

МЕХАНИЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА
MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

УДК 638.142.3
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-1-103-110>

Поступила в редакцию 15.04.2020
Received 15.04.2020

В. Р. Петровец, Т. Л. Хроменкова, Л. А. Шершнёва, А. Н. Шершнёв

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Могилёвская область, Беларусь

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ДВУХ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ В ИННОВАЦИОННОМ ДВУХБЛОЧНОМ УЛЬЕ С КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ

Аннотация: Одним из основных направлений повышения экономической эффективности производства продукции пчеловодства является рост продуктивности пчелиных семей при экономном расходовании материальных средств, в первую очередь использование таких основных средств, как пчелиный улей новой конструкции. Предлагается совершенно новая конструкция двухблочного пчелиного улья, позволяющая находиться двум семьям пчел в одном домике. Двухблочный пчелиный улей позволяет с помощью простой технологической перегородки объединить две разные семьи со своими матками и получить одну сверхсильную семью. В двухблочных ульях устранен основной недостаток одноблочных ульев – значительная масса корпусов улья, сдерживающая повышение производительности труда пчеловода и препятствующая снижению себестоимости продукции. В статье обоснованы объем двухблочного пчелиного улья и параметры комбинированной технологической перегородки, которые получены в результате наблюдений и многолетних опытов. Приводится экономико-математическая модель развития пчелиных семей при содержании их в двухблочном улье с комбинированной технологической перегородкой. Сделан практический расчет экономического потенциала двухблочного пчелиного улья. Дано обоснование закономерности получения высоких результатов при содержании и мирном объединении пчелиных семей в двухблочном пчелином улье с технологической комбинированной перегородкой. Переход на содержание пчел в разработанных двухблочных ульях открывает большие перспективы в области пчеловодства.

Ключевые слова: пчеловодство, пчелы, две семьи, двухблочный пчелиный улей, комбинированная технологическая перегородка, экономико-математическая модель, продукция пчеловодства, энтоморфилные сельскохозяйственные культуры

Для цитирования: Экономико-математическая модель содержания двух пчелиных семей в инновационном двухблочном улье с комбинированной технологической перегородкой / В.Р. Петровец, Т.Л. Хроменкова, Л.А. Шершнёва, А.Н. Шершнёв // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, №1. – С. 103–110. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-1-103-110>

Vladimir R. Petrovets, Tatyana L. Khromenkova, Lyudmila A. Shershneva, Alexander N. Shershnev

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Mogilev region, Belarus

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF BEE COLONIES HOUSING IN TWO-BLOCK HIVE WITH COMBINED TECHNOLOGICAL PARTITION

Abstract: One of the main directions of increasing the economic efficiency of bee products is increase in productivity of bee colonies with economical expenditure of material resources, primarily use of such basic means as new design bee hive. A completely new design of a two-block bee hive is proposed, allowing two families of bees in one house. The two-block bee hive allows to use a simple technological partition to combine two different families with their uterus and get one super-strong family. In two-block hives, the main drawback of one-block hives has been eliminated – significant weight of hive body, which restrains increase in productivity of beekeeper and prevents decrease in product cost price. The volume of a two-block bee hive and the parameters of a combined technological partition, which were obtained as a result of observations and long-term experiments, have been justified. Economic and mathematical model of bee colonies development when housed in two-

block hive with combined technological partition is presented. Practical calculation of the economic potential of two-block bee hive has been made. Substantiation of regularity of obtaining high results in housing and peaceful unification of bee colonies in a two-block bee hive with a technological combined partition is given. Keeping bees in the developed two-block hives opens up great prospects in the field of beekeeping.

Keywords: beekeeping, bees, two families, two-block bee hive, combined technological partition, economic and mathematical model, beekeeping products, entomophic agricultural crops

For citation: Petrovets V. R., Khromenkova T. L., Shershneva L. A., Shershnev A. N. Economic and mathematical model of bee colonies housing in two-block hive with combined technological partition. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2021, vol. 59, no 1, pp. 103-110 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-1-103-110>

Введение. Пчелиные улья с одной семьей известны очень давно, а изобретения по ним вообще не встречаются в литературных источниках Беларуси и во всем мире. По содержанию двух семей пчел в одном домике исследования ранее не проводилось. Хотя в Европе в 1960–1970 гг. известными учеными проводились работы по изучению поведения медоносной пчелы. Профессор Карл Фриш экспериментально доказал, что при размещении в непосредственной близости двух пчелиных семей они хорошо развиваются и приносят повышенный урожай продукции пчеловодства.

В начале 60-х годов XX века в Беларуси начался процесс углубления специализации производства. Одновременно в экономической науке возникло новое направление исследований экономических процессов – экономико-математическое моделирование [1]. Одним из основных направлений повышения экономической эффективности производства продукции пчеловодства является рост продуктивности пчелиных семей.

В настоящее время одним из направлений сельскохозяйственной деятельности, объединяющих растениеводство и животноводство в агропромышленном комплексе Республики Беларусь, несомненно, считается пчеловодство. Однако низкая рентабельность не только отдельных производителей, а также и непростое финансовое положение в пчеловодстве требуют инновационных разработок для повышения эффективности, конкурентоспособности и стабильно устойчивого развития отрасли.

Как и другие отрасли народного хозяйства, пчеловодство требует внедрения достижений научно-технического прогресса, новых промышленных технологий, оборудования, инвентаря. Основной инвентарь пчеловода – пчелиный улей. Затраты на их приобретение составляют около 30 % всех затрат по организации пасеки. В пчеловодном хозяйстве стоимость улья имеет большое значение: если он даже удобен как принадлежность пасеки и для жилья пчёл, но дорог, применять его на практике не выгодно [2].

Последние годы ведутся интенсивные исследования в области пчеловодства, направленные на выработку рекомендаций по повышению эффективности этой отрасли в Германии, Словакии, Франции и других странах Европы [3–4]. Одной из серьезных проблем, которая в последнее время особенно обострилась, является определение оптимальных условий и технологии содержания пчелосемей посредством создания ульев новой конструкции.

При создании новой конструкции двухблочного пчелиного улья авторы руководствовались независимыми результатами исследований, проводимых известными учеными: доктором естественных наук, профессором Эмилем Лубе де л'Оста и профессором Карлом фон Фришем – лауреатом Нобелевской премии за работы, в том числе и по изучению поведения медоносной пчелы [5]. Ими было экспериментально доказано, что если поселить в непосредственной близости две пчелиные семьи, в каждой из которых обязательно будет своя пчеломатка, то такие пчелосемьи будут нормально развиваться. Однако такое развитие возможно только до определенного периода. С ростом соседних семей и совместного складирования углеводного корма конфликты неизбежны. Упреждающим приемом такой ситуации и служит предлагаемая технологическая перегородка. Фактически от такого способа содержания пчелиных семей пчеловод вправе ожидать двойного урожая товарного мёда.

Однако, по утверждению авторов и проведенных ими исследований, две семьи пчел при совместной их работе на обильной кормовой базе в силах заготовить углеводного корма больше в несколько раз [5]. Несмотря на авторитетность ученых и привлекательность результатов проведенных ими опытов, оптимальная конструкция пчелиного улья так и не была создана до сегодняшнего дня.

В 2011 г. в Белорусской сельскохозяйственной академии был изобретен пчелиный улей новой конструкции для содержания одновременно двух семей пчел. Для того, чтобы пчелы не могли соприкоснуться друг с другом, блоки разделены технологической перегородкой. С помощью этой перегородки две семьи как бы находятся в одном улье. Они могут общаться, привыкая друг к другу, но без физического соприкосновения. Таким образом, получается как бы одна сверхсильная объединенная семья. Исследования такой объединенной семьи показали хорошие результаты, например, выход меда значительно увеличился. Он вобрал в себя все то, что необходимо для развития, роста и продуктивного медосбора объединенной пчелиной семьи, обеспечив при этом простоту его обслуживания при минимуме трудовых затрат.

Для подтверждения высоких экономических результатов двухблочного пчелиного улья с технологической комбинированной перегородкой используем одну из аксиом современной экономики. Этой аксиомой является наличие синергетического эффекта [6].

Задача пчеловода заключается в том, чтобы найти способ объединения пчелиных семей и создать пчелиный улей такой конструкции, чтобы семьи взаимодействовали между собой и создавали эффект положительной синергии [7, 8].

Цель работы – создание совершенно новой конструкции двухблочного пчелиного улья с целью увеличения продукции пчеловодства и доказать его экономическую эффективность.

Основная часть. Схема нового двухблочного пчелиного домика с комбинированной технологической перегородкой с одновременным содержанием двух пчелиных семей¹ приведена на рис. 1. Для наглядности проведения экономической оценки возникает необходимость представить аксонометрическое изображение двухблочного пчелиного улья, который состоит из: гнездового корпуса 1, основного корпуса 2, магазинного корпуса 3, технологической комбинированной перегородки 4 и прилётной доски 5 [9–10].

В связи с тем, что мёд является важным, но не единственным видом продукции пчеловодства, а пчелиная семья также производит прополис, воск, пчелопакеты, пчеломаток и другую продукцию, переведем названную продукцию в условные единицы. Для удобства расчётов используем следующие переводные коэффициенты табл. 1 [11, 12].

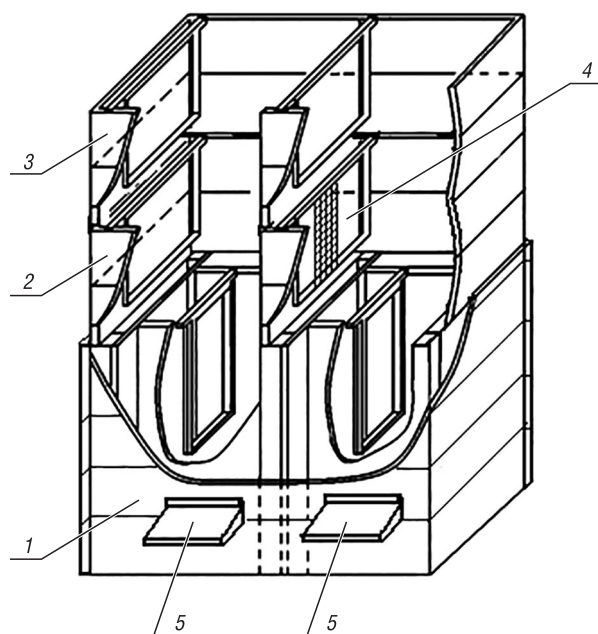


Рис. 1. Схема двухблочного пчелиного улья с комбинированной технологической перегородкой

Fig. 1. Block diagram of two-unit beehive with a combined technological partition

Из табл. 1 видно, что экономический потенциал любого типа, в том числе и двухблочного пчелиного улья, включает в себя стоимость пчеломаток, расплода, взрослых особей, мёда, воска, перги и т.д. за весь медосборный период. В первую очередь рассчитаем ценность пчеломаток непосредственно в пересчёте на медовые единицы (Y_B), так как дополнительных условий не требуется. Согласно [13–16], она определяется так:

Таблица 1. Перевод продукции пчеловодства в условные медовые единицы

Table 1. Conversion of bee products into conventional honey units

Вид продукции	Единица измерения	В усл. ед. 1кг мёда
Мёд валовой (товарный)	1 кг	1,0
Воск топленый	1 кг	2,5
Плодная матка	1 шт.	0,5
Новая пчелиная семья (взрослые особи)	1,2	8,0
Пчелиный расплод	1 кг	10,0
Перга	1 кг	6,5

¹ Патент на изобретение получен в 2017 г. [9]

$$Y_B = B_{\text{пчм}} k^*, \quad (1)$$

где $B_{\text{пчм}}$ – количество пчеломаток, $B_{\text{пчм}} = 2$; $k^* = 0,5$ – коэффициент перевода в медовые единицы.

Определим количество пчелиного расплода. Зная, что общая площадь пчелиного расплода любой пчелосемьи на каждой стороне сота потенциально должна занимать 40 см^2 , определим количество расплода (F_M) [13]. В нашем случае для двухблочного пчелиного улья в пересчёте на массу пчёл она определяется следующим выражением:

$$F_M = f Q F B_{\text{пчм}}, \quad (2)$$

где $f = 0,01$ – масса расплода в одном квадрате, кг; $F = 40 \times 2$ – количество расплода в каждом стандартном соте (по 40 см^2 с каждой стороны); $B_{\text{пчм}} = 2$ – 2 пчелосемьи, двухблочный пчелиный улей предполагает одновременное содержание двух пчелосемей; $Q = 42$ – количество рамок, шт.

В пересчёте на медовые единицы (Y_F) количество расплода рассчитываем по формуле

$$Y_F = F_M k^{**}, \quad (3)$$

где $k^{**} = 10,0$ – коэффициент перевода для пчелиного расплода, шт.

Чтобы найти общее количество взрослых особей (M) в данном пчелином улье, умножим количество улочек на количество пчёл в одной улочке:

$$M = Q' V, \quad (4)$$

где $Q' = 42$ улочки – в двухблочном улье пчёлы находятся в гнездовом и втором корпусах, предполагающих расположение 42 рамок размерами 300×435 и 435×300 мм – 20 и 22 шт. соответственно [13]; $V = 0,25$ кг – количество пчёл в одной улочке (среднее значение).

Пересчитав на медовые единицы (Y_M), общее количество взрослых особей в двухблочном пчелином улье выражается следующим уравнением [13]:

$$Y_M = M k^{***}, \quad (5)$$

где k^{***} – коэффициент перевода принимаем равным 8, так как в гнездовом корпусе применяется узковысокая рамка.

Наиболее результативным показателем определения экономической эффективности пчелиного улья любой конструкции считается масса полученного товарного мёда (M'). В каждом соте она определяется по разности между массой сота с мёдом и пустого. Масса пустого сота в рамке с наружным размером 435×300 либо 300×435 мм составляет 450–500 г. В таком соте полностью запечатанным находится 3,5–4,0 кг мёда [9, 14]. С математической точки зрения это выражается следующим уравнением:

$$M' = (T + U) H, \quad (6)$$

где $(T + U)$ – количество рамок магазинного и второго корпусов, занятых печатным мёдом; $H = 3,75$ кг (среднее значение от 3,5–4,0 кг мёда).

Для перевода полученного результата в медовые единицы ($Y_{M'}$) используем следующее выражение:

$$Y_{M'} = M' k_m, \quad (7)$$

где k_m – коэффициент перевода, равный 1.

Не менее важным показателем определения экономического эффекта является полученное количество воска (G_B), которое определяется исходя из того, что один сот в рамке применяемой в двухблочном пчелином улье 435×300 либо 300×435 мм содержит 140 г (t) [15, 16]. Рассчитывается это по следующей формуле:

$$G_B = Q t. \quad (8)$$

Для перевода в медовые единицы (Y_{GB}) воспользуемся такой формулой:

$$Y_{GB} = G_B k, \quad (9)$$

где k_G – коэффициент перевода, равный 2,5 [17].

В активный период жизни пчелиной семьи биологически необходимо достаточное количество перги (Z). Она определяется визуально, по площади, занимаемой ячейками с пергой на

каждом соте. Масса перги на одной трети сота размером 435×300 мм двухблочного пчелиного улья составляет 1,2–1,5 кг [18] и определяется следующей формулой [12]:

$$Z = (I + P) m, \quad (10)$$

где $(I + P) = (2 \times 2) - 2$ гнезда, и в каждом гнезде по 2 рамки с пергой; $m = 1,35$ – средняя величина от 1,2–1,5 кг.

В пересчете на медовые единицы (Y_Z) масса перги рассчитывается так:

$$Y_Z = Z k_Z, \quad (11)$$

где k_Z – коэффициент перевода, принимаем равным 6,5 [17].

На основании вышеприведенных математических решений экономический потенциал двухблочного пчелиного улья ($\epsilon_{дв}$) будет описываться следующим выражением:

$$\epsilon_{дв} = Y_B + Y_F + Y_M + Y_{Ml} + Y_{GB} + Y_Z. \quad (12)$$

Таким образом, переход на содержание пчёл в разработанных нами двухблочных ульях открывает большие перспективы в области пчеловодства. Проведенные исследования показали, что содержание пчёл в двухблочных ульях увеличивает продуктивность пчелиных семей по всем получаемым продуктам пчеловодства. Полностью исключается роение пчелиных семей, которое требует много дополнительных трудозатрат и снижает продуктивность пчелиных семей. Двухблочное содержание способствует постоянному поддержанию рабочих особей обеих пчелосемей в активном состоянии, готовых использовать медосбор любой силы, значительно улучшает условия наиболее сложного периода – зимовки. В двухблочных ульях устранен основной недостаток одноблочных ульев – значительная масса корпусов улья, сдерживающая повышение производительности труда пчеловода и препятствующая снижению себестоимости продукции [15].

Экономико-математическая модель двухблочного пчелиного улья. Описание в виде формул жизненных процессов любых живых существ, в том числе и пчёл, целиком основывается на знаниях биологической структуры ее семьи. Утверждающий факт о том, что в семье имеется только одна пчеломатка, откладывающая яйца, говорит о вполне определенной структуре математической модели. В итоге все определяется жизненным циклом оплодотворенной пчеломатки. От нее зависит, сколько *выводится* пчел в интересующее нас время и цикличность отхода взрослых особей. Определенное их число зависит от усредненных значений биологического развития пчелы. Это связано с периодом возрастного разделения особей каждой конкретной пчелосемьи [12, 16–19].

В табл. 2 приведены данные разных литературных источников с указанием временных интервалов, выбранных в применяемой математической модели.

Т а б л и ц а 2. Примерные сроки функционально-возрастного развития пчёл

Т а б л е 2. Approximate terms of functional and age development of bees

Фаза развития	Средние сроки (от и до), дни	Литературный источник	Выбранные значения
Фаза яйца	0 ÷ 3	Таранов Г. Ф., 1968	0 ÷ 3
Фаза личинки	3 ÷ 9	Таранов Г. Ф., 1968	3 ÷ 9
Фаза куколки	9	Таранов Г. Ф., 1968	9 ÷ 21
Выкармливание личинок	5 ÷ 12 (3–6) ÷ (18–21) 4 ÷ 15 (12 ± 2) ÷ (17 ± 2)	Лаврехин Ф. А., 1969 Лебедева В. П., 2001 Кривцов Н. И., 2002 Газизов Р. И., 2003	5 ÷ 16
Восковыделение	12 ÷ 19	Таранов Г. Ф., 1968	12 ÷ 19
Рабочая пчела	14–21	Таранов Г. Ф., 1961	20 ÷ 35

Источник: Кудряков А. В. Простая модель функционально-возрастного состава пчелиных семей и некоторые ее приложения // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2006. Т. 8, № 2. С. 17–25.

На основании выбранных значений, характерных для природно-климатической зоны проведения наших исследований, число пчёл в каждой из семей двухблочного пчелиного улья вычисляется по такой формуле:

$$n(t) = \left[\int_{t-r-T}^{t-r} n_+(\tau) d\tau \right] \cdot 2, \quad (13)$$

где n – общее количество пчел двухблочного пчелиного улья; t – выбранный временной интервал; r – время развития запечатанного расплода; T – жизненный цикл пчелы; n_+ – яйценоскость оплодотворенной пчеломатки; d – непрерывная переменная; τ – временной промежуток развития особи; 2 – колония пчел в двухблочном улье.

В свою очередь, число пчёл-кормилиц можно определить по следующему выражению:

$$n_{\text{корм}}(t) = \left[\int_{t-r-16}^{t-r-5} n_+(\tau) d\tau \right] \cdot 2. \quad (14)$$

Количество пчёл двухблочного пчелиного улья, участвующих непосредственно в медосборе, соответственно, рассчитывается следующим образом:

$$n_{\text{летн}}(t) = \left[\int_{t-r-T}^{t-r-20} n_+(\tau) d\tau \right] \cdot 2. \quad (15)$$

И, наконец, сила объединенной пчелосемьи грядущих медосборов математически будет выражаться такой формулой:

$$n_{\text{лич}}(t) = \left[\int_{t-9}^{t-3} n_+(\tau) d\tau \right] \cdot 2, \quad (16)$$

где $n_{\text{лич}}$ – количество пчел объединенной пчелиной семьи, шт.

В вышеуказанной математической модели, представленной в данной статье, за основу выбрана модель, предложенная зарубежными учеными N. A. Maidana, M. A. Benavente, M. Eguaras [11, 20, 21] с учетом математических взаимосвязей, указанных в научной статье [5].

Основное отличие данной модели заключается в учете динамики роста общего количества пчел, содержащихся в двухблочном улье, что особенно важно, и количество запечатанного расплода в каждом блоке этого улья. Также в математическую модель включены внешние воздействия, влияющие на развитие каждой из пчелосемей, образующих объединенную семью в двухблочном пчелином улье.

Развитие пчелиной семьи в течении года проходит ряд этапов, которые выражаются математическими уравнениями (14)–(16). Период развития пчелиных особей на некоторой стадии обозначим τ_i . В данном случае используем усредненные значения развития особи в каждой ее фазе из табл. 1: $\tau_1 = 2$ дня, $\tau_2 = 6$ дней, $\tau_3 = 15$ дней. Длительность стадии τ_4 зависит от продолжительности медосбора, которая, в свою очередь, зависит от продолжительности цветения медоносов, местности проведения исследований. В итоге получаем математическую модель, позволяющую рассчитать динамику развития каждой из двух пчелиных семей, составляющих колонию двухблочного пчелиного улья.

Приведенные выше результаты исследования полностью подтверждают слова П. И. Прокоповича: «Управление пчелами есть знание содержать каждое пчелиное семейство в надлежащем состоянии... словом, знать и уметь все производить в каждом улье с пчелами искусно, по науке, чтобы по возможности способствовать лучшим выгодам, доставляемым пчелиными семействами» [22]. При индивидуальном уходе за пчелиными семьями пчеловод большую половину времени производительного сезона вынужден тратить на расширение гнезд рамками, установку магазинных надставок, удаление роевых маточников, формирование отводков, замену 2–3-летних пчеломаток [23]. Промышленная технология обслуживания приемлема только для тех пчелиных ульев, с использованием которых возможно вырастить и содержать сильные пчелиные семьи, способные использовать медосбор, производя большое количество продукции. Главной особенностью промышленной технологии в пчеловодстве является групповой метод обслуживания

пчелиных семей [24], а это возможно при использовании на точках пчелиной пасеки предлагаемых нами двухблочных пчелиных ульев, позволяющих безошибочно определять сроки выполнения следующей работы, не вмешиваясь в жизнь пчелиной семьи.

Закключение. Предложена мирового уровня новая конструкция двухблочного улья с содержанием двух разных семей в одном домике. Такая технология одновременного содержания двух пчелосемей в одном домике возможна только при разделении их с помощью оригинальной технологической комбинированной перегородки. Экономический анализ двухблочного пчелиного улья с комбинированной технологической перегородкой позволяет утверждать о его высоком экономическом потенциале [20, 21, 25, 26].

Практическое применение математического моделирования и расчет экономических показателей, основанных на законах синергии, дают возможность с высокой степенью точности определить рентабельность использования двухблочного пчелиного улья.

Исследование двухблочного улья с содержанием двух пчелиных семей в одном домике и дальнейшего его совершенствование позволяет создать мини-фабрики для производства продукции пчеловодства. Развитие в Республике Беларусь технологии промышленного использования пчел позволит повысить урожайность энтомофильных сельскохозяйственных культур.

Список использованных источников

1. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса : в 2 кн. / В.Г. Гусаков [и др.] ; ред. В.Г. Гусаков ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграр. экономики. – Минск : Беларус. наука, 2007. – Кн. 1. – 891 с.
2. Гранцон, М. Э. Что мы знаем о мёде? / М. Э. Гранцон. – Новосибирск : Кн. изд-во, 1991. – 112 с.
3. McLellan, A. R. A monogynous eusocial insect worker population model with particular reference to honeybees / A. R. McLellan, C. M. Rowland, R. H. Fawcett // *Insectes Sociaux*. – 1980. – Vol. 27, N4. – P. 305–311. <https://doi.org/10.1007/BF02223723>
4. Harris, J. L. A model of honeybee colony population dynamics / J. L. Harris // *J. of Apicultural Research*. – 1985. – Vol. 24, N4. – P. 228–236.
5. Кудряков, А. В. Простая модель функционально-возрастного состава пчелиных семей и некоторые ее приложения / А. В. Кудряков // *Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук*. – 2006. – Т. 8, №2. – С. 556–563.
6. Фриш, К. Из жизни пчёл / К. Фриш ; пер. с нем. Т. И. Губиной. – Доп. и перераб. изд. – М. : Мир, 1980. – 214 с.
7. Таранов, Г. Ф. Биология пчелиной семьи / Г. Ф. Таранов. – М. : Сельхозгиз, 1961. – 336 с.
8. Шершнев, А. Н. Определение объёма двухблочного пчелиного улья / А. Н. Шершнев // *Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад.* – 2012. – №2. – С. 115–119.
9. Нагорный, В. Н. Как сделать улей / В. Н. Нагорный. – 2-е изд., испр. и доп. – Курск : Кн. изд-во, 1958. – 94 с.
10. Пчела и улей / пер. с англ.: А. А. Воровича [и др.] ; под ред. Т. И. Губиной. – М. : Колос, 1969. – 503 с.
11. Maidana, N. A. A model in differential equations to describe the mite varroa destructor population dynamic in apis mellifera colonies / N. A. Maidana, M. A. Benavente, M. Eguaras // *Rev. Electrónica de Contenido Matemático*. – 2005. – Vol. 16, N9.
12. Экономический потенциал и сравнительный анализ двухблочного пчелиного улья / И. С. Серяков [и др.] // *Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад.* – 2013. – №1. – P. 93–99.
13. Крахотин, Н. Ф. Механизация пчеловодства и пасечный инвентарь / Н. Ф. Крахотин, А. П. Раджабов, Е. К. Еськов. – Ташкент : Мехнат, 1987. – 176 с.
14. Eberl, H. J. Importance of brood maintenance terms in simple models of the honeybee – Varroa destructor – acute bee paralysis virus complex / H. J. Eberl, M. R. Frederick, P. G. Kevan // *Electronic J. of Differential Equations*. – 2010. – Vol. 19. – P. 85–98.
15. Темнов, В. А. Переработка воскового сырья на пасеке / В. А. Темнов. – М. : Россельхозиздат, 1966. – 103 с.
16. Omholt, S. W. A model for intracolony population dynamics of the honeybee in temperate zones / S. W. Omholt // *J. of Apicultural Research*. – 1986. – Vol. 25, N1. – P. 9–21. <https://doi.org/10.1080/00218839.1986.11100686>
17. Яблоков, А. В. Популяционная биология / А. В. Яблоков. – М. : Высш. шк., 1987. – 303 с.
18. Морозкин, Н. Д. Математическая модель жизненного цикла медоносной пчелы при абиотических воздействиях / Н. Д. Морозкин, В. В. Чудинов, О. В. Гилева // *Роль классических университетов в формировании инновационной среды регионов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 2–5 дек. 2009 г.* / Башк. гос. ун-т. – Уфа, 2009. – Т. 2, ч. 1 : *Фундаментальное естественно-научное образование – генерация знаний на базе научных исследований*. – С. 55–60.
19. Астафьев, Н. Расчёт причиненного ущерба и его возмещение / Н. Астафьев // *Пчеловодство*. – 2011. – №8. – С. 48–50.
20. Шершнев, А. Н. Некоторые аспекты естественной конвекции двухблочного пчелиного улья / А. Н. Шершнев, И. С. Серяков, В. Р. Петровец // *Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад.* – 2012. – №1. – С. 140–144.
21. Обоснование параметров и формы технологической комбинированной перегородки двухблочного пчелиного улья / В. Р. Петровец [и др.] // *Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад.* – 2012. – №3. – С. 140–149.

22. *Серяков, И. С.* Корма и кормовая база пчеловодства / И. С. Серяков, Н. Г. Ходарев, Н. С. Медвецкий. – Минск : Учеб.-метод. центр Минсельхозпрода, 2007. – 105 с.
23. *Корж, В. Н.* Пчеловодство. Практический курс / В. Н. Корж. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 545 с.
24. *Советы пчеловоду / М. Ф. Шеметков, Н. И. Смирнова, М. М. Кочевой.* – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1983. – 256 с.
25. *Шершнева, А. Н.* Определение объема двухблочного пчелиного улья / А. Н. Шершнева // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – №2. – С. 115–119.
26. *Инженерные решения температурного фактора в двухблочном многофункциональном пчелином улье / В. Р. Петровец [и др.]* // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2014. – №2. – С. 210–215.

References

- Gusakov V. G. (ed.). *Economics of organizations and branches of the agro-industrial complex. Book 1.* Minsk, Belorusskaya nauka, 2007. 891 p. (in Russian).
- Grantson M. E. *What do we know about honey?* Novosibirsk, Knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1991. 112 p. (in Russian).
- McLellan A. R., Rowland C. M., Fawcett R. H. A monogynous eusocial insect worker population model with particular reference to honeybees. *Insectes Sociaux*, 1980, vol. 27, no. 4 pp. 305-311. <https://doi.org/10.1007/BF02223723>
- Harris J.L. A model of honeybee colony population dynamics. *Journal of Apicultural Research*, 1985, vol. 24, no. 4, pp. 228-236.
- Kudryakov A. V. A simple model of the honeybee colony functional-age composition and its some applications. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2006, vol. 8, no. 2, pp. 556-563 (in Russian).
- Frisch K. von. *Aus dem Leben der Bienen.* Berlin etc., Springer, 1977. 194 p. (in German).
- Taranov G. F. *Biology of bee family.* Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1961. 336 p. (in Russian).
- Shershnev A. N. Determination of the volume of two-block beehive. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 2, pp. 115-119 (in Russian).
- Nagorny V. N. *How to make a beehive.* Nagorny, V. N. How to make a beehive / V. N. Nagorny. Kursk, Knizhnoe izdatel'stvo Publ., 1958. 94 p. (in Russian).
- Grout R. A. (ed.). *The hive and the honey bee.* 5th ed. Hamilton, Dadant & Sons, 1963. 556 p.
- Maidana N. A., Benavente M. A., Eguaras M. A model in differential equations to describe the mite varroa destructor population dynamic in apis mellifera colonies. *Revista Electrónica de Contenido Matemático*, 2005, vol. 16, no. 9.
- Seryakov I. S., Petrovets V. R., Khromenkova T. L., Shershnev A. N. Economic potential and comparative analysis of a two-block beehive. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2013, no. 1, pp. 93-99 (in Russian).
- Krakhotin N. F., Radzhabov A. P., Es'kov E. K. *Mechanization of beekeeping and beekeeping equipment.* Tashkent, Mekhnat Publ., 1987. 176 p. (in Russian).
- Eberl H. J., Frederick M. R., Kevan P. G. Importance of brood maintenance terms in simple models of the honeybee – Varroa destructor – acute bee paralysis virus complex. *Electronic Journal of Differential Equations*, 2010, vol. 19, pp. 85-98.
- Temnov V. A. *Processing of wax raw materials in the apiary.* Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1966. 103 p. (in Russian).
- Omholt S. W. A model for intracolony population dynamics of the honeybee in temperate zones. *Journal of Apicultural Research*, 1986, vol. 25, no. 1, pp. 9-21. <https://doi.org/10.1080/00218839.1986.11100686>
- Yablokov A. V. *Population biology.* Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1987. 303 p. (in Russian).
- Morozkin N. D., Chudinov V. V., Gileva O. V. A mathematical model of the life cycle of a honey bee under abiotic influences. *Rol' klassicheskikh universitetov v formirovanii innovatsionnoi sredy regionov: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ufa, 2-5 dekabrya 2009 g.* [The role of classical universities in the formation of the innovative environment of the regions: proceedings of the international scientific and practical conference, Ufa, 2-5 December 2009]. Ufa, 2009, vol. 2, pt. 1, pp. 55-60 (in Russian).
- Astaf'ev N. Calculation of the damage caused and its compensation. *Pchelovodstvo [Beekeeping]*, 2011, no. 8, pp. 48-50 (in Russian).
- Shershnev A. N., Seryakov I. S., Petrovets V. R. Some aspects of natural convection in a two-unit beehive. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 1, pp. 140-144 (in Russian).
- Petrovets V. R., Seryakov I. S., Dudko N. I., Shershnev A. N. Substantiation of the parameters and shape of the technological combined partition of a two-block bee hive. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 3, pp. 140-149 (in Russian).
- Seryakov I. S., Khodarev N. G., Medvetskii N. S. *Feeds and fodder base of beekeeping: a manual for students.* Minsk, Educational and methodological center of the Ministry of Agriculture and Food, 2007. 105 p. (in Russian).
- Korzh V. N. *Beekeeping. Practical course.* Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2008. 545 p. (in Russian).
- Shemetkov M. F., Sмирнова N. I., Kочевой M. M. *Advice to the beekeeper.* 2nd ed. Minsk, Uradzhai Publ., 1983. 256 p. (in Russian).
- Shershnev A. N. Determination of the volume of two-block beehive. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 2, pp. 115-119 (in Russian).
- Petrovets V. R., Seryakov I. S., Gaidukov V. A., Shershnev A. N. Engineering solutions for temperature factor in a two-unit multifunctional beehive. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2014, no. 2, pp. 210-215 (in Russian).

Информация об авторах

Петровец Владимир Романович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации растениеводства и практического обучения учреждения высшего образования, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская обл., Республика Беларусь). E-mail: petrovec_vr@mail.ru.

Хроменкова Татьяна Леонидовна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой организации производства в агропромышленном комплексе учреждения высшего образования, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская обл., Республика Беларусь). E-mail: 79604-1@mail.ru

Шеринёва Людмила Александровна – экономист-менеджер, заведующий гуманитарно-просветительским отделом, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская обл., Республика Беларусь). E-mail: sla16@mail.ru

Шеринёв Александр Николаевич. – аспирант кафедры механизации растениеводства и практического обучения, старший преподаватель, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки, Могилевская обл., Республика Беларусь). E-mail: sla16@mail.ru

Information about authors

Petrovets Vladimir R. - D.Sc. (Engineering), Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Tatyana L. Khromenkova - Ph.D. (Engineering), Assistant Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: 79604-1@mail.ru

Lyudmila A. Shershneva - Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: sla16@mail.ru

Alexander N. Shershnev - Postgraduate student. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: sla16@mail.ru