

Лапынина Елена Петровна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
РЕГЛАМЕНТА СОДЕРЖАНИЯ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ
С УЧЕТОМ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ЗИМОВКИ**

06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов
животноводства

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт пчеловодства»

Научный руководитель

кандидат сельскохозяйственных наук
Касьянов Анатолий Иванович

Официальные оппоненты:

Маннапов Альфир Габдуллович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева»

Редькова Лидия Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, зам. директора по пчеловодству Академии пчеловодства и современных биотехнологий ФГБОУ ВО РГАТУ

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина»

Защита состоится « 28 » февраля 2017 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 006.018.01 на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства» по адресу 391105, Рязанская область, Рыбновский район, пос. Дивово, п/о Институт коневодства

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», www.ruhorses.ru

Автореферат разослан «___» декабря 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

Готлиб М.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Зимовка является наиболее тяжелым периодом в жизнедеятельности пчелиных семей, особенно в средней полосе и на севере России, где пчёлы на протяжении полугода не имеют возможности выйти из улья, пополнить запасы кормов. В этот период пчелы имеют ограниченные средства к поддержанию необходимого микроклимата в улье, это часто приводит к накоплению в улье сырости и другим отрицательным последствиям. Поэтому на зимний период приходится основной процент гибели пчелиных семей. Гибель и ослабление пчелиных семей во время зимовки представляет значительный ущерб для пчеловодов.

Теория зимовки пчелиной семьи является одним из наиболее сложных вопросов практического пчеловодства. Многие рекомендации носят эмпирический характер и часто противоречат друг другу.

Не всегда точно известно, что приводит к износу и преждевременной гибели отдельных особей пчелиной семьи: физиологическое состояние или локальные условия, в которых они находятся.

Обобщенным показателем, характеризующим влияние внешней среды на пчел, является уровень обмена веществ, проявляющийся в их тепловыделении.

Поэтому исследование тепловых процессов в зимнем клубе, процесса формирования пчелиного клуба, разработка новых методов измерения термогенеза пчелиных семей и термогенеза отдельных пчел представляется весьма актуальным.

Степень разработанности темы исследования. Исследованиям температурного режима пчелиных семей посвящены работы многих авторов. Известна реакция изолированных особей медоносных пчел на изменение температуры внешней среды. С повышением внешней температуры термогенез пчелы, находящейся в активном состоянии, падает, а в пассивном – растет. Однако, как ведет себя и в каком состоянии находится особь в условиях пчелиного клуба, когда внутри сообщества пчел температура меняется от 36 до 10 °C вопрос остается открытым.

По вопросу регуляции температурного режима у пчел в опубликованных литературных источниках существует два мнения: концепция «суперорганизма» и гипотеза «отдельной рабочей пчелы». В соответствии с концепцией «суперорганизма» отдельные пчелы приспособливают свои потребности к некой координирующей реакции, действующей на уровне семьи в целом, хотя носитель такой координирующей роли не найден. Согласно гипотезе «отдельной пчелы», каждая особь пчелиной семьи функционирует индивидуально, поддерживая температуру тела в соответствии со своими физиологическими особенностями и окружающими ее локальными условиями, а температурный режим всей семьи является суммой поведений отдельных особей (М. Линдауэр, 1960).

Имеется множество работ, посвященных изучению температурного режима пчелиного клуба. Хорошо изучена его топография и распределение температурных полей внутри него.

Работ, посвященных раскрытию процесса формирования теплового режима пчелиного клуба, воздействия температурных полей на особей внутри него, очень мало. Наши исследования направлены на изучение данных вопросов.

Цель и задачи исследования. Целью проводимых исследований являлось изучение теплофизических процессов формирования пчелиного клуба, условий стационарности температурного поля внутри него, динамики термогенеза пчел. В связи с этим перед нами были поставлены следующие задачи:

1. Изучить динамику термогенеза отдельно взятых особей в условиях зимнего клуба.
2. Исследовать динамику термогенеза пчелиных семей в зимний период.
3. Изучить теплоизоляционные свойства гнезда пчелиной семьи.
4. Провести сравнительную оценку термогенеза семей, зимующих на воле и в помещении.

Научная новизна. В результате проведенных исследований дано обоснование процесса формирования пчелиного клуба, обусловленного теплофизическими процессами, происходящими в пчелиной семье. Изучено поведение и энергетика отдельно взятой особи в пчелином клубе. Проведено сравнительное испытание способов зимовки пчел на воле и в заглубленном зимовнике. Изучен процесс формирования среднеобъемной температуры в незанятой клубом части гнезда, определено тепловое сопротивление основных элементов гнезда: пустых сотов, сотов с кормовыми запасами, холстика, утеплителей.

Теоретическая и практическая значимость. Расчетными показателями определена масса пчелиной семьи, при которой наблюдается равномерность температурного поля внутри клуба. Показана необходимость своевременного обновления сотов в гнезде. Определена оптимальная температура для зимнего содержания пчел. Результаты исследования послужили основой для разработки методики контроля термогенеза пчелиных семей и научно обоснованного регламента содержания пчелиных семей в зимний период.

Методология и методы исследований. При проведении теоретических расчетно-аналитических исследований использовались общеизвестные законы физики, теплотехники и математики. Экспериментальные исследования выполнены с использованием современного оборудования, а также установок и приборов специально изготовленных нами для решения поставленных задач.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Результаты исследования термогенеза изолированных особей пчел.
- Результаты исследования термогенеза пчелиных семей.
- Обоснование процесса формирования пчелиного клуба на основе происходящих в нем процессов теплообмена.
- Результаты исследования теплоизоляционных качеств сотов.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов подтверждается использованием современных методик, публикацией результатов в ведущих журналах, одобрением докладов представленных на конференциях, расчетно-аналитические методы основаны на общих физических

законах. Основные результаты исследования доложены и представлены на заседаниях ученого совета ФГБНУ «НИИ пчеловодства», на Международной научно-практической конференции «Инновации в пчеловодстве» (Адлер, 2008), на I региональном итоговом молодежном научно-инновационном конкурсе «У.М.Н.И.К.» (Рязань, 2010), на Международной научно-практической конференции «Современное пчеловодство. Проблемы, опыт, новые технологии» (Ярославль, 2010 г), на Международной конференции «Пчеловодство XXI век» (Москва, 2010), на Международной научно-практической конференции «Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы», (Рязань, 2014), на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы пчеловодства и пути их решения» (Москва, 2016)

Публикации результатов исследований. Материалы диссертации изложены в 34 научных публикациях, в том числе 8 статей опубликованы в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, предложений производству, списка литературы. Объем работы составляет 138 страниц машинописного текста, включает 22 таблицы, 38 рисунков. Список литературы включает 145 наименования, в том числе 45 работ иностранных авторов.

2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературе проведен анализ работ по исследуемой теме. Проанализирован механизм регуляции температурного режима отдельных особей медоносных пчел, а так же зимнего клуба пчел. Рассмотрены основные факторы, влияющие на термогенез пчелиной семьи и методы его регистрации. На основании анализа научной литературы сформулирована цель и задачи исследований.

2.2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в 2007-2015 гг. на базе экспериментальной пасеки и лаборатории ФГБНУ «НИИ пчеловодства». Исследования проводились по схеме, представленной на рисунке 1.

В ходе работы исследовали тепловой режим медоносных пчел в зимний период.

Измерение термогенеза отдельных особей пчел проводили с помощью микрокалориметра. В опытах по измерению термогенеза изолированных пчел мы применяли микрокалориметр, разработанный совместно с Черновицким государственным университетом. С помощью микрокалориметра была изучена динамика тепловыделения изолированными особями пчел в разные периоды их жизнедеятельности, а в летний период исследовали также динамику термогенеза трутней и маток.

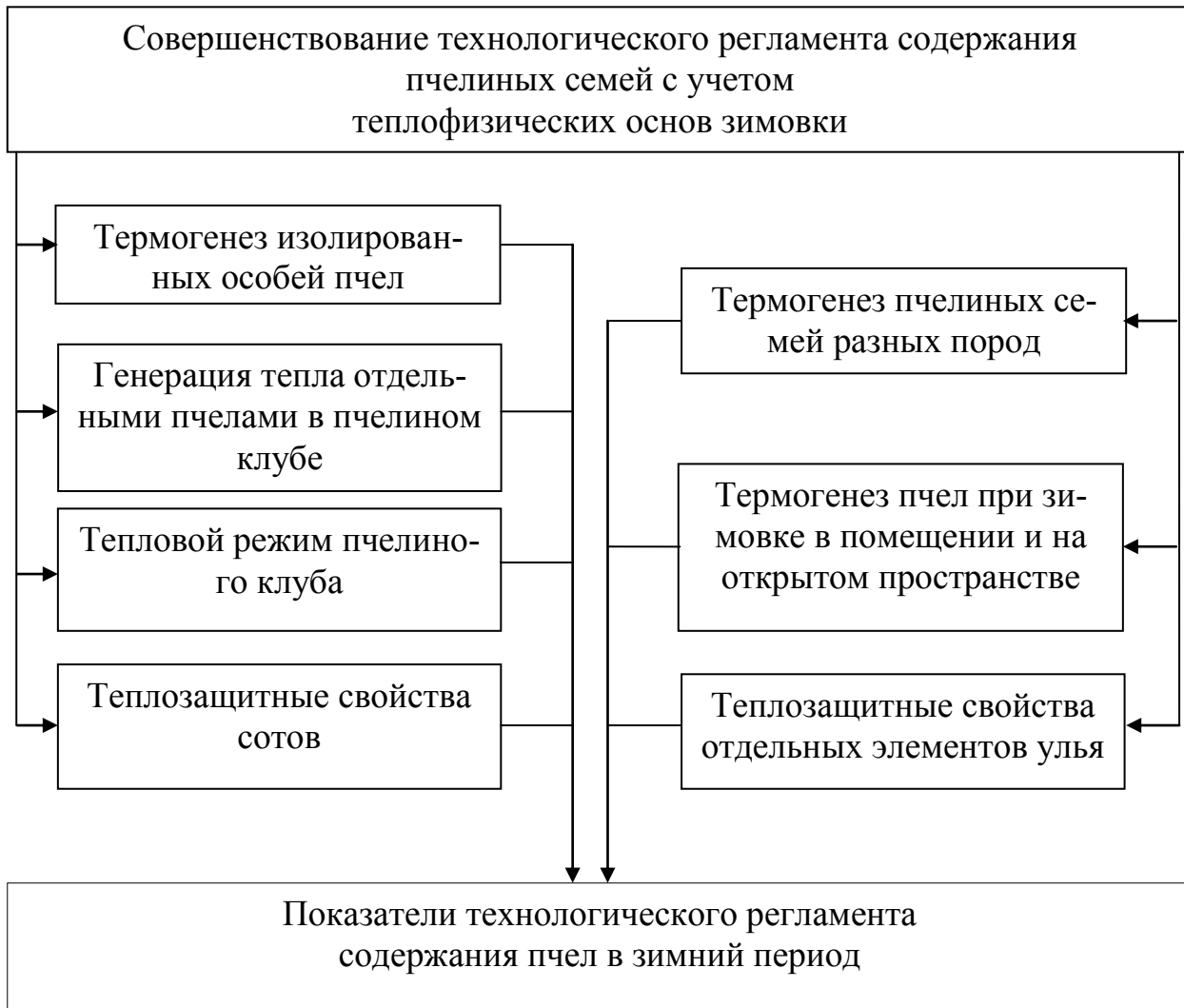


Рисунок 1 – Схема исследования

Термогенез пчелиных семей определяли с использованием специально разработанного нами улья-калориметра. На рисунке 2 представлена его общая схема. Все элементы улья изготовлены из пластин органического стекла толщиной 4 мм, укрепленных на металлическом каркасе.

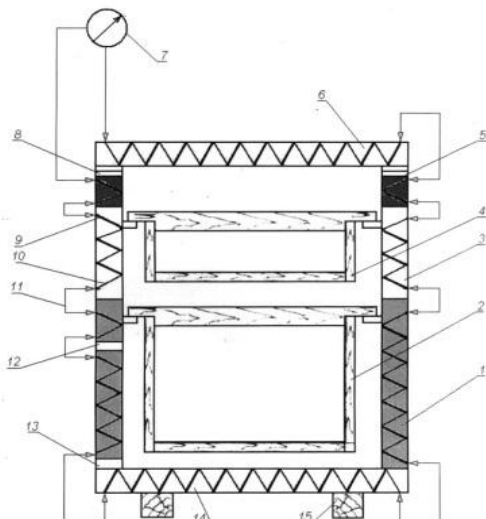


Рисунок 2 – Схема улья-калориметра:

1 – корпус; 2 – рамка гнезда; 3 – магазинная надставка; 4 – рамка магазинная; 5 – подкрышник; 6 – крышка; 7 – измерительный прибор; 8 – вентиляционное отверстие; 9 – проволока копелевая; 10 – проволока медная; 11 – перемычки; 12 – леток верхний; 13 – леток нижний; 14 – дно; 15 – полозок

На всех элементах улья равномерно размещены термопары, спаянные из медных – 10 и копелевых – 9 проволок таким образом, что их спаи располагаются попеременно на внутренней и внешней сторонах пластин.

В соответствии с законом Фурье, количество тепла, выделенного внутри оболочки, прямо пропорционально площади оболочки, ее теплопроводности, перепаду температур внутренней и наружной поверхности и обратно пропорционально толщине этой оболочки.

Для измерения перепада температур мы использовали последовательно соединенные термопары, равномерно размещенные по поверхности улья-калориметра. Чувствительность калориметра была определена при его градуировке.

Исследовали термогенез пчел карпатской, серой горной кавказской, среднерусской пород и породного типа среднерусской породы «Приокский» в осеннее-зимний период.

Температуру и влажность наружного воздуха определяли посредством аспирационного психрометра.

Исследования термогенеза и теплового режима при зимовке пчелиных семей в помещениях проводили в заглубленном зимовнике.

При измерении температуры воздуха в зимовнике в качестве датчиков температуры использовали терморезисторы, в качестве вторичного прибора – мультиметр М 930В.

Исследование теплоизоляционных свойств гнезда пчелиной семьи проводили на модели 12-рамочного улья, представляющей собой улей-калориметр с размещенными внутри него сотами, в которые вмонтирован нагреватель шарообразной формы, имитирующий пчелиный клуб.

Среднеобъемную температуру в незанятой пчелами части гнезда измеряли посредством специального линейного термометра сопротивления, выполненного в виде жгута из медного провода, размещенного в улочках сборки.

Для измерения коэффициентов теплопередачи и теплового сопротивления сотов нами разработана и изготовлена специальная лабораторная установка, представленная на рисунке 3.

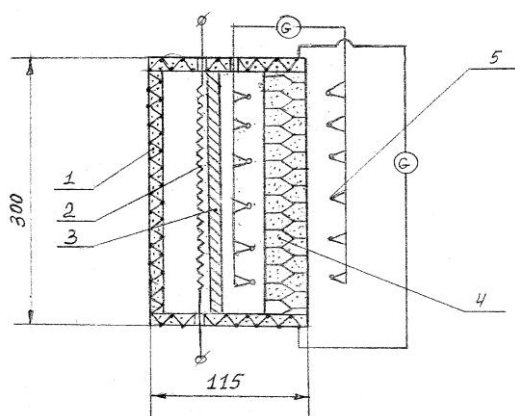


Рисунок 3 – Схема установки для определения теплоизоляционных качеств сот и её внешний вид: 1 - обечайка; 2 - нагреватель; 3 - тепловыравнивающая пластина; 4 - сот; 5 - батарея дифференциальных термопар

Пластины дна и боковых стенок изготовлены из органического стекла толщиной 4 мм. На поверхностях пластин равномерно размещены термопары.

Все термопары соединены последовательно и подсоединены к потенциометру G, позволяющему измерить разность ЭДС и соответственно разность температур между внутренней и внешней стороной обечайки.

Измерив с помощью ваттметра выделяющуюся на нагревателе мощность и вычитая из нее потери тепла через обечайку, определяли тепловой поток через сот. Чувствительность обечайки была определена в ходе ее градуировки.

При определении термического сопротивления вместо крышки устанавливали соты или лист вошины. Определяли коэффициент теплопередачи, как пустых сот, так и сот, содержащих корм, а также теплозащитные качества холстиков и пенопластовых пластин толщиной 40 мм, используемых в качестве головного и бокового утеплителя.

2.3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

2.3.1 Термогенез изолированных особей пчел

С помощью микрокалориметра выявлено, что для отдельных особей пчелиной семьи характерно колебание термогенеза с чередованием фазы интенсивного тепловыделения с периодами, когда термогенез падает до очень низкого уровня.

Обнаружены индивидуальные различия между матками, трутнями и пчелами. Пчелы находились в микрокалориметрической ячейке от 16 до 32 ч.

Наименьшая продолжительность жизни характерна для трутней (5-6 ч). Однако динамика их термогенеза значительно отличается от термогенеза пчел.

Наибольшая стабильность характерна для термогенеза рабочих особей. Он в условиях проведенных измерений после успокоения, вызванного пересадкой, составляет 1-2 мВт.

При наличии корма динамика тепловыделения пчелы меняется, прослеживается чередование активных и пассивных периодов с всплесками термогенеза до 18 мВт продолжительностью примерно 0,5 ч, в перерывах между ними термогенез составляет 6 мВт.

Для трутней характерны колебания термогенеза в довольно больших пределах. Максимальные его значения доходят до 23,8 мВт.

Колебания термогенеза с частыми сменами активных и пассивных периодов характерны также и для маток.

Термогенез пчел зависит от физиологического состояния особи, пола, влияния внешних раздражителей.

2.3.2 Термогенез отдельной особи в пчелином клубе.

Нами рассматривался процесс формирования пчелиного клуба с точки зрения теплофизики на основе происходящих в пчелиной семье процессов теплообмена.

Основываясь на литературных данных (Н. Esch, 1960), мы определили зависимость температуры груди пчелы находящейся в клубе от температуры воздуха окружающего ее в данный момент.

Такая зависимость имеет практически линейный характер и в диапазоне температур от 23 до 34 °С может быть выражена соотношением: $t_{пч} = 1,17 t_{ср} - 2,4$. Воспользовавшись этой зависимостью, мы подсчитали термогенез подопытной особи в зимнем клубе.

Сопоставив полученные значения с термогенезом изолированных особей, находящихся в пассивном состоянии (Т. Stussi, 1967), видно, что точки, отображающие термогенез отдельной особи в пчелином клубе, хотя и имеют довольно значительный разброс, соответствуют тренду термогенеза пассивно сидящей особи вне клуба, т.е. с повышением окружающей температуры тепловыделение растет, с понижением – падает (рисунок 4).

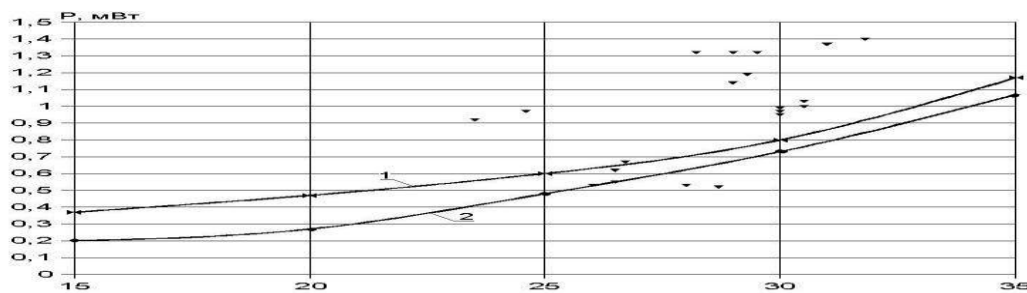


Рисунок 4 – Термогенез особей в пчелином клубе пчел зимой:

1 – особи летней генерации в спирометре (Т. Stussi, 1967)

2 – особи зимней генерации в спирометре (Т. Stussi, 1967)

▼ – в клубе с использованием опытных данных (Н. Esch, 1960).

Таким образом, несмотря на общественный образ жизни, пчелы сохранили приобретенный насекомыми в результате длительной эволюции образ жизни – в состоянии диапаузы переходить в пассивное состояние и за счет снижения температуры своего тела сводить к минимуму энергетические затраты.

2.3.3 Термогенез пчелиной семьи в зимний период

Нами изучена динамика общего тепловыделения, включающего тепловыделение самих особей и теплоотдачу всех компонентов гнезда пчелиной семьи, в зимний период естественной жизнедеятельности пчел. Оно может быть измерено с помощью калориметра или, основываясь на законе Фурье, путем регистрации температурного градиента, т.е. разности температур теплоотдающей поверхности и окружающей среды. В исследованиях мы использовали оба метода – как калориметрический, так и расчетно-градиентный.

Основным фактором, определяющим термогенез зимующей на воле пчелиной семьи, является температура внешней среды. Полученные нами данные, показывают, что с понижением температуры термогенез семьи возрастает.

Зависимость термогенеза от наружной температуры за ряд лет представлена на рисунке 5, из которого видно, что в зимний период повышение термо-

генеза при понижении внешней температуры характерно для пчел разных пород.

Установлено что в условиях зимовки на открытом воздухе тренды энергетических затрат пчелиных семей разных пород практически не отличаются друг от друга. Наименьшие затраты (4-5 Вт) наблюдаются при положительных температурах 7-10 °С. С понижением наружной температуры энергозатраты семьи растут и при -20 °С доходят до 15-18 Вт.

Наименьшие энергетические затраты семьи соответствуют температуре образования клуба, которая может быть определена с помощью диаграммы её термогенеза. Минимальный уровень термогенеза при температуре образования клуба (7-13 °С) можно считать критерием благополучной зимовки на воле в южных регионах.

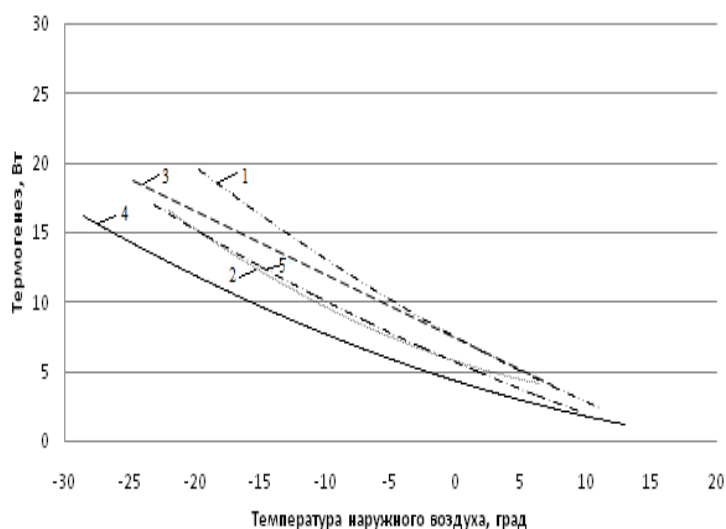


Рисунок 5 – Зависимость термогенеза пчелиной семьи от внешней температуры в зимний период: 1 – пчелиная семья серой горной кавказской (2006/07 г.), 2 – среднерусской (2007/08 г.), 3 – карпатской (2009/10 г.), 4 – среднерусской породы (2010/11 г.) породы, 5 – породного типа «Приокский» (2007/08 г)

Проведенный опыт по сравнению энергетических затрат пчелиных семей, зимующих в помещении и на открытом воздухе, показал, что в пчелиной семье, зимующей в зимовнике, тратится меньше энергии по сравнению с пчелиной семьей, зимующей на воле, вследствие меньшего колебания температуры (рисунок 6).

Определение зависимости термогенеза от температуры наружного воздуха показало, что с понижением внешней температуры с 10 до -25 °С термогенез пчелиных семей увеличивается в среднем от 4 до 20 Вт. Вследствие меньшего предела колебания температуры в зимовнике пчелами тратится меньше энергии по сравнению с пчелиными семьями, зимующими на воле, их максимальные энергозатраты не превышают 9 Вт.

Увеличение энергетических затрат приводит к большему износу пчел в семье, что сказывается на результатах зимовки. По итогам весенней ревизии средняя сила пчелиной семьи, зимовавшей в зимовнике, составила 8 улочек пчел, на воле – 5,5 улочек пчел.

Дополнительные энергетические затраты отражаются также и на количестве потребляемого пчелами корма.

Используя ранее разработанную в НИИ пчеловодства методику, был определен ежемесячный расход кормов пчелиной семьей в зимний период.

Результаты расчета приведены на рисунке 7.

Расход кормов пчелиной семьей, зимующей в зимовнике, за период зимовки составляет в среднем 5,5 кг, семьей, зимующей на воле, – 7,8 кг.

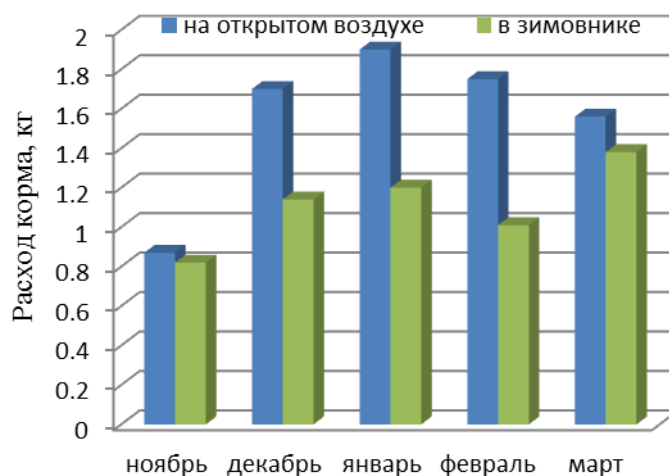
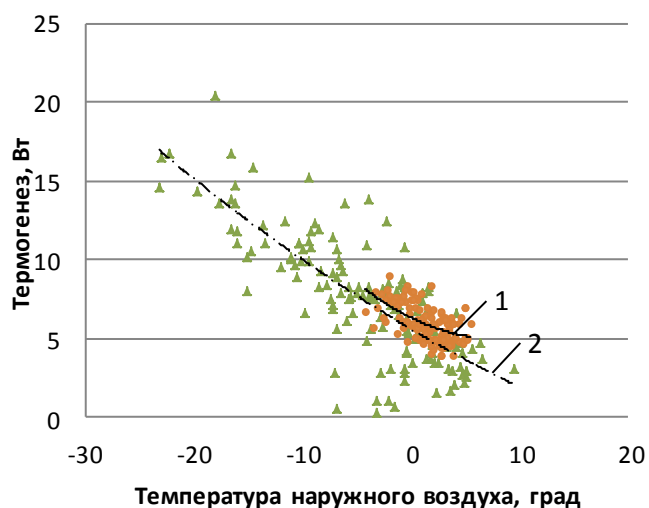


Рисунок 6 – Зависимость термогенеза от внешней температуры в зимний период пчелиной семьи, зимующей

1 – в зимовнике, 2 – на воле

Рисунок 7 – Расход кормов семей, зимовавших в зимовнике и на воле.

2.3.4 Теплофизические основы формирования теплового режима пчелиного клуба пчел

Результаты проведенных нами калориметрических исследований показали, что тепловыделение одной особи составляет 0,2 мВт, пчелиный клуб уже при 12 °С способен выделить 5 Вт, а при -20 °С – 18-20 Вт энергии.

Собираясь вместе, пчелы концентрируют выделяемую ими энергию в ограниченном объеме. Энергетическим потенциалом, обеспечивающим жизнедеятельность пчелиного клуба зимой, является метаболическое тепло.

Каждая отдельная пчела представляет собой источник тепла, таким образом образуется система тел с внутренними источниками тепла. Тепло в такой системе выделяется по всему объему, а в окружающую среду отдается только с поверхности. Из-за наличия теплового сопротивления нарушается стационарное состояние температурного поля, в результате чего температура в центре пчелиного клуба превышает температуру поверхности.

Однако температура в центре не может подниматься выше 36 °С, а на поверхности не может опускаться ниже 12 °С. Если температура на поверхности опускается ниже 10-12 °С под воздействием низких наружных температур пчелы, находящиеся в корке клуба, вынуждены вырабатывать дополнительное тепло для согревания, еще больше препятствуя его оттоку от центра. Если тем-

пература в центре превышает 36 °С, пчелы покидают клуб, переходя на пустые соты или кормовые запасы, клуб в этом случае деформируется.

В теплофизике существует специальный критерий Померанцева «Р_о», характеризующий процессы с внутренними источниками тепла. Ориентируясь на этот критерий, мы определили температуру в центре пчелиного клуба в зависимости от поверхностной. Для пчелиных семей, содержащихся в борти, где гнездо имеет вытянутую цилиндрическую форму, эта зависимость выражается как

$$t_y = t_n + \frac{q_v \cdot r_y^2}{4\lambda}, \quad (1)$$

для пчелиных семей содержащихся в улье, где гнездо пчелиной семьи представлено в виде шара:

$$t_y = t_n + \frac{q_v \cdot r_{ш}^2}{6\lambda}, \quad (2)$$

где: t_y и t_n – температура в центре и на поверхности образования, град;

r_y и $r_{ш}$ – радиусы, соответственно, цилиндра и шара, м;

q_v – удельная мощность тепловыделений, Вт/м³;

λ – коэффициент теплопроводности клуба, Вт/м·град.

Из приведенных уравнений следует, что температура во всех образованиях в случае симметричной задачи распределяется по параболическому закону.

Если принять плотность распределения пчел в клубе соответствующей плотности размещения ячеек в соте, то среднеобъемное тепловыделение определяется как

$$q_v = \frac{Q_{пч}}{V_{яч}}, \quad (3)$$

где: $Q_{пч}$ – тепловыделение одной пчелы, мВт;

$V_{яч}$ – объем одной ячейки, м³.

В соответствии с нашими исследованиями, минимальное тепловыделение пчелы 0,2 мВт, коэффициент теплопроводности клуба 0,1 Вт/м·град. Минимальное значение среднеобъемного тепловыделения составляет 670 Вт/м³.

Температура в центре клуба, рассчитанная для радиуса клуба в борти 0,1 м, при плотном размещении пчел и температуре поверхностного слоя пчелиного клуба 12 °С составляет 29 °С. Такая температура приемлема для пчел. При радиусе клуба 0,1 м и высоте 0,5 м его объем составит 0,0157 м³, масса семьи будет соответствовать 5,2 кг. Увеличивая высоту гнезда и не изменяя его радиус, пчелиная семья может нарастить большую массу (рисунок 8).

Таким образом, в дупле, можно обеспечить оптимальное постоянное температурное поле и нарастить силу семьи, изменяя объем не только по радиусу, но и по высоте.

В пчелином клубе, сформированном в виде шара радиусом 0,15 м, при таком же удельном тепловыделении 670 Вт/м³, такой же теплопроводности 0,1 Вт/м·град., и температуре поверхностного слоя 12 °С при условии максимального уплотнения температура в центра клуба составит 37,1 °С. При таком радиусе масса семьи составит 4,7 кг.

На рисунке 9 приведены параметры пчелиного клуба при других его размерах.

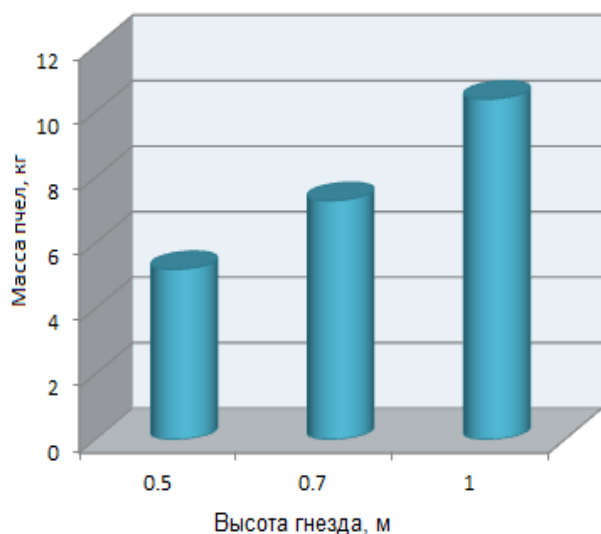


Рисунок 8 – Основные параметры пчелиного гнезда в борти

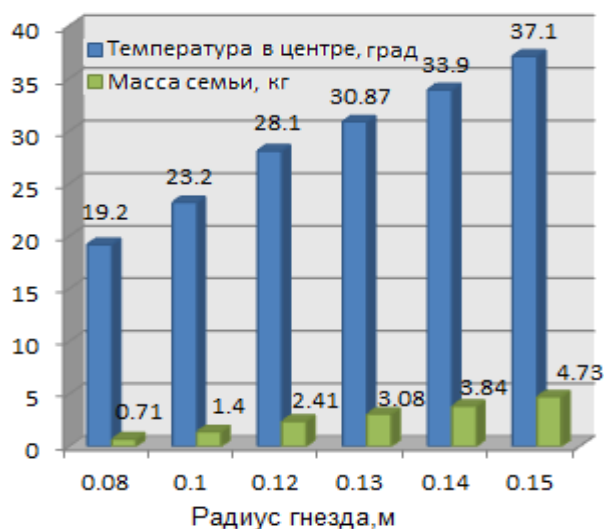


Рисунок 9 - Основные параметры пчелиного клуба в улье

Видно, что увеличение силы пчелиной семьи в улье ведет к увеличению радиуса клуба и повышению температуры в его центре. Т.е. при содержании пчел в улье температурное поле неравномерное, увеличение силы семьи ведет к перегреву в центре.

2.3.5 Критерий равномерности температурного поля пчелиного клуба

Воздействие тепловыделения от пчел на пчелиный клуб характеризуется критерием устойчивости Λ_{κ} . Он представляет собой отношение: $\Lambda_{\kappa} = \frac{P_o \cdot \chi \cdot K}{\lambda}$, где: K – коэффициент формы тела; λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м·с.

Он характеризует отношение выделяющегося в объеме тепла ($P_o \chi$) к интенсивности его отвода к внешней поверхности (λ), с которой оно рассеивается в окружающую среду.

В установившемся режиме Λ_{κ} должен быть меньше единицы. Если он больше единицы, неизбежен рост как среднеобъемной температуры, так и, особенно, температуры в наиболее нагретой точке, что может привести к порче материала, а применительно к пчелам – к разрушению клуба.

Если пчелиный клуб представить в форме шара, имеющего объем $V = 0,523D^3$, внешнюю поверхность $S = 3,142D^2$ и учесть коэффициент формы $K = \frac{R^2}{\pi^2} = 0,1R^2$, где D и R – соответственно диаметр и радиус шара, м, его критерий Λ_{κ} при плотном размещении пчел, когда все ячейки заняты пчелами меняется в зависимости от массы пчелиной семьи (рисунок 10).

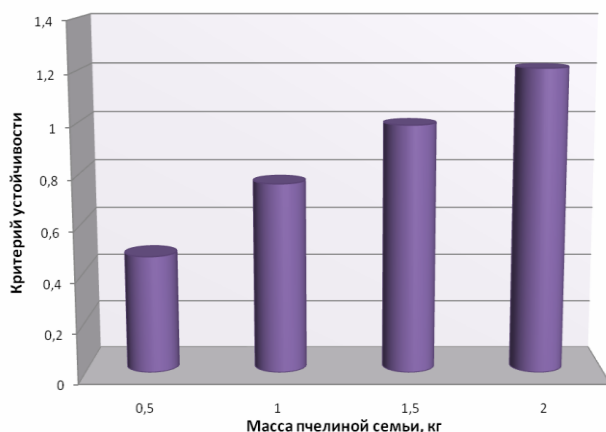


Рисунок 10 – Зависимость критерия устойчивости плотного пчелиного клуба от массы пчелиной семьи



Рисунок 11 – Сравнительный диаметр клуба пчелиных семей разной массы

Таким образом, при плотном размещении у пчелиной семьи массой 1,5 кг клуб становится малоустойчивым ($\Lambda_k = 0,99$), а при массе 2,0 кг теряет устойчивость ($\Lambda_k = 1,21$). Его центр будет иметь тенденцию к перегреву с превышением 36°C , а температура на поверхности клуба, особенно в его нижней части, – к минимально критической (12°C), что и наблюдается в сильные морозы.

Пчелы, находящиеся на поверхности, вынуждены мигрировать в более теплые зоны, а если это не удастся, то прибегать к выработке дополнительного тепла, которое еще больше поднимет температуру в центре клуба и вынуждает находящихся там особей покинуть его.

Однако, покидая центр, пчелы еще больше увеличивают количество особей на периферии клуба, т.е. количество особей, продуцирующих тепло, и тем самым снижающих свой жизненный потенциал.

Можно подсчитать минимальный диаметр клуба, обеспечивающий максимально допустимую величину критерия устойчивости (рисунок 11).

Как видно из рисунка 11, при плотном размещении пчел в клубе его устойчивость по величине критерия обеспечивается только в семьях массой до 1,5 кг. В семьях большей массы накопление тепла в объеме клуба начнет превышать его отток к поверхности, что приводит к росту температуры в его тепловом центре. И когда она превышает 36°C , пчелы вынуждены мигрировать в менее нагретую зону, клуб расширяется и деформируется. Следовательно, при сборке гнезда пчелиной семьи на зиму следует предусмотреть возможность его расширения, т.е. увеличения занятого им объема при одном и том же количестве пчел.

3.6 Теплоизоляционные свойства гнезда пчелиной семьи

Определенным сдерживающим фактором роста энергозатрат пчелиной семьи является тепловая изоляция, включающая как сами соты, так и их ограждение, т.е. улей.

В процессе исследований были определены суммарное тепловое сопротивление сотов и ограждения и среднеобъемная температура в части гнезда, не занятой пчелами. Их значения приведены в таблице 1. Термическое сопротивление (R , град./Вт) представляется довольно объективным и устойчивым показателем теплозащитного качества сотового гнезда и его ограждения.

Таблица 1 – Термическое сопротивление и среднеобъемная температура в улье

Состояние летков	При закрытой вентиляции		При открытой вентиляции	
	R , град./Вт	t , град.	R , град./Вт	t , град.
Оба летка закрыты	1,43	3,4	1,51	5,0
Оба летка открыты	1,40	2,7	1,55	2,3
Верхний закрыт, нижний открыт	1,53	6,9	1,52	9,4
Верхний открыт, нижний закрыт	1,46	7,8	1,53	8,3
В среднем	1,45	5,2	1,52	5,6

Нами проведено исследование теплоизоляционных качеств сотов. Основной характеристикой теплозащитных качеств сотов в литературных источниках является их теплопроводность. Однако передачу тепла через сот нельзя характеризовать только коэффициентом его теплопроводности. В работе мы использовали коэффициент теплопередачи.

Результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Теплоизоляционные показатели

Вид сота и расположение относительно гнезда	Коэффициент передачи тепла K , Вт/м ² ·град.	Термическое сопротивление R , м ² ·град./Вт
Сот светлый сбоку гнезда	2,77	0,36
Сот темный сбоку гнезда	3,05	0,33
Сот темный сверху гнезда	1,72	0,58
Сот темный снизу гнезда	1,92	0,52
Лист вошины сбоку гнезда	4,86	0,21
Сот заполненный пергой	3,80	0,26
Сот заполненный медом	13,6	0,07
Лист пенопласта сверху гнезда	1,87	0,56
Лист пенопласта сбоку гнезда	1,87	0,56
Холстик	6,92	0,14
Воздух неподвижный, слой 25 мм	1,00	1,00

Коэффициенты передачи тепла сотами как светлыми (2,77 Вт/м²·град.), так и темными (3,05 Вт/м²·град.) близки к таким эффективным тепловым изоляторам, как речной мох (2,43 Вт/м²·град.), пробковая плитка (2,16 Вт/м²·град.), хлопковая вата (2,60 Вт/м²·град.), пористая резина (2,00 Вт/м²·град.).

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3.1 ВЫВОДЫ

1. В клубе зимующей семьи пчелы сохраняют приобретенные в процессе эволюции особенности, соответствующие их пассивному в этот период образу жизнедеятельности - при переходе из более нагретой зоны к периферии их термогенез снижается и, наоборот, при перемещении к тепловому центру – возрастает.

2. В пассивном состоянии термогенез изолированных особей пчел составляет 0,2-0,5 мВт, в активном состоянии его значения увеличиваются до 1,5-2 мВт. При наличии корма уровень термогенеза достигает до 18 мВт. Поэтому осенняя подкормка пчелиных семей сахарным сиропом вызывает увеличение энергетических затрат пчел, нарушает их естественную жизнедеятельность, приводит к изменению структуры гнезда. Подкормку необходимо проводить в теплые дни при температуре не ниже +15 °С.

3. Наименьшие тепловые потери пчелиных семей (3-4 Вт) наблюдаются при температуре 8-10 °С. Такую температуру можно считать оптимальной для зимовки пчел в южных регионах. Минимальный уровень термогенеза пчелиной семьи является критерием благополучной зимовки в регионах, где преобладает положительная температура в зимний период.

4. В регионах с холодным и умеренным климатом, где содержание пчел в зимний период в открытом пространстве приводит к увеличению их энергетических затрат, целесообразно использовать для этого специальные помещения. Пчелиные семьи на период зимовки следует размещать в специально оборудованных зимовниках, предпочтительно заглубленных, так как в надземных зимовниках в ранневесенний период может происходить перегрев семей, выход пчел из улья и их гибель.

5. Температуру в помещениях для зимовки пчел при содержании средних по силе семей следует поддерживать на уровне 0 °С, при содержании сильных семей - 0... -2 °С, так как при более низких температурах наблюдается повышение термогенеза, что приводит к увеличению расхода корма и изнашиванию пчел.

6. При зимовке пчел в улье на рамку высотой 300 мм и меньше пчелиный клуб приобретает форму близкую к шарообразной, которая обладает сильно выраженной неравномерностью температурного поля, что существенно ухудшает сохранность пчел. Поэтому целесообразно формировать в зимовку гнездо вытянутым по высоте на двух корпусах, где пчелиная семья может достигнуть большей массы, сохранив устойчивость клуба. При содержании пчел в однокорпусных ульях необходимо резервировать место для возможного выкучивания пчел.

7. Дополнительный обогрев пчелиных семей в ранневесенний период вызывает увеличение среднеобъемной температуры и может стимулировать распад клуба и, как следствие, возрастание энергетических затрат у пчел. Поэтому нецелесообразно использовать дополнительный обогрев, а также необходимо защищать пчелиные семьи от воздействия прямых солнечных лучей при зимовке на воле.

8. Темные соты, в которых выводилось несколько поколений пчел, по своим теплоизоляционным свойствам не отличаются никакими преимуществами перед светлыми. В то же время они более загрязнены микроорганизмами и естественными отходами личинок, могут провоцировать распространение заболеваний и ухудшают качество меда. Поэтому они подлежат своевременной выбраковке и не должны использоваться для производства меда, гнездо пчелиной семьи следует формировать преимущественно на светлых сотах.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенных исследований разработаны и предложены производству:

1. Научно-обоснованный технологический регламент содержания пчелиных семей (рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании секции пчеловодства Отделения зоотехнии Россельхозакадемии 18 сентября 2009 года)

2. Контроль термогенеза пчел (методические указания рассмотрены и одобрены на заседании секции пчеловодства Отделения зоотехнии Россельхозакадемии 25 мая 2010 года, протокол №2)

3. Научно обоснованное руководство «Теплозащитные свойства пчелиных сотов» (рассмотрено и одобрено на заседании ученого совета ФГБНУ «НИИ пчеловодства» 07 ноября 2014 года, протокол №6).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1 Лапынина Е.П. Теплофизика зимнего клуба медоносных пчел / В.И. Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Пчеловодство.- 2014.- №8.- С.16-18.

2 Лапынина Е.П. Термогенез пчел в зимнем клубе / В.И.Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Пчеловодство.- 2014.- №9.- С.19-22.

3 Лапынина Е.П. О потерях тепла ульем / В.И. Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Пчеловодство.- 2014.- №10.- С.17-19.

4 Лапынина Е.П. Минеральный состав воска и сотов / Л.В. Репникова, Е.П. Лапынина, М.Н. Харитонов // Пчеловодство.- 2015.- №6.- С.56-57.

5 Лапынина Е.П. Устройство для измерения теплопередачи пчелиных сотов / Е.П. Лапынина, В.И. Лебедев, А.И. Касьянов // Пчеловодство.- 2015.- №10.- С.52-54.

6 Лапынина Е.П. Теплозащитные качества пчелиных сотов и утеплителей гнезда / В.И. Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Пчеловодство.- 2016.- №1.- С.14-16.

7 Лапынина Е.П. Измерение термогенеза изолированных особей пчел / Е.П. Лапынина, А.И. Касьянов // Пчеловодство.- 2016.- №2.- С. 52-54.

8 Лапынина Е.П. Зимовка на воле и в помещении / Е.П. Лапынина, А.И. Касьянов, В.И. Лебедев // Пчеловодство.- 2016.- №7.- С.12-13.

В сборниках научных трудов и материалах конференций

9 Лапынина Е.П. Энергетика и тепловой режим пчелиных семей серой горной кавказской породы в период зимовки / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // В сб. Современные направления научно-технического прогресса в пчеловодстве.- Рыбное.- 2007.- С.169-177.

10 Лапынина Е.П. Тепловой режим и энергетика пчелиных семей среднерусских пчел в период зимовки / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Материалы международной конференции «Пчеловодство XXI век, темная пчела в России», 19-22 мая, г.Москва, М.: Пищепромиздат, 2008.- С. 224-229.

11 Лапынина Е.П. О зимовке пчелиной семьи, не завершившей осеннего наращивания молодых особей / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Инновации в пчеловодстве.- Рыбное.- 2009.- С.70-74.

12 Лапынина Е.П. Термогенез и тепловой режим пчелиной семьи карпатской породы в активный период / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Материалы научно-практической конференции «Интермед», 9 апреля 2009 г. – С.61-67

13 Лапынина Е.П. Энергетический и тепловой режим пчелиных семей карпатской породы в период зимовки / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Материалы научно-практической конференции «Интермед», 9 апреля 2009 г. – С.67-73.

14 Лапынина Е.П. Научно-обоснованный технический регламент содержания пчелиных семей / В.И. Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина.- Москва, 2009. – 72 с.

15 Лапынина Е.П. Термогенез пакетной семьи пчел в активный период / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Материалы международной конференции. Пчеловодство XXI Век. Пчеловодство, Апитерапия и качество жизни. 17-20 мая 2010 г. Москва, М.: Пищепромиздат, 2010.- С.83-86.

16 Лапынина Е.П. Улей-калориметр для медоносных пчел / Е.П. Лапынина // Сборник докладов I регионального итогового конкурса «У.М.Н.И.К.»-2010. – Рязань. – 2010. – С.13-18.

17 Лапынина Е.П. Термогенез пчелиных семей и совершенствование технологического регламента их содержания / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Медовый пир. Международная научно-практическая конференция «Современное пчеловодство. Проблемы, опыт, новые технологии». Ярославль, 12-13 августа 2010 г.

18 Лапынина Е.П. Усовершенствованный улей-калориметр для пчел. / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Новое в науке и практике пчеловодства. Рыбное, 2010.- С.129-131.

19 Лапынина Е.П. Методика тарировки ульев-калориметров для содержания пчелиных семей / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Новое в науке и практике пчеловодства, Рыбное, 2010.- С.131-134.

20 Лапынина Е.П. Потери тепла отдельными элементами улья в активный период / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Новое в науке и практике пчеловодства, Рыбное, 2010.- С.135-137.

21 Лапынина Е.П. Режим летков и теплообмен улья с внешней средой / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Новое в науке и практике пчеловодства, Рыбное, 2010.- С. 137-138.

22 Лапынина Е.П. Вентиляция улья и факторы ее определяющие / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Новое в науке и практике пчеловодства, Рыбное, 2010.- С. 138-141.

23 Лапынина Е.П. Температурно-влажностный режим пакетной семьи в активный период / А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // Новое в науке и практике пчеловодства, Рыбное, 2010.- С. 141-144.

24 Лапынина Е.П. Контроль термогенеза пчелиных семей / В.И. Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина. - Москва, 2010.- 60 с

25 Lapynina E Control Beehive For Bees / E. Lapynina, A. Kasjanov // Scientisic Programm XXXXIII International Apicultural congress 29 September – 04 October 2013, Kyiv, Ukraine, 2014 – S.130-131.

26 Лапынина Е.П. Теплофизические основы формирования зимнего клуба медоносных пчел / В.И. Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // В сб. «Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: Теория, практика, перспективы», Рязань, 2014.- С.113-117. Часть III.

27 Лапынина Е.П. Термогенез особей медоносных пчел в зимнем клубе / В.И.Лебедев, А.И. Касьянов, Е.П. Лапынина // В сб. «Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: Теория, практика, перспективы», Рязань, 2014.- С.117-120. Часть III.

28 Лапынина Е.П. Теплозащитные свойства пчелиных сотов / Лебедев В.И., Касьянов А.И., Лапынина Е.П. – Рыбное: НИИП РАСХН, 2014. – 22 с.

29 Лапынина Е.П. Сот как основа гнезда и тепловая защита пчелиной семьи / Е.П. Лапынина, В.И. Лебедев, А.И. Касьянов // В сборнике научно-исследовательских работ по пчеловодству, Рыбное, 2015.- С.102-108.

30 Лапынина Е.П. Устройство для измерения коэффициентов теплопередачи и теплового сопротивления сота / Е.П. Лапынина, В.И. Лебедев, А.И. Касьянов // В сборнике научно-исследовательских работ по пчеловодству, Рыбное, 2015.- С.109-115.

31 Лапынина Е.П. Экспериментальное определение теплозащитных качеств сотов / Е.П. Лапынина, В.И. Лебедев, А.И. Касьянов // В сборнике научно-исследовательских работ по пчеловодству, Рыбное, 2015.- С.115-120.

32 Лапынина Е.П. К вопросу о зимовке пчел на воле и в специализированных помещениях / Е.П. Лапынина, В.И. Лебедев, А.И. Касьянов // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы пчеловодства и пути их решения», Москва, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им К.А.Тимирязева, 2016. – С.146-148

33 Лапынина Е.П. Микрокалориметр для регистрации термогенеза медоносных пчел / Е.П. Лапынина, А.И. Касьянов // В сборнике научно-исследовательских работ по пчеловодству, Рыбное, 2016.- С.88-93.

34 Лапынина Е.П. Термогенез пчелиных семей в зимовнике и на воле / Е.П. Лапынина, А.И. Касьянов, В.И. Лебедев // В сборнике научно-исследовательских работ по пчеловодству, Рыбное, 2016.- С.93-97.