

А-34035

На правах рукописи

Касьянов

КАСЬЯНОВ Анатолий Иванович

**ТЕРМОГЕНЕЗ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ИХ СОДЕРЖАНИЯ**

**06.02.04 – частная зоотехния,
технология производства продуктов животноводства**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Дивово
Рязанской области
2003**

РАБОТА ВЫПОЛНЕНА В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ ПЧЕЛОВОДСТВА (ГНУ НИИП РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ)

Научный руководитель - доктор сельскохозяйственных наук,
профессор **Лебедев Вячеслав Иванович**

Официальные оппоненты:
доктор биологических наук, профессор **Еськов Евгений
Константинович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Бородачев
Анатолий Владимирович**

Ведущая организация – Рязанская государственная сельско-
хозяйственная академия им. П.А.Костычева

Защита диссертации состоится «10 » ноябрь 2003 г.
в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 006.018.01 при
Всероссийском научно-исследовательском институте коневодства

Адрес ВНИИ коневодства: 391105 Рязанская область, Рыб-
новский район, п.Дивово, п/о Институт коневодства

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Всерос-
сийского научно-исследовательского института коневодства

Автореферат разослан 08 октября 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

М.М.Готлиб

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Термогенез или генерация тепловой энергии является одним из важнейших объективных показателей, характеризующих жизнедеятельность живого организма. Этот показатель широко используется в различных отраслях животноводства для отработки теории и практики кормления животных, совершенствования технологии их содержания.

Однако, в пчеловодстве его изучению и практическому применению полученных результатов уделяется недостаточное внимание.

Объясняется это целым рядом причин. Прежде всего, практика пчеловодства имеет дело не с самим животным, которым является особь, а с их весьма сложным специфическим образованием – пчелиной семьей, где взаимодействие организмов с внешней средой чрезвычайно усложнено их физическим и поведенческим взаимовлиянием.

Здесь каждая особь взаимодействует не с внешней средой, контролируемой человеком, а с микроусловиями, которые ее окружают и которые *всю же* вкупе с другими особями и создаются.

Поэтому актуальной становится задача изучения взаимодействия особей в семье, прежде всего – теплового, что позволяет спрогнозировать характер протекания целого ряда процессов в пчелиной семье.

Поскольку перейти от термогенеза отдельных особей к термогенезу всего сообщества в настоящее время практически невозможно, приходится изучать реальное тепловыделение всей семьи в целом.

Однако, возможности практики здесь ограничены из-за отсутствия пригодного для этой цели оборудования. Приходится пользоваться косвенными методами, основанными, главным образом, на регистрации потребления кормов. Но и они не всегда применимы, имеют малую точность и информативность.

Поэтому исследование теплового режима пчелиных семей, разработка методов измерения их термогенеза, изучение его динамики и проявления в тех или иных условиях представляется весьма актуальным при совершенствовании технологии их содержания.

Цели и задачи работы. Целью проводимых исследований являлось изучение термогенеза пчелиных семей, их теплового режима, а также теплового режима ульев и помещений, в которых

1976 год
Институт
A-34035

они содержатся. Исходя из этого в задачи исследований входило:

1. Изучить физические и биологические основы формирования микроклимата пчелиной семьи.
2. Разработать метод измерения термогенеза пчелиных семей.
3. Исследовать динамику термогенеза пчелиной семьи в период ее активной жизнедеятельности.
4. Исследовать динамику термогенеза пчелиной семьи в пассивный период ее жизнедеятельности.
5. Изучить теплозащитные качества пчелиного улья в зимний период.
6. Изучить тепловой режим в помещениях для зимовки пчел и его формирование.

Научная новизна. На основе обобщения литературных данных и собственных исследований предложена гипотеза, объясняющая механизм регулирования температуры и относительной влажности воздуха в гнезде пчелиной семьи.

Впервые в отрасли предложен и испытан градиентный улей-калориметр, позволяющий производить прямые измерения тепловыделений пчелиных семей в условиях их нормальной жизнедеятельности как в летний, так и в зимний период.

Показано, что в активный период жизнедеятельности пчелиной семьи четко выделяются три уровня термогенеза: весенне-летний, позднелетний и осенний.

Методом прямого калориметрирования подтверждены выводы ряда исследователей о том, что минимальные тепловыделения и, стало быть, минимальный уровень обмена веществ лежит в интервале температур $+10\dots+13^{\circ}\text{C}$ и что при зимовке в помещениях температуру, соответствующую минимуму термогенеза нельзя принимать за оптимум.

Определен уровень термогенеза в отдельные периоды жизнедеятельности пчелиных семей: при переработке нектара, во время осенней подкормки, при зимовке на воле, при зимовке в помещении и др.

Непосредственным измерением определены потери тепла отдельными элементами улья – стенками, дном, крышкой.

Рассмотрен температурно-влажностный баланс заглубленного зимовника для пчел, определены его составляющие, предложена система автоматического регулирования вентиляции зимовника.

Теоретическая и практическая значимость работы. Изучение закономерностей термогенеза пчелиных семей позволило дать объективную оценку их энергетических затрат в процессе жизнедеятельности, а также вследствие выполнения отдельных технологических операций и приемов по уходу за ними.

На основе полученных результатов подготовлена методика определения термогенеза пчелиных семей, одобренная секцией пчеловодства Отделения зоотехнии Россельхозакадемии 19.11.2001 г.

Результаты исследований использованы при разработке типовых проектов ульев (т.п. №808-5-14; 3.808-2; 3.808.5-4; 808-5-15; 3.808-1) и зимовников для пчел (т.п. №808-5-9; 808-5-10; 808-5-11; 808-5-13).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Механизм регулирования температуры и относительной влажности воздуха в гнезде медоносных пчел.
2. Методика измерения термогенеза пчел.
3. Термогенез пчелиной семьи в течение годового цикла ее жизнедеятельности.
4. Теплозащитные функции пчелиного улья.
5. Термогенез и формирование микроклимата при зимовке пчел в помещениях.

Апробация работы. Материалы и результаты исследований были доложены и рассмотрены на заседаниях ученого совета НИИ пчеловодства; на совещаниях по координации научно-исследовательских работ по пчеловодству за период 1968-2003 гг.; на конференции «Новое в науке и практике пчеловодства» (Москва, ВВЦ, 30.03-02.04.2001 г.); на 3-й Международной научно-практической конференции «Новое в науке и практике пчеловодства» (Москва, ВВЦ, 14-18.03.2002 г.); на конференции «Новое в науке и практике пчеловодства» (Москва, ВВЦ, 28.02-02.03.2003 г.); на научно-практической конференции в Академии пчеловодства (г.Рыбное, 19.11.2002 г.); на Международной конференции «Интермед-2003» (Москва, 3-6.09.2003 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 23 статьи.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, методики и объектов

исследований, собственных исследований, выводов, предложений производству, списка литературы, приложений. Диссертация изложена на 200 страницах компьютерного набора, включает 19 таблиц, 43 рисунка, а также 9 приложений. Список литературы состоит из 199 источников, в том числе 66 иностранных.

2. МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились по схеме, представленной на рис.1. Термогенез пчелиных семей определялся посредством улья-калориметра, который заселялся пчелами и переносился к месту проведения опытов.

При опытах на открытом воздухе калориметры помещались в специальные кожуха, установленные под навесом. Основное назначение кожухов – защита от солнца, ветра и резких колебаний температуры.

Ульи-калориметры были также снабжены датчиками, позволяющими наряду с тепловыделением семьи измерять температуру и влажность воздуха в подопытных семьях. В качестве датчиков температуры использовали термопары и медные термометры сопротивления, а для измерения влажности – специальный пленочный прибор с резисторным датчиком.

Сигналы от датчиков передавались по кабелю в лабораторию, где они измерялись и фиксировались. Для измерения ЭДС, развиваемых термопарами и калориметрами, использовали переносной потенциометр ПП-63, а также потенциометрическую часть переносного измерительного прибора УПИП-2. Сопротивление медных термометров измеряли равновесным мостом, входящим в комплект этого же прибора.

Для непрерывного измерения и записи показаний использовали автоматические самопишущие потенциометры КС-4 и КСП-2. Для ориентировочных измерений использовали мультиметр М-930В.

Дистанционное измерение температуры наружного воздуха производили посредством медного термометра сопротивления, а при автоматической записи – батареей из 7 меди-константовых термопар, холодные спаи которых находились в термосе.

Влажность наружного воздуха измеряли аспирационным психрометром. Лабораторные исследования с ульем-калориметром проводили в климакамере «Фойтрон 3001».

Исследования термогенеза и теплового режима при зимовке пчелиных семей в помещениях производили в двух заглублен-

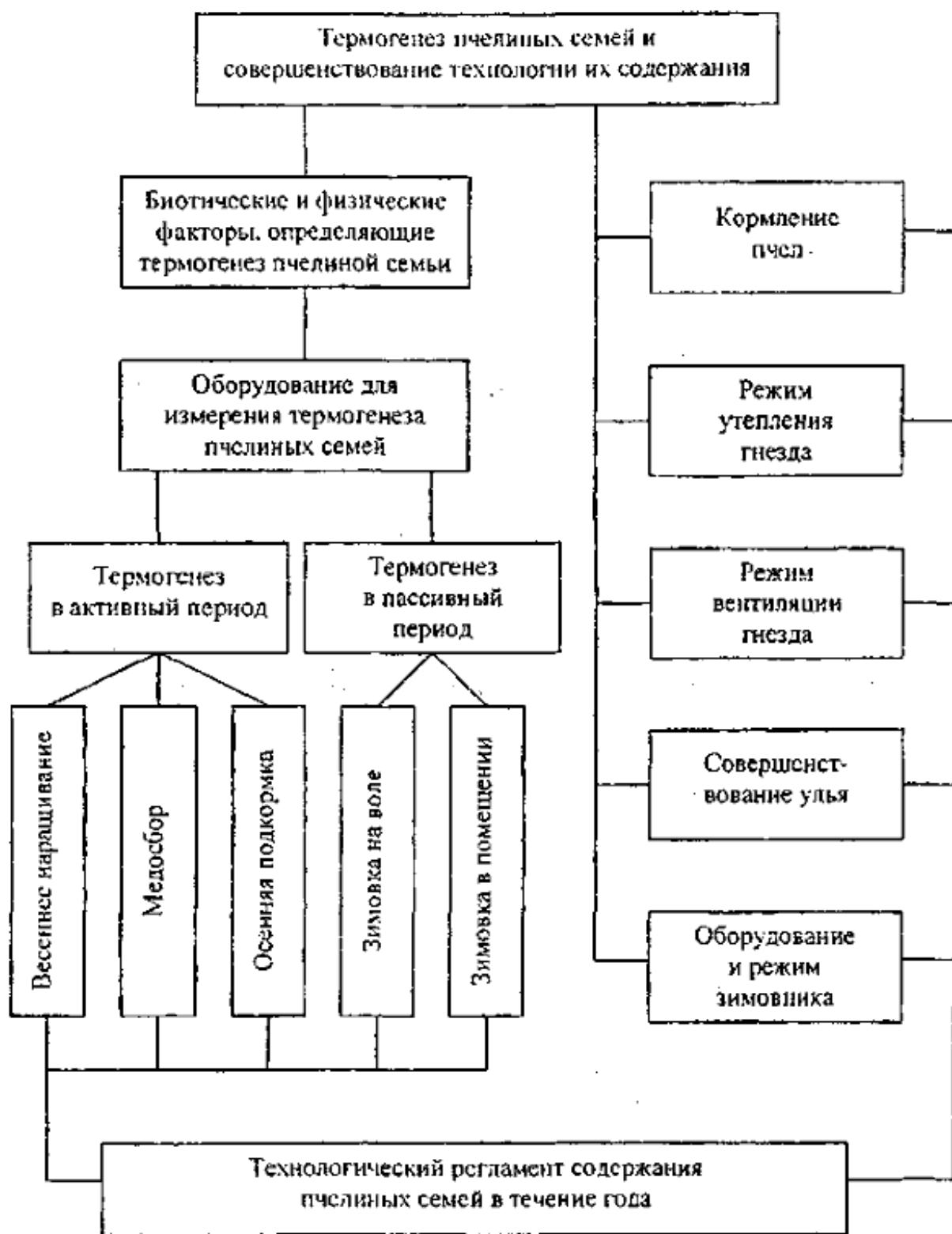


Рис. 1 Общая схема проведения исследований
(1968-2003 г.)

ных зимовниках на 30 и 200 и одного полу заглубленного зимовника на 100 пчелиных семей.

Тепловые потоки в зимовниках измерялись тепломерами Ленинградского технологического института холодильной промышленности (ЛТИХП) и тепломерами Агрофизического института, температуру – термопарами и медными термометрами сопротивления.

Измерение влажности деревянных частей ограждений производили электронным влагомером, а влажность грунта – весовым методом – перед постановкой и после выставки пчел.

Применялись также и некоторые другие методики. Исследования и наблюдения проводили в соответствии с «Основными требованиями к постановке экспериментов в пчеловодстве», утвержденными Россельхозакадемией.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Механизм самообогрева пчелиной семьи

В настоящее время получила распространение теория Э.Ф.Филлипса, согласно которой зимний клуб пчел состоит из сердцевины и оболочки. Обогрев гнезда по этой теории осуществляют пчелы, находящиеся в сердцевине, которые специально совершают движения, чтобы выработать тепло.

Особи, находящиеся в «оболочке» сохраняют это тепло от потерь. При этом чем ниже температура, тем сильнее уплотняется оболочка, тем она лучше сохраняет тепло.

Нами посредством методов регулярного режима были определены теплофизические характеристики слоя пчел. При теплопроводности $C=3,75 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$. Полученные данные приведены в табл.1.

Таблица 1
Теплофизические характеристики слоя пчел

Плотность, $\gamma, \text{ кг}/\text{м}^3$	Температуро- проводность, $a \cdot 10^{-7}, \text{ м}^2/\text{с}$	Теплопровод- ность, $\lambda, \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{град.}$
243	0,826	0,076
298	0,689	0,085
375	0,660	0,093
425	0,662	0,106
476	0,711	0,126

Из таблицы видно, что слой пчел сам по себе обладает довольно хорошими теплозащитными свойствами. Так, при плотности слоя 243 кг/м³ его теплопроводность составляет 0,076 Вт/м·К, что соизмеримо с теплозащитными качествами таких изоляторов, как хлопчатобумажная вата (0,042 Вт/м·К), пух гагачий (0,065 Вт/м·К). Также видно, что с уплотнением теплопроводность не уменьшается, а возрастает

Поэтому рассматривать «корку» как инструмент регулирования теплоотдачи клуба нет оснований.

В диссертации показано, гнездо пчел является дисперсной системой тел с внутренними источниками тепла, что тепло выделяют все особи, как находящиеся в центре, так и на периферии.

Для обогрева пчелам нет необходимости прибегать к покомоциям, им достаточно собраться «в кучу», чтобы температура в центральной части сама собой поднялась до максимально допустимой (35-36°C). Оболочка же есть ничто иное, как слой пчел, сидящих неподвижно в силу сложившихся на периферии температурных условий.

Для снижения температуры пчелам достаточно расширить свое гнездо.

Аналогично температуре в центре гнезда создается и повышенная концентрация диоксида углерода. Не имея единственного механизма его удаления пчелы выработали способность переносить его повышенные концентрации.

Таким же образом в центре создается и повышенная концентрация водяных паров. Исследователи из-за отсутствия соответствующей приборной техники чаще всего в улье регистрируют относительную влажность воздуха. Однако, относительная влажность воздуха зависит не только от концентрации пара, но и от температуры в той точке, в которой ее измеряют. Температурное же поле в улье крайне неоднородно, отсюда и картина по влажности в улье представляется весьма пестрой и мало информативной.

В диссертации этот вопрос рассматривается, как это принято в термодинамике влажного воздуха, с использованием хорошо известной I-d диаграммы.

3.2. Улей-калориметр для измерения теплопродукции пчел

Для измерения тепловыделений пчелиной семьи был разработан специальный улей-калориметр (рис.2). Такой улей представляет собой ограждение-1, внутри которого размещены сотовые рамки-2 с пчелами и запасами кормов. В передней стенке оборудованы нижний-11 и верхний-10 летки, а в надрамочном

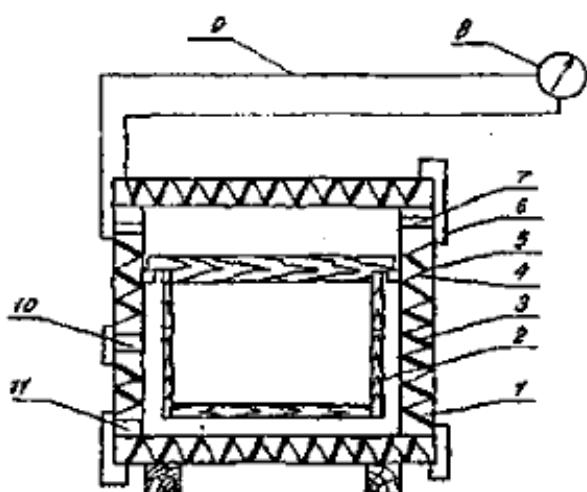


Рис.3 Схема улья-калориметра
 1 – ограждение; 2 – рамка сотовая;
 3 – проволока колелевая; 4 – проволока
 медная; 5 – слай проволок; 6 – перемыч-
 ка; 7 - отверстие вентиляционное;
 8 – прибор измерительный; 9 – провода;
 10 – леток верхний; 11 – леток нижний

При прохождении через оболочку теплового потока в ней в соответствии с законом Фурье создается падение температуры, которое фиксируется батареей термопар. При этом величина на-веденной в термобатарее ЭДС пропорциональна величине теп-лового потока.

Коэффициент пропорциональности или чувствительность ка-лориметра определяются при его тарировке.

В данной работе использовались две несколько отличаю-щиеся друг от друга конструкции таких ульев.

Один из них изготовлен из органического стекла толщиной 4 мм, вмещает 10 сотовых рамок размером 435 x300 мм и содержит 1124 спая. Спай всех элементов – дна, стенок и крышки соединены последовательно, образуя единую термобатарею. С помощью та-кой конструкции можно определять общее количество тепла, выде-ляемого пчелиной семьей в единицу времени – тепловую мощ-ность.

Второй – также изготовлен из оргстекла, но толщиной 8 мм, вмещает 10 сотовых рамок размером 435x230 мм и отличается от первого тем, что дно, крыша, а также каждая из стенок корпуса и крышки имеют самостоятельную термобатарею со своими вывoda-ми, что позволяет контролировать потоки тепла через каждый

пространстве – вентиляцион-ные отверстия-7.

В ограждении равномерно размещены диффе-ренциальные последова-тельно соединенные термо-пары таким образом, что один из спаев-5 находится на внутренней, второй – на наружной поверхности огра-ждения. Концевые выводы термопар соединены пере-мычками-6 в единую цель, подсоединенную с помошью проводников-9 к измеритель-ному прибору-8.

В качестве термопар-ных материалов использова-ны копелевая-3 и медная-4 проволоки.

элемент ограждения. Каждая из секций содержит примерно по 300 спаев.

Калориметр первого типа тарировали с помощью размещенного внутри легкого объемного электронагревателя, питаемого через ваттметр от стабилизированного источника питания. Тарировку производили как при закрытых, так и при открытых летках.

При тарировке калориметра второго типа плоские нагреватели размещали между двумя попарно сложенными стенками, а подаваемую мощность делили пополам.

Сложеные вместе с нагревателями стенки были электро- и теплоизолированы и помещены в емкость с тающим льдом.

3.3. Термогенез пчелиной семьи в активный период

Фактическое количество тепла, выделяемого пчелиной семьей в единицу времени и фиксируемого ульем-калориметром может быть выражено соотношением

$$Q = K F (t_{ср.об} - t_n),$$

где: Q – количество тепла, теряемого семьей, Вт;

K – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ град}$;

F – площадь ограждения, м^2 ;

$t_{ср.об}$, t_n – температура соответственно среднеобъемная в улье и наружная, град.

Из этого соотношения видно, что при прочих одинаковых условиях термогенез пчелиной семьи определяется с одной стороны температурой наружного воздуха, с другой – среднеобъемной температурой гнезда, а она в свою очередь, зависит от объема нагретых зон и температуры в них.

В активный период такими зонами могут быть: зона расплода и зона переработки корма. Важно подчеркнуть, что температура в нормальном состоянии не может превышать биологического предела (36°C), объем же зон может быть самым различным.

Нами в течение ряда лет изучалась динамика термогенеза пчелиных семей в условиях их нормальной жизнедеятельности.

В качестве примера на рис.3 представлен результат таких наблюдений в сезон 2002 г.

На этом рисунке кривая-1 характерна с 25 апреля по 6 августа при наличии расплода и среднесуточной температуре от 10 до 28°C .

Энергетические затраты семьи в этот период изменились от 12 Вт при 27°C до 33 Вт при 10°C . Разброс точек составляет ± 5 Вт от среднего значения. Температура над гнездом за весь период

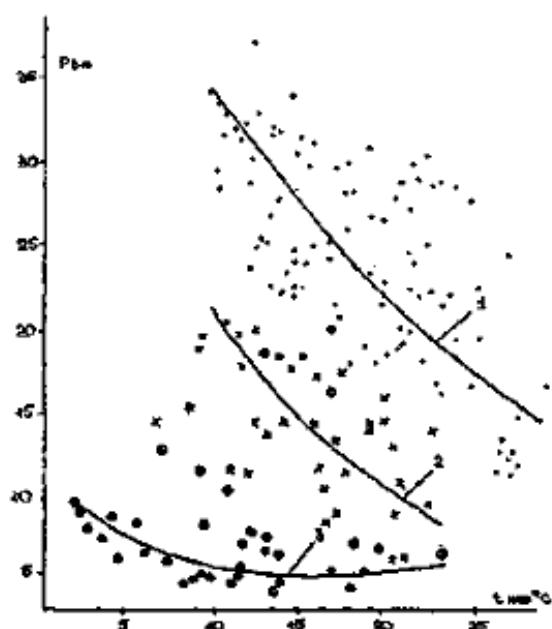


Рис.3 Термогенез пчелиной семьи в активный период 2002 г.
1. с 24.04. по 06.08; 2. до 24.04.
и с 07.08 по 31.08; 3. с 01.09

22⁰С до 20 Вт при температуре 10⁰С. Точки лежат более компактно, разброс их редко превышает 2-3 Вт от среднего значения.

Температура над гнездом в этот период непостоянна и колебалась от 22 до 29⁰С. Конец этого периода и переход его к третьему размыт.

Третий период характеризуется кривой-3, когда расплода в гнезде чрезвычайно мало, или он отсутствует вовсе. Он характерен для осеннего периода. Его начало можно отнести к началу сентября. Тепловыделения здесь составляют 5-7 Вт и лишь при падении температуры с 10 до 0⁰С доходят до 9 Вт. Это характерно для бездейственного периода, когда в природе не было медосбора.

Если пчелам дать корм, их термогенез переходит в зону второго, или даже первого периода.

Термогенез пчелиной семьи при переработке нектара изучался нами в период с 29.06 по 06.07.2002 г., при его поступлении 1,1-1,9 кг/день. В предшествующий этому и последующий за ним период медосбор полностью отсутствовал.

До медосбора температура над гнездом держалась на уровне 32⁰С с колебаниями от 30 до 35⁰С, что очень близко к максимально допустимой для пчел. С поступлением нектара она плавно поднялась до 35⁰С и держалась на таком уровне в течение 5 дней, после медосбора понизилась до 34⁰С.

за редчайшим исключением держалась на уровне 30-34⁰С. Момент наступления данного периода четко очерчен. Он наступил, когда температура над гнездом установилась 30,7⁰С, а закончился в августе, когда температура в последний раз стала 30,5⁰С.

Второй период характеризуется кривой-2 и относится ко времени, когда в семье небольшое количество расплода. Этот период в семье дискретен и характерен для ранневесеннего и раннеосеннего периода.

Энергетические затраты семьи здесь также менялись в зависимости от наружной температуры, но на более низком уровне, от 8 Вт при среднесуточной температуре

при среднесуточной температуре

Относительная влажность воздуха в улье перед медосбором составляла в среднем 41% с колебаниями от 40 до 43%. С наступлением медосбора она понизилась до 32%, а с его окончанием – поднялась сначала до 40, затем до 43%.

Таким образом, в сложившихся условиях медосбор не вызвал существенных изменений в температурно-влажностном режиме семьи, однако, объем нагретой зоны за счет разложенного по ячейкам нектара расширился, в результате чего термогенез при одной и той же наружной температуре с 20-24 – возрос до 25-28 Вт, т.е. на 25%.

В условиях данного опыта общие затраты тепла на переработку нектара в первый день составили 26,9 Вт, на пятый – 36,4 Вт, из них на испарение воды уходило соответственно 8,9 и 27,7%.

В отличие от переработки нектара, переработка сахарного сиропа производится в период, когда в семье очень мало или совсем нет расплода, а температура и термогенез сведены к минимуму. Пчелам приходится резко расширять нагретую зону и поднимать ее температуру.

В нашем опыте семья была подкормлена из рамочной кормушки тремя порциями по 1,4 кг 10, 12 и 17 сентября 2000 г.

В период, предшествующий подкормке с 5 по 10 сентября средний уровень тепловыделения держался на уровне 11 Вт, с начала подкормки он поднялся до 20 Вт. После подкормки с 20 сентября по 3 ноября – был на уровне 15 Вт. Во время подкормки температура над гнездом сразу поднялась и все 10 дней держалась на уровне 30-33⁰С. Одновременно с ростом температуры упала относительная влажность воздуха. Над гнездом она держалась на уровне 44-50%, хотя и менее стабильно, чем температура. После подкормки влажность постепенно повышалась и достигла прежнего уровня 67-76%.

Вычисленные с использованием полученных в опыте данных общие потери сахара при его переработке в корм составили 22,7%, в том числе на покрытие явных теплопотерь – 18%, на испарение воды – 4,7%.

3.4. Термогенез пчелиных семей в период их пассивной жизнедеятельности

В диссертации как пассивный - квалифицируется период с момента выхода расплода до выставки из зимовника и массового облета пчел. Зависимость термогенеза семьи от внешней температуры в этот период представлена на рис.4.

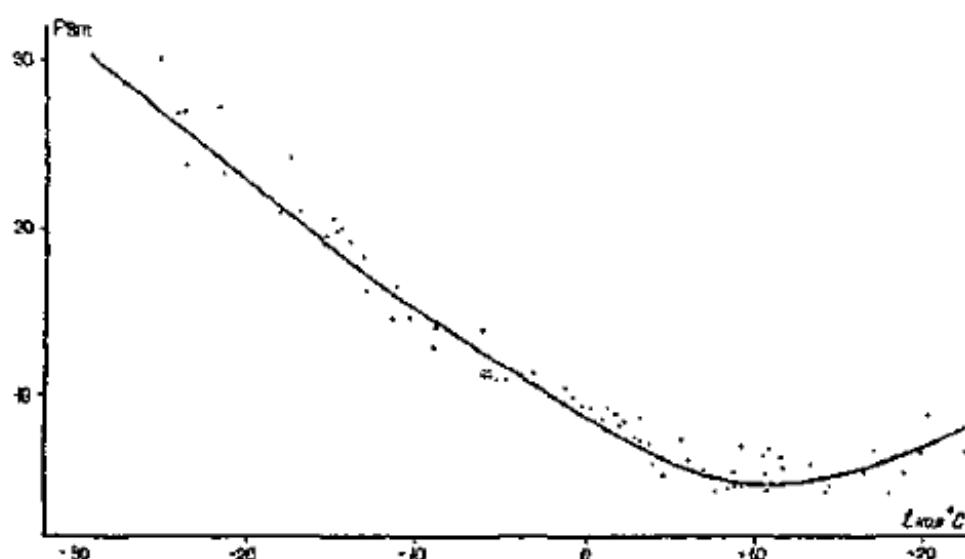


Рис.4 Термогенез пчелиной семьи в пассивный период

Она имеет вид кубической параболы и может быть выражена следующей эмпирической формулой:

$$P = 0,0003t^3 + 0,0159t^2 - 0,5294t + 8,7814,$$

где P – тепловыделение семьи, Вт;

t – наружная температура, град.

Как видно из рисунка, по мере понижения наружной температуры, начиная примерно с 20°C термогенез семьи сокращается и примерно к $+10^{\circ}\text{C}$, что соответствует началу образования клуба, достигает минимального уровня – примерно 5-6 Вт, а затем начинает неуклонно возрастать вплоть до 30 Вт при температуре -30°C .

Полученные нами данные вполне соответствуют выводам других исследователей. Так, в опытах А.П.Силицкого (1937) минимальный газообмен пчелиной семьи наблюдался при $+11^{\circ}\text{C}$; в опытах J.Free, J.Simpson (1963) и T.D.Seeley (1985) – при $+10^{\circ}\text{C}$; Е.К.Еськова и В.И.Малахова (1981) – при $+8\dots+9^{\circ}\text{C}$.

Температуру, при которой термогенез и, стало быть, уровень обмена веществ минимален, часто отождествляют с оптимальной температурой в помещениях для зимовки пчел. Однако, такое отождествление ошибочно.

При температурах, соответствующих минимуму термогенеза не исключены выплазания пчел из улья и кратковременные очистительные облеты, что в условиях зимовника приводит их к гибели или беспокойству.

Следовательно, минимальный термогенез возможен лишь при зимовке на воле при соответствующей положительной тем-

пературе. При зимовке же в помещениях температура должна быть такой, чтобы обеспечить образование устойчивого клуба, а именно: при содержании средних семей – около 0°C , сильных – $0\dots -2^{\circ}\text{C}$.

При более низких температурах зимний клуб пчел более устойчив, однако термогенез и, стало быть, расход кормов возрастает.

Широко распространено мнение, что образуя клуб пчелы, тем самым, сокращают потери тепла, однако это мнение также ошибочно. Сам ход термограммы на рис.4 показывает, что термогенез семьи после образования клуба не только не уменьшается, но и неуклонно растет. Образуя клуб пчелы лишь обеспечивают себе температурные условия, необходимые им для сохранения жизнедеятельности.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что рост термогенеза с понижением температуры не беспределен. Наш анализ показывает, что термограмма из начально вогнутой при $17,7^{\circ}\text{C}$ претерпевает перегиб и становится выпуклой, постепенно приближаясь к максимуму. По нашим расчетам такой максимум должен наступить при $-47,7^{\circ}\text{C}$, в опытах E.E.Southwick (1988) – при -60°C .

Было изучено влияние головного утепления на уровень термогенеза семьи, зимующей на воле в улье-калориметре. В период с 15 ноября по 5 декабря пчелиная семья содержалась без головного утепления с одним лишь холстиком, а с 5 декабря 2000 г. была утеплена подушкой.

Результаты наблюдений представлены на рис.5. Как видно из рисунка, с понижением наружной температуры с $+10$ до -15°C тепловыделение семьи возросло с 3 до 17 Вт. При этом все точки группируются около одной общей кривой, симметрично отклоняясь от нее в ту или другую сторону на небольшую величину, что говорит о слабом влиянии утепления на теплообмен пчел с внешней средой. Прослеживается очень слабое влияние утепления при температурах выше $+7$ и ниже -14°C .

При $+7^{\circ}\text{C}$ утепление способствует росту термогенеза, а при -14°C его несколько замедляет.

Таким образом, головное утепление существенно не влияет на термогенез и, в конечном итоге, на уровень обмена веществ зимующих пчел при температурах до -15°C и тем более ненужным оно выглядит при зимовке в помещениях, где оно затрудняет удаление из гнезда продуктов метаболизма.

Аналогичный опыт был проведен с пчелиной семьей, зимующей как с открытыми, так и закрытыми летками. Результаты этого опыта показали, что положение летков практически не влияет на термогенез семьи в этот период.

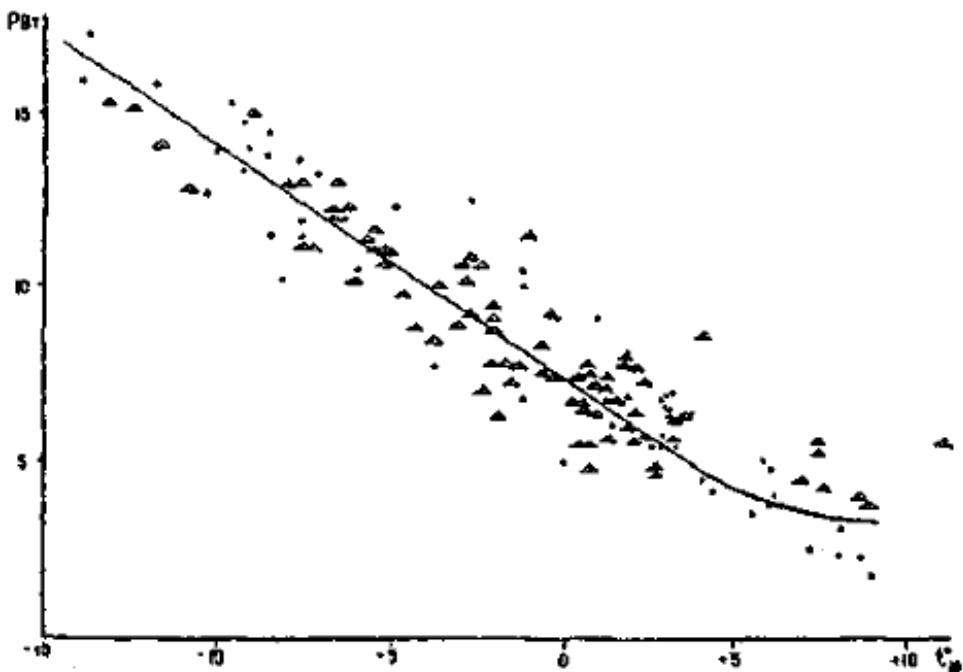


Рис.5 Термовыделение пчелиной семьи с головным утеплением и без него • гнездо пчел без подушки; Δ гнездо пчел с подушкой

3.5. Роль улья в тепловой защите зимнего клуба пчел

В естественных условиях медоносные пчелы специальных жилищ не строят, а приспособляемые для этого готовые полости по своим теплоизоляционным качествам не отбирают.

В практике же использования искусственных жилищ для пчел – ульев этот вопрос остается одним из наиболее дискутируемых.

В этой связи нами было изучено влияние улья на тепловую защиту пчелиной семьи. Исследования проводили как в лабораторных условиях на модели пчелиного гнезда, так и на живых пчелах.

Модель гнезда представляла собой улей-калориметр второго типа, вмещающий 10 пчелиных сот размером 435x230 мм, в которые был вмонтирован полый алюминиевый шар, с размещенным внутри него электрическим нагревателем. Шар имел диаметр 200 мм и имитировал пчелиный клуб.

Модель была размещена в климакамере «Фойтрон 3001», нагреватель питался постоянным током от стабилизированного источника через ваттметр.

В процессе опытов в климакамере задавалась необходимая температура, а на нагреватель подавалась определенная мощность. По достижении установившегося состояния фиксировались

тепловые потоки через каждый элемент ограждения, и температура и температура нагревателя.

В качестве критерия оценки того или иного элемента ограждения (дна, стенок, крыши) использовали его долю в общем тепловом сопротивлении между поверхностью нагревателя и внешней средой.

Прежде всего, определили теплозащитные качества част самог гнезда, не занятого пчелами, а также самой стенки улья.

Результаты таких опытов показали, что наименьшую тепловую защиту, как и вполне очевидно, имел нагреватель (модель клуба) без всякого ограждения - 1 гр/Вт. Этот случай, пожалуй отражает теплообмен привившегося роя.

Не намного от него отличается и нагреватель, хотя и защищенный сотами, но без оболочки – 1,1 град/Вт. Вполне очевидны конвективные струи воздуха, омывающие клуб, свободно уходят окружающую среду. Поэтому семьи во время зимовки должны быть защищены хотя бы холстиками. Этот случай уподобляется гнезду пчел, закрытому кочевой сеткой.

Довольно высоким оказалось тепловое сопротивление самого внутреннего пространства улья, не занятого пчелами – среднем 1,6 гр/Вт или 60-74% от общего.

Утепление улья пенопластом толщиной 50 мм, что эквивалентно деревянной стенке толщиной 183 мм, повысило его тепловое сопротивление с 1,9 до 3,0 гр/Вт или на 58%, утепление подушкой – соответственно с 1,9 до 2,2 гр/Вт или на 16%. Практически не изменило теплового сопротивления открытие-закрытие летков.

Используя полученные значения тепловых сопротивлений подсчитали общее количество тепла, теряемого в эксперименте ульем-калориметром. Результаты расчетов приведены в табл.2.

Таблица
Расчетные потери тепла ульями, Вт

T _{нар.} , град.	Модель без оболочки		Жесть 0,5 мм	Орг- стекло 10 мм	Древесина, мм			Пен- плас 50 мм
	без сотов	с со- тами			25	40	50	
-5	18	16,4	10,0	8,6	8,8	8,5	8,3	6,0
-10	23	20,9	12,8	10,9	11,3	10,9	10,6	7,7
-15	28	25,4	15,5	13,3	13,7	13,3	13,0	9,3
-20	33	30,0	18,3	15,7	16,2	15,6	15,3	11,0

Из таблицы видно, что тепловое сопротивление ульев действительно влияет на потери тепла, однако это влияние относительно невелико. Так, при -20°C улей из доски толщиной 25 мм теряет 16,2 Вт, а такой же улей с толщиной стенки 50 мм – 15,3 Вт или на 5,5% больше. Поэтому, видимо, нет необходимости в типовых ульях излишне увеличивать толщину стенки.

Полученные в опыте результаты были наложены на термограмму, полученную в опыте с живой семьей. Совпадение получилось довольно близким.

Была произведена оценка потерь тепла отдельными элементами улья (стенками, дном и крышей) как в лабораторных опытах, так и в опыте с пчелами, в результате чего установлено.

1. Роль дна в общих потерях тепла ульем невелика (8,8–19,5%). Стенки улья теряли в модельных опытах от 43,5 до 65,4% тепла, а в опытах с живой семьей – до 74%.

2. По мере увеличения выделяющейся мощности с 2,5 до 10 Вт доля потерь тепла через крышу несколько возросла (с 31,6 до 44,5%), а дна – несколько упала (с 19,5 до 10,4%). Доля потерь тепла через стенки менялась незначительно (с 48,9 до 45,1%).

3. В ранневесенний период в опытах с живой семьей вследствие возрастания среднеобъемной температуры в улье потери тепла через крышу и стенки сближаются: через крышу 41,9, через стенки 48,8%.

4. Летки в опытах с моделью клуба практически не оказали влияния на изменение потерь тепла и не изменили термогенеза пчел в опытах с живой семьей.

3.6. Тепловой режим в помещениях для зимовки пчел и его совершенствование

Температурно-влажностный режим загубленного зимовника формируется на основе его теплового и влажностного балансов. В диссертации исследованы составляющие этих балансов.

Выделение тепла и влаги зимующими пчелами анализировали как на основе учета потребления кормов, так и прямым измерением тепловыделений с помощью улья-калориметра.

Измеренные ульем-калориметром тепловыделения массой 1,3 кг в условиях зимовника составили в среднем 9,8 Вт, чему соответствовало выделение влаги $5,4 \cdot 10^{-7}$ кг/с.

По результатам учета потребляемых кормов выделение тепла семьей массой 1,7-2,0 кг составляет 7,6 Вт, влаги – соот-

ветственно $4,3 \cdot 10^7$ кг/с.

Наряду с биологическим теплом, выделяемым пчелами, в зимовник поступает тепло от грунта. Измерение этой составляющей производили с помощью тепломеров ЛТИХП и АФИ. Тепловые потоки от пола колебались от +5 до -1 Вт/м², а от стен от +2 до -3 Вт/м². При этом положительный знак соответствует направлению потока в зимовник, отрицательный - из него.

Тепловой поток через незаглубленную обвалованную часть стен зимовника был всегда направлен из зимовника и доходил до 9-13 Вт.

Осредненные потоки влаги от грунта в исследуемых зимовниках составляли $(3,3 - 4,4) \cdot 10^{-4}$ г/м²· с. При большой влажности грунта для уменьшения притока влаги была применена пароизоляция посредством полиэтиленовой пленки.

Проведенные натурные исследования микроклимата в заглубленных зимовниках показали, что выделяемого зимующими пчелами биологического тепла, а также тепла, поступающего от грунта вполне достаточно для того, чтобы осуществить вентиляцию зимовника и удалить из него избытки влаги вплоть до наблюдаемых температур -30°С.

Отмечается прямая связь между наружной температурой и относительной влажностью воздуха в зимовнике. Чем ниже температура, тем суще зимовник.

Определенная напряженность возникает при зимних оттепелях, когда температура внутреннего и наружного воздуха сближаются и для удаления избытков тепла и влаги требуется большой воздухообмен, которого в большинстве случаев недостаточно. Температура, и относительная влажность воздуха - возрастают.

Так, если в зимовнике поддерживается температура +2°С, то уже при потеплении до -3°С его влажность превысит рекомендуемую -75%, а при 0°С она возрастает до 90%.

На протяжении зимовки пчел с различной загрузкой зимовника установлено, что в реальных условиях эксплуатации температурный режим в зимовнике можно поддерживать на уровне +1,0...+6,0°С путем регулирования его вентиляции при загрузке от 0,4 до 1,15 м³/семью.

Уплотненная постановка пчелиных семей в зимовнике прошла испытания на ряде производственных пасек НИИ пчеловодства и рекомендована для внедрения в производство. В частности, даны рекомендации проектному институту «Сибгипросельхозстрой» увеличить вместимость разработанных им зимовников на 300, 600 и 1200 пчелиных семей в два раза на стадии проектирования.

Однако уплотненная постановка семей требует постоянного контроля со стороны пчеловода за режимом вентиляции.

В этой связи нами была предложена и испытана система автоматического регулирования естественной вентиляции зимовника.

Устройство представляет собой установленную на вентиляционном проеме клапан – заслонку, врачающуюся вокруг горизонтальной оси с помощью небольшого реверсивного электродвигателя с редуктором. Двигатель управляет трехпозиционным терморегулятором. При недостаточной температуре в зимовнике регулятор подает команду на закрытие, при повышенной – на открытие.

Однако открытие и закрытие производится короткими импульсами (1-2 с), следующими через 15 мин.

Таким образом, после нескольких срабатываний температура в зимовнике достигает заданного уровня, а заслонка занимает самоустановившееся положение.

Устройство было испытано в двух зимовниках: малом, объемом 16 м² и промышленном – объемом около 600 м³. В большом зимовнике было установлено 4 клапана в соответствии с числом вентиляционных проемов. Привод их осуществлялся от общего мотор-редуктора через тросовую передачу.

Испытания устройств показали.

1. При отрицательных наружных температурах -9°С и ниже температура в зимовнике держится практически на постоянном уровне с точностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$. При повышении наружной температуры, начиная с -9... -10°С температура в зимовнике начинает расти, а при -4°С и выше заслонка остается полностью открытой и температура в зимовнике определяется производительностью систем вентиляции.

2. Относительная влажность воздуха в зимовнике держалась на уровне 65% с колебаниями от 55 до 75%.

ВЫВОДЫ

1. Гнездо пчелиной семьи в целом и зимний клуб в частности являются дисперсной системой тел с внутренними источниками тепла, которое выделяют все особи как в «тепловом центре», так и на «периферии».

«Оболочка» пчелиного клуба – это скопление на его поверхности пчел, сидящих неподвижно в силу сложившихся здесь температурных условий; ее теплозащитные свойства с уплотнением не повышаются, а понижаются.

2. По уровню термогенеза в годовом цикле роста и развития пчелиной семьи выделяются 3 сменяющих друг друга периода:

1-й – активной жизнедеятельности в весенне-летний сезон, когда уровень термогенеза доходит до 30-35 и более Вт;

2-й – пониженной жизнедеятельности в летне-осенний сезон при уровне термогенеза, не превышающем 20-25 Вт;

3-й – пассивный осенне-зимний период, когда при зимовке на воле уровень термогенеза доходит до 30 и более Вт.

3. Подтверждены выводы ряда исследователей о том, что минимум термогенеза пчелиной семьи соответствует внешней температуре $+10\dots+13^{\circ}\text{C}$. Положение о том, что минимальное тепловыделение имеет место при $-2\dots+4^{\circ}\text{C}$ не нашло подтверждения.

4. При понижении внешней температуры начиная с момента образования зимнего клуба пчел термогенез семьи плавно, но неуклонно возрастает. Наблюдаемое в начальный момент «сжатие» клуба не исключает такого роста, хотя и несколько сдерживает его темп.

5. В период зимовки головное утепление, а также открытие-закрытие летков не оказывают существенного влияния на уровень термогенеза пчелиной семьи.

6. При осенней подкормке, а также во время переработки нектара термогенез возрастает, но не беспредельно, обычно до 30-35 Вт, что объясняется пределом повышения температуры гнезда -35°C . Вследствие повышения температуры гнезда относительная влажность понижается до 40-50%.

7. Установлено, что улей обеспечивает незначительную тепловую защиту пчелиной семьи в зимний период. Утолщение стенки улья в 2 раза (с 25 до 50 мм) сокращает потерю тепла всего на 5,5%, утолщать стенки ульев и утяжелять их не имеет практического смысла.

8. Потери тепла отдельными элементами и по периодам года дифференцированы: в зимний период на стенки приходится 74,0% общих потерь тепла, на крышу – 17,2% и на дно – 8,8%, а в ранневесенний период – соответственно 48,8; 41,9 и 9,3%.

9. Телловой и влажностный режим заглубленного зимовника формируется на основе балансов поступающего в него и передаваемого во внешнюю среду тепла и влаги. Каждая семья в зимовнике выделяет в среднем 9,8 Вт тепла и $5,4 \cdot 10^{-7}$ кг/с влаги.

Тепловой поток от стен в течение зимовки колеблется от +2 до $-3 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Положительный знак соответствует направлению потока в зимовник, отрицательный – из него.

Потоки влаги от грунта в зимовник составляют $(3,3\text{--}9,2) \cdot 10^{-4}$ г/м² с.

10. Уплотненная загрузка зимовника пчелиными семьями до 0,4-0,5 м³/семью позволяет значительно сократить затраты на его строительство. Однако, уплотнение требует постоянного внимания к обслуживанию систем вентиляции.

Предложена система автоматического регулирования вентиляции зимовника, позволяющая более стабильно поддерживать в нем температурно-влажностный режим.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Материалы исследований использованы при проектировании зимовников для пчеловодческих ферм размером:

600 пчелиных семей, типовой проект №808-5-9,

1200 пчелиных семей, типовой проект №808-5-10,

2400 пчелиных семей, типовой проект №808-5-11,

4800 пчелиных семей, типовой проект №808-5-13.

2. На основе полученных материалов разработаны типовые проекты ульев:

Улей однокорпусный с двумя магазинами, типовой проект №808-5-14,

Двухкорпусный улей с магазинами, типовая конструкция серии №3.808-2,

Десятирамочный улей с магазинами, типовой проект №3.808.5-4,

Улей-лежак на 16 рамок, типовой проект №808-5-15,

Улей-лежак на 20 рамок, типовой проект 3.808-1.

3. Устройство для автоматического регулирования естественной вентиляции зимовника рекомендовано для внедрения в производство и включено в Систему машин для животноводства.

4. По материалам исследований подготовлены методические указания: «Изучение термогенеза пчел». Указания рассмотрены и одобрены секцией пчеловодства Отделения зоотехники Россельхозакадемии 19.11.2001 г.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Мельник В.Н., Касьянов А.И. Температурный режим в зимовнике и нозематоз // Пчеловодство.- 1974.- №10.- С.26-27.
2. Касьянов А.И. Ульи и их стандартизация в Советском Союзе // XXVI Международный конгресс по пчеловодству.- Румыния, Бухарест: Изд. Апимондии, 1977.- С.222-227.
3. Касьянов А.И. Типовые ульи // Пчеловодство.- 1983.- №10.- С.26-28.- №12.- С.24-27.
4. Касьянов А.И., Болдырев С.Я. Десятирамочный улей // Пчеловодство.- 1987.- №1.- С.11-12.
5. Касьянов А.И. Двенадцатирамочные ульи // Пчеловодство.- 1987.- №3.- С.31-32.
6. Касьянов А.И. Ульи-лежаки // Пчеловодство.- 1987.- №5.- С.31-32.
7. Касьянов А.И. Устройство для регулирования вентиляции зимовника // Технология производства и переработки продуктов пчеловодства / Сборник научных трудов НИИ пчеловодства.- Рыбное, 1989.- С.3-9.
8. Касьянов А.И. Ульи многокорпусные // Пчеловодство.- 1991.- №6.- С.35-37.
9. Касьянов А.И. Десятирамочный двухкорпусный улей с магазинами // Пчеловодство.- 1991.- №7.- С.39-41.
10. Касьянов А.И. Улей-калориметр для измерения тепло-продукции пчелиных семей // Сборник научно-исследовательских работ по пчеловодству / НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2000.- С.143-149.
11. Касьянов А.И. Теплофизические характеристики слоя пчел в зимнем клубе // Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Интермед-2001» / НИИ пчеловодства.- Рыбное, Рязанской обл., 2001.- С.59-61.
12. Касьянов А.И. Головное утепление и термогенез пчелиной семьи // Итоги и проблемы НИР в пчеловодстве / НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2001.- С.76-80.
13. Касьянов А.И. Динамика термогенеза пчелиной семьи в течение года // Новое в науке и практике пчеловодства / НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2002.- С.63-66.
14. Касьянов А.И. Термодинамика влажного воздуха в улье // Новое в науке и практике пчеловодства / НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2002.- С.66-71.
15. Касьянов А.И. Термогенез пчелиной семьи при осенней подкормке // Новое в науке и практике пчеловодства / НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2002.- С.72-77.

16. Касьянов А.И. О механизме самообогрева пчелиной семьи // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Интермед 2002» / МСХ РФ, РАСХН, НИИ пчеловодства.- М.: Агропромпрогресс, 2002.- С.39-43.
17. Касьянов А.И. О роли летка в теплообмене пчел с внешней средой // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Интермед 2002» / МСХ РФ, РАСХН, НИИ пчеловодства.- М.: Агропромпрогресс, 2002.- С.44-47.
18. Касьянов А.И. Тепловой режим зимовника и факторы, его определяющие // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Интермед 2002» / МСХ РФ, РАСХН, НИИ пчеловодства.- М.: Агропромпрогресс, 2002.- С.48-53.
19. Касьянов А.И. Изучение термогенеза пчел / А.В.Бородачев, А.Н.Бурмистров, А.И.Касьянов и др. // Методы проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве.- Рыбное: Изд. НИИ пч-ва, 2002.- С.22-30.
20. Энергетика пчелиной семьи в период сбора и переработки нектара // Передовые технологии в пчеловодстве. Материалы научно-практической конференции 19 ноября 2002 г. / МСХ РФ, РАСХН, Академия пчеловодства, НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2003.- С.30-31.
21. Касьянов А.И. Биология обогрева пчелиного гнезда // Пчеловодство.- 2003.- №2.- С.16-18.
22. Касьянов А.И. Улей как тепловая защита клуба пчел // Новое в науке и практике пчеловодства / РАСХН, НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2003.- С.138-145.
23. Касьянов А.И. О потерях тепла отдельными элементами улья // Новое в науке и практике пчеловодства / РАСХН, НИИ пчеловодства.- Рыбное, 2003.- С.145-148.