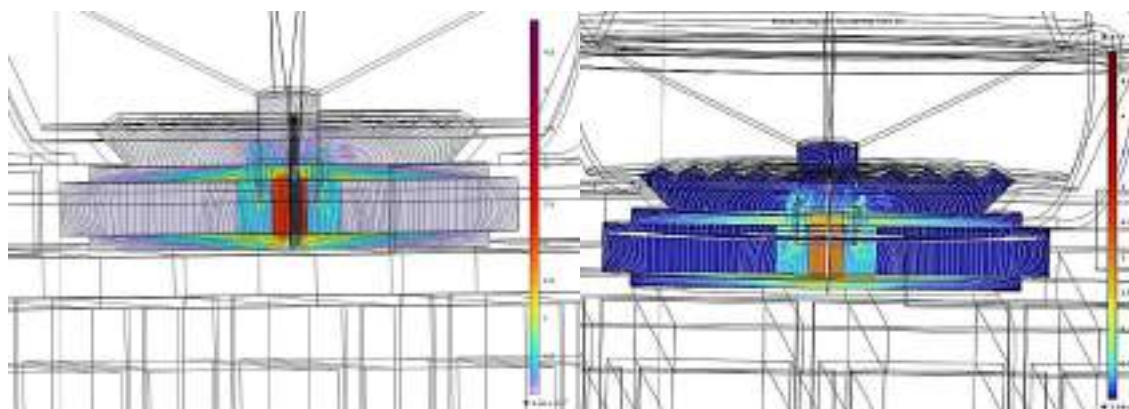


Рисунок 2.8 - Вид силовых линий магнитных полей в расчетной области вибратора

Здесь можно видеть, что адекватно направление силовых линий магнитного поля. При этом индукция магнитного поля в сердечнике катушки находится на уровне 3 Т, в стальных шайбах – 0,5 Т, в магните – менее 0,5 Т.

На рисунке 2.9 показаны графики поступающего напряжения (слева) и удельной энергии электрического поля. Нужно отметить, что по времени оба графика совпадают и в импульсе удельная энергия электрического поля (справа) равна $45 \cdot 10^3$ Дж/м³.

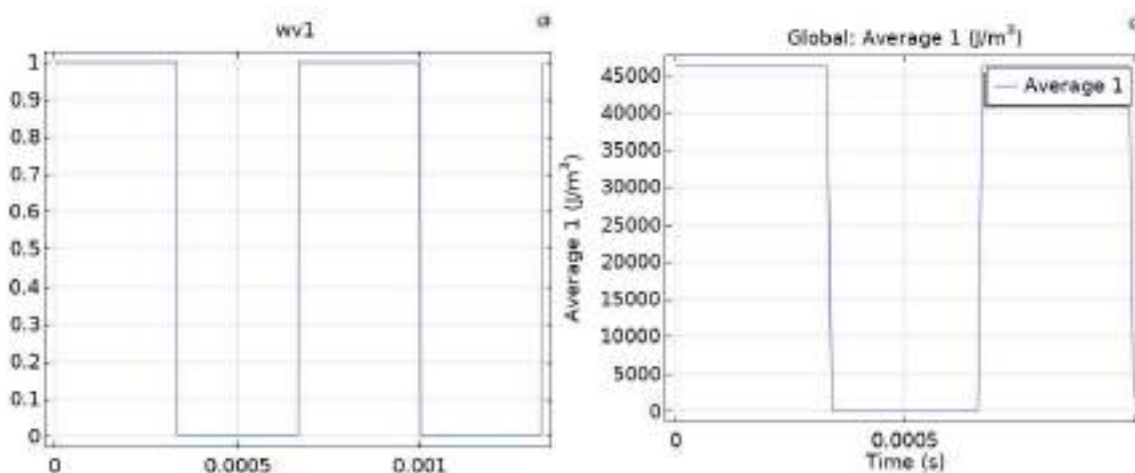


Рисунок 2.9 – Графики поступающего напряжения (слева) и удельной энергии электрического поля (справа)

На рисунке 2.10 представлено распределение удельной энергии электрического поля в расчетной области.

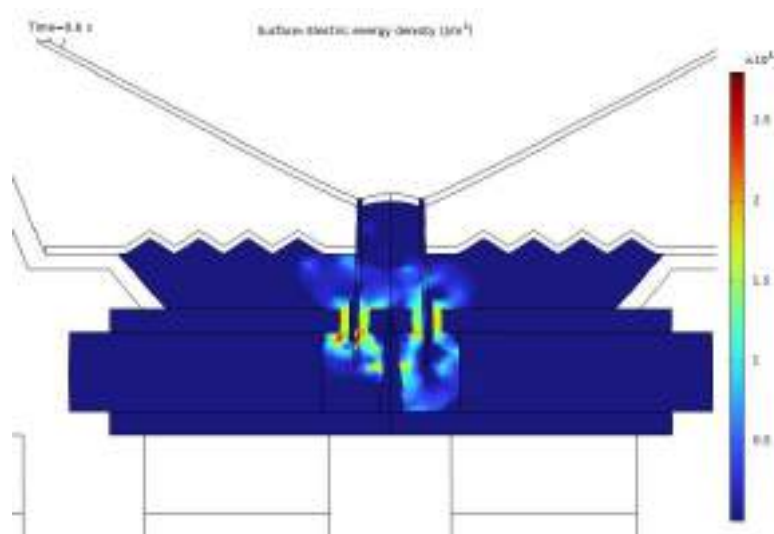


Рисунок 2.10 – Вид распределения удельной энергии электрического поля

В отличие от электрического поля удельная магнитная энергия во времени изменяется по-другому. Это связано с постоянным движением катушки в воздушном зазоре. Такое движение приводит к изменению скорости магнитного потока и к постоянным всплескам удельной энергии магнитного поля (рис. 2.11).

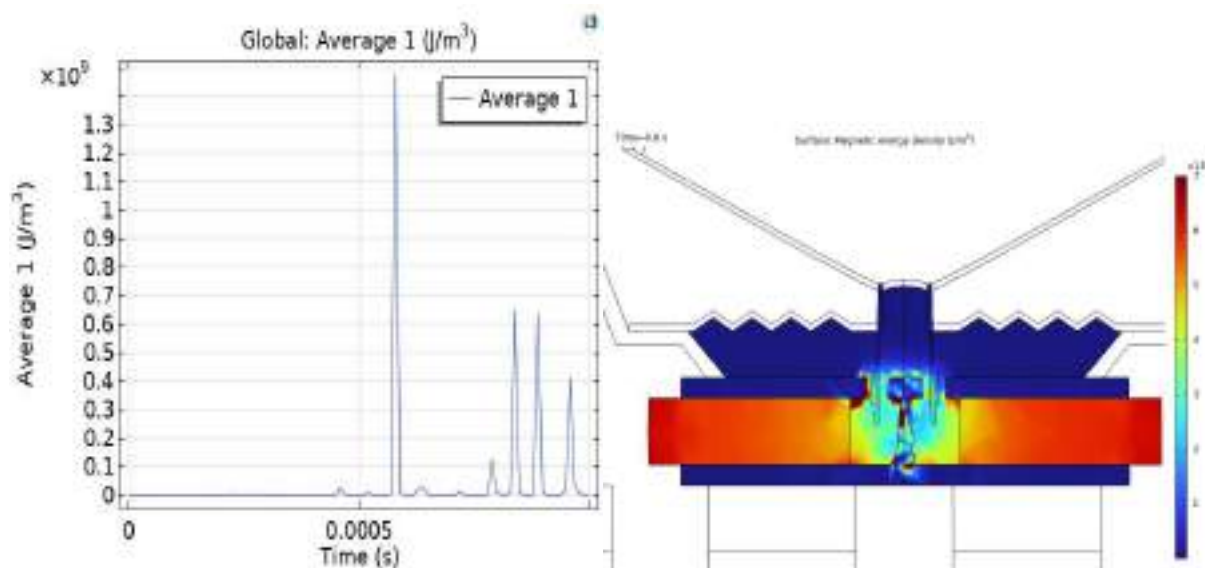


Рисунок 2.11 – График удельной энергии магнитного поля (слева) и распределение этой энергии в расчетной области (справа)

Такой же вид имеет индукция магнитного поля в расчетной области данного интерфейса (рис. 2.12).

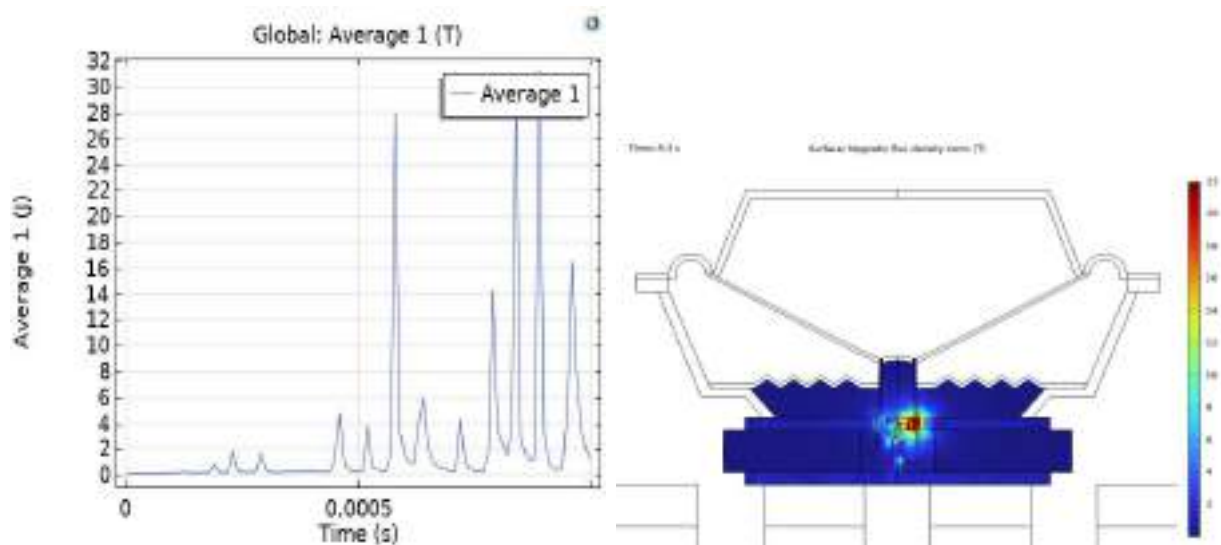


Рисунок 2.12 – График индукции магнитного поля (слева) и ее распределение в расчетной области (справа)

Создаваемая напряженность магнитного поля приводит к перемещению катушки. Совокупность электрического и магнитных полей образуют силу Лоренца, которая создает вибрации подвижной части устройства (рис. 2.13). Как видно из рисунка напряженность магнитного поля имеет значение около $1,5 \cdot 10^9$ А/м², а сила Лоренца – $2 \cdot 10^7$ Н/м³.

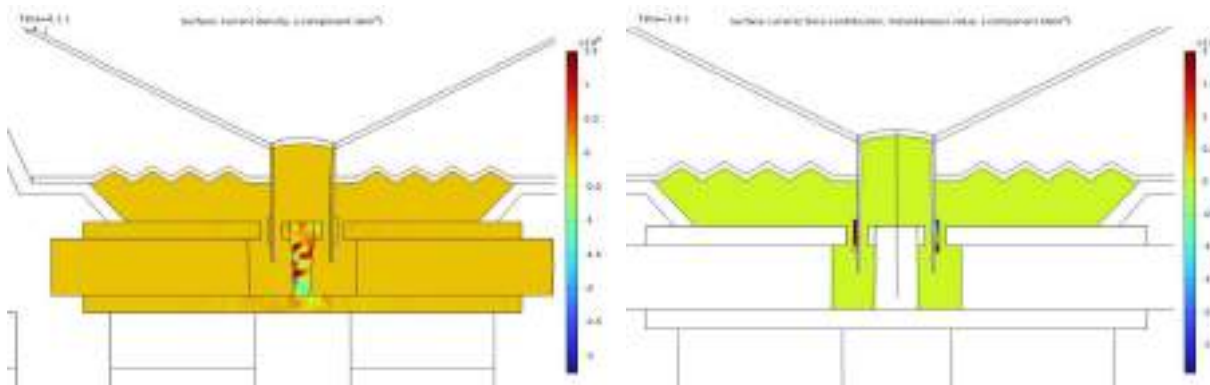
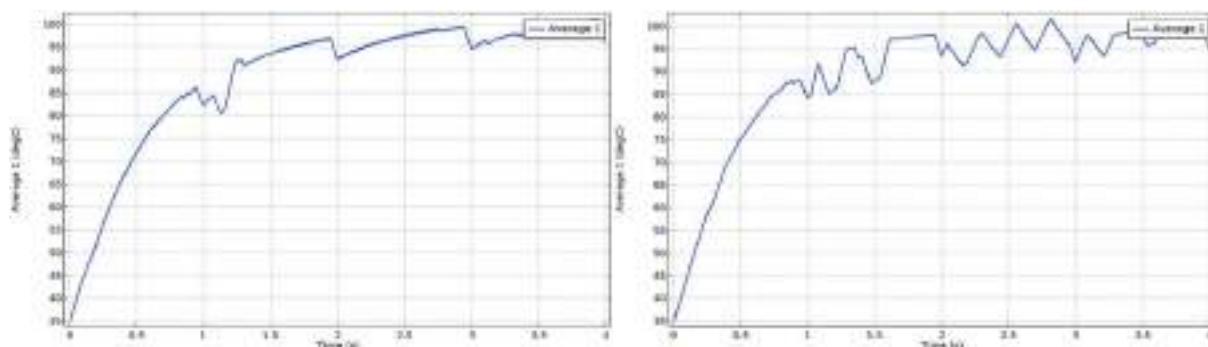


Рисунок 2.13– Вид распределения удельной энергии электрического поля (слева) и силы Лоренца (справа)

Следующие результаты моделирования были получены из интерфейса «Heat Transfer». Источником тепла в интерфейсе является обмотка вибратора и уровень подводимой энергии поступает из интерфейса «Magnetic fields». Основная цель моделирования в интерфейсе «Heat Transfer» является установление оптимального режима работы вибратора на основе предельной температуры обмотки устройства. Установив номинальный непрерывный режим работы установки, были получены графики температуры обмотки при разных подаваемых частотах пульсирующего напряжения. Как показали переходные процессы, набор температуры обмотки происходит одинаково, и через 4 секунды наблюдается установившийся режим с температурой обмотки 100-110°C. На рисунке 2.14 представлены временные графики температуры при частотах 1500 и 2500 Гц при скважности 0,95.

Также проводилось моделирование при ШИМ управление с разной скважностью. Нужно было установить уровень скважности импульсов, если температура будет достигать выше предельной для класса изоляции провода.

Такое может возникнуть, если увеличить ток в обмотке и тогда нужно будет уменьшать подаваемую мощность путем изменения скважности импульсов.

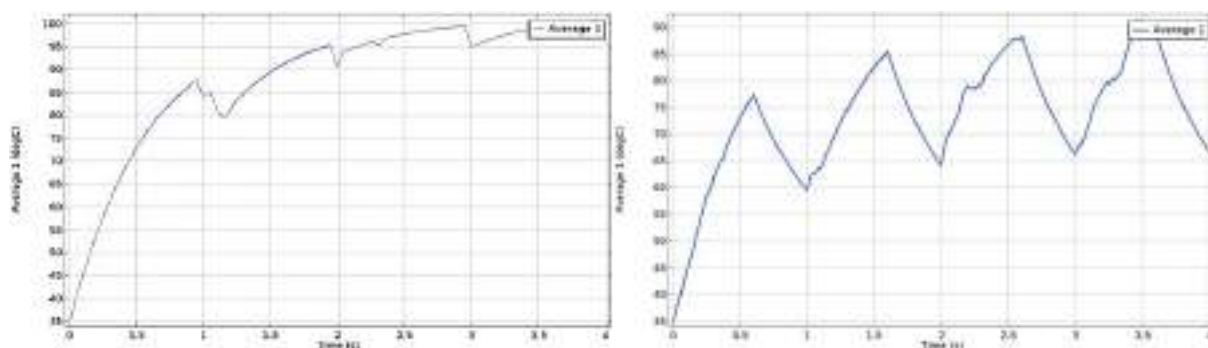


а – 1500 Гц;

б – 2500 Гц,

Рисунок 2.14 – Временные графики температуры обмотки вибратора при разных высокочастотных составляющих подаваемого напряжения (1500 и 2500 Гц).

Кроме того, работа вибратора с разной скважностью позволяет подавать вибрации на улей, как с высокочастотной составляющей, так и с низкочастотной. Это должно повысить эффективность установки по основной цели ее функционирования. На рисунке 2.15 представлены временные графики при частоте 500 Гц и разной скважности (0,95 и 0,3). Видно, что при скважности 0,3 температура обмотки становится ниже, чем в предыдущих случаях и доходит в установившемся режиме до 85-90°C. Таким образом скважностью можно регулировать температурный режим вибратора.



а – скважность 0,95

б – скважность 0,3

Рисунок 2.15 – Временные графики температуры обмотки вибратора при частоте 500 Гц и разных скважностях импульсов напряжения (0,95 и 0,3)

Можно также увидеть, как распределяется температурное поле вокруг обмотки вибратора (рис. 2.16). Из данного рисунка можно сделать вывод о том, что обмотка имеет очень тяжелые условия по отдаче тепла в окружающую среду.

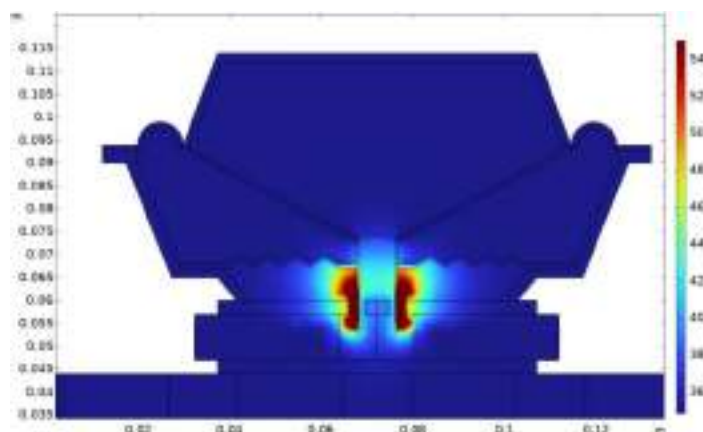
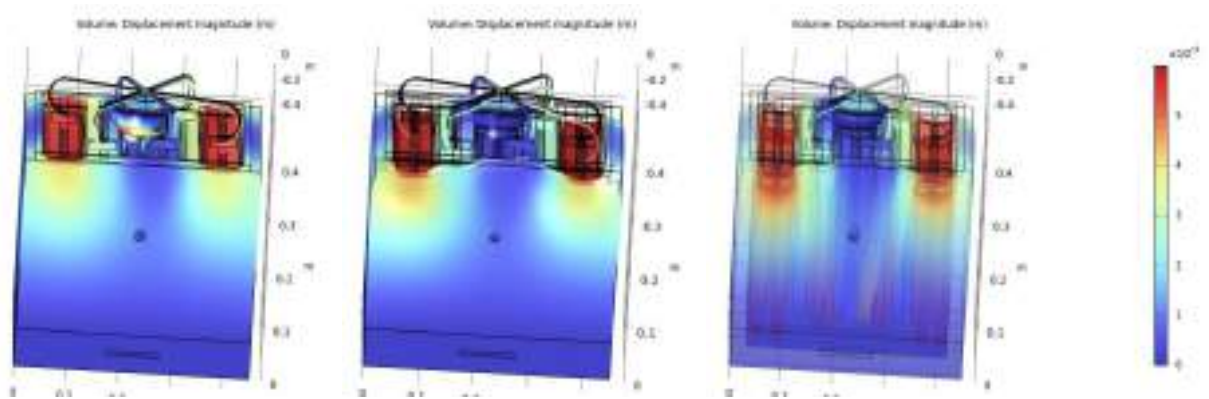


Рисунок 2.16 – Вид температурного поля вокруг обмотки вибратора

Основные результаты получены из интерфейса «Solid Mechanics». Это связано с тем, что конечная задача вибратора — это получить вибрации и передать их на улей с рамками и пчелами. В это интерфейс передавалась сила Лоренца из интерфейса «Magnetic fields» и решалось уравнение движения во всех элементах объекта исследования. Оценка уровня вибраций производилась по трем параметрам: смещение, ускорение, скорость. На рисунке 2.17 представлен вид смещений в объекте во времени. Для большей наглядности качества смещений при моделировании использовался блок «Deformation», который позволяет усиливать видимость траекторий перемещений отдельных элементов. На рисунке 2.17 показаны виды деформаций вибратора в разные промежутки времени частоте 500 Гц.

Из рисунка 2.17 видно, что максимальные вибросмещения испытывают крайние рамки. Отдельно можно выделить вибратор (рис. 2.18). По этому рисунку можно наблюдать, как передаются вибрации по волноводам к рамкам, и какие деформации испытывают вибратор и элементы улья. Можно сделать вывод о правильной конструкции вибратора с волноводами, так как вибрации передаются рамкам.



а – 100 ms, б – 200 ms, в – 300 ms

Рисунок 2.17 – Вид улья с вибросмещениями

Если посмотреть смещения вдоль по верхним брусам рамок (рис. 2.19), то видно, что средние рамки испытывают смещения на уровне $0,5 \cdot 10^{-4}$ м, а крайние $6,5 \cdot 10^{-4}$ м.

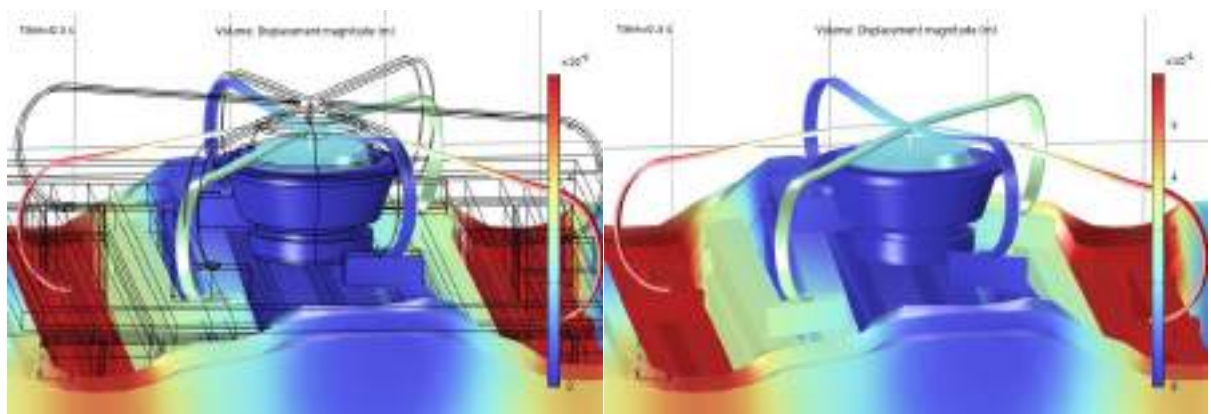


Рисунок 2.18 – Вид вибратора с деформациями

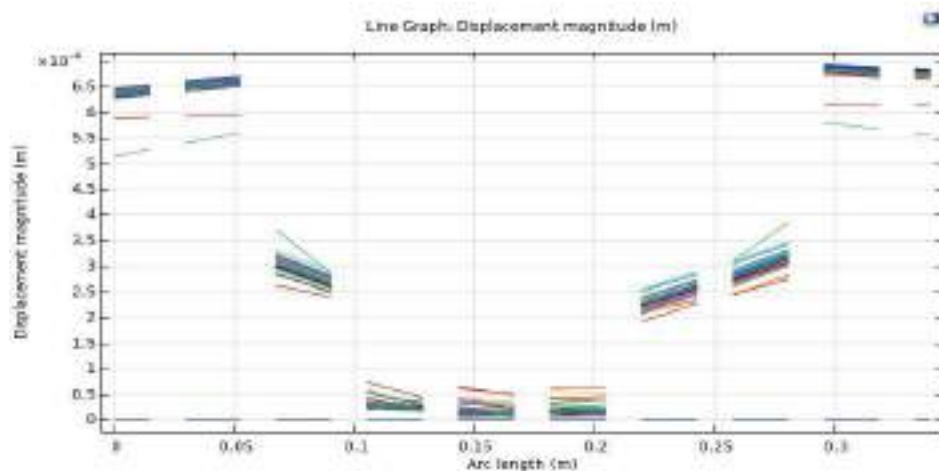


Рисунок 2.19 – График зависимости вибросмещений от ширины улья (по размещению 10 рамок)

На рисунке 2.20 представлен график зависимости вибросмещений от времени моделирования (5 с). Здесь можно видеть, что имеется три уровня смещений в зависимости от расположения рамки. На рисунке 2.21 показаны графики смещений вдоль верхнего бруса для первой, третьей и пятой рамок от времени. Из этого рисунка видно следующее: крайняя рамка (1 и 10 рамки) имеют большие смещения от вибраций, чем остальные; 3 рамка (3 и 7 рамки) смещаются на втором уровне; 5 рамка имеет самый малый уровень смещений. Можно видеть по времени возникновение всплесков смещений, что связано с резонансными явлениями.

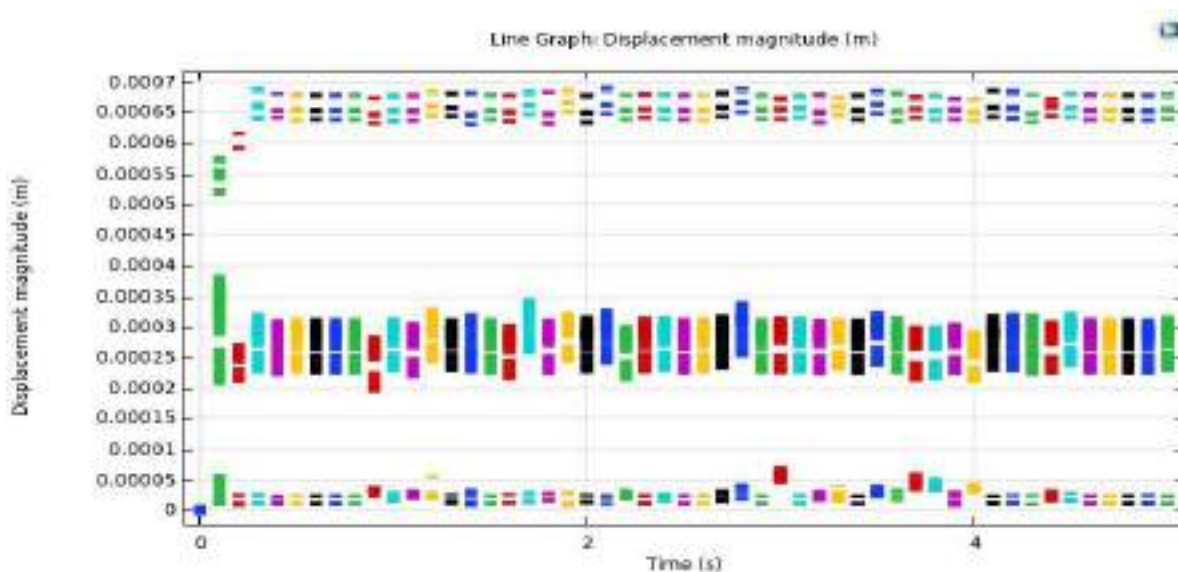


Рисунок 2.20 – График зависимости вибросмещений верхних брусов всего улья от времени

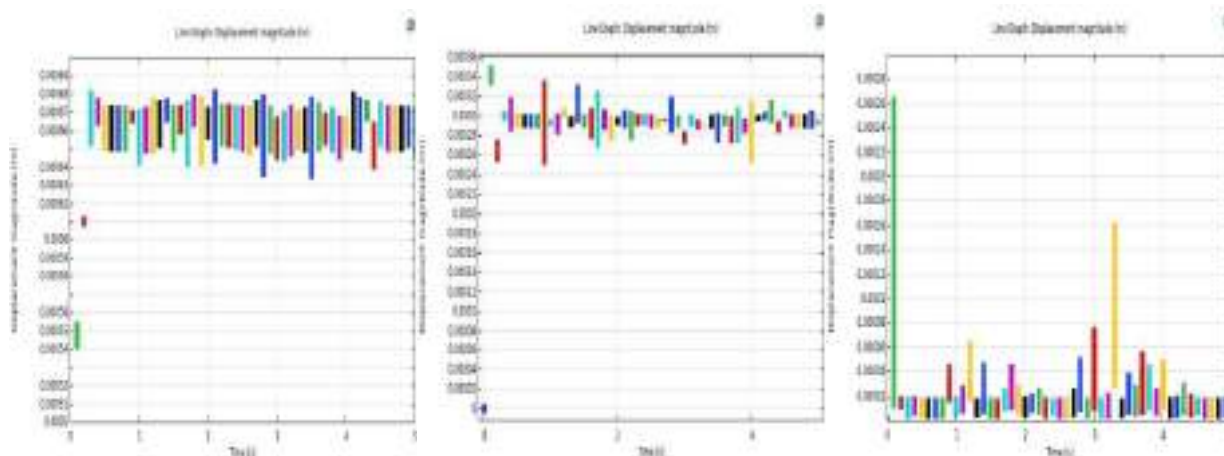


Рисунок 2.21 – График зависимости вибросмещений верхних брусов от времени, 1 рамка (слева), 3 рамка (в середине), 5 рамка (справа)

Анализ виброускорений в улье показывает следующее. На рисунке 2.22 показан в объеме улей с ускорениями и через промежутки времени. Можно увидеть, что средние рамки и сам вибратор имеют максимальные виброускорения. На рисунке 2.23 представлено изображение в разрезе улья через вибратор, где видно, что максимальное ускорение получают катушка, сердечник и верхние брусы средних рамок улья. Изображения по времени моделирования рисунка 2.24 также подтверждают данное заключение.

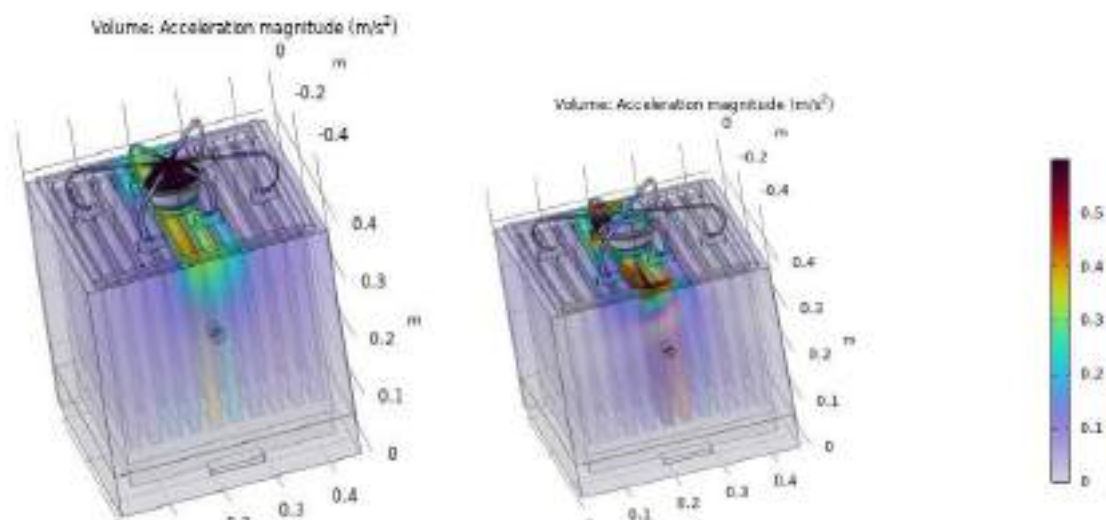


Рисунок 2.22 – Вид улья с ускорениями через 0,3 с (слева) и через 0,4 с

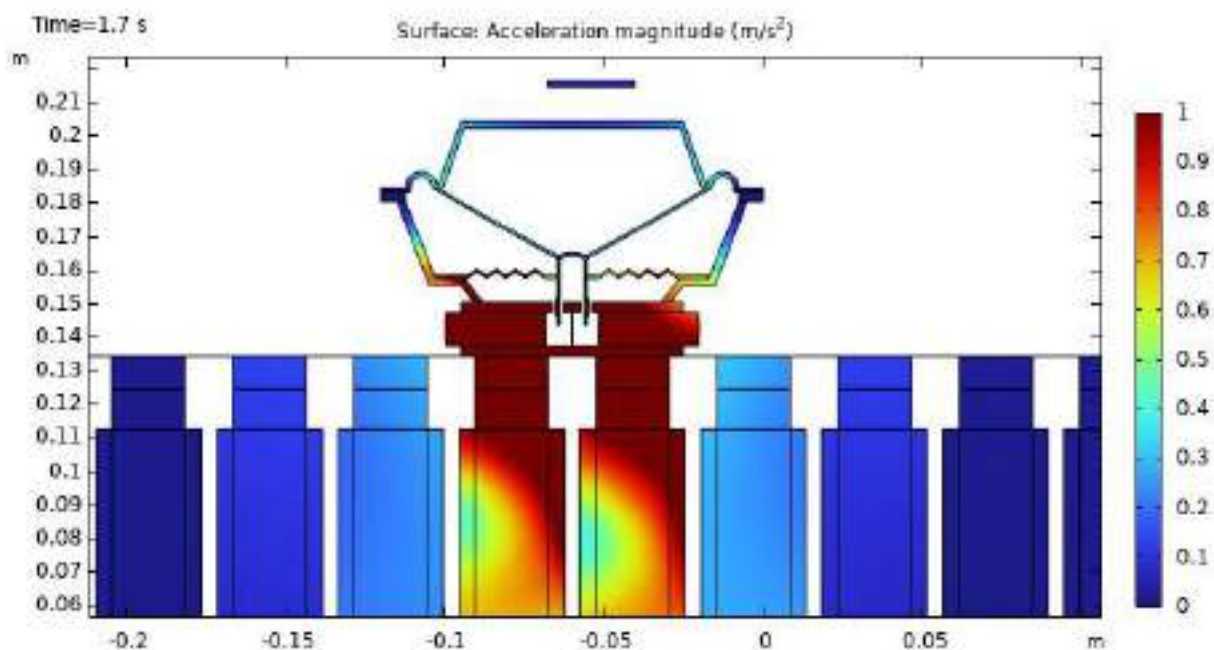


Рисунок 2.23 – Вид вибратора в разрезе с ускорениями

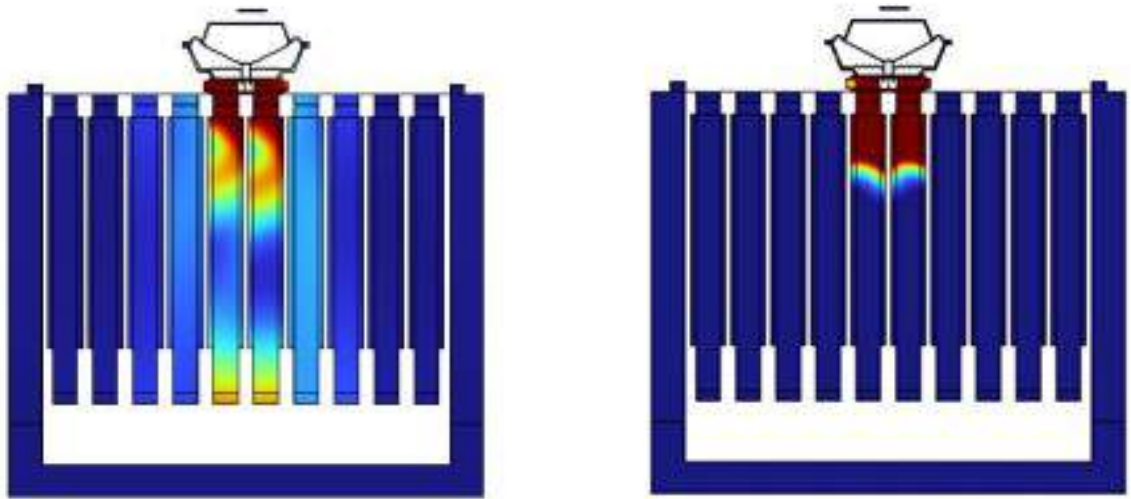


Рисунок 2.24 – Вид улья в разрезе с ускорениями через 1,8 с (слева) и 3,3 с (справа)

Анализ данных моделирования по верхним брусам (рис. 2.25) показывают, что средние ускорения имеют следующие значения: 1 рамка – 0,02 м/с²; 3 рамка - 0,15 м/с²; 5 рамка - 2,5 м/с². При этом нужно отметить, что возникают значительные всплески ускорений: в 5 рамке большинство резонансных всплесков около 8 м/с² и максимально - до 40 м/с², в 3 рамке – большинство около 0,1 и максимально до 0,45 м/с², в 1 рамке – большинство около 0,02 м/с² и максимально до 0,09 м/с². Таким образом, максимальные ускорения испытывают рамки в середине улья, что связано в первую очередь с размещением самого вибратора в центре улья.

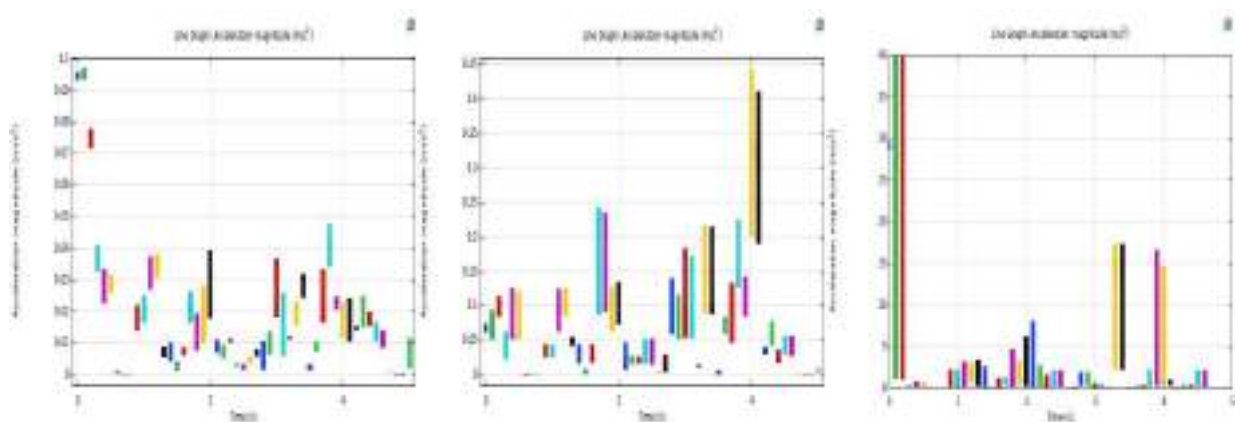


Рисунок 2.25 – График зависимости виброускорений верхних брусом от времени, 1 рамка (слева), 3 рамка (в середине), 5 рамка (справа)

Необходимо проанализировать значения виброускорений на сотах. Так на рисунке 2.26 показаны виброускорения на сотах первой, третьей и пятой рамках. Средние значения ускорений на сотах этих рамок составили: 1 рамка - 0,015 м/с², 3 рамка - 0,07 м/с², 5 рамка - 1,5 м/с². На пятой рамке имеются всплески ускорений до 75 м/с². Данные ускорения будут передаваться пчелам, что будет приводить к встряхиванию их падению клеца с них.

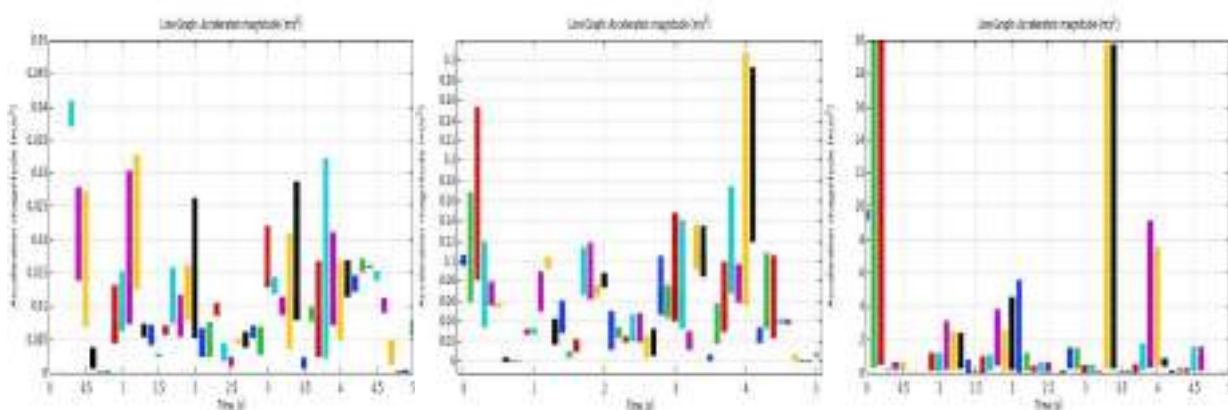


Рисунок 2.26 – График зависимости виброускорений сот по отдельным рамкам - 1 рамка (слева), 3 рамка (в середине), 5 рамка (справа)

Можно получить данные по виброускорениям на самих пчелах, которые располагаются на рамках. На изображениях рисунка 2.27 видно, что средние ускорения слоя пчел по рамкам следующие: 1 рамка - 0,015 м/с², 3 рамка - 0,06 м/с², 5 рамка – 1,5 м/с². В тоже время пчелы, расположенные на 5 и 6 рамках могут получать ускорения и до 20-90 м/с².

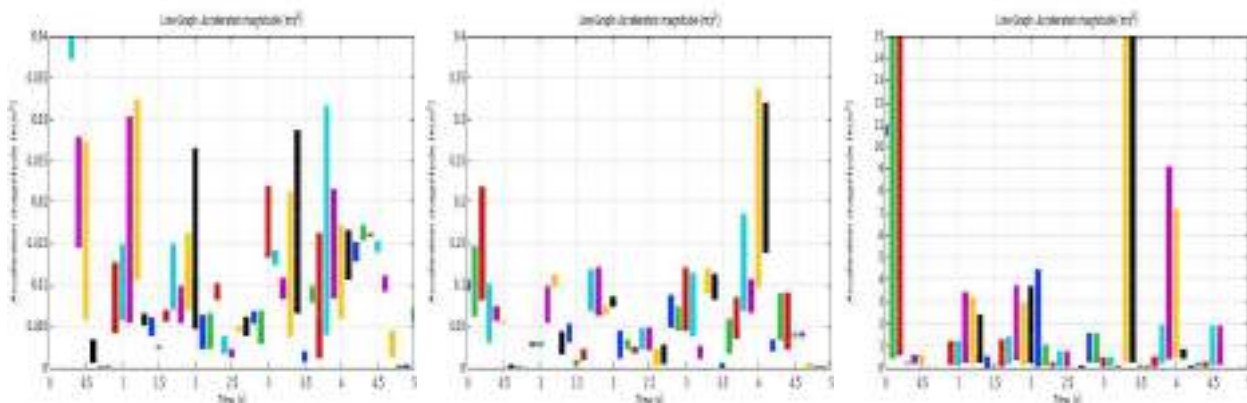


Рисунок 2.27 – График зависимости виброускорений слоя пчел по отдельным рамкам - 1 рамка (слева), 3 рамка (в середине), 5 рамка (справа)

Анализировался еще один параметр вибраций – виброскорость. На рисунке 2. 28 представлено изображение улья с нанесением поля виброскоростей через 0,3 и 0,4 секунд моделирования. В зависимости от времени видно, что максимумы виброскоростей между рамками меняются, но изменяются и значения амплитуд скоростей.

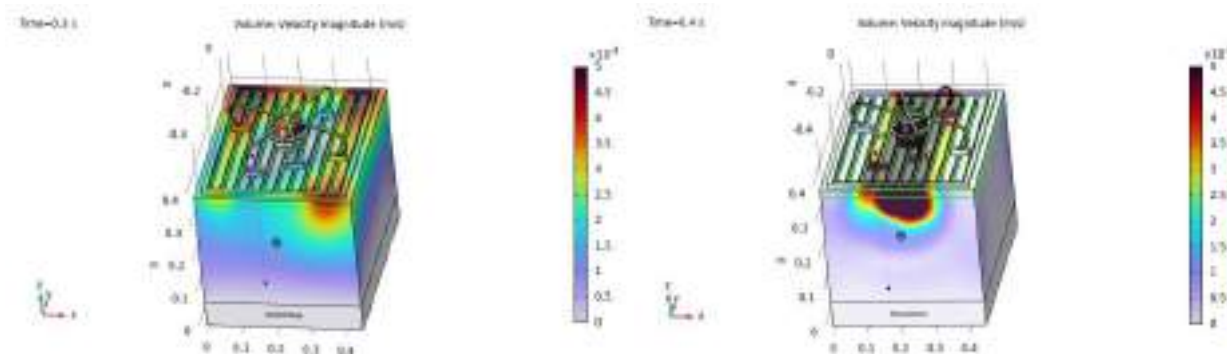


Рисунок 2.28 – Вид улья с полями виброскоростей через 0,3 с (слева) и через 0,4 с

На рисунке 2.29 показаны виброскорости по ширине улья, где видно, что максимальное значение этого параметра имеют 5 и 6 рамки.

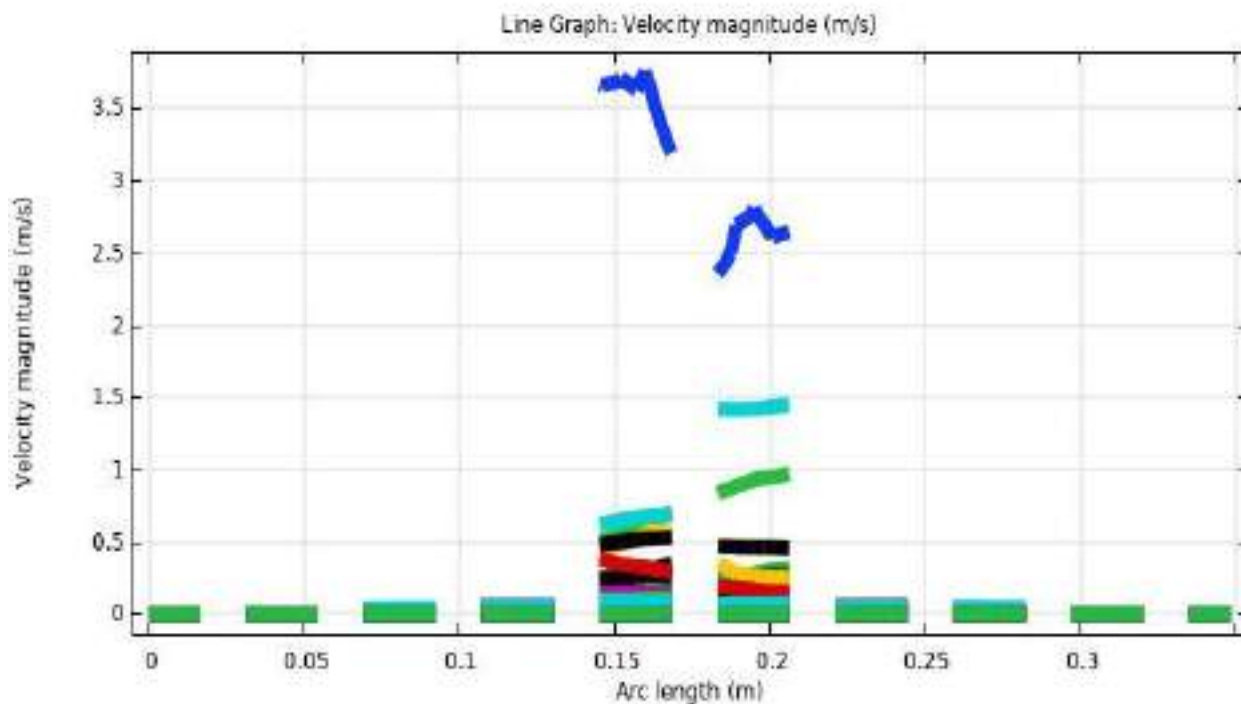


Рисунок 2.29 – График зависимости виброскоростей от ширины улья (по размещению 10 рамок)

Анализ средних значений виброскоростей по отдельным рамкам (рис. 2.30) показывает следующее: 1 рамка – 0,0013 м/с, 3 рамка - 0,0018 м/с, 5 рамка – 0,0032 м/с. Также наблюдаются всплески скоростей, например, на 5 рамке до 3,2 м/с.

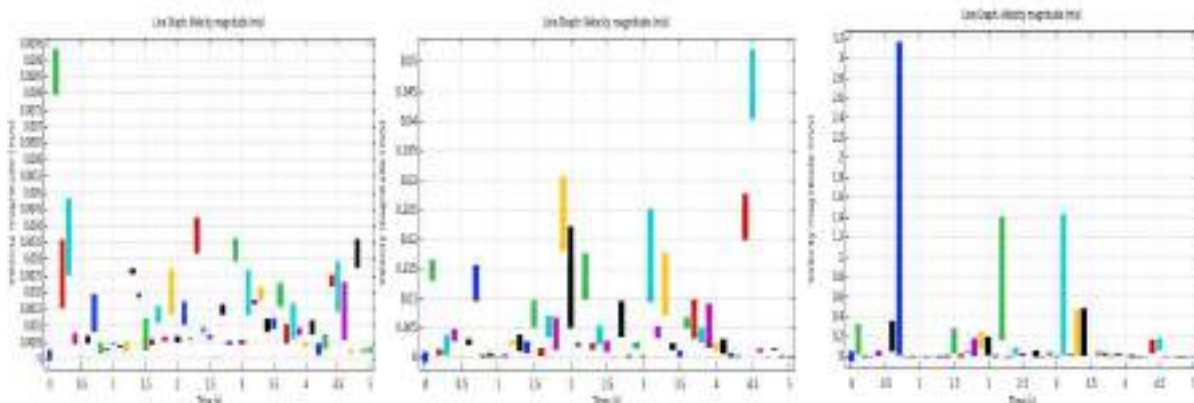


Рисунок 2.30 – График зависимости виброскоростей по отдельным рамкам – 1 рамка (слева), 3 рамка (в середине), 5 рамка (справа)

Также на графиках видны резонансные всплески виброскоростей, что будет положительно влиять на сброс клещей с пчел.

Аналогично проводились исследования и на других частотах вибраций – 1500 Гц и 2500 Гц. Все результаты моделирования сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2. 1 – Результаты моделирования вибраций в улье

Место контроля	Частота вибраций, Гц								
	500			1500			2500		
	смещение	ускорение	скорость	смещение	ускорение	скорость	смещение	ускорение	скорость
	м	м/с ²	м/с	м	м/с ²	м/с	м	м/с ²	м/с
верхний брус									
1 рамка	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,02(0,09)	0,0012	$6,8 \cdot 10^{-4}$	0,03(0,09)	0,0008	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0,01(0,1)	0,0001
3 рамка	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,15(0,45)	0,0018	$2,8 \cdot 10^{-4}$	0,6(2,8)	0,001	$3 \cdot 10^{-4}$	0,7(1,4)	0,0004
5 рамка	$0,5 \cdot 10^{-4}$	2,5 (40)	0,0032	$0,15 \cdot 10^{-4}$	2,9 (25)	0,002	$0,1 \cdot 10^{-4}$	1(13)	0,0006
СОТЫ									
1 рамка	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,015(0,1)	0,001	$3,5 \cdot 10^{-4}$	0,2 (7)	0,0002	$3,3 \cdot 10^{-4}$	0,3(6)	0,0001
3 рамка	$4,0 \cdot 10^{-4}$	0,07(35)	0,0015	$2,9 \cdot 10^{-4}$	0,4 (15)	0,0012	$3,2 \cdot 10^{-4}$	1(10)	0,00016
5 рамка	$0,5 \cdot 10^{-4}$	1,5 (60)	0,0045	$3,2 \cdot 10^{-4}$	0,7 (45)	0,0014	$3,0 \cdot 10^{-4}$	1,3(12)	0,0005

Из данных таблицы 2.1 можно сделать вывод, что амплитуды ускорений на низкой частоте (500 Гц) выше, чем на остальных частотах. Средние значения параметров вибраций остаются почти на одном уровне.

2.3 Разработка схемы управления вибратором и алгоритма программы микроконтроллера

Структурную технологическую схему установки можно изобразить в виде представленном на рисунке 2.31. Устройство может получать напряжение питания двумя способами: от аккумулятора G1 или от бытовой сети через блок питания UZ1. Выбор подключения производится через переключатель SQ1. Далее напряжение постоянного тока подается на стабилизатор A1 и далее на генератор ШИМ A2. Импульсы высокой частоты с определенной скважностью подаются на преобразователь электрической энергии в механическую YA1. Через механическую связь вибрации подаются на вибратор UZ2, который устанавливается на ульи.

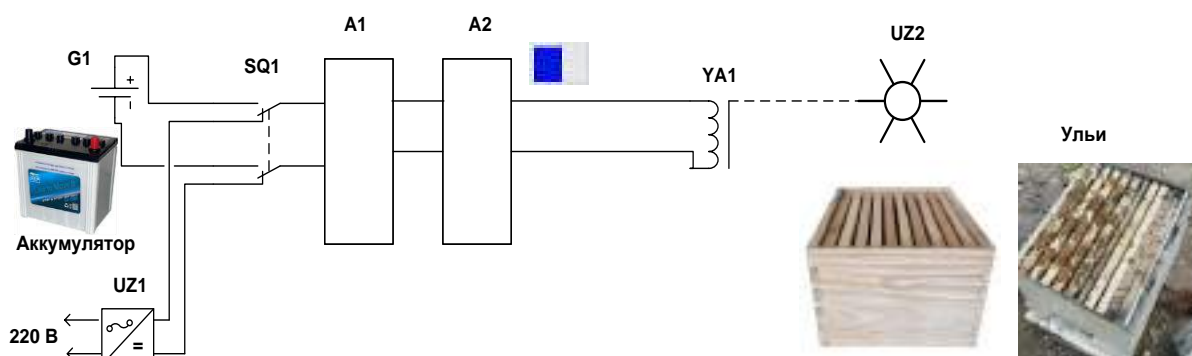


Рисунок 2.31 – Принципиальная структурная схема технологической установки

Принципиальная электрическая схема генератора ШИМ показана на рисунке 2.32. Для питания схемы используется источник постоянного тока напряжением 12 В, подключение которого производится через клемму X1. В

основе схемы лежит 8 разрядный микроконтроллер DD1 типа PIC16F1827. Микроконтроллер управляет состоянием мощного выходного транзистора VT1 с низким сопротивлением открытого канала.

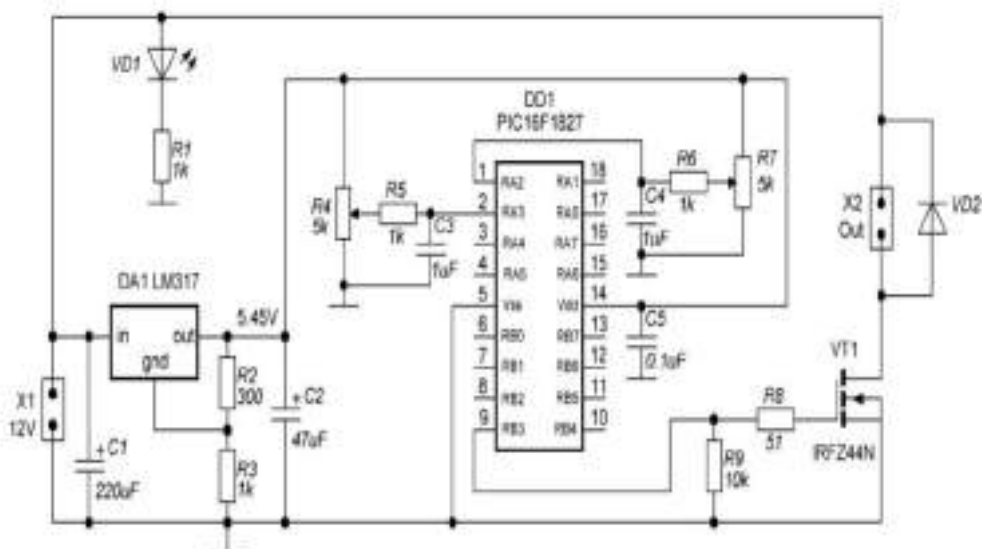


Рисунок 2.32 - Схема принципиальная электрическая генератора ШИМ

Применение транзистора с таким свойством позволяет минимизировать рассеиваемую мощность на нем (в моменты открытого состояния) и повышает общий КПД схемы. Нагрузка подключается к схеме через клемму X2. Параллельно клемме X2 включен диод VD2, который защищает транзистор VT1 от возможных выбросов самоиндукции нагрузки. Управление выходным транзистором осуществляется выводом 9 микроконтроллера DD1. На этом выводе формируется сигнал ШИМ-управления с регулируемой частотой и скважностью. Частоту управления можно изменять при помощи потенциометра R4, а скважность - при помощи потенциометра R7 (рис. 2.33). Эти элементы подключены к каналам АЦП микроконтроллера, где происходит оцифровывание значения их сопротивлений, что в дальнейшем используется основной программой для изменения управляющих ШИМ-сигналов. Микроконтроллер питается от стабилизатора напряжения DA1. Выходное напряжение стабилизатора задается резисторами R2 и R3 и выбрано близким к максимально возможному для данной модели микроконтроллера

(около 5,45 В), что позволяет более эффективно управлять нижними выходным транзистором VT1. Для индикации работы схемы используется светодиод VD1.

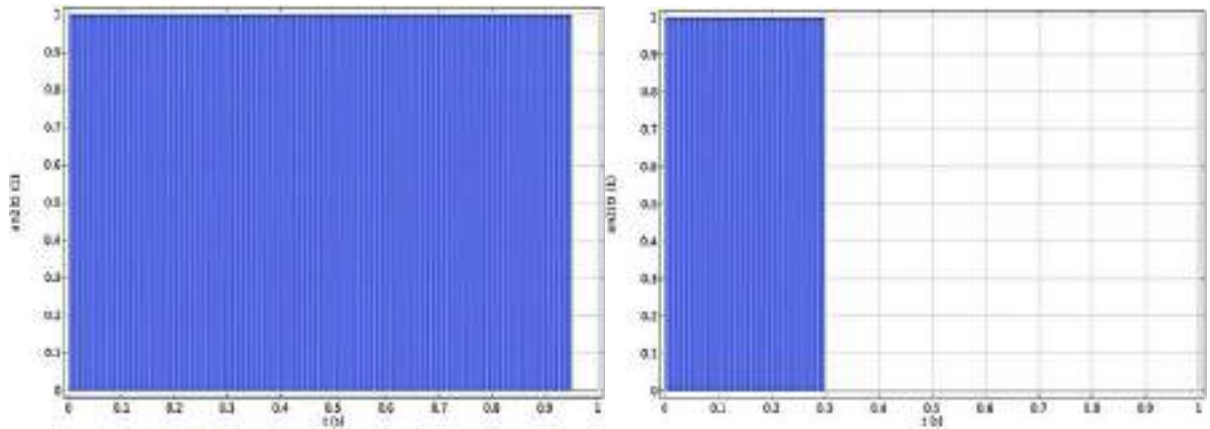


Рисунок 2.33 – Диаграмма относительного напряжения при разных коэффициентах скважности: 0,95 (слева) и 0,3 (справа)

Алгоритм работы микроконтроллера представлен на рисунке 2.34.

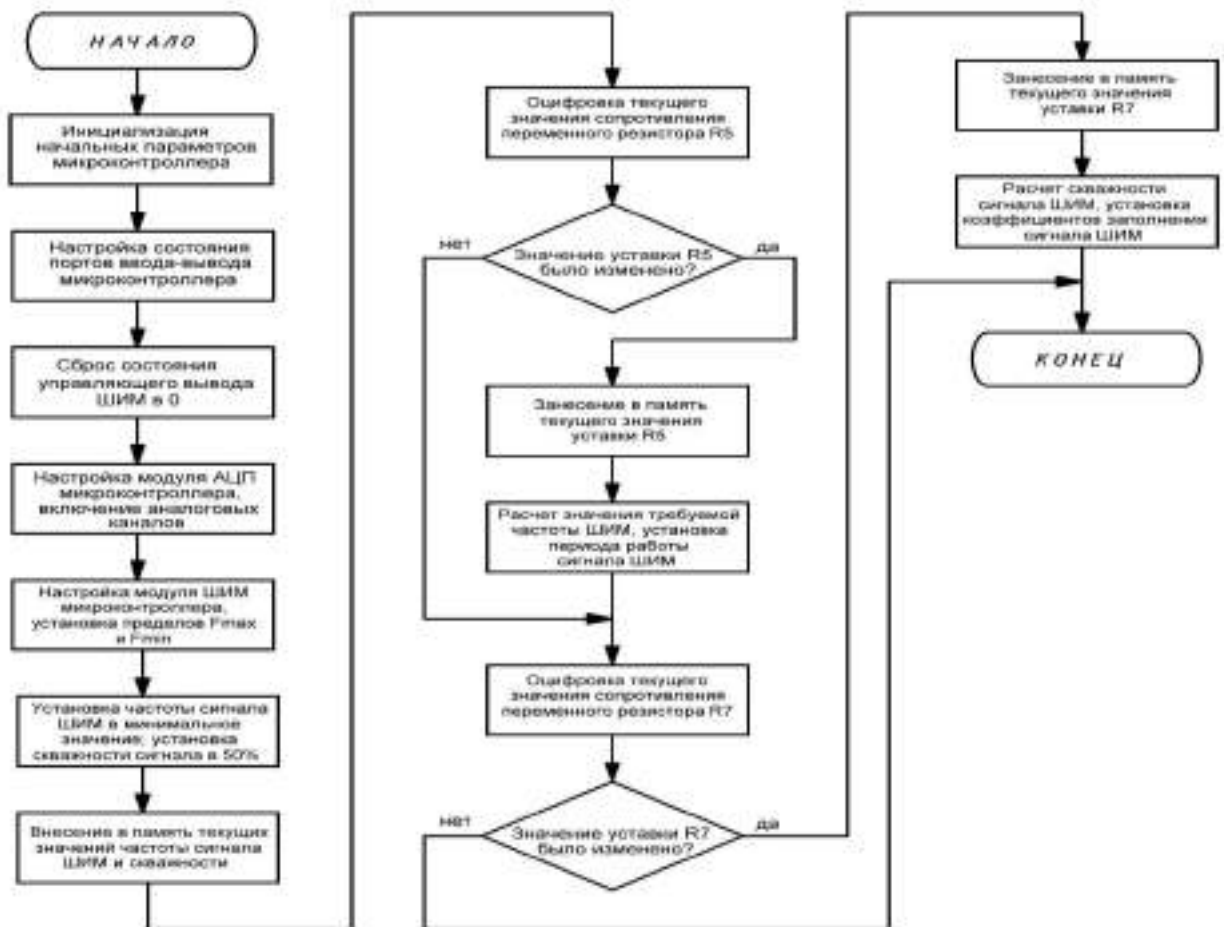


Рисунок 2.34 - Алгоритм работы микроконтроллера

На первом этапе происходит инициализация начальных параметров микроконтроллера и сброс основных настроек. Далее настраиваются выходы микросхемы на вход или выход в зависимости от их назначения (выводы 1 и 2 - на вход, вывод 9 - на выход). Состояние вывода сигнала ШИМ устанавливается в 0. Далее происходит настройка модуля АЦП микроконтроллера, настраивается подключение аналоговых каналов к выводам 1 и 2 микросхемы. Модуль ШИМ микросхемы настраивается на максимальное разрешение работы, определяются пределы максимальной F_{\max} и минимальной частоты F_{\min} работы. Частота сигнала ШИМ устанавливается в минимальное значение, а скважность - в 50%.

На следующем этапе программа проверяет уставку переменного резистора R5 путем оцифровки его значения при помощи модуля АЦП. В случае изменения значения уставки происходит расчет требуемой частоты ШИМ и изменение настроечных переменных модуля ШИМ. Далее программа проверяет уставку переменного резистора R7. В случае изменения уставки происходит расчет требуемой скважности сигнала ШИМ и изменение коэффициента заполнения сигнала ШИМ. Описанный выше этап является циклическим, таким образом, программа постоянно проверяет значение сопротивлений R5 и R7 и корректирует управляющий сигнал ШИМ в зависимости от изменившихся условий.

Полученный алгоритм реализовывался на микроконтроллер типа PIC16F1827, путем ввода соответствующей программы. Многозадачность данного алгоритма позволяет легко изменять несущие частоты выходного напряжения и время работы установки. При необходимости, можно производить изменение подаваемого напряжения на вибратор. В случае подключения нескольких вибраторов нужно увеличить площадь радиатора выходного транзистора или добавить еще один транзистор также с охлаждающим элементом. Простота схемы позволит реализовать конструкцию пчеловодам, имеющих малый уровень компетенций в схемотехнике и радиоэлектронике.

2.4 Выводы

1. Используя уравнение движения подвижных частей вибратора установлена зависимость показателей вибрации таких как перемещение, скорость, ускорение от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил

2. Разработана геометрическая модель улья с электромагнитным вибратором, расположенным на верхних брусах рамок. Для исследований принят программный продукт Comsol, в котором построена сетка геометрического объекта для расчета методом конечных элементов.

3. Для исследований физических процессов приняты следующие интерфейсы: магнитные поля - «Magnetic fields»; вибрации и перемещения - «Solid mechanics», тепловые процессы - «Heat Transfer». При моделировании используется две мультифизические связи: между интерфейсом магнитных полей и интерфейсом механики твердого тела; между интерфейсом магнитных полей и интерфейсом теплопередачи.

4. Получена математическая модель физических процессов в объекте исследований в виде системы уравнений, которая включает: зависимости силы Лоренца от параметров вибратора и источника тока, уравнения теплопередачи и теплопроводности, уравнение движения.

5. Моделирование электромеханических процессов проводилось с разными частотами ШИМ подаваемого напряжения (500 Гц, 1500 Гц, 2500 Гц) и изменяем скважности подаваемых импульсов. Установлено, что скважность импульсов влияет на тепловое состояние вибратора и для оборудования с принятыми параметрами максимальная скважность должна быть равна 0,3, что будет соответствовать удовлетворительному тепловому режиму вибратора.

6. Анализ индукции магнитного поля и удельной энергии магнитного поля с их распределением в расчетной области показал, что они имеют не постоянное значение с большим количеством всплесков. В результате создаваемая сила Лоренца также непостоянная и имеет

максимальное значение до $2 \cdot 10^7$ Н/м³, которая воздействует на подвижную катушку.

7. Основные результаты получены из интерфейса «Solid Mechanics», с оценкой уровня вибраций по трем параметрам: смещение, ускорение, скорость. Для большей наглядности вида смещений при моделировании использовался блок «Deformation», который усиливал траектории перемещений отдельных элементов.

8. Анализ результатов моделирования механических процессов в объекте исследования показал, что максимальные значения показателей вибрации, во всех составляющих объекта возникают при частоте вибраций 500 Гц. Средние значения показателей вибрации при изменении частоты от 500 Гц, до 2500 Гц отличаются незначительно, так по верхнему брусу находятся в следующих интервалах: по крайней рамке перемещения от $6,5 \cdot 10^{-4}$ м до $6,8 \cdot 10^{-4}$ м, ускорения от $0,02$ м/с² до $0,03$ м/с², скорости от $0,01$ м/с до $0,012$ м/с.

9. Установлено, что на частоте 500 Гц по верхнему брусу смещение на крайних рамках находятся на уровне $6,5 \cdot 10^{-4}$ м, на средних рамках $0,5 \cdot 10^{-4}$ м; ускорения на крайних рамках $0,02$ м/с² и всплески до $0,09$ м/с², на средних рамках – $2,5$ м/с² и всплески до 40 м/с². На сотах ускорения крайних рамок составляют $0,015$ м/с² и всплески до $0,04$ м/с², а средних рамок – $1,5$ м/с² и всплески до 75 м/с². Максимальные всплески ускорений наблюдаются на слое пчел – до 90 м/с². Основной показатель вибраций – это виброускорения (в середине улья на сотах и слое пчел значения до $10g$), которые будут передаваться пчелам, что окажет им помощь для сбрасывания клещей.

10. Анализ виброскоростей показывает их меньшее различие между верхним брусом и сотами. Так значение скоростей по верхнему брусу на крайних рамках находятся на уровне $0,0012$ м/с, а на средних – $0,03$ м/с; по сотам на крайних рамках $0,001$ м/с, на средних – $0,045$ м/с.

11. Разработана принципиальная электрическая схема управления электромагнитным вибратором для реализации режимов работы обработкой

пчелиных ульев.

12. Разработаны алгоритм и соответствующая программа для микроконтроллера, управляющего режимами обработки ульев.

3. МЕТОДИКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ УСТАНОВКИ

3.1 Методика экспериментальных исследований

Сопоставление результатов моделирования и экспериментов по вибрациям отдельных составляющих объекта исследования проводилось на пасеке. Для этого брался 10-рамочный улей без пчел с медовыми рамками. Был изготовлен вибратор (рис. 3.1) на основе громкоговорителя.



Рисунок 3.1 – Внешний вид вибратора

В соответствии с принципиальной электрической схемой изготовлена схема управления вибратором (рис. 3.2).

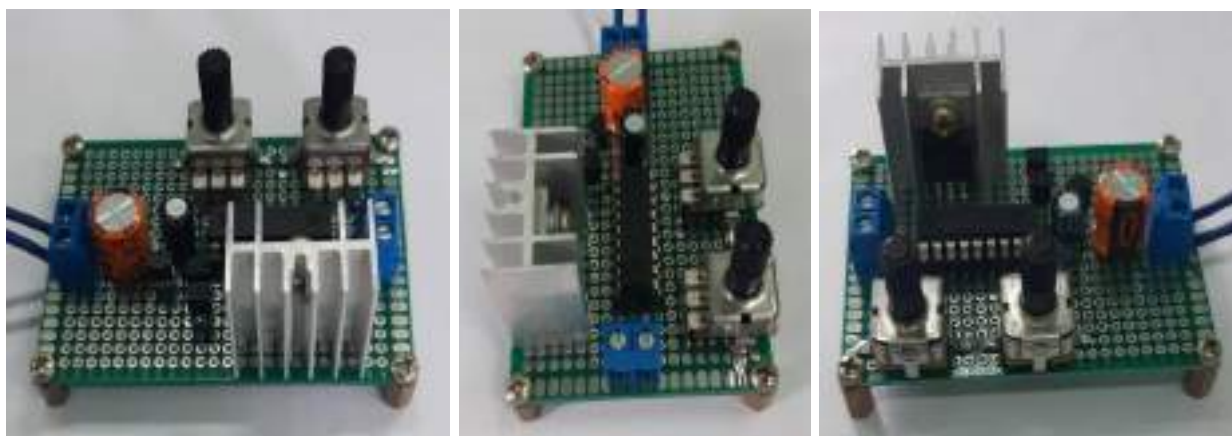


Рисунок 3.2 – Внешний вид схемы управления вибратором

Вибратор устанавливался в центре верхней части улья (рис. 3.3). Используя виброметр марки НТ-1201 измерялись в различных частях показатели вибраций: смещение, ускорение, скорость. Все измерения проводились в 3-х кратной повторности.



Рисунок 3.3 – Внешний вид улья с установленным вибратором и использование виброметра

Геометрические модели вибратора и улья полностью соответствовали свои физическим моделями. Измерения показателей вибраций проводились в следующих элементах объекта исследований: в трех областях верхних брусков всех рамок, в 4-х местах самого вибратора, в 3-х областях нижних брусков, на всех рамках в 2-х местах сотов.

Второй этап экспериментальных исследований был посвящен определению эффективности работы вибратора в течении сезона работы пчеловода. В летний период (июнь месяц) в течении 10 дней проводились исследования по определению степени поражения пчелиных семей клещом варроа. Для этого были выбраны контрольные ульи и экспериментальные. В опытных ульях размещался вибратор сверху покрывающей пчел пленки и

подключался к блоку управления (рис. 3.4). Отбор ульев проводился в соответствии со стандартом [23], так как пчелиная семья независимо от породы или типа, должна соответствовать требованиям и нормам.



Рисунок 3.4 – Внешний вид улья с установленным вибратором

Степень поражения пчелиных семей варроатозом определяли в соответствии с методическими рекомендациями [70]. Для этого отбирали около 50 живых пчел с сотов из центра гнезда в небольшую стеклянную емкость. В чашку с белым дном наливали 150 см³ горячей (70 °С) воды и добавляют в нее 2 - 3 г стирального порошка. В полученный раствор высыпали пробу пчел и помешивали их в течение 1-2 мин. Отпавшие от пчел клещи оседают на дно емкости.

Степень поражения пчел клещами варроа в процентах определяют по формуле:

$$C = \frac{K}{P} 100\%, \quad (3.1)$$

где С - степень поражения (количество клещей в расчете на 100 пчел);
К - количество отпавших клещей; П - количество пчел в пробе.

Экспериментальные ульи подвергались обработке вибрацией циклами: в течении 10 дней с вибрацией по 10 с и отключением на 30 мин. Всего за сутки проводилось до 47 циклов. Подаваемая частота вибраций имела три уровня: 500 Гц, 1500 Гц и 2500 Гц.

3.2 Результаты экспериментальных исследований по подтверждению данных моделирования вибрационных процессов

Чтобы получить больше информации, измерения параметров вибраций при разных частотах импульсов проводились в нескольких местах отдельных элементов (таблица П. 1.1). Так измерения вибраций верхних брусов проводили в трех точках по его длине и на каждой рамке. Нужно отметить, что используемый прибор для измерения параметров вибраций измерял ускорения фиксируя максимальные значения, а остальные параметры - средние. После измерений вибраций их усреднений и исключения максимальных выбросов значений были построены графики зависимостей параметров вибраций от номера рамки (рис. 3.5, 3.6).

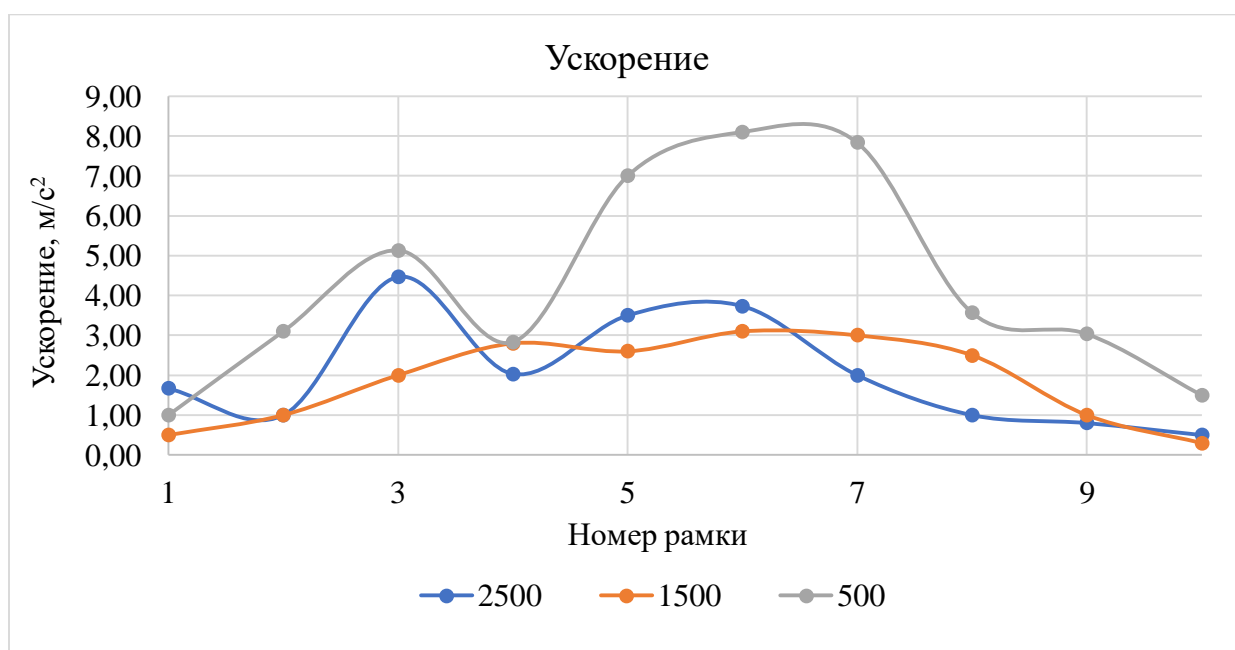


Рисунок 3.5 – Графики зависимостей ускорений верхнего бруса от номера рамки в улье при разных частотах вибраций

При анализе полученных данных установлено, что 3-я рамка имеет превышения значений параметров над остальными данными. После выяснении таких проявлений обнаружены значительные восковые наросты на этой рамке, что объясняет причину этих всплесков значений. Сопоставление

полученных данных с результатами моделирования показало следующее. Относительная ошибка максимальных всплесков виброускорений верхнего бруса с 5 по 7 рамку не превышает 10 %. Экспериментальные виброускорения с 1 по 3 рамку выше модельных значений.

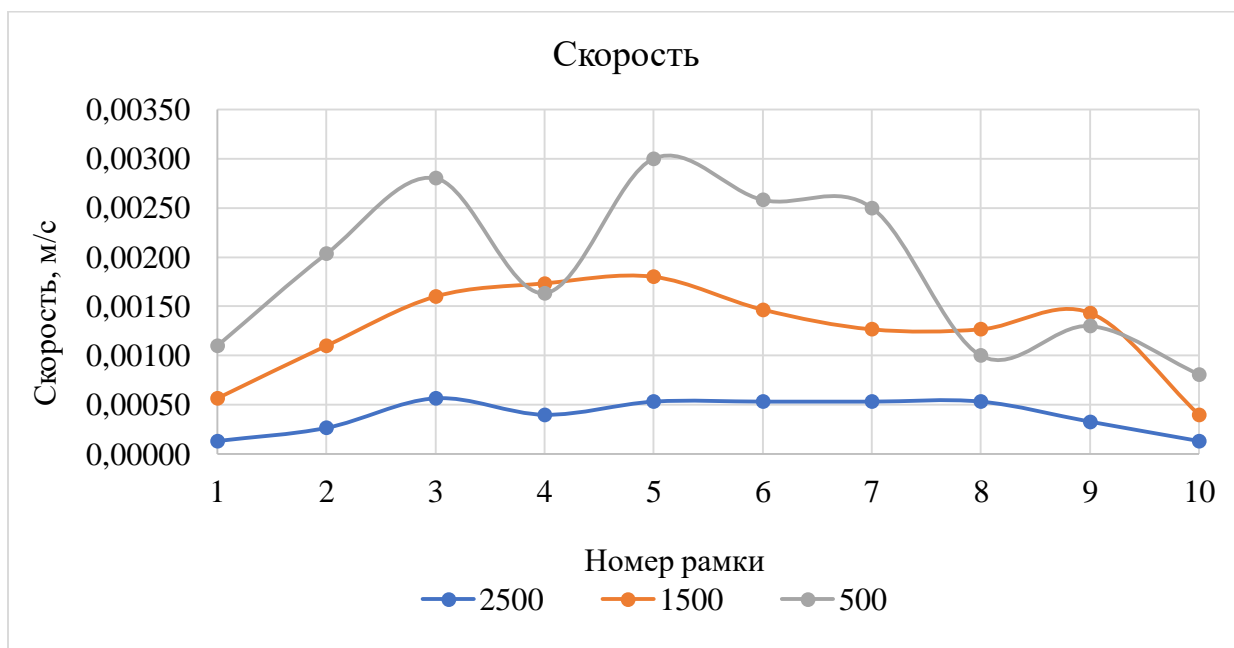


Рисунок 3.6 – Графики зависимостей скоростей верхнего бруса от номера рамки в улье при разных частотах вибраций

Анализ результатов экспериментов по параметрам вибраций восковых сот в улье показал следующее. Наблюдалось достаточно хорошее совпадение виброускорений (относительная погрешность от 5 до 10%) теории и эксперимента показали данные по 3-й и 5-й рамок (рис. 3.7). Наиболее точное совпадение (на уровне 5,3%) приходится на частоты 1500 Гц и 2500 Гц. Крайние рамки показывают значительные отличия виброускорений – в несколько раз. Это связано с тем, что виброускорения значительно зависят от степени наростов воска на рамках и трудностью измерений на самих сотах (высокая пластичность восковых сот). Кроме того, практически невозможно измерить параметры вибраций в середине рамки. Эксперимент подтверждает, что с ростом частоты вибраций снижаются значения виброускорений и максимальные ускорения испытывают рамки в середине улья.

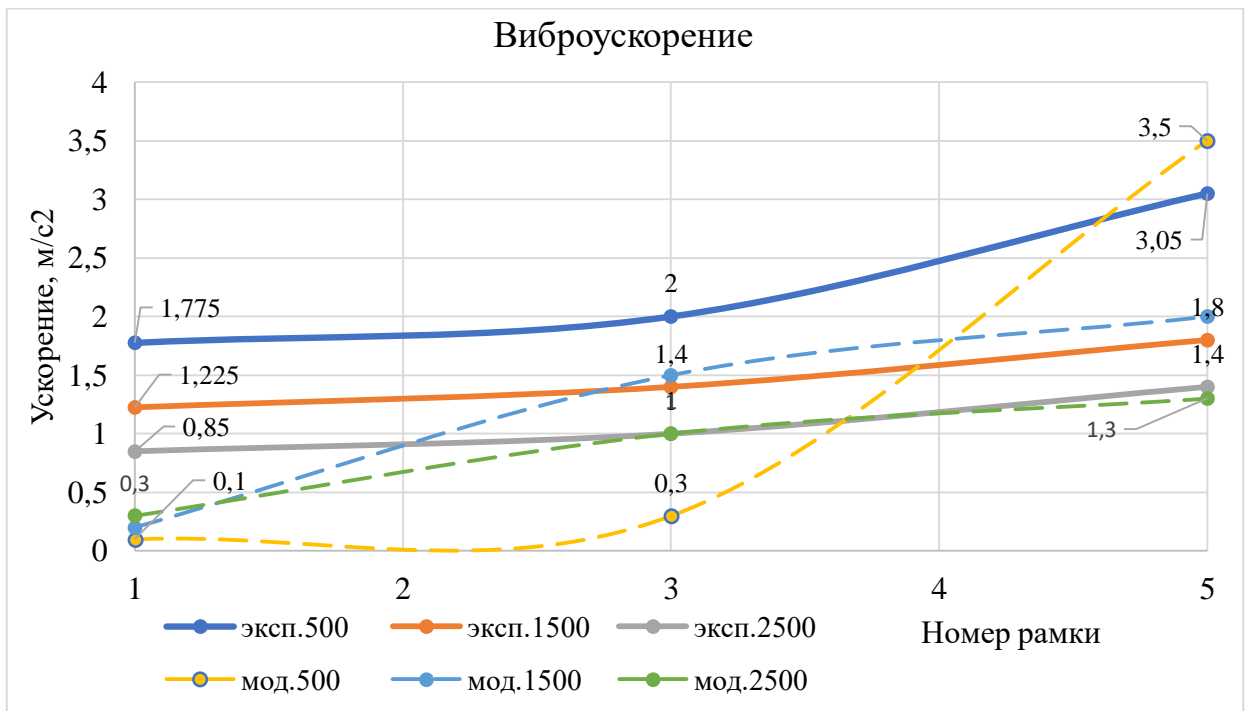


Рисунок 3.7 – Графики зависимостей ускорений восковых сот от номера рамки в улье при разных частотах вибраций

Сопоставление виброскоростей на сотах показал более точное совпадение модельных значений с результатами эксперимента (рис. 3.8).

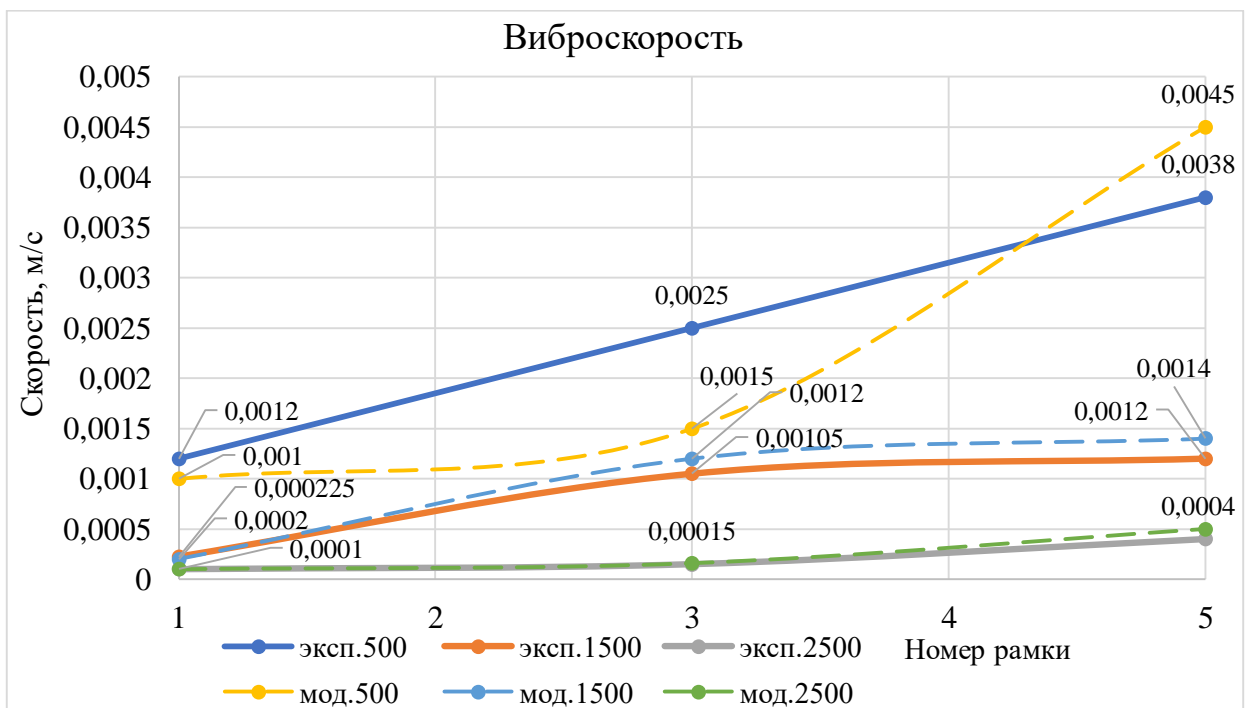


Рисунок 3.8 – Графики зависимостей ускорений восковых сот от номера рамки в улье при разных частотах вибраций

Также наблюдается более низкие относительные погрешности на повышенных частотах (погрешность 3-5%). Также можно сделать вывод о высоких скоростях в середине улья.

Проводилась оценка параметров вибраций по другим частям рамок и непосредственно самого вибратора. Все параметры были в пределах, данных моделирования. Труднее всего было оценить значения вибропараметра – смещение. Это связано с тем, что значение смещений имеют очень малое значение и в отдельных частях улья экспериментально не удалось провести измерения, особенно на повышенных частотах. Тем не менее на частоте 500 Гц измерения смещений дало результаты (таблица П 1.1.) и показало, что смещения верхнего бруса рамок лежат в пределе 0,001-0,008 мм. На рисунке 3.9 показаны результаты моделирования смещений верхнего бруса средней рамки, из которого видно, что экспериментальные вибросмещения находятся в тех же пределах. Также наблюдаются повышенные значения вибросмещений крайних рамок при моделировании в пределе 0,01-0,7 мм. Такое расхождение объясняется наличием воска на рамках. Тенденция снижения смещений от повышения частоты подтвердилась.

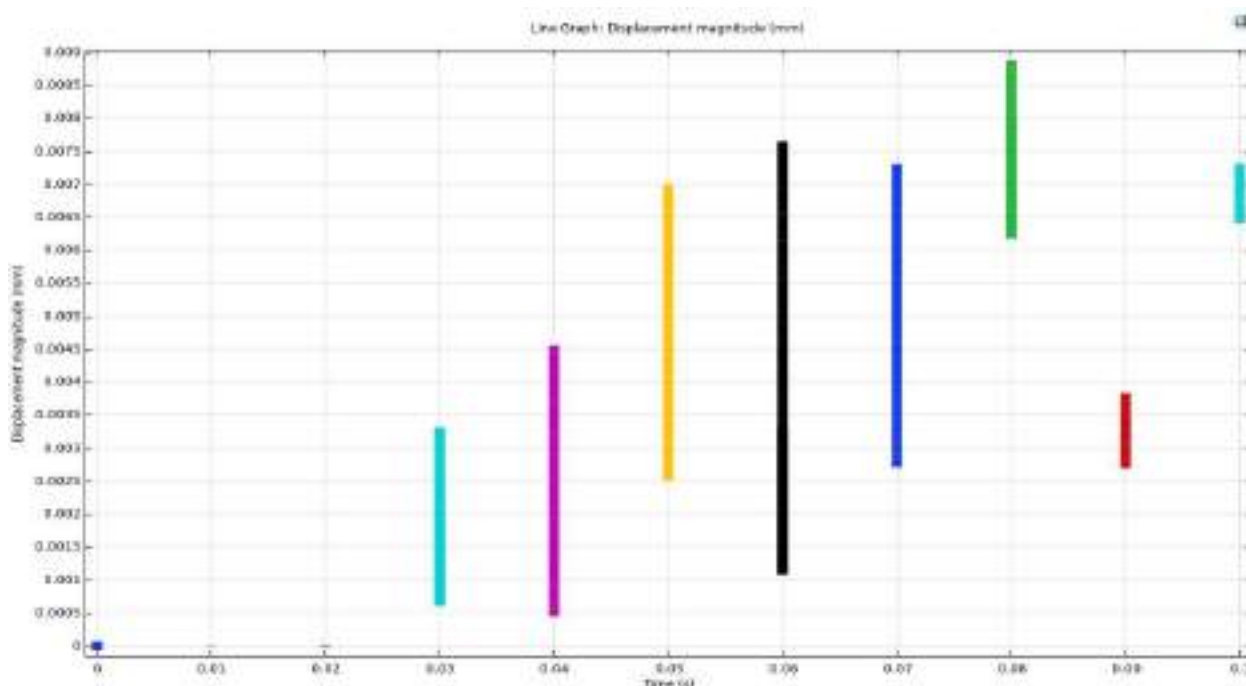


Рисунок 3.9 – Графики зависимостей вибросмещений средней рамки в улье при частоте вибраций 500 Гц.

3.3 Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности использования вибраций в условиях пасеки

В соответствии с приведенной методикой проведения эксперимента на пасеке были получены результаты по падению клещей и заклещенности ульев при контроле и обработке вибратором (таблицы 3.1-3.3). Анализ полученных результатов показывает, что применение вибратора на всех частотах дает больше падение клещей в улье, чем без вибрации. На рисунках 3.10-3.12 представлена графическая интерпретация полученных данных для средних значений падений клеща с интервалом \pm среднее квадратическое отклонение. Как видно из графиков превышение наибольшее превышение над контролем имелось при частоте вибраций 1500 Гц.

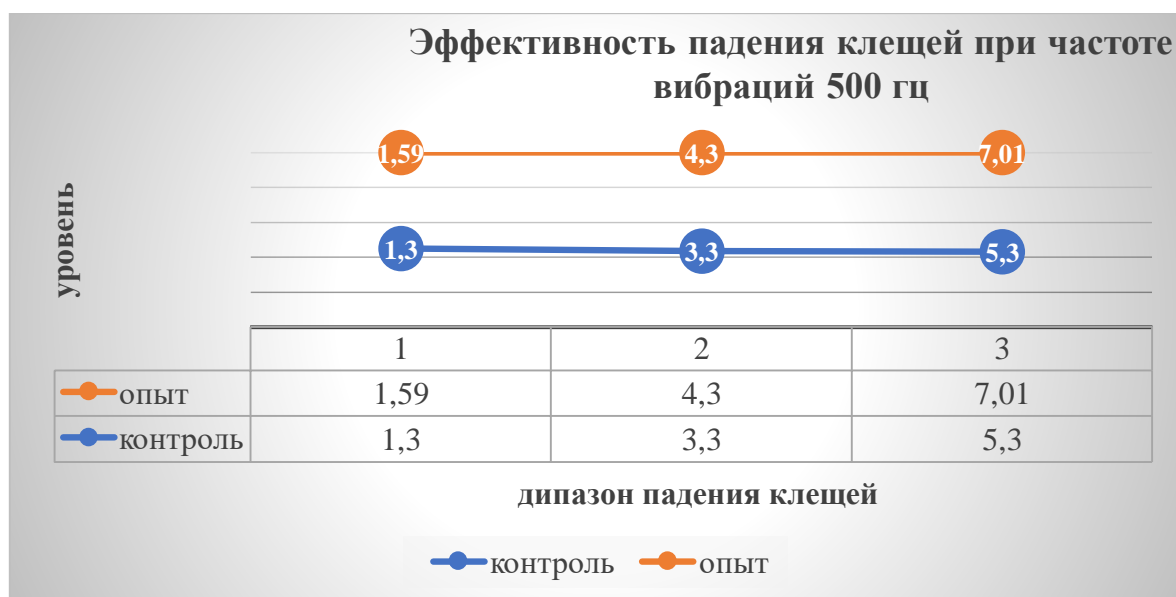


Рисунок 3.10 – Зависимости диапазонов уровней средних значений с учетом средних квадратических отклонений падений клещей при контроле и опыте при частоте вибраций 500 Гц.

Таким образом, использование вибратора на пасеке показало эффективность применения вибратора для стряхивания клещей с пчел. Нужно также отметить, что пчелы сами стараются избавиться от клеща путем собственных вибраций. Совместные движения пчел и вибрации от

электромеханического вибратора будут в комплексе влиять на прикрепленных к телу пчел и это увеличит действующие силы на клещей.

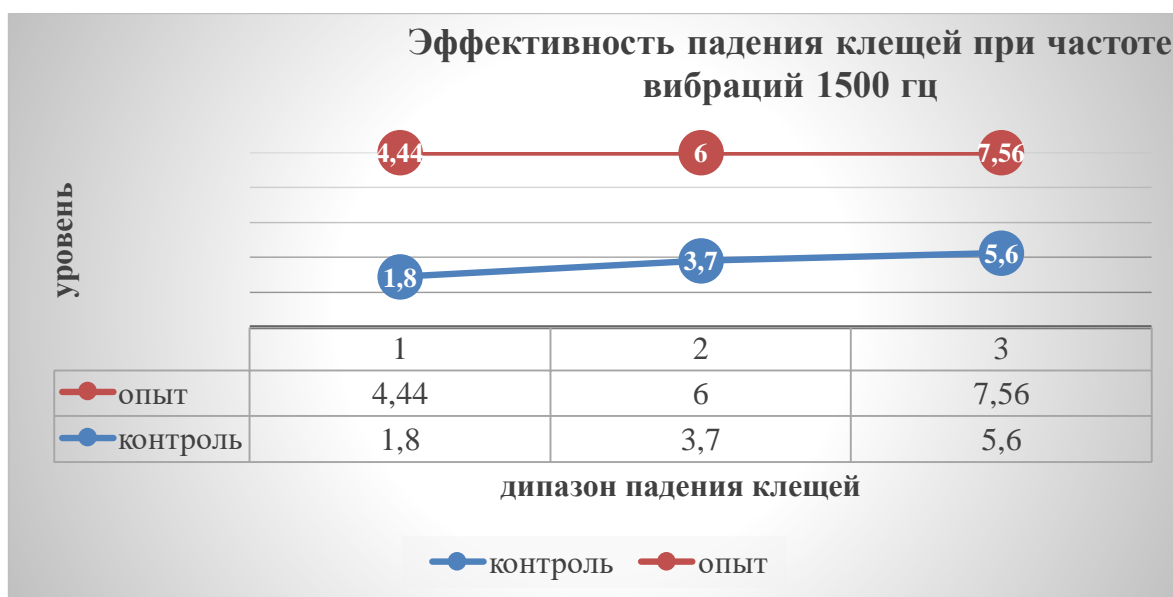


Рисунок 3.11 – Зависимости диапазонов уровней средних значений с учетом средних квадратических отклонений падений клещей при контроле и опыте при частоте вибраций 1500 Гц.

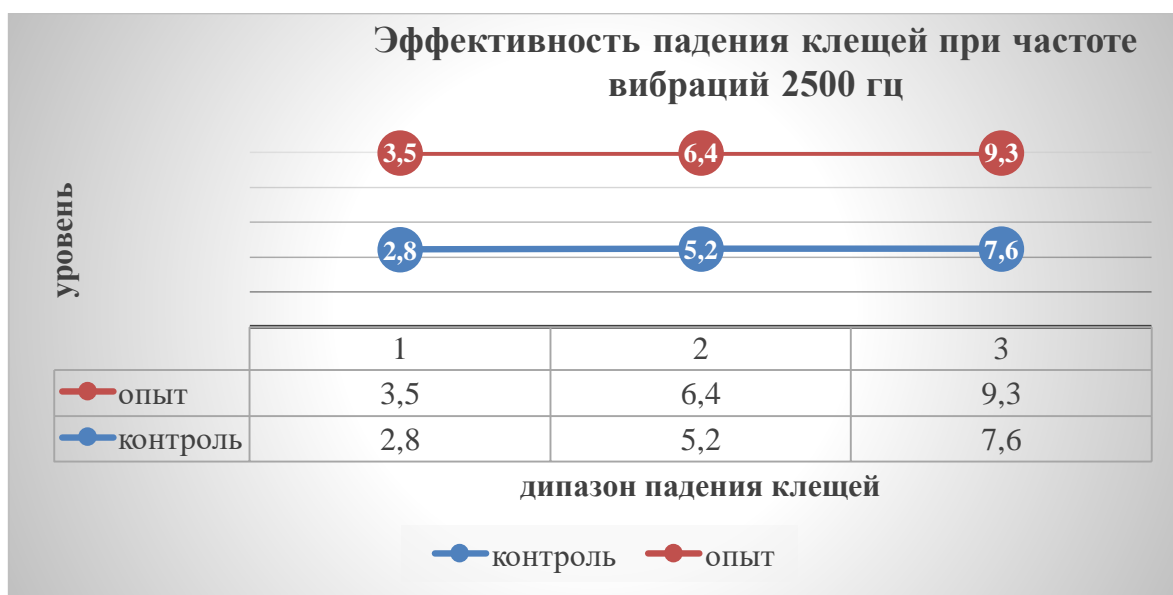


Рисунок 3.12 – Зависимости диапазонов уровней средних значений с учетом средних квадратических отклонений падений клещей при контроле и опыте при частоте вибраций 2500 Гц.

Таблица 3.1 Результаты экспериментальных исследований на падение клещей и зараженность клещом варроа при частоте вибрации 500 Гц

Параметры	25.06		26.06		27.06.		28.06		29.06.		30.06.		01.06.		02.06.		03.06.		04.06.		общая	
	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о
Количество опавших клещей, шт.	3	1	2	5	2	3	4	1	8	3	3	10	2	4	5	7	1	4	3	5	33	43
среднее																					3,3	4,3
ср. кв. отклонение																					2,00	2,71
Заклещенность, %																					3,57	4,68
Пчелы, кг, не менее																					3	3
Соты расплодного гнезда в соответствии с типом улья и размером рамки, шт.																					10	10
Расплод пчелиный в переводе на сот в рамке с наружным размером 435x300 мм, шт., не менее																					5	5
Корм, кг, не менее																					8	7,5

Таблица 3.2 Результаты экспериментальных исследований на падение клещей и зараженность клещом при частоте вибрации 1500 Гц

Параметры	25.06		26.06		27.06.		28.06		29.06.		30.06.		01.06.		02.06.		03.06.		04.06.		общая	
	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о
Количество опавших клещей, шт.	1	5	3	5	2	8	4	6	2	5	4	5	7	9	3	7	5	6	6	4	37	60
среднее																					3,7	6,0
ср. кв. отклонение																					1,89	1,56
Заклещенность, %																					3,7	4,7
Пчелы, кг, не менее																					3	3
Соты расплодного гнезда в соответствии с типом улья и размером рамки, шт.																					10	10
Расплод пчелиный в переводе на сот в рамке с наружным размером 435x300 мм, шт., не менее																					5	5
Корм, кг, не менее																					8	7,5

Таблица 3.3 Результаты экспериментальных исследований на падение клещей и зараженность клещом при частоте вибрации 2500 Гц

Параметры	25.06		26.06		27.06.		28.06		29.06.		30.06.		01.06.		02.06.		03.06.		04.06.		общая	
	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о	к	о
Количество опавших клещей, шт.	8	5	7	12	6	1	4	5	2	6	4	6	9	7	2	8	4	9	6	5	52	64
среднее																					5,2	6,4
ср. кв. отклонение																					2,39	2,91
Заклещенность, %																					3,86	4,81
Пчелы, кг, не менее																					3	3
Соты расплодного гнезда в соответствии с типом улья и размером рамки, шт.																					10	10
Расплод пчелиный в переводе на сот в рамке с наружным размером 435х300 мм, шт., не менее																					5	5
Корм, кг, не менее																					8	8

Второй этап производственной проверки проводился с использованием методики планирования экспериментов. Необходимо было определить оптимальные параметры подаваемой электрической энергии на вибратор – скважность и частоту импульсов. Для определения влияния данных параметров (частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов) на интенсивность удаления клеща с пчел и пчелиных рамок был проведен двухфакторный эксперимент. В качестве зависимой переменной y_1 была выбрана разница ($\Delta N = n_1 - n_2$) между количеством осыпавшегося клеща в опытном n_1 и в контрольном n_2 ульях. Эксперимент проводился с 3-х кратной повторностью и с последующим усреднением (приложение 1).

Для уровней первого фактора x_1 (частота) были взяты значения из проводимого ранее моделирования исследуемого процесса: 500, 1000 и 1500 Гц. В качестве значений уровней второго фактора x_2 (скважность): 0,2, 0,5 и 0,8.

Установка располагалась сверху пчелиных рамок на пленке толщиной 150 мкм и работала в течение суток в следующем периодическом режиме: отключение через 60 секунд работы и последующее включение на этот же интервал через 20 минут.

Оценку эффективности работы установки производили раз в сутки путем подсчета клеща на нижнем поддоне. Усредненные результаты эксперимента представлены в таблице 3.4.

На рисунке 3.13 показана аппроксимирующая поверхность по полученным данным проведенных экспериментов, которая реализовывалась в ПО Statistica. Для выделения оптимальных значений параметров получена проекция данной поверхности на факторную плоскость (рис. 3.14).

Таблица 3.4 – Результаты экспериментальных исследований влияния частоты x_1 и скважности x_2 подаваемых импульсов на количество опавшего клеща

№	Частота, Гц, x_1	Скважность, x_2	Разница между количеством клещей опавших в контрольных и опытных ульях, deltaN, шт. y_1
1	500	0,2	1
2	500	0,5	1
3	500	0,8	7
4	1000	0,2	2
5	1000	0,5	3
6	1000	0,8	-1
7	1500	0,2	6
8	1500	0,5	-2
9	1500	0,8	-1

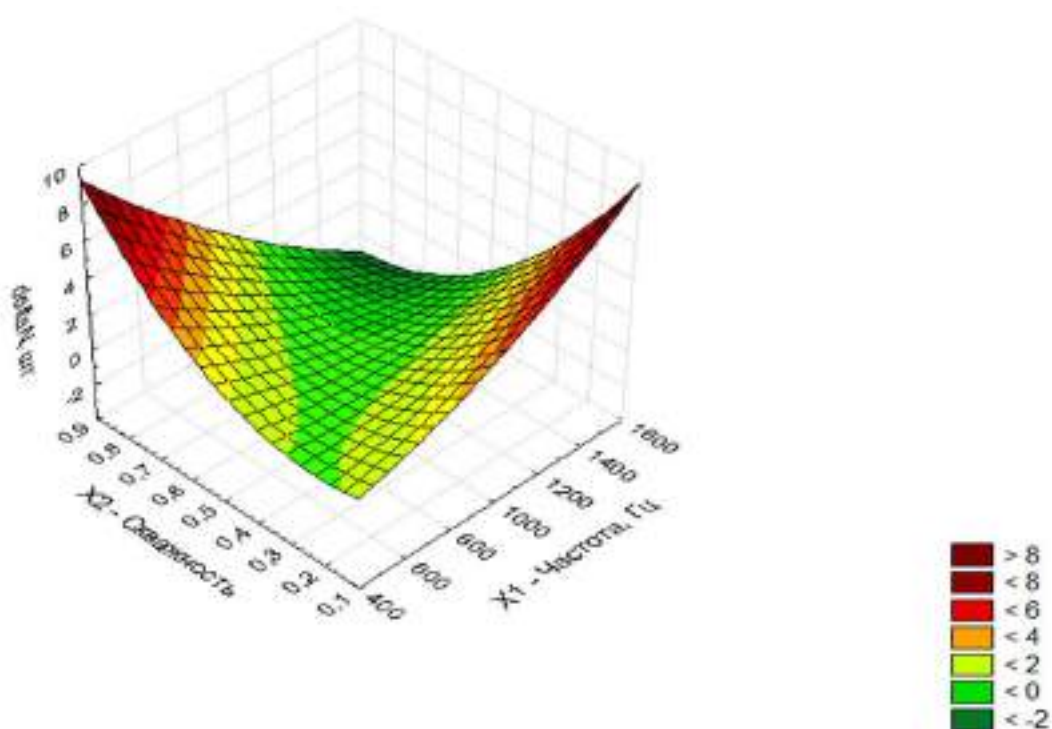


Рисунок 3.13 – Изображение поверхности, полученной по регрессионной модели, описывающей влияние частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (deltaN) – y_1 .

Из рисунка 3.14 видно, что существует две области, в которых частота и скважность импульсов значительно влияют на осыпание клеща по сравнению с контролем. В первую область входит экспериментальная точка, соответствующая частоте 500 Гц и скважности 0,8. Во второй области находится точка с параметрами: частота 1500 Гц и скважность 0,2. Что совпадает с теоретическими выводами, сделанными ранее.

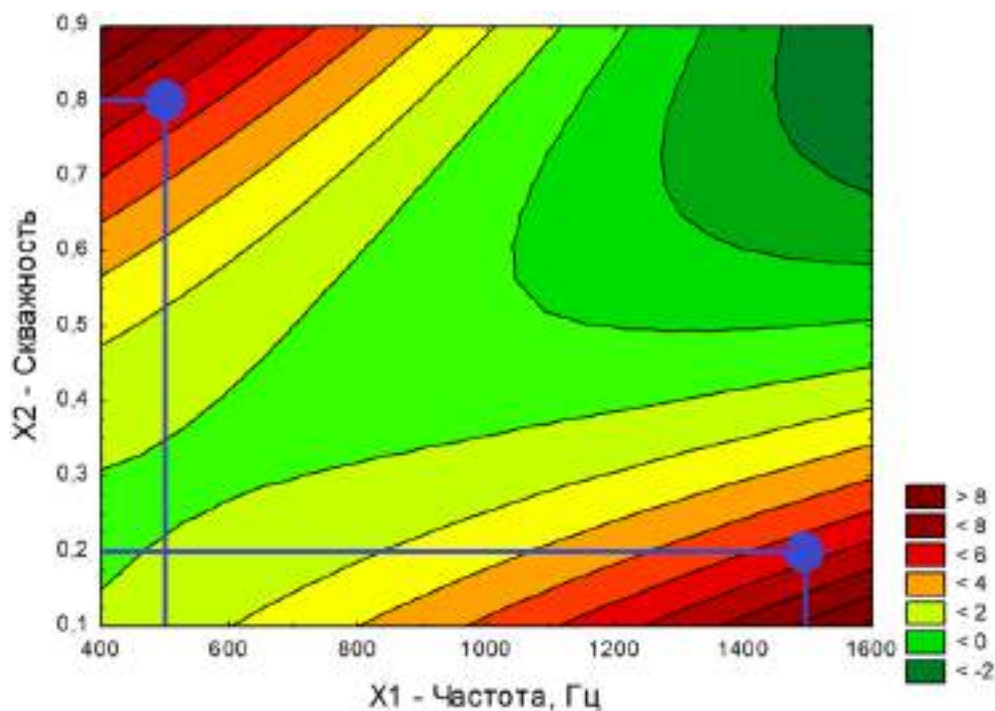


Рисунок 3.14– Проекция поверхности на факторную плоскость по влиянию частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (ΔN) – y_1 .

Проведенный регрессионный анализ позволил получить эмпирическое уравнение в виде полинома второй степени:

$$y_1 = 10,6667 - 0,0123x_1 - 10,5556x_2 + 1,2 \cdot 10^{-5} x_1^2 - 0,0233x_1^2 x_2^2 + 27,7778x_2^2 \quad (3.2)$$

Коэффициент детерминации составил 0,7, что говорит о приемлемом качестве полученного уравнения. Согласно бета-коэффициентам, а также значениям коэффициентов в уравнении (3.1), наибольшее влияние на падение клеща при работе установки оказывает фактор x_1 – частота подаваемых импульсов.

Производственная проверка доказывает эффективность применения вибратора для сокращения численности клеща варроа в ульях.

3.4 Экономическая эффективность внедрения установки на пчеловодческой пасеке

Первоначально необходимо произвести выбор базы сравнения. Одним из электротехнологических способов удаления клеща варроа с пчел является применение электрощеточного очистителя пчел «Эшовар-4» (рис.3.15).



Рисунок 3.15. - Внешний вид электрощеточного очистителя пчел «Эшовар-4»

Однако данное устройство удаляет клещей только с летной пчелы. Как отмечалось в 1 главе большая масса клещей появляется внутри улья, которые поражают молодую пчелу. Кроме того, несмотря на относительную дешевизну устройства (270 р.), в эксплуатации придется

покупать несколько таких установок – желательно на каждый улей. Также нужно отметить, что много ульев имеет центральный круглый леток, что не позволит произвести установку данного оборудования на такой улей.

Можно использовать термокамеру для обработки пчелиных семей, например, ковчег 230 В/2,5кВт (рис.3.16).



Рисунок 3.16. - Внешний вид термокамеры ковчег 230 В/2,5кВт

Данное оборудование имеет высокую стоимость - 115 тыс. р. и большие затраты электроэнергии - 2,5 кВт ч на один улей. Такие затраты не всякий пчеловод может себе позволить.

Наиболее приемлемы для пчеловодов будет использовать традиционный химический способ, например, сублиматор СГ-1М (рис.3.17). При этом сокращаются обработки в 2-3 раза [64, 79, 81, 96].



Рисунок 3.17. – Внешний вид сублиматора СГ-1М

Так как в работе предусматривается изготовление вибратора самостоятельно, то основные расходы связаны с закупкой комплектующих. Стоимость динамика типа 15 ГДШ составляет 500 р, стоимость радиоэлементов устройства управления вместе с изготовлением составит ориентировочно 2000 р. Пчеловоды обычно проводят обработку до 12 раз за активный сезон. Расход щавелевой кислоты за сезон из расчета на один улей с 10-ю рамками при 12-ти кратной обработке составит 24 г, что по цене будет равно 43,2 р. Так как чаще всего в среднем пчеловод работает с сильными ульями по 20 рамок, то затраты составят 86 р. на улей. Тогда при работе с 20 ульями затраты на щавелевую кислоту будут равны 1720 р. Если мы сокращаем количество химических обработок, то сократятся затраты на покупку щавелевой кислоты, и они составят 573 р.

По многочисленным исследованиям [79] и в соответствии с актом внедрения применяемые электротехнологии и, в частности, вибратор, приводят к увеличению силы семьи и прибавки медопродуктивности пасеки на 20%.

На основании данных в открытом доступе в 2024 году инфляция составила 10%, а банковская ставка 18%. Следовательно, норма доходности на капитал станет равной [21]:

$$E_p = \frac{1+E/100}{1+r/100} - 1 = \frac{1+0,18}{1+0,1} - 1 = 0,07 \quad (3.3)$$

Используя методику прогнозирования доходов пчеловода от внедрения электротехнологий [63, 64] получим следующие результаты. Из-за природных катаклизмов средняя цена на мед в 2024 году стала равной 500 р./кг. На мировом рынке прогноз показывает [134, 63], что цена меда с 2024 года по 2028 год поднимется с 4,8 \$ до 13,6 \$. В литературе [79, 80, 81] имеются данные по средней медопродуктивности

пчелиных семей в Краснодарском крае, которые будем использовать в дальнейших расчетах.

Допуская, что пчеловод будет реализовывать до 10% меда на внешнем рынке и учитывая все тенденции изменения цен на мед и изменения продуктивности пасеки в 20 семей можно получить следующую результативность пчеловода (табл.3.5).

Таблица 3.5 – Результаты по доходности и затратам пчеловода на 5 лет

№	Показатели	2024	2025	2026	2027	2028
1	Стоимость меда при реализации на внутреннем рынке, руб./кг	500	550	600	650	700
2	Средняя медопродуктивность без применения вибратора, кг/пчелиную семью	35	25	30	25	35
3	Средняя медопродуктивность при использовании вибратора, кг/пчелиную семью	42	35	36	30	42
5	Валовой доход при реализации на внутреннем рынке без вибратора, тыс. руб.	350	275	360	325	490
	Валовой доход при реализации на внутреннем рынке с вибратором, тыс. руб.	420	385	432	390	588
6	Снижение эксплуатационных затраты, связанных с закупкой лекарств, руб.	1,15	1,3	1,4	1,5	1,6
7	Дополнительный доход от реализации меда и от снижения эксплуатационных затрат, тыс. руб.	71,15	111,3	73,4	66,5	99,6
11	Дополнительный доход при реализации меда на внешнем рынке, \$	403	490	662	684	1142

Используя полученные данные произведен расчет ЧДД обоснования применения озонирующей установки (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Расчет чистого дисконтированного дохода при использовании вибратора

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Дополнительный доход от реализации продукции на внутреннем рынке, тыс. р.		70	110	72	65	98
Капитальные затраты на оборудование, тыс. руб.		2,5				
Снижение затрат на закупку лекарств, тыс. руб.		1,15	1,3	1,4	1,5	1,6
Денежные потоки		68,65	111,3	73,4	66,5	99,6
$(1+E)^{-t}$		1,028	1,057	1,086	1,117	1,148
Дисконтированный годовой доход, тыс. руб.		70,6	117,6	79,7	74,3	114,4
ЧДД, тыс. руб.						457

Произведем расчет ЧДД с учетом дополнительного дохода от реализации меда на внешнем рынке и сегодняшнего курса рубля (табл.3.7).

Таблица 3.7 – Расчет чистого дисконтированного дохода при использовании вибратора с учетом реализации меда на внешнем рынке

Показатели	Годы					
	0	1	2	3	4	5
Дополнительный доход от реализации продукции на внутреннем рынке, тыс. р.		70	110	72	65	98
Дополнительный доход от реализации продукции на внешнем рынке, тыс. р.		32,2	39,2	53	54,7	91,4
Капитальные затраты на оборудование, тыс. руб.		2,5				
Снижение затрат на закупку лекарств, тыс. руб.		1,15	1,3	1,4	1,5	1,6
Денежные потоки		100,85	150,5	126,4	121,2	191
$(1+E)^{-t}$		1,028	1,057	1,086	1,117	1,148
Дисконтированный годовой доход, тыс. руб.		103,7	159,1	137,3	135,4	219,3
ЧДД, тыс. руб.						755

Данные расчеты показывает высокую эффективность применения вибрационной установки обработки пчелиных ульев. Конечно, можно было бы учесть получение дополнительных отводков, но эффективность и так высокая.

Срок окупаемости капиталовложений нет смысла вычислять так как в первый год мы уже получаем дополнительный доход, а капиталовложения невелики.

В результате усреднения все показателей экономической эффективности составлена таблица 3.8.

Таблица 3.8 – Средние значения показателей экономической эффективности применения вибрационной установки на пасеке 20 пчелиных семей

№	Показатели	Значение показателя
1	Капиталовложения на вибрационную установку для обработки 20 пчелиных семей, тыс. руб.	2,5
2	Эксплуатационные затраты в год, тыс. руб.	0,5
3	Средняя годовая валовая продукция: тыс. руб. на 20 пчелиных семей: при реализации только на внутреннем рынке – при дополнительной реализации на внешнем рынке -	83 137,1
4	Среднее значение снижения расходов, связанных с закупкой лекарственных препаратов, тыс. руб.	1,4
5	Средний годовой дополнительный доход, тыс. руб. на 20 пчелиных семей: при реализации только на внутреннем рынке – при дополнительной реализации на внешнем рынке -	84 138
6	Чистый дисконтированный доход для 20 пчелиных семей за 5 лет, тыс. руб.: при реализации только на внутреннем рынке – при дополнительной реализации на внешнем рынке -	457 755

3.5 Выводы

1. Изготовлен электромеханический вибратор и определена методика проведения экспериментальных исследований по сопоставлению экспериментальных данных с результатами моделирования. Для определения уровня поражения семей клещом варроа использована общепринятая методика по экспресс-диагностике варроатоза.

2. В результате сопоставлений вибропараметров элементов улья при экспериментах с результатами моделирования установлено, что относительная ошибка максимальных всплесков виброускорений верхнего бруса с 5 по 7 рамку не превышает 10 %; имелось достаточное совпадение значений виброускорений с 3-й и по 5-й рамок - относительная погрешность от 5 до 10%. Сопоставление экспериментальных и модельных виброскоростей на сотах показал низкие относительные погрешности на повышенных частотах – не выше 3-5%. На частоте вибраций 500 Гц измерения смещений показало, что для верхнего бруса рамок они лежат в пределах 0,001-0,008 мм, что практически совпадает с модельными данными.

3. В результате моделирования и лабораторных экспериментов, установлено, что максимальные значения вибраций находятся на низкой частоте – 500 Гц. При этом большим вибрациям подвержены с 3 по 5-ю рамки, что приемлемо так как основная часть пчел с расплодом находится именно в середине улья.

4. При экспериментах на пасеке в течении 10 дней были получены результаты по падению клещей в контрольных ульях и в обработанных вибратором, которые подтвердили эффективность

применения вибратора на всех частотах вибрации. Установлено, что среднее количество опавших клещей при среднем квадратическом отклонении на разных частотах вибрации следующее: при частоте 500 Гц – контроль $n_{cp}=3,3$ шт. при $\sigma=2$ шт., опыт $n_{cp}=4,3$ при $\sigma=2,7$ шт.; при частоте 1500 Гц – контроль $n_{cp}=3,7$ шт. при $\sigma=1,9$ шт., опыт $n_{cp}=6,0$ при $\sigma=1,6$ шт.; при частоте 2500 Гц – контроль $n_{cp}=5,2$ шт. при $\sigma=2,4$ шт., опыт $n_{cp}=6,4$ при $\sigma=2,9$ шт.

5. Учитывая стремление пчел самостоятельно сбрасывать клещей со своего тела и появляющиеся вибрации от электромеханического вибратора появляется высокая вероятность снижения заклещенности пчелиных семей.

6. Производственная проверка работы вибратора на пасеке с использованием методики планирования двухфакторного эксперимента показала, что существует две эффективных области: первая соответствует частоте импульсов 500 Гц при их скважности 0,8; вторая - частота 1500 Гц и скважность 0,2.

7. Установлено, что наиболее близкой экономической базой сравнения для определения эффективности использования вибратора в пчеловодстве является использование сублиматоров.

8. В результате внедрения вибратора на пасеке в 20 пчелиных семей можно получить средний годовой доход, при реализации меда только на внутреннем рынке – 84 тыс. руб., а при дополнительной реализации меда на внешнем рынке -138 тыс. руб. При этом ЧДД за 5 лет составит для внутреннего рынка 457 тыс. руб., для внешнего – 755 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Используя уравнение движения подвижных частей вибратора установлена зависимость показателей вибрации, таких как перемещение, скорость, ускорение от параметров вибратора и возникающих электромагнитных сил с различной частотой пульсаций.

2. Разработана геометрическая модель улья с электромагнитным вибратором, расположенным на верхних брусах рамок. Для исследований принят программный продукт Comsol, в котором построена сетка геометрического объекта для расчета методом конечных элементов. Получена математическая модель физических процессов в объекте исследований в виде системы уравнений, которая включает: зависимости силы Лоренца от параметров вибратора и источника тока, уравнения теплопередачи и теплопроводности, уравнение движения.

3. Моделирование электромеханических процессов проводилось с разными частотами ШИМ подаваемого напряжения (500 Гц, 1500 Гц, 2500 Гц) и с изменением скважности подаваемых импульсов. Установлено, что скважность импульсов влияет на тепловое состояние вибратора и для оборудования с принятыми параметрами максимальная скважность должна быть равна 0,3. Анализ индукции магнитного поля и удельной энергии магнитного поля с их распределением в расчетной области показал, что они имеют непостоянное значение с большим количеством всплесков, при этом создаваемая сила Лоренца имеет максимальное значение до $2 \cdot 10^7$ Н/м³, которая воздействует на подвижную катушку.

4. Анализ результатов моделирования механических процессов показал, что максимальные значения показателей вибрации, во всех составляющих объекта возникают при частоте вибраций 500 Гц. Установлено, что на частоте 500 Гц по верхнему брусу смещение на крайних рамках находятся на уровне $6,5 \cdot 10^{-4}$ м, на средних - $0,5 \cdot 10^{-4}$ м; ускорения на крайних рамках $0,02 \text{ м/с}^2$ и всплески до $0,09 \text{ м/с}^2$, на средних рамках – $2,5 \text{ м/с}^2$ и всплески до 40 м/с^2 . На сотах ускорения крайних рамок составляют $0,015 \text{ м/с}^2$ и всплески до $0,04 \text{ м/с}^2$, а средних рамок – $1,5 \text{ м/с}^2$ и всплески до 75 м/с^2 . Максимальные всплески ускорений наблюдаются на слое пчел – до 90 м/с^2 . Основной показатель вибраций – это виброускорения (в середине улья на сотах и слое пчел значения до 10g), которые будут передаваться пчелам, что окажет им помощь для сбрасывания клещей, особенно при заболевании тропилеласозом.

5. Разработана принципиальная электрическая схема управления электромагнитным вибратором для реализации режимов работы обработкой пчелиных ульев, включающая микроконтроллер и выходной каскад с силовыми ключами.

6. Разработаны алгоритм и соответствующая программа для микроконтроллера типа PIC16F1827, путем ввода соответствующей программы, управляющего режимами обработки ульев, что позволит создавать требуемые режимы работы электромагнитной вибрационной установки.

7. Изготовлен электромеханический вибратор и определена методика проведения экспериментальных исследований по сопоставлению экспериментальных данных с результатами моделирования. В результате сопоставлений вибропараметров при экспериментах с результатами моделирования установлено, что

относительная ошибка максимальных всплесков виброускорений верхнего бруса с 5 по 7 рамку не превышает 10 %; виброскоростей на сотах показал низкие относительные погрешности на повышенных частотах – не выше 3–5%; на частоте вибраций 500 Гц измерения смещений показало, что для верхнего бруса рамок они лежат в пределах 0,001-0,008 мм, что практически совпадает с модельными данными.

8. При полевых экспериментах на пасеке были получены результаты по падению клещей в контрольных ульях и в обработанных вибратором, которые подтвердили эффективность применения вибратора на всех частотах вибрации: среднее количество опавших клещей при среднем квадратическом отклонении на разных частотах вибрации следующее: при частоте 500 Гц – контроль $n_{ср}=3,3$ шт. при $\sigma=2$ шт., опыт $n_{ср}=4,3$ при $\sigma=2,7$ шт.; при частоте 1500 Гц – контроль $n_{ср}=3,7$ шт. при $\sigma=1,9$ шт., опыт $n_{ср}=6,0$ при $\sigma=1,6$ шт.; при частоте 2500 Гц – контроль $n_{ср}=5,2$ шт. при $\sigma=2,4$ шт., опыт $n_{ср}=6,4$ при $\sigma=2,9$ шт.

9. По результатам спланированного двухфакторного эксперимента установлено, что существует две эффективных области с максимальным падением клещей: первая соответствует частоте импульсов 500 Гц при скважности 0,8; вторая – при частоте 1500 Гц и скважности 0,2.

10. В результате определения экономической эффективности внедрения вибратора на пасеке в 20 пчелиных семей получен средний годовой доход: при реализации меда только на внутреннем рынке – 84 тыс. руб., при дополнительной реализации меда на внешнем рынке – 138 тыс. руб. При этом ЧДД за 5 лет составит для внутреннего рынка 457 тыс. руб., для внешнего – 755 тыс. руб.

Рекомендации и предложения производству

Электромеханический вибратор с обоснованными режимами работы нужно внедрять в пчеловодческой отрасли сельскохозяйственного производства в комплексе с другими методами борьбы, что снизит количество применяемых химических препаратов. Особенно эффективным может стать вибрационный способ на Юге страны в связи с распространением нового клеща тропи, который не питается лимфой пчел, а использует их как транспортное средство. Рекомендуется малым предприятиям организовать производство небольших партий предлагаемого вибратора с организацией маркетинговых мероприятий.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Усовершенствование электромеханического вибратора в части увеличения мощности и площади обработки приведет к возможности его применения и на ульях другого типа – «лежак». Перспективным является увеличение мощности блока управления с подключением нескольких вибраторов для обработки группы ульев и разработки алгоритма управления для создания индивидуальных режимов работы отдельных пчелиных семей. Установление связи количества упавших клещей при работе вибратора с периодами их выхода из ячеек сот позволит более точно рекомендовать даты химических обработок, что значительно повысит эффективность лечений пчелиных семей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адошев, А. И. Исследование электромагнитного аппарата аксиального исполнения для ускорения электротехнологических процессов в сельском хозяйстве / А. И. Адошев, С. Н. Антонов, А. Н. Гревцев, Н. С. Горяйнов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 4(53). – С. 85-94. – DOI 10.22314/2658-4859-2023-70-4-85-94.
2. Алексеев, А. Н. О классификации воскового сырья / А. Н. Алексеев, Д. Е. Каширин, А. В. Протасов // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я. В., Рязанский государственный агротехнологический университет, 07 – 09 декабря 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2024. – С. 191-193.
3. Американские ученые о токсичности флувалината для пчел [Электронный ресурс] Сайт apiworld.ru. Режим доступа: <https://www.apiworld.ru/1351070493.html> (Дата обращения: 05.05.2024)
4. Американский гнилец пчел [Электронный ресурс]. Сайт krolmen.ru. Режим доступа: <https://krolmen.ru/wp-content/uploads/d/c/8/dc8bf60d477eb980db97c0f2d5467774.jpeg> (Дата обращения: 04.05.2024)
5. Аскофероз [Электронный ресурс] // Сайт helpiks.org URL: <https://helpiks.org/2-105626.html> (Дата обращения: 05.05.2024).
6. Аскофероз пчел [Электронный ресурс]. Сайт avatars.dzeninfra.ru: Режим доступа: https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen_doc/3927246/pub_609d53f98d48d213f027af63_60a228970e5c522bd8ae

бвее/scale_1200 (Дата обращения: 08.05.2024)

7. Батуев, Ю. М. Вирус мешотчатого расплода и его генотипы / Ю. М. Батуев, Н. Ф. Ломакина // Пчеловодство. – 2012. – №. 6. – С. 26-29.

8. Батуев, Ю. М. Новое о вирусе паралича / Ю. М. Батуев // Пчеловодство. – 1979. – С 10-11.

9. Белоногов, А. П. Борьба с варроатозом: не точка, а многоточие / А. П. Белоногов, Н. К. Исакова, С. В. Новичкин // Пчеловодство. – 2003. – № 5. – С. 8-12.

10. Бессарабов, Б. Ф. Инфекционные болезни животных / Б. Ф. Бессарабов, А. А. Вашутин, Е. С. Воронин и др.; Под ред. А. А. Сидорчука. — М.: Колос, 2007. – 671 с.

11. Богатова, О. В. Нетрадиционные технологические приемы в промышленном птицеводстве: специальность 06.02.04 "Ветеринарная хирургия": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Богатова Ольга Викторовна. – Оренбург, 1996. – 39 с.

12. Болезнь деформации крыла [Электронный ресурс] // Инфекционные болезни пчел. URL:<https://studme.org/417012/agropromy>

13. Борычев, С. Н. Энергосберегающая установка для переработки продуктов пчеловодства / С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, И. А. Успенский [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 5. – С. 28-29.

14. Борычев, С. Н. Методика оценки энергетической эффективности электротехнических комплексов при разделении воскового сырья / С. Н. Борычев, И. А. Успенский, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 3(297). – С. 34-38.

– DOI 10.33267/2072-9642-2022-3-34-38.

15. Борычев, С. Н. Очистка воскового сырья под воздействием ультразвука / С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, А. А. Симдянкин [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 6. – С. 24-25.

16. Буренин, Н. Л. Справочник по пчеловодству / Н. Л. Буренин, Г. Н. Котова. – М.: Колос, 1984. – 310 с.

17. Былгаева, А. А. Перспективы использования электрохимически активированных жидких сред в сельском хозяйстве / А. А. Былгаева, Н. А. Обоева, М. П. Неустроев [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 4. – С. 176-181.

18. Вирус мешотчатого расплода и его генотипы [Электронный ресурс] // Сайт «О пасеке». URL: <http://o-paseke.ru/virus-meshotchatogo-rasplo-da-i-ego-genotipyi/> (Дата обращения: 08.06.2024)

19. Волыхина, В. Е. Вирус деформации крыла у *Apis mellifera* L.: распространение, морфология, патогенность // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – № 4. – С. 409-419.

20. Гаряев, П. П. Волновой геном // Энциклопедия русской мысли: русское физическое общество - М.: Общественная польза 1994 – Т. 5. – 280 с.

21. Годовая инфляция в РФ в сентябре замедлилась до 8,63% [Электронный ресурс] // Сайт www.interfax.ru URL: <https://www.interfax.ru/russia/986401> (Дата обращения: 12.10.2024).

22. Голубева, Е. П. Зараженность медоносных пчёл микроспоридиями рода *poseta* в Томской области: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Голубева Евгения Павловна; ФГБОУ ВО Национальный исследовательский

Томский государственный университет; науч. рук. Островерхова Н. В. – Томск, 2018. – 134 с.

23. ГОСТ 20728-2014 Семья пчелиная. Технические условия. Электронный текст документа подготовлен АО "Кодекс" и сверен по: официальное издание М.: Стандартинформ, 2015. – URL: https://marsbbz.ru/wp-content/uploads/2020/10/gost-20728-2014-semja-pchelinaja.-tehnicheskie-uslovija_tekst.pdf (Дата обращения: 12.05.2024).

24. ГОСТ Р 55487-2013 "Матка пчелиная. Технические условия": дата введения 2015-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 4 с.

25. Гриффис, Д. А. Ущерб, наносимый клещом Варроа яacobsoni мировому пчеловодству и меры против него / Д. А. Гриффис, В. Риттер // Апиакта. XXIV, N4, 1989. – С. 97-108.

26. Гробов, О. Ф. Болезни и вредители медоносных пчел: Справочник / О. Ф. Гробов, А. М. Смирнов, Е. Т. Попов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 335 с.

27. Гробов, О. Ф. Болезни и вредители пчел: учебное пособие для студентов аграрных образовательных учреждений среднего профессионального образования по спец. «Пчеловодство» / О. Ф. Гробов, А. К. Лихотин; ред. Е. В. Мухортова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Мир: Колос, 2003. – 287 с.

28. Гробов, О. Ф. Взаимоотношения *Varroa destructor* с различными организмами / О. Ф. Гробов, А. Н. Сотников, Д. А. Штондина // Ветеринарная патология. – 2008. – №. 3 (26). – С. 5-19.

29. Гробов, О. Ф. Клещи: паразиты пчел и вредители их продукции. / О. Ф. Гробов. М.: Росагропромиздат, 1991. – 93с.

30. Гробов, О. Ф. Роль гормонов медоносной пчелы в репродукции клеща *Varroa Jacobsoni* Ond. // Сельскохозяйственная

биология. – 1998, №2. – С. 72-77.

31. Громкоговоритель: «azbukametalla» [электронный ресурс] – 2024. – URL: <https://azbukametalla.ru/entsiklopediya/g/gromkogovoritel.html> (дата обращения: 20.05.2024).

32. Гуревич, П. А. Определение следовых количеств комплекса амитраза и янтарной кислоты в мёде методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / П. А. Гуревич, Г. Г. Галяутдинова, В. И. Егоров // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. № 7. – С. 11-13.

33. Дезинфекция объектов пчеловодства [Электронный ресурс] Учебник. Вет-Сан // URL: <https://studfile.net/preview/1739903/page:22/> (Дата обращения: 10.05.2024).

34. Документация на модуль CFD программы Comsol Multiphysics. Comsol. Inc. – 1014 с.

35. Домацкая Т. Ф. Инвазии и инфекции медоносных пчел / Домацкая Т. Ф. Домацкий А. Н. Зинатуллина З.Я. // Инвазии и инфекции медоносных пчёл *Apis mellifera* на пасеках Тюменской области и других регионов России Биомика, 2019, Том 11, № 2. – С. 125-130.

36. Жумагельдина, З. Т. Клинико-эпидемиологические особенности гафниоза человека 14.00.30 " Эпидемиология ": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата кандидата медицинских наук / Жумагельдина Зауре Турсынғалиевна. – Республика Казахстан, Алматы, 2009. – 78 с.

37. Закон Краснодарского края «О пчеловодстве» № 637-КЗ от 25.11.2003: принят Законодательным собранием Краснодарского края 19.11.2003.

38. Закон РФ от 14.05.1993 N 4979-1 (ред. от 25.12.2023) "О

ветеринарии [Электронный ресурс] Сайт www.consultant.ru: – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_4438/ (дата обращения: 01.06.2024)

39. Ивановская, А. М. Количественный анализ лекарственных средств органической природы / А. М. Ивановская, А. В. Воронин, А. Н. Серякова // Учебно-методическое пособие для студентов фармацевтического факультета. Самара: «ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава РФ». – 2018. – 88 с.

40. Игнатъева, Г. И. Тактика борьбы с варроатозом пчел / Г. И. Игнатъева, В. Н. Мельник, А. Б. Сохликов // Пчеловодство. – ВНИИВСГЭ, Москва 2004. – № 1. – С. 32-34.

41. Ильясов, Р. А. Действие флувалината и амитраза на семью пчел / Р. А. Ильясов, З. В. Шареева // Пчеловодство. – 2014. – №. 6. – С. 24-26.

42. Исаев, Ю. Г. Оздоровление от карантинных болезней пчел при трансграничном перемещении и торговле живыми пчелами / Ю. Г. Исаев, А. Н. Сотников, М. И. Гулюкин // Российский журнал. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2021. – № 2(38). – С. 169-174. – DOI 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202102011. – EDN AGWWZC.

43. Искевич, И. С. Правовое регулирование государственной поддержки сельского хозяйства, влияющее на экспорт продукции / И. С. Искевич, А. Н. Попов // Тамбовские правовые чтения имени Ф. Н. Плевако. – 2020. – С. 63-66.

44. Ихлов, Б. Л. О механизме действия микроволн на членистоногих / Б. Л. Ихлов, И. Л. Вольхин, А. Ю. Ощепков // Биофизика. – 2022. – Т. 67. – №. 2. – С. 327-332.

45. Как определить степень заклещенности пчелиных семей

[Электронный ресурс] // Сайт «Мир пчеловодства». URL: <https://www.apeworld.ru/1368520836.html> (Дата обращения: 10.06.2024)

46. Кашина, Г. В. Эколого-токсикологические основы системы защиты медоносных пчел от болезней и вредителей // Автореф. дисс. доктора биологических наук (ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»). – Красноярск, 2009. – 32 с.

47. Кашко, Л. С. Общая эпизоотология с ветеринарной санитарией: учебное пособие / Л. С. Кашко. – Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2023. – 171 с.

48. Кашковский, В. Г. Лечение пчелиных семей без лекарств, или зоотехнический метод борьбы с болезнями пчел / В. Г. Кашковский, А. А. Плахова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – №. 2. – С. 115-124.

49. Клещ варроа и как обработать пчел от вредителя [Электронный ресурс]. Сайт grizun-off.ru. Режим доступа: <https://grizun-off.ru/kles-varroa-i-kak-obrabotat-pcel-ot-vreditela/> (Дата обращения: 02.05.202)

50. Климентов, А. А. Пчеловодство // Учебники и учебные пособия для подготовки сельскохозяйственных кадров массовой квалификации. – Москва: Сельхозгиз, 1954. – 288 с.

51. Колосова, С. Ф. Применение электрохимически активированного водного раствора анолита при болезнях пчел / С. Ф. Колосова, Д. Е. Акимбаев, И. В. Кашкарова, Т. А. Диденко // Молодой ученый. – 2017. – № 35(169). – С. 20-22.

52. Комлацкий, В. И. Пчеловодство / В. И. Комлацкий, С. В. Логинов, С. В. Свистунов // Учебное пособие для студентов биологических специальностей (очной и заочной форм обучения); М-во

сельского хоз-ва Российской Федерации, Кубанский гос. аграрный ун-т, Каф. частной зоотехнии и свиноводства. – Краснодар, 2010. – 108 с.

53. Кривцов, Н. И. Пчеловодство / Н. И. Кривцов, Р. Б. Козин, В. И. Лебедев, В. И. Масленникова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 448 с. — ISBN 978-5-507-44383-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/222620> (дата обращения: 01.06.2024).

54. Кривцов, Н. И. Содержание пчелиных семей с основами селекции: [По специальности "Пчеловодство"] / Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев // . – М.: Колос, 1995. – 399 с.

55. Кузнецов, В. Н. О паразитировании клещей рода *Varroa Oudemans*, 1904 (Acari: Varroidae) на китайской восковой пчеле *Apis cerana cerana* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Apidae) в Приморском крае / В. Н. Кузнецов, А. С. Лелей //Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – 2005. – №. 16. – С. 39-46.

56. Курченко, Н. Ю. Параметры и режимы электроактиватора для приготовления рабочего состава гербицидов: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Курченко Николай Юрьевич. – Краснодар, 2015. – 22 с.

57. Курченко, Н. Ю. Применение электроактивированной воды в сельском хозяйстве России / Н. Ю. Курченко // Scientific Discoveries: Proceedings of articles the international scientific conference, Karlovy Vary - Moscow, 28–29 января 2016 года / Editors prof. E. Ja. Orehova, T. M. Jel'dieva, L. P. Peretjatko. Karlovy Vary - Moscow: Международный центр научно - исследовательских проектов, 2016. – С. 17-26.

58. Куценко, А. Н. Методическое пособие по курсу «Электроакустика и звуковое вещание». Часть 1 «Громкоговорители» / А. Н. Куценко, М. А. Раскита // Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2007. – 103 с.– URL: <https://inep.sfedu.ru/wp-content/uploads/ehamt/develop/eazv.pdf> (дата обращения: 20.05.2024).

59. Куценко, Ю. М. К вопросу о роли гамазового клеща *Varroa jacobsoni* (Oudemans 1904) в переносе гафниоза пчел. В кн.: Борьба с болезнями сельскохозяйственных животных в Забайкалье и на Дальнем Востоке. – Благовещенск, 1975. – Вып. 2. – С. 50-52.

60. Кучин, Н. Н. Микроволновая установка с тороидальным резонатором для шелушения рапса / Н. Н. Кучин, Н. В. Цугленок, В. Ф. Сторчевой, А. В. Сторчевой // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 4. – С. 108-114. – DOI 10.28983/asj.y2024i4pp108-114.

61. Лебедев, В. И. Научно обоснованный регламент содержания семей пчел / В. И. Лебедев // Пчеловодство. 2006. № 2. – С. 14–16; № 3. – С. 8–10.

62. Лечение клещевых заболеваний пчел [Электронный ресурс]. Сайт medosbor.by. Режим доступа: пчел https://medosbor.by/index.php?option=com_content&view=article&id=50:lechenie-kleshchevykh-zabolevanij-pchel&catid=16&Itemid=118 (Дата обращения: 02.05.2024).

63. Лоза, А. А. Обработка озоном группы пчелиных ульев / А. А. Лоза // Повышение эффективной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве: Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием имени Г.П. Ерошенко. – Саратов, 22 декабря 2023 года. Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2023. – С. 210-214.

64. Лоза, А. А. Параметры и режимы работы установки для

групповой обработки озоном пчелиных ульев: специальность 4.3.2 "Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лоза Андрей Александрович. – Краснодар, 2024. – 120 с.

65. Ломакина, Н. Ф. Новый генотип вируса мешотчатого расплода у пчел *Apis mellifera* / Н. Ф. Ломакина, Ю. М. Батуев // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. – 2012. – №. 3. – С. 34-40..

66. Ляшенко, А. Н. Сравнительная оценка методов применения химических акарицидов при варроатозе пчел и их эффективность на пасеках Саратовской области: дис. – Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И Вавилова. – Саратов, 2013. – 22 с.

67. Маловастый, К. С. Технология первичной переработки продуктов животноводства: Методическое пособие по изучению дисциплины студентами очной и заочной формы обучения по направлению 111100.62 – "Зоотехния". Квалификация выпускника – бакалавр зоотехнии / К. С. Маловастый. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2013. – 66 с.

68. Масленникова, В. И. Эпизоотический процесс аскофероза пчел при разной степени поражения пчелиных семей клещом варроа в условиях теплиц / В. И. Масленникова, Т. П. Голева // Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные. Москва, 2012. – № 3. – С. 25–26.

69. Меры борьбы с варроатозом пчел [Электронный ресурс] Сайт [apeworld.ru](https://www.apeworld.ru). Режим доступа: <https://www.apeworld.ru/1349843051.html> (Дата обращения: 05.02.2024).

70. Методические указания по экспресс-диагностике варроатоза и определению степени поражения пчелиных семей клещами варроа в условиях пасеки. (утв. Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 16 января 1984 г.): Информпроект [сайт]. – 2024. – URL: <https://www.iprosoft.ru/docs/?nd=1200122774> (дата обращения: 23.05.2024).

71. Мониторинг распространения *Varroa destructor* у пчелиных семей Гурьевского района Калининградской области. [Электронный ресурс] // Сайт: Старт в науке. «XI Международный конкурс научно-исследовательских и творческих работ, учащихся». URL: <https://school-science.ru/11/1/47192> (Дата обращения: 10.06.2024)

72. Мукминов, М. Н. Микозы медоносных пчел. Профилактика и лечение: учебное пособие / М. Н. Мукминов. – Казань: Казан. ун-т, 2018. – 103 с.

73. Ндайишимийе, Э. В. Выявление возбудителей аспергиллеза и аскофероза пчел в ряде регионов России [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-vozbuditeley-aspergilleza-i-askosferoza-pchel-v-ryade-regionov-rossii/viewer> (Дата обращения: 10.05.2024).

74. Никитенко, Г. В. Электрифицированная ножовка на основе линейного электродвигателя для использования в садоводстве / Г. В. Никитенко, С. Н. Антонов // Вестник аграрной науки Дона. – 2021. – № 3(55). – С. 69-75.

75. Никишин, В. Н. Прикладная теория колебаний в автомобиле и двигателестроении: учебное пособие / В. Н. Никишин, Р. Р. Басыров, А. П. Павленко. – Набережные Челны: Изд-во Набережночелнинского

института КФУ, 2019. – 223 с.

76. Николаенко, С. А. Параметры системы стабилизированного электроозонирования ульев при лечении бактериозов пчел: специальность 05.20.02 "Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Николаенко Сергей Анатольевич. – Краснодар, 2010. – 175 с.

77. Нормов, Д. А. Электроозонные технологии в семеноводстве и пчеловодстве: дис. доктора техн. наук: 05.20.02 / Д. А. Нормов; ФГБОУ ВО КГАУ им. И.Т. Трубилина; науч. конс. И. Ф. Бородин. – Краснодар, 2009. – 340 с.

78. Нюансы термообработки [Электронный ресурс]. Сайт beejournal.ru. Режим доступа: <https://beejournal.ru/inventar/1079-nyuansy-termoobrabotki> (Дата обращения: 02.05.2024)

79. Овсянников, Д. А. Применение озонаторов в пчеловодстве в период весеннего наращивания пчелиных семей / Д. А. Овсянников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 80. – С. 202-214.

80. Овсянников, Д. А. Система автоматического управления концентрацией озона в улье / Д. А. Овсянников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 81. – С. 401-417.

81. Овсянников, Д. А. Система стабилизированного озонирования ульев для профилактики и лечения бактериозов пчел / Д. А. Овсянников, С. А. Николаенко. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2013. – 144 с.

82. ООО "Анта-Р" Электрошесточный очиститель пчел от паразитов "Эшовар-4" [Электронный ресурс] // Сайт varrooz.narod.ru / URL: <http://varrooz.narod.ru/apparat.html> (Дата обращения: 05.05.2024).

83. Опасные для человека болезни пчел [Электронный ресурс] // Сайт Добропчёл / URL: <https://dobropchel.ru/article/opasnye-dlya-cheloveka-bolezni-pchel> (Дата обращения: 11.05.2024).

84. Оськин С. В. Применение электротехнологии подготовки воды в сельском хозяйстве / С. В. Оськин, Н. Ю. Курченко, А. А. Милейко, М. И. Кустов // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2016. – № 1(25). – С. 110-116.

85. Оськин С. В. Электротехнологические способы и оборудование для повышения производительности труда в медотоварном пчеловодстве Северного Кавказа: монография. / С. В. Оськин, Д. А. Овсянников. – Краснодар: Изд-во ООО «Крон», 2015. – 198 с.

86. Оськин, С. В. Вибрационное устройство для борьбы с клещом Варроа в ульях / Оськин С. В., Цокур Д. С., Шишигин И. Н., Федак С. М. // Сельский механизатор. – 2024. – №4. – С. 34-35.

87. Оськин, С. В. Применение электромеханического вибратора для борьбы с клещом Варроа в ульях / С. В. Оськин, Е. Е. Самурганов, Федак С. М. // Сельский механизатор. – 2024. – №7. – С. 18-19.

88. Оськин, С. В. Установка для обработки пчелиных семей от клеща варроа / Оськин С. В., Цокур Д. С., Федак С. М. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – №4 (142).

89. Отравление амитразом и его лечение [Электронный ресурс] Сайт meduniver.com https://meduniver.com/Medical/toksikologia/otravlenie_amitrazom.html (дата обращения 15.04.2024).

90. Павленко, Г. И., Мутагенная активность препаратов / Г. И.

Павленко, Н. М. Бочаров // Пчеловодство. – 1993. – № 5. – С. 22-23.

91. Парафит пчел (сальмонеллез): меры борьбы, дезинфекция, профилактика и лечение [Электронный ресурс] // Ветеринарная служба Владимирской области. URL: <https://vetvo.ru/paratif-pchel.html> (Дата обращения: 10.05.2024).

92. Патент № 2225727 С2 Российская Федерация, МПК А61К 47/00, А01N 37/02, 37/04, 65/00. Гелеобразный состав с замедленным выделением и способ для борьбы с заражением семей медоносных пчел клещами / М. Уоткинс; заявитель ВИТА (ЮРОП) ЛИМИТЕД (GB). № 99100378/13; заявл. 1997.06.12; опубл. 2004.03.20.

93. Патент № 2324341 Российская Федерация, МПК А01К 51/00. Способ борьбы с варроатозом пчел с использованием вибрационных воздействий / И. П. Ефимов, Д. Н. Пафомов, Б. С. Петровский, Н. М. Сметанин; заявители и патентообладатели Общество с ограниченной ответственностью "Экосистема". – № 2006118238/12; заявл. 18.05.2006; опубл. 20.05.2008, Бюл. №14.

94. Патент № 2324342 Российская Федерация, МПК А01К 51/00. Способ борьбы с варроатозом пчел / Д. А. Нормов, Д. А. Овсянников, С. А. Николаенко, Т. А. Нормова; заявители и патентообладатели ФГБОУ ВПО "Кубанский государственный аграрный университет». – № 2006128062/12; заявл. 2006.08.01; опубл. 2008.05.20, Бюл. №14.

95. Патент № 2383133 Российская Федерация, МПК А01К 51/00. Способ и устройство управляемого волнового воздействия на клеща варроа / В. П. Усов, П. П. Горяев; заявители и патентообладатели: Усов Виктор Петрович, Горяев Петр Петрович. – № 2008134520/12; заявл. 26.08.2008; опубл. 10.03.2010, Бюл. №7.

96. Патент № 2430511 Российская Федерация, МПК А01К 51/00.

Способ борьбы с варроатозом пчел / Д. А. Овсянников, С. А. Николаенко, А. П. Волошин, Д. С. Цокур, Д. Н. Дуданец; заявители и патентообладатели ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2010105580/21; заявл. 16.02.2010; опубл. 10.10.2011, Бюл. №28.

97. Патент № 2531610 Российская Федерация, МПК А01К 51/00. Способ борьбы с варроатозом пчел / Д. Д. Чертков, В. А. Бараников, Ю. А. Колосов, Б. Д. Чертков, Я. П. Крыця, А. В. Федоров, В. В. Федорова; заявители и патентообладатели ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет». – № 2012142948/13; заявл. 08.10.2012; опубл. 27.10.2014, Бюл. №30.

98. Патент № 2632862 С Российская Федерация, МПК А01К 47/00, А01К 51/00. Способ борьбы с варроатозом пчел / С. А. Андреев, Ю. А. Судник, В. И. Загинайлов; заявители и патентообладатели Андреев Сергей Андреевич. – № 2016130671: заявл. 26.07.2016: опубл. 11.10.2017 Бюл. №29.

99. Патент № 2758017 С1 Российская Федерация, МПК F26В 9/06, F26В 3/30, F26В 21/04. Установка для сушки перги / Д. Н. Бышов, Д. Е. Каширин, С. Н. Гобелев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева" № 2020142599: заявл. 22.12.2020: опубл. 25.10.2021, Бюл. №30.

100. Патент № 2770496 С1 Российская Федерация, МПК С11В 11/00, А01К 59/06. Установка СВЧ непрерывно-поточного действия с полусферическими резонаторами для вытопки пасечного воска с отделением меда / Г. В. Новикова, А. В. Шевелев, М. В. Просвирякова,

Сторчевой В. Ф. [и др.]; заявитель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Нижегородский государственный инженерно-экономический университет № 2021127581: заявл. 21.09.2021: опубл. 18.04.2022, Бюл. №11.

101. Патент № 2789490 С1 Российская Федерация, МПК С11В 11/00. Способ вытопки пасечного воска с отделением меда / Г. В. Новикова, А. В. Шевелев, М. В. Просвирякова, Сторчевой В. Ф. [и др.]; заявитель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. № 2022111579: заявл. 28.04.2022: опубл. 03.02.2023, Бюл. №4.

102. Патент № 2818364 С1 Российская Федерация, МПК А01К 47/00, А01К 51/00. Улей для комбинированной борьбы с варроатозом пчел / Н. И. Богатырев, С. В. Оськин, С. М. Федак [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина". № 2023122734: заявл. 31.08.2023: опубл. 02.05.2024, Бюл. №13. – EDN KILHNN.

103. Патент № 2822762 С1 Российская Федерация, МПК А01К 47/00, А01К 51/00. Улей для борьбы с варроатозом пчел / Н. И. Богатырев, С. В. Оськин, А. А. Кумейко, С. М. Федак [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина". № 2023128257: заявл. 30.10.2023: опубл. 12.07.2024, Бюл. №20. – EDN VTYNBV.

104. Платухина, Н. И. Микрофлора клещей Варроа яacobсони / Н. И. Платухина, А. И. Егорова, Н. М. Столбов // Микрофлора клещей

Варроа яacobсони Уд. (Паразитиформис, Гамазоидеа) – возбудителей варроатоза пчел. Научно-технич. Бюлл. ВНИИВЭА. Вопросы ветеринарной арахно-энтомологии. – Тюмень, 1975. – № 6. – С.161-165

105. Полтев, В. И. Болезни и вредители ичел с основами микробиологии. Учебное пособие / В. И. Полтев, Е. В. Нешатаева. – СПб; Квадро, 2024. – 186 с.

106. Попов, Е. Т. Меры борьбы с американским гнильцом на фоне варроатоза / Е. Т. Попов // Ветеринария. – Рипол Классик, 1990. – С. 36-39.

107. Просвирякова, М. В. Прогнозные параметры резонаторов хмелесушилки с СВЧ энергоподводом / М. В. Просвирякова, Н. Г. Горячева, Г. В. Новикова [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(23). – С. 98-105. – DOI 10.48612/vch/ba9p-etub-5uhn.

108. Пчелиный клещ варроа: описание паразита, признаки заражения и способы защиты ульев [Электронный ресурс]. Сайт grizun-off.ru. Режим доступа: <https://grizun-off.ru/pcelinyj-kles-varroa-opisanie-parazita-priznaki-zarazenia-i-sposoby-zasity-ulev/> (Дата обращения: 01.06.2024)

109. Риб, Р. Д. Матководство. – Усть-Каменогорск: Медиа-Альянс, 2004. – 184 с.

110. Рожков, К. А. Американский гнилец пчёл [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/amerikanskii-gnilets-pchiol-cf69e6> (Дата обращения: 01.05.2023)

111. Руттнер, Ф. Техника разведения и селекционный отбор пчел: практическое руководство. – М.: АСТ Астрель, 2006. – 166 с.

112. Салимов, Р. М. Распространение и роль некоторых представителей семейств Enterobacteriaceae в патологии пчел: специальность 16.00.03: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора ветеринарных наук / Салимов Рафаэль Маммедсалим оглы. – Москва, 1994. – 46 с.

113. Салимов, Р. М. Результаты бактериологических и вирусологических исследований в зоне неблагополучия по варроатозу пчел / Р. М. Салимов, Ю. М. Куценко, В. Т. Кумков // Бюлл. ВИЭВ. – 1975. – №. 21. – С. 64-65.

114. Сафиуллин, Р. Р. Профилактика и лечение распространенных заболеваний пчел: рекомендации для пчеловодов специалистов сельского хозяйства Татарстана / Р. Р. Сафиуллин, Р. Г. Набиуллин, В. И. Лебедев. – Казань: Управление по пчеловодству, 2012. – 27 с. – EDN WPUBYR.

115. Святкина, Л. И. Факторы, определяющие качество меда / Л. И. Святкина, Д. О. Ванкевич // Экспертиза. Качество. Технологии: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Сибирского университета потребительской кооперации (СибУПК), Новосибирск, 12 ноября 2020 года / Под редакцией Ю.Ю. Миллер. – Новосибирск: Сибирский университет потребительской кооперации, 2020. – С. 365-371. – EDN AFYRUK.

116. Сетчатый подрамник [Электронный ресурс] Сайт pasechniki.ru: [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pasechniki.ru/set_podramnik.htm (Дата обращения: 02.05.2024)

117. Скрипкин, П. Б. Исследование условий, необходимых для отделения органических загрязнений от воскового сырья / П. Б. Скрипкин, Д. Е. Каширин // Инженерные решения для

агропромышленного комплекса: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Рязань, 24 марта 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, 2022. – С. 155-158. – EDN DLVPOF.

118. Скрыпник, Е. И. Новое средство и способ борьбы с акарапидозом пчел // XX Юбилейный международный конгресс по пчеловодству. – 1965. – С. 280.

119. Смирнов А. М. Клещ варроа и гнильцовые болезни / А. М. Смирнов, Е. А. Кудрявцев // Пчеловодство. – 1977. – Т. 5. – С. 13-14.

120. Смирнов, А. М. Пчеловодство: учебник для 9-11 предпрофильных и профильных классов общеобразовательных учреждений / А. М. Смирнов, В. Н. Саттаров, В. Р. Туктаров, М. Г. Мигранов. – Уфа: Китап, 2012. – 486 с.

121. Соколов, А. Ю. Моделирование акустики на компьютере/ А.Ю. Соколов. - URL: <https://shabad.ru/sokolov.htm> (дата обращения: 20.05.2024).

122. Соловьева, Л. Ф. Экологически чистые приемы профилактики и лечения болезней пчел / Мат. XIV Всероссийской науч.-практ. конф. «Успехи апитерапии». – Рыбное, 2009. – С.214-220.

123. Солонко, А. А. Микробиология и иммунология: Учебное пособие для студентов специальностей "Ветеринарная медицина" и "Зоотехния" сельскохозяйственных вузов. В двух частях / А. А. Солонко, А. А. Гласкович, П. А. Красочко [и др.]. Часть 1. – Минск: НП ООО "Пион", 2002. – 248 с. – ISBN 985-6268-36-2. – EDN YGMXVN.

124. Спрыгин, А. В. Угрозы распространения вирусных инфекций у пчел (*Apis mellifera* L.) и роль клеща *Varroa destructor* в развитии патологий //Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – №. 2. – С.

156-171.

125. Сучкорез с приводом от линейного электродвигателя / Г. В. Никитенко, С. Н. Антонов, В. А. Гринченко, И. В. Деведеркин // Сельский механизатор. – 2021. – № 1. – С. 28-29.

126. Тарасов, Е.Я. Эффективное пчеловодство / Е. Я. Тарасов. – Ростов-на-Дону: Владис; Москва: Рипол Классик, 2009. – 638 с.

127. Термообработка пчел [Электронный ресурс] // Сайт i.ytimg.com. URL: <https://i.ytimg.com/vi/cyGVMfBKcWQ/hqdefault.jpg?sqp=oaumwEmCOADEOgC8quKqQMa8AEB-ANUBoAC4AOKAgwIABABGGUgXChOMA8=&rs=AOn4CLBxGIuMTwXQqncsClimT4yErT337A> (Дата обращения: 07.05.2024).

128. Товары для пчеловодства [Электронный ресурс] // Сайт интернет-магазина. URL: <https://i-uley.pro/upload/iblock/1c8/hod9g640iffojrs63d7ueoyarptqhjrm.jpeg> (Дата обращения: 08.05.2024).

129. Тонкости пчеловодства в 2024 году: как сохранить пасеку [Электронный ресурс] // Южное межрегиональное управление Россельхознадзора. URL: <https://123.fsvps.gov.ru/news/tonkosti-pchelovodstva-v-2024-godu-kak-sohranit-paseku/> (Дата обращения: 10.05.2024).

130. Хациревич, М. Г. Действие вибрации на пчел / М. Г. Хациревич, М. Ф. Хациревич // Пчеловодство. – 2010. – № 8. – С. 34-35.

131. Шабанов, М. Роль *Varroa jacobsoni* Oudemans в пчелином семействе как носителя микроорганизмов *Acta Microbiol Bulg.* – 1984. – Т. 15. – С. 78-82.

132. Шевелев, А. В. Обоснование параметров СВЧ установки для вытопки пасечного воска / А. В. Шевелев, М. В. Просвирякова, В. Ф. Сторчевой [и др.] // Вестник Чувашской государственной

сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3(18). – С. 112-120. – EDN QKQDBD.

133. Шевелев, А. В. Теоретическое обоснование электродинамических параметров СВЧ-установки с полусферическими резонаторами для вытопки воска / А. В. Шевелев, М. В. Просвирякова, В. Ф. Сторчевой [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 10(125). – С. 46-56. – DOI 10.24412/2227-9407-2021-10-46-56.

134. Шевцова, А. А. и др. Вирусная концепция гибели пчелиных семей на пасеках европейской части России // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2021. – Т. 126. – №. 2. – С. 3-19.

135. Шевченко, А. А. Распространение и проявление паразитозов у пчел в Краснодарском крае // Научная жизнь. – 2023. – Т. 18. – Вып. 3. – 129 с.

136. Шевченко, Е. В. Выделение возбудителя аскосфероза пчел и изучение его культурально – морфологических свойств / Е. В. Шевченко // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – 375 с.

137. Шемякин, А. В. Исследование производительности процесса вибрационной очистки пчелиных сотов / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 9(174). – С. 192-199. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-9-192-199.

138. Шемякин, А.В. Аналитическое обоснование рационального режима вибрационного воздействия на пчелиные соты / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 142-147.

139. Шишигин, И. Н. Параметры и режимы охладителя воздуха на

основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве: специальность
4.3.2 "Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение
агропромышленного комплекса": автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук / Шишигин Игорь
Николаевич. – Краснодар, 2023. – 100 с.

140. Экологически безопасный метод лечения варроатоза у пчел
предложили ученые Алтайского ГАУ [Электронный ресурс] Сайт
altapress.ru. Режим доступа: <https://altapress.ru/zhizn/story/ekologicheski-bezopasniy-metod-lecheniya-varroatoza-u-pchel-predlozhili-uchenie-altayskogo-gau-290018> (Дата обращения: 02.05.2024)

141. Ярошевич, Г. С. Научное обоснование технологии
пчеловодства Северо-Запада России в условиях возрастающего
техногенного загрязнения природной среды //Автореф. дисс. кандидата
сельскохозяйственных наук – Дивово Рязанской области. – 2009. – 52 с.

142. Antonov, S. Graduation technique for vibration flow device for
grain mass moisture control / S. N. Antonov, A. V. Ivashina, A. I. Adoshev, V.
G. Zhdanov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and
Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES
2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets,
Human Resources, Kazan, 28–29 may 2021 years. – Vol. 37. – Kazan: EDP
Sciences, 2021. – P. 00099.

143. Antonov, S. Hacksaw for pruning trees in gardens based on a
linear electric motor / S. N. Antonov, G. V. Nikitenko, A. I. Adoshev [et al.] //
Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World
Community, Stavropol, 27–30 September 2021 years. – Stavropol: AIP
PUBLISHING, 2022. – Vol. 2661 – P. 070001. – DOI 10.1063/5.0108222.

144. Antonov, S. Optimization of pruner linear motor magnetic system

/ S. N. Antonov // engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 1642-1647. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF353.

145. Antonov, S. Simulation of the magnetic system of a linear motor for a delimeter / S. Antonov, G. Nikitenko, A. Adoshev [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. . – Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences. – 2021. – 5 p. – DOI 10.1051/bioconf/20213700097.

146. Antonov, S. Study of linear electric motor magnetic system of hand-held electrified tool / S. N. Antonov // engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 1627-1631. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF349.

147. Bava, R. Comparison of two diagnostic techniques for the apis mellifera varroaosis: Strengths, weaknesses and impact on the honeybee health // Veterinary Sciences. – 2022. – Vol. 9. – №. 7. – 354 p.

148. Belyakova, O. Umnyye samodelki dlya pchelovodov: eto prosto! [Smart DIY for beekeepers: it is easy!] Rostov n/D, Feniks Publ. – 2007. – 155p.

149. Berényi, O. Occurrence of six honeybee viruses in diseased Austrian apiaries //Applied and environmental microbiology. – 2006. – Vol. 72. – №. 4. – P. 2414-2420.

150. Brodsgaard, C. – Interaction among Varroa jacobsoni mite, acute paralysis virus and Paenibacillus larvae larvae and their influence on mortality of larvae honeybees in vitro. / W. Ritter, H. Hansen, H. P. Brodsgaard // Apidologie 31, – 2000. – P. 543-554.

151. Chantawannakul, P. A scientific note on the detection of honeybee viruses using real-time PCR (TaqMan) in Varroa mites collected from a Thai honeybee (*Apis mellifera*) apiary // *Journal of invertebrate pathology*. – 2006. – Vol. 91. – №1. – P. 69-73.
152. Delaplane, K. Varroa mite tolerant honeybees // *Amer. Bee J.*, 1995. – Vol. 135. – №2. – P. 175-176.
153. Hansen, H. American foulbrood. Biology and control. Euroconf. On Molecular Mechanism of Disease Tolerance in Honeybee, Momedito, Kralupy near Prague 17-19.10.2000. Proceedings Publ. Bee Res. Inst. in Dol. – .2001. – P. 75-96.
154. Harbo, J. Resistance to Varroa expressed by honeybees in the USA // *Amer. Bee J.*, 1995. – Vol.135. – 827 p.
155. Karimi, P. Medicinal plant essential oils as promising Anti-Varroa agents: Oxidative/nitrosative screens / P. Karimi, F. Malekifard, M. Tavassoli *South African Journal of Botany*, 2002. – Vol. – P. 344–351. DOI:10.1016/j.sajb.2022.05.003.
156. Kraus, B. Effect of colony odour upon attractiveness of bees (*Apis mellifera*) of same ages for *Varroa jacobsoni* // *J. Apicult. Rez.* – 1995. – Vol. 34. – P. 47-49.
157. Liu, T. P. Morphology of some microorganisms associated with the female mite *Varroa jacobsoni*: a survey by electron microscopy. In.: Needham et al (ed.) *Africanized honey bees and bee mites*. Ellis Horwood. – Chichester, 1988. – P. 467- 474.
158. Maassen, A. Weitere Mitteilungen uber der seuchenhaften Brutkrankheiten der Bienen [Further communication on the epidemic brood disease of bees] // *Mitteilungen aus der kaiserlichen biologischen anstalt fur land-und forstwirtschaft*. – 1913. – P. 48–58.

159. Navajas, M. et al. Differential gene expression of the honeybee *Apis mellifera* associated with *Varroa destructor* infection // *BMC genomics*. – 2008. – Vol. 9. – P. 1-11.
160. Nazzi, F. et al. Synergistic parasite-pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honeybee colonies // *PLoS pathogens*. – 2012. – Vol. 8. – №. 6. – 16 p.
161. Oskin, S. Modelling of thermal processes in barrier ozonizer used in beekeeping / S. Oskin, S. Nikolaenko, A. Voloshin, D. Tsokur // 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings. – Jelgava, 2020. – P. 384-389.
162. Otten, C. Americanische Faulbrut mögliche Ursachen des gehauften Auftretens. *Imkerfreund*. – 1993. – №8, – P. 6-9.
163. Pietropaoli, M. Formic acid combined with oxalic acid to boost the acaricide efficacy against *Varroa destructor* in *Apis mellifera* / M. Pietropaoli, G. Formato // *Journal of Apicultural Research*. – 2022. – Vol. 61 (3), P. 320–328. DOI: 10.1080/00218839.2021.1972634.
164. Read, S. Culturing chelifers (Pseudoscorpions) that consume *Varroa* mites / B. G. Howlett, B. J. Donovan, W. R. Nelson, R. F. // *Journal of Applied Entomology* – 2014. – Vol. 134. – №4 – P. 260-266.
165. Rondeau, S. Risk assessment and predation potential of *Stratiolaelaps scimitus* (Acari: Laelapidae) to control *Varroa destructor* / S. Rondeau, P. Giovenazzo P, V Fournier // (Acari: Varroidae) in honeybees. – *PLoS One*. 2018. Dec 7. 13(12):e0208812. doi:10.1371/journal.pone.0208812.
166. Shen, M. et al. Intricate transmission routes and interactions between picorna-like viruses (Kashmir bee virus and sacbrood virus) with the honeybee host and the parasitic varroa mite // *Journal of General Virology*. – 2005. – Vol. 86. – №. 8. – P. 2281-2289.

shlennost/bolezn_deformatsii_kryla (Дата обращения: 10.05.2024).

167. Taber, S. Different mechanisms of resistance of bees to *Varroa jacobsoni* // *Amier. Bee. J.* – 1995. – Vol. 135. – Т. 2. – P. 123-124.

168. Techer, M. A. Divergent evolutionary trajectories following speciation in two ectoparasitic honeybee mites / M. A. Techer et al. // *Communications Biology.* – 2019. – Т. 2. – № 1. – 357 p.

169. Tentcheva, D. et al. Prevalence and seasonal variations of six bee viruses in *Apis mellifera* L. and *Varroa destructor* mite populations in France // *Applied and environmental microbiology.* – 2004. – Т. 70. – № 12. – P. 7185-7191.

170. Watkins, M. Delayed release gel formulation and method for controlling mite infestation of honeybee colonies. Patent RU 2225727, 2000. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ea/e9/43/1dcb541ec4a3df/RU2225727C2.pdf> (accessed 16.01.2023).

171. Wienands, A. Synopsis der weltweit gegen die Warroamilbe der Honigbiene Eingesetzten Prparate // *Allg. dtsh.imkerztg. Zd.* – 1988. – № 9. – P. 313-315.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П.1.1- Результаты измерений параметров вибрации

Место кон- троля	Частота вибраций, Гц								
	500			1500			2500		
	сме- щение	ускоре- ние	ско- рость	смеще- ние	ускоре- ние	ско- рость	смеще- ние	ускоре- ние	ско- рость
	мм	м/с ²	м/с	мм	м/с ²	м/с	мм	м/с ²	м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Верхний брус (леток)									
1 рамка	0,004	5,4	0,0014	-	3,4	0,0007	-	1,2	0,0001
2 рамка	0,004	7,2	0,001	-	4	0,0021	-	3	0,0003
3 рамка	0,004	4,4	0,007	-	7,4	0,0034	-	4,5	0,0004
4 рамка	0,002	5,4	0,009	-	3,8	0,002	-	3	0,0004
5 рамка	0,004	6,4	0,008	-	3,8	0,004	-	3,9	0,0004
6 рамка	0,004	12,4	0,005	-	4,4	0,003	-	4,2	0,0004
7 рамка	0,004	5,9	0,003	-	4,3	0,0014	-	5	0,0003
8 рамка	0,002	3,9	0,0014	-	3,4	0,0014	-	3	0,0003
9 рамка	0,006	3,1	0,0012	-	2,7	0,0009	-	2	0,0002
10 рамка	0,001	3,1	0,0011	-	1,9	0,0002	-	1,8	0,0001
Верхний брус (центр)									
1 рамка	0,001	4,3	0,0006	-	4,3	0,0015	-	2	0,0003
2 рамка	0,001	5,3	0,002	-	5,3	0,0017	-	5	0,0003
3 рамка	0,001	8,5	0,0036	-	7,2	0,0023	-	8	0,0003
4 рамка	0,004	8,9	0,0033	-	4,0	0,0025	-	5,1	0,0003
5 рамка	0,005	10,3	0,0036	-	6,3	0,0028	-	4	0,0004
6 рамка	0,004	10,5	0,0037	-	6,2	0,0034	-	3	0,0004

7 рамка	0,002	7,4	0,003	-	3,3	0,0028	-	3	0,0003
8 рамка	0,003	4,3	0,0021	-	4,0	0,0023	-	2	0,0003
9 рамка	0,005	4,2	0,0015	-	1,9	0,0021	-	8	0,0003
10 рамка	0,001	4,9	0,004	-	2,9	0,0007	-	1,8	0,0003
Верхний брус (задняя часть улья)									
1 рамка	0,003	10	0,0029	0,001	3,6	0,0003	-	2	0,0002
2 рамка	0,008	8	0,0041	0,001	3,0	0,0006	-	3	0,0002
3 рамка	0,001	4	0,0061	0,001	3,5	0,0009	-	4	0,0007
4 рамка	0,003	6	0,008	0,001	3,5	0,0012	-	4,8	0,0004
5 рамка	0,006	11	0,009	0,001	3,6	0,0013	-	5	0,0008
6 рамка	0,003	8,3	0,009	0,001	3,6	0,0009	-	6	0,0008
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 рамка	0,003	7	0,0022	0,001	3,6	0,0012	-	5	0,0003
8 рамка	0,003	5,5	0,0014	0,001	3,0	0,0009	-	3,6	0,0003
9 рамка	0,001	3,8	0,0007	0,001	2,7	0,0009	-	2,2	0,0002
10 рамка	0,003	2,8	0,0003	0,001	2,3	0,0008	-	2	0,0001
Нижний брус (центр)									
1 рамка	0,003	3,6	0,002	0,001	3,6	0,0003	-	1,1	0,0002
2 рамка	0,003	3	0,003	0,002	3,3	0,0006	-	1	0,0001
3 рамка	0,003	6,4	0,0014	0,001	3,5	0,0009	-	1,7	0,0004
4 рамка	0,009	3	0,002	0,001	3,6	0,0012	-	1,5	0,0006
5 рамка	0,002	3,7	0,0025	0,002	3,8	0,001	-	2	0,0006
6 рамка	0,002	3	0,0013	0,001	3,7	0,0008	-	2,3	0,0008
7 рамка	0,002	2,5	0,001	0,001	3,6	0,001	-	1,6	0,0004

8 рамка	0,002	2,2	0,0006	0,001	3,0	0,0009	-	1,6	0,0003
9 рамка	0,003	1,6	0,0009	0,001	2,6	0,0008	-	2	0,0002
10 рамка	0,005	5	0,001	0	2,3	0,0005	-	1,5	0,0002
Соты									
2 верх	0,008	3,2	0,0014	-	1,7	0,0002	-	2,1	0,0005
2 низ	0,008	2,6	0,0033	-	0,3	0,0001	-	0,6	0,0003
9 верх	0,002	0,4	0,0012	-	2,1	0,0004	-	1,1	0,0007
9 низ	0,004	0,9	0,0016	-	0,3	0,0002	-	0,6	0,0004
4 верх	0,012	4,9	0,0045	-	1,8	0,0015	-	0,8	0,0005
4 низ	0,0012	1,2	0,0031	-	0,6	0,0002	-	0,4	0,0003
7 верх	0,002	3,1	0,0035	-	4,1	0,0018	-	0,9	0,0002
7 низ	0,008	2,8	0,0029	-	0,8	0,0003	-	0,6	0,0001
Крышка диффузора									
	0,0033	2,2	0,0081	0,004	20,5	0,0046	0,004	62,7	0,007
Лапы вибратора									
1	0,034	12,5	0,0013	-	11,5	0,0003	-	9,7	0,0007
2	0,026	11,1	0,0074	-	13	0,0042	-	15,3	0,0012
3	0,049	6,3	0,0016	-	7,6	0,0003	-	5,2	0,0009
4	0,044	7,7	0,0015	-	2	0,0001	-	4,6	0,0008
5	0,003	10,7	0,0044	-	13,7	0,0005	-	17,2	0,0009
6	0,004	13,5	0,005	-	13,6	0,0003	-	8,1	0,0013

Таблица П.1.2 – Результаты экспериментальных исследований влияния частоты x_1 и скважности x_2 подаваемых импульсов на количество опавшего клеща (повторность №1)

№	Частота, Гц, x_1	Скважность, x_2	Разница между количеством клещей, опавших в контрольных и опытных ульях, ΔN , шт. y_1
1	500	0,2	-1
2	500	0,5	2
3	500	0,8	5
4	1000	0,2	-1
5	1000	0,5	3
6	1000	0,8	0
7	1500	0,2	9
8	1500	0,5	-6
9	1500	0,8	-4

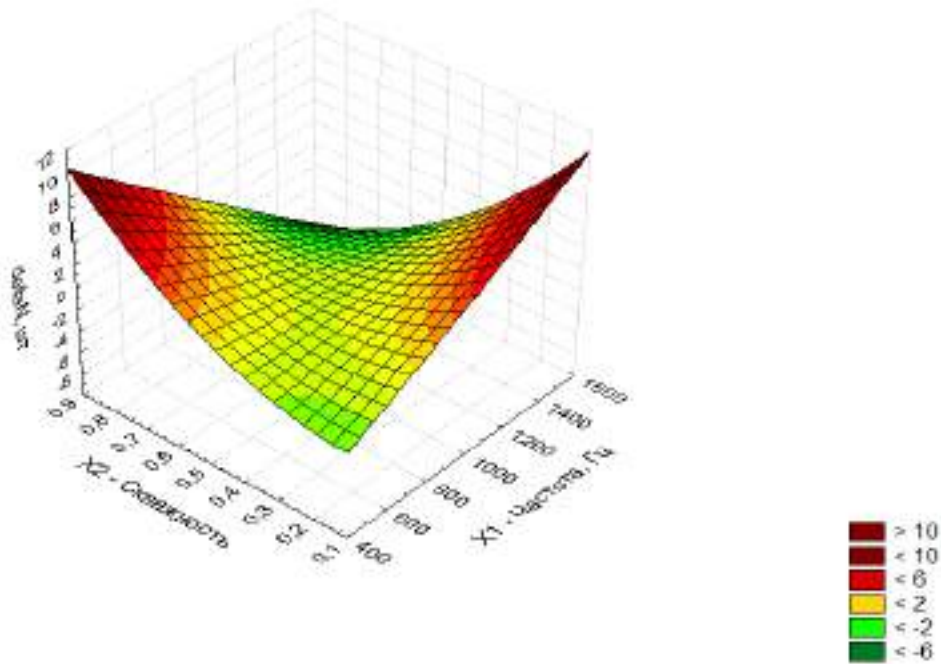


Рисунок П.1.1 – Изображение поверхности полученной по регрессионной модели, описывающей влияние частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (ΔN) – y_1 (повторность №1)

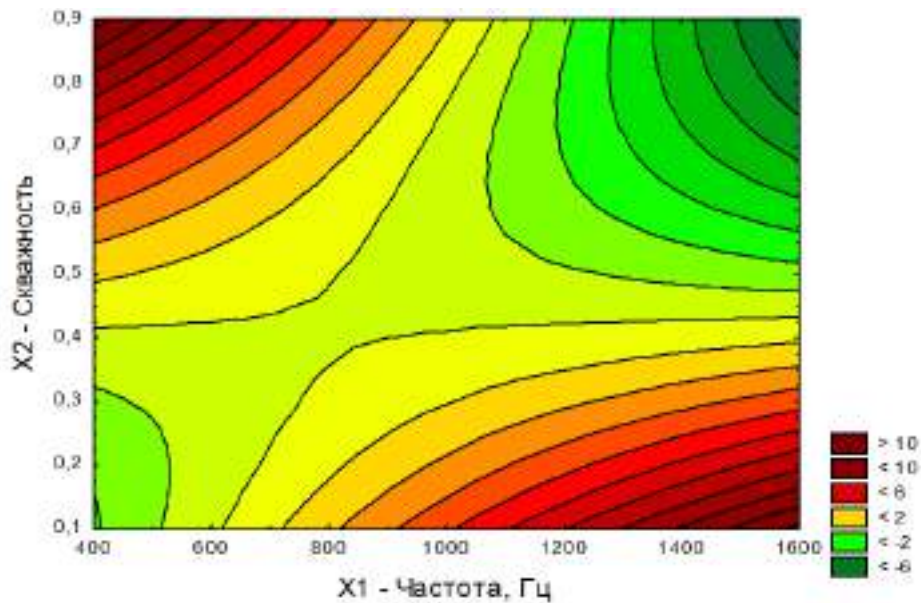


Рисунок П.1.2– Проекция поверхности по влиянию частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (ΔN) – y_1 (повторность №1)

Таблица П.1.3 – Результаты экспериментальных исследований влияния частоты x_1 и скважности x_2 подаваемых импульсов на количество опавшего клеща (повторность №2)

№	Частота, Гц, x_1	Скважность, x_2	Разница между количеством клещей опавших в контрольных и опытных ульях, deltaN, шт. y_1
1	500	0,2	1
2	500	0,5	-1
3	500	0,8	9
4	1000	0,2	5
5	1000	0,5	6
6	1000	0,8	1
7	1500	0,2	9
8	1500	0,5	-1
9	1500	0,8	1

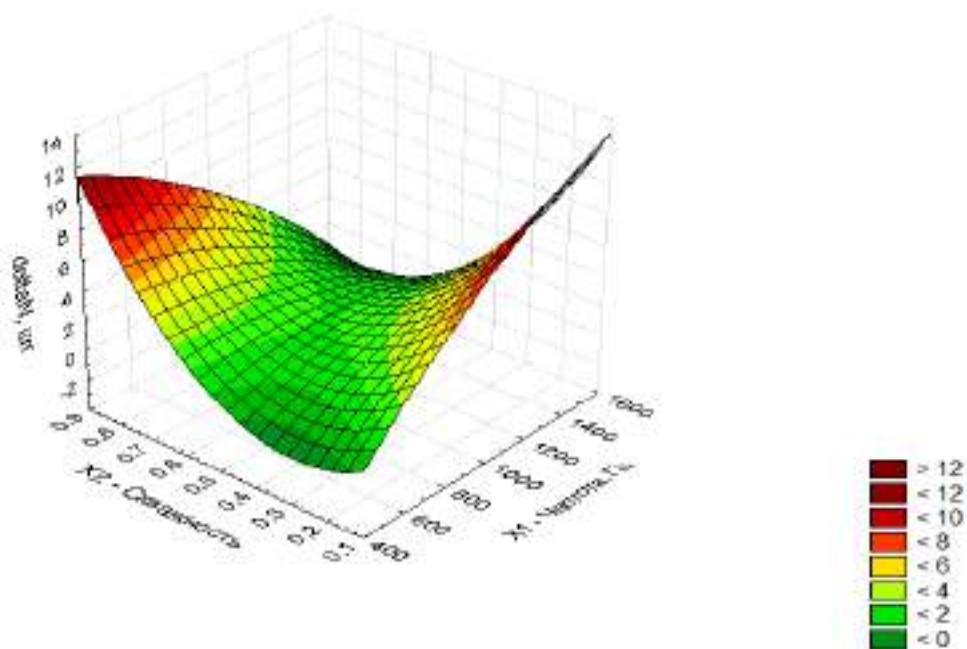


Рисунок П.1.3 – Изображение поверхности, полученной по регрессионной модели, описывающей влияние частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (deltaN) – y_1 (повторность №2)

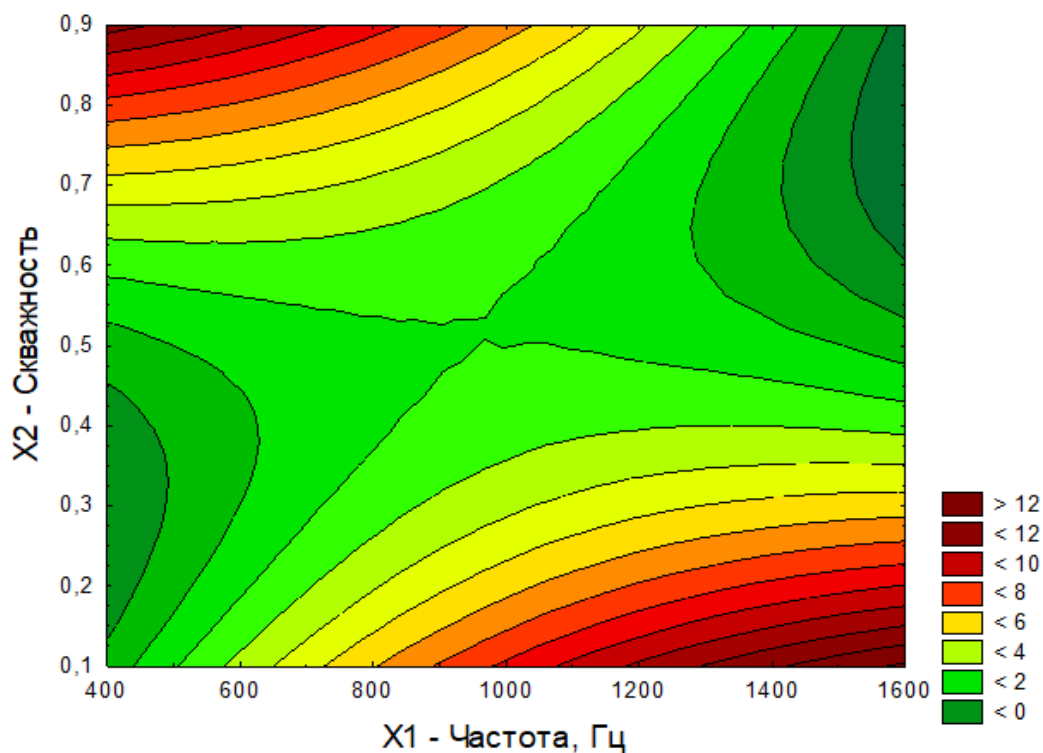


Рисунок П.1.4 – Проекция поверхности по влиянию частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (ΔN) – y_1 (повторность №2)

Таблица П.1.4 – Результаты экспериментальных исследований влияния частоты x_1 и скважности x_2 подаваемых импульсов на количество опавшего клеща (повторность №3)

№	Частота, Гц, x_1	Скважность, x_2	Разница между количеством клещей, опавших в контрольных и опытных ульях, ΔN , шт. y_1
1	500	0,2	4
2	500	0,5	1
3	500	0,8	6
4	1000	0,2	1
5	1000	0,5	1
6	1000	0,8	-4
7	1500	0,2	1
8	1500	0,5	1
9	1500	0,8	0

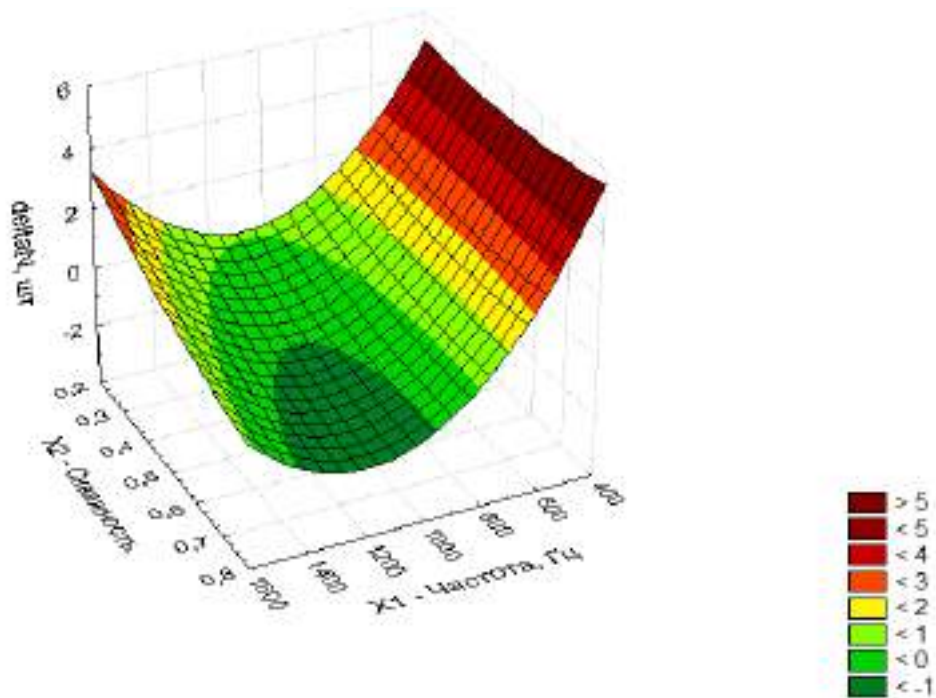


Рисунок П.1.5 – Изображение поверхности, полученной по регрессионной модели, описывающей влияние частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (ΔN) – y_1 (повторность №3)

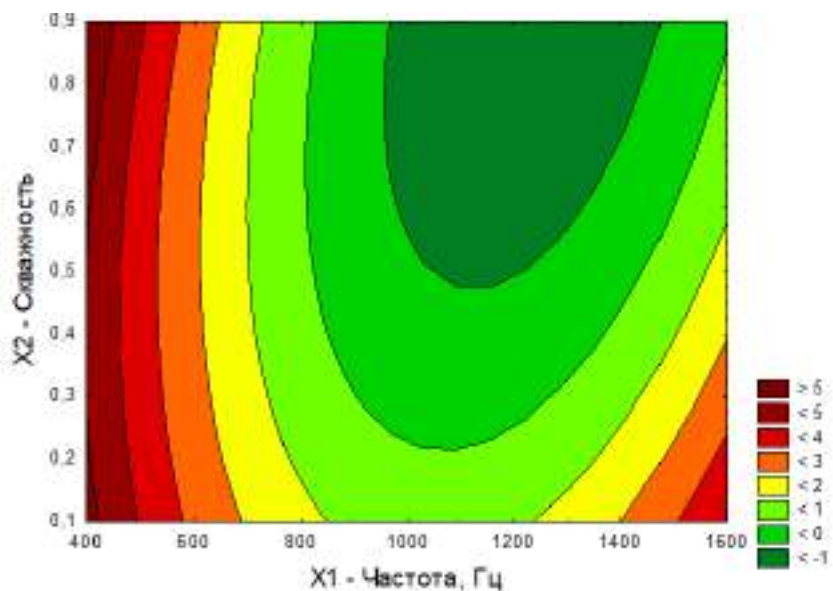


Рисунок П.1.6 – Проекция поверхности по влиянию частоты – x_1 и скважности – x_2 подаваемых на динамик импульсов на количество опавшего клеща по сравнению с контролем (ΔN) – y_1 (повторность №3)

ДОКУМЕНТЫ ПО ВНЕДРЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ

УТВЕРЖДАЮ
ООО «Предприятие по пчеловодству
«Краснодарское»
ИНН 2310010997,
35002, Краснодарский край,
Краснодар, ул. Садовая, 50
Директор организации
Карцев В.И.



АКТ
внедрения научной работы
по использованию электромагнитной вибрационной установки для
борьбы с клещом варроа в пчелиных ульях

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт в том, что результаты научной работы Федака Сергея Михайловича по определению параметров и режимов работы электромагнитной вибрационной установки для борьбы с клещом варроа в пчелиных ульях использованы на пасеке в 20 ульев. В качестве контроля были взяты 5 ульев с общепринятой периодической обработкой химическими препаратами и одинаковыми по силе семьи. Опытные 5 ульев были также одинаковыми по силе семьями. Обработка установкой проводилась 6 раз за сезон и 3 раза с применением химических препаратов.

После внедрения данной установки в течение одного сезона получены следующие результаты: к первому медосбору в опытных ульях наблюдалась прибавка силы семей на уровне 10 %, а к концу сезона прибавка силы уже составила 20 %; в опытных ульях количество рамок с расплодом было больше на 20 %; заклещенность опытных ульев была меньше на 10 %; медопродуктивность опытных ульев стала выше на 10 % больше чем в контрольных.

Использование электромагнитной вибрационной установки по обработке ульев от клеща варроа позволяет пчеловоду одной установкой обрабатывать до 20 ульев и сократить использование химических препаратов в 3 раза. Установка снижает заклещенность пчелиных семей, снижает заболеваемость пчел, повышает интенсивность их развития, что в конечном счете сказывается на медопродуктивности пасеки.

Председатель комиссии:

зав. кафедрой «Электрические
машины и электропривод», д.т.н., проф.

Оськин С.В.

Члены комиссии:

к.т.н., доцент
аспирант

Цокур Д.С.
Федак С.М.

12.09.2024



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 818 364** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК

[A01K 47/00 \(2006.01\)](#)

[A01K 51/00 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.05.2024)

Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 01.09.2024 по 31.08.2025. При уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 01.09.2025 по 28.02.2026 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

A01K 47/00 (2024.01); A01K 51/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: [2023122734](#), 31.08.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.08.2023

Дата регистрации:
02.05.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 31.08.2023

(45) Опубликовано: [02.05.2024](#) Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 50757 U1, 27.01.2006. RU 2258359 C2, 20.08.2005. UA 60713 U, 25.06.2011. SU 929031 A1, 23.05.1982. SU 1349745 A1, 07.11.1987. SU 1329711 A1, 15.08.1987. WO 2021112689 A1, 10.06.2021. DE 3335808 A1, 01.08.1985. CN 211129519 U, 31.07.2020.

Адрес для переписки:
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Кубанский ГАУ, отдел организации и сопровождения научной деятельности

(72) Автор(ы):

**Богатырев Николай Иванович (RU),
Оськин Сергей Владимирович (RU),
Федак Сергей Михайлович (RU),
Семернина Екатерина Дмитриевна (RU),
Шпагин Максим Александрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина" (RU)

(54) Улей для комбинированной борьбы с варроатозом пчел



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.07.2024)
Поплата: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 31.10.2024 по 30.10.2025. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 31.10.2025 по 30.04.2026
размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

A01K 47/00 (2024.01); A01K 51/00 (2024.01)(21)(22) Заявка: 2023128257, 30.10.2023(24) Дата начала отсчета срока действия
патента:
30.10.2023Дата регистрации:
12.07.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.10.2023

(45) Опубликовано: 12.07.2024 Бюл. № 20(56) Список документов, цитированных в
отчете о поиске: RU 2477952 C1,
27.03.2013. RU 2324341 C2, 20.05.2008.
RU 216215 U1, 23.01.2023. UA 60713 U,
25.06.2011. WO 2021225457 A1,
11.11.2021. CN 210841158 U, 26.06.2020.
CN 208446441 U, 01.02.2019. DE
102016106992 B3, 24.05.2017. EP 1414292
B1, 13.05.2009. US 5162014 A1,
10.11.1992.

Адрес для переписки:

350044, г. Краснодар, ул. Калинина,
13, Кубанский ГАУ, отдел
организации и сопровождения
научной деятельности

(72) Автор(ы):

Богатырен Николай Иванович (RU),
Оськин Сергей Владимирович (RU),
Кумейко Андрей Анатольевич (RU),
Федак Сергей Михайлович (RU),
Семеринна Екатерина Дмитриевна
(RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Кубанский государственный
аграрный университет имени Н.Т.
Трубилина" (RU)

(54) УЛЕЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ВАРРОАТОЗОМ ПЧЕЛ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) RU (11) 2 825 153 (13) C1

(51) МПК
A01K 51/00 (2006.01)
A01K 55/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.08.2024)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 08.03.2025 по 07.03.2026. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 08.03.2026 по 07.09.2026
размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК
A01K 51/00 (2024.01); A01K 55/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: [2024106364](#), 07.03.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия
патента:
07.03.2024

Дата регистрации:
21.08.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 07.03.2024

(45) Опубликовано: [21.08.2024](#) Бюл. № [24](#)

(56) Список документов, цитированных в
отчете о поиске: RU 2234837 C1,
27.08.2004. RU 2357412 C2, 10.06.2009.
RU 2217909 C2, 10.12.2003. WO
2016151468 A1, 29.09.2016. WO
2019186487 A1, 03.10.2019.

Адрес для переписки:
350044, г. Краснодар, ул. Калинина,
13, Кубанский ГАУ, отдел
организации и сопровождения
научной деятельности

(72) Автор(ы):
Оськин Сергей Владимирович (RU),
Лоза Андрей Александрович (RU),
Цокур Дмитрий Сергеевич (RU),
Федак Сергей Михайлович (RU),
Цокур Екатерина Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Кубанский государственный
аграрный университет имени И.Т.
Трубилина" (RU)

(54) Способ озонирования группы пчелиных ульев

НАУЧНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НИЦ ВЕСТНИК НАУКИ»

ДИПЛОМ

II - СТЕПЕНИ

ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

награждается

ФЕДАК СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ

Научная работа «ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВИБРАТОРОВ
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАКЛЕЩЕННОСТИ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ»

по результатам Международной научно-практической конференции

«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»

(г. Уфа, 20 сентября 2024г.)

Главный редактор
«НИЦ Вестник Науки»
к.ф.-м.н. Халиков А.Р.

НАУЧНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

ПЕРВЫЙ ВЕСТНИК

№ К-483-1



www.perviy-vestnik.ru

научно-издательский центр
"Академический"

ДИПЛОМ

За активное участие в работе
XXXIV Международной научно-практической конференции
"Наука в современном информационном обществе"
8-9 апреля 2024 г. Bengaluru, Karnataka, India.

награждается

Федак Сергей Михайлович

9 апреля 2024 г.



Председатель ООИП
н.-и.ц. "Академический"
к.ф.-м.н., доц. Моисеев Е.В.