

Раздел II. Методы и приборы в медико-биологической практике

УДК 534-8

DOI 10.23683/2311-3103-2018-6-95-103

И.А. Меркулова, В.С. Корнилов, Н.Н. Чернов, В.И. Тимошенко

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННОГО АКУСТИЧЕСКОГО РЕПЕЛЛЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ*

*Рассматривается подход к решению задачи повышения надежности средств охранной сигнализации и систем видеонаблюдения, путем их дополнения микроэлектронным устройством акустического репеллера, обладающего отпугивающим воздействием на синантропный вид паука-сенокосца фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*) и крестовика обыкновенного (лат. *Araneus diadematus*). Развитие технических средств охраны происходит исключительно быстрыми темпами. Это в основном обусловлено интенсивным развитием микроэлектроники, микропроцессорной и вычислительной техники. Несмотря на это, проблема ложных срабатываний охранной сигнализации остается в настоящее время одной из основных причин, снижающих эффективность средств охраны. Цель работы: выявление параметров отпугивающего воздействия на пауков, необходимых для последующего конструирования микроэлектронного устройства, применяемого в охранной сигнализации и системах видеонаблюдения для снижения ложных срабатываний. Научная новизна заключается в использовании низкоамплитудного акустического излучения для отпугивания пауков от пирозлектрических детекторов и камер видеонаблюдения. В настоящее время существует множество методов и средств отпугивания различных видов членистоногих. Недостатком данных методов и средств является высокая амплитуда акустического сигнала, вызывающая некорректную работу охранной сигнализации и систем видеонаблюдения. Также имеется эффект привыкания членистоногих к акустическим сигналам от данных средств. Результаты моделирования органов слуха пауков фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*) и крестовика обыкновенного (лат. *Araneus diadematus*) использованы для: 1) выявления оптимальных форм акустического отпугивающего воздействия; 2) лекционного материала по дисциплине «Пространственно-частотная фильтрация сигналов» для студентов направления «Приборостроение». Создана экспериментальная установка для оценки воздействия акустических сигналов различных форм, частот и амплитуд на пауков данных видов. Результаты исследований на установке используются для конструирования встраиваемого микроэлектронного устройства акустического репеллера, дополняющего электрические схемы существующих средств охранной сигнализации и систем видеонаблюдения.*

Акустический репеллер; детектор пирозлектрический; датчик движения; ложные срабатывания; охранная сигнализация; видеонаблюдение; пауки.

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Грант РФФИ договор №301*213.01-12/2016-46).

I.A. Merkulova, V.S. Kornilov, N.N. Chernov, V.I. Timoshenko

THE USE OF MICROELECTRONIC ACOUSTIC REPELLER TO IMPROVE RELIABILITY OF BURGLARY ALARM AND VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

This paper describes the approach to solving the problem of increasing the reliability of burglary alarm and video surveillance systems by means of adding to them the microelectronic device acoustic repeller with frightening impact on synanthropic kind of harvestmen spider (Pholcus phalangioides) and on garden-spider (Araneus diadematus). The development of security equipment is extremely rapid. This is mainly due to the intensive development of microelectronics, microprocessor and computer technologies. Despite this, the problem of false alarms remains one of the main reasons that reduce the effectiveness of security systems. The purpose of the work: find the parameters of repellent effects on spiders, that necessary for the subsequent design of the microelectronic device used in burglar alarm and video surveillance systems to reduce false alarms. The scientific novelty is in the use low-amplitude acoustic waves to repel spiders from pyroelectric detectors and surveillance video cameras. Currently have many methods and means of scaring various types of arthropods. The disadvantage of these methods and tools is in the high amplitude of the acoustic signals, which causes incorrectly work of security alarm systems and video surveillance systems. Also the effect of habituation for arthropods to acoustic signals from these instruments is possible. The simulation results of the hearing organs of harvestmen spiders (Pholcus phalangioides) and of garden-spiders (Araneus diadematus) used for: 1) identification of optimal forms of acoustic repel effects; 2) lecture materials on the subject of "Spatially frequency signal filtering" for students of the direction of "instrument". The research facility for assessing the impact of acoustic signals of different shapes, frequencies and amplitudes on spiders of these species has been created. The results of research on the research facility are used for the construction of an embedded microelectronic device of acoustic repel, complementing the electrical circuits of existing security alarm systems and video surveillance systems.

Acoustic repeller; pyroelectric detector; motion sensor; false alarms; burglar alarm; video surveillance; spiders.

Введение. Развитие технических средств охраны происходит исключительно быстрыми темпами. Это в основном обусловлено интенсивным развитием микроэлектроники, микропроцессорной и вычислительной техники. Несмотря на это, проблема ложных срабатываний охранной сигнализации остается в настоящее время одной из основных причин, снижающих эффективность средств охраны.

Среди причин ложных срабатываний технических средств охраны нередко случаи движения мелких животных, насекомых и пауков в ближней зоне пассивных оптико-электронных извещателей и детекторов, принцип действия которых основан на эффекте Доплера. Движение мелких животных, насекомых и пауков в ближней зоне может восприниматься извещателями и детекторами, как движение нарушителя [1]. Хотя насекомые и пауки считаются хладнокровными животными с температурой тела равной температуре окружающей среды, двигаясь по линзе извещателя, они экранируют более теплые или холодные участки зоны обнаружения, тем самым вызывая изменение ее тепловой картины [2]. Пауки, плетущие паутину под потолком в углах помещения - местах расположения пироэлектрических детекторов могут вызывать ложные срабатывания.

Отдельной проблемой является наличие пауков в зоне работы видеорегистратора. Паук на паутине перед камерой будет блокировать сектор обзора [3]. Также пауки часто устраивают гнезда прямо на линзе камеры под козырьком.

В настоящее время существуют ультразвуковые устройства для отпугивания пауков [4–6], но нет достоверных данных о возможности их безопасного применения в зоне работы технических средств охраны. Применение встраиваемого микроэлектронного акустического репеллера, совместимого с охранной сигнализацией и системами видеонаблюдения, должно способствовать уменьшению количества ложных срабатываний, тем самым повышая надежность технических средств охраны.

Постановка задачи. Цель работы: выявление параметров отпугивающего воздействия на пауков, необходимых для последующего конструирования микроэлектронного устройства, применяемого в охранной сигнализации и системах видеонаблюдения для снижения ложных срабатываний.

Для достижения поставленной цели на первом этапе работы решаются следующие задачи: исследование органов слуха пауков; создание экспериментальной установки с изменяемыми амплитудно-частотными характеристиками; исследование характеристик акустического воздействия на пауков; проверка соответствия расчетных акустических характеристик модели с практическими результатами, полученными экспериментальным путем.

На втором этапе работы планируется решить задачи: разработка микроэлектронного акустического репеллера; проверка совместимости микроэлектронного акустического репеллера со средствами охранной сигнализации и системами видеонаблюдения; интеграция микроэлектронного акустического репеллера в моноблочном исполнении на плату основного устройства.

В данной статье рассматривается первый этап решения поставленных задач. Для решения данных задач используется метод генерации низкоамплитудного акустического излучения для отпугивания пауков от пироэлектрических детекторов и камер видеонаблюдения с внедрением ряда существующих разработок и с необходимыми дополнениями, подробно изложенными в [7, 8 (с.8)]. Данный метод позволяет улучшить помехозащищенность средств охранной сигнализации и систем видеонаблюдения.

Для реализации предлагаемого метода используется моделирование резонансных характеристик органов слуха паука крестовика обыкновенного (лат. *Araneus diadematus*) и синантропного вида паука-сенокосца фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*) [9].

Данная работа является междисциплинарным исследованием на стыке арахнологии, микроэлектроники и акустики.

Обзор основных материалов по исследуемой тематике. Необходимость снижения количества ложных срабатываний охранных систем, вызванных членистоногими, впервые была изложена в [2]. Было предложено комбинирование датчика движения с емкостным датчиком, что не исключало ложного срабатывания, при неисправности емкостного датчика.

В качестве решения данной проблемы источник [10] предлагает: 1) использование для монтажа корпусов датчиков движения (камер) стойки из каштанового дерева (с отталкивающим для пауков запахом); 2) периодическое распыление инсектицидов вокруг корпусов пироэлектрических детекторов; 3) увеличение количества плановых осмотров извещателей и видеорегистраторов. Однако такие методы, как правило, требуют увеличения финансовых затрат и затрат рабочего времени.

Идея совмещения пироэлектрического детектора (либо видеорегистратора) и акустического репеллера изложена авторами в статье [7]. В данной работе предполагается использование модели трихоботрий и её акустических параметров для выявления оптимального отпугивающего воздействия на пауков.

Из существующих в настоящее время отпугивателей членистоногих можно выделить устройства: с радиоволновым сигналом [4]; с акустическим сигналом резонансного типа [5]; с акустическим линейно-частотно-модулируемым сигналом [5]. Также существуют комбинированные радиочастотные и ультразвуковые репеллеры [6].

Для эффективного воздействия на органы слуха членистоногих необходимо правильно построить их акустическую модель.

Строение органов слуха пауков изложено в [11–15]:

В источнике [11], у американского странствующего паука (лат. *Cupiennius salei*), подробно рассматриваются трихоботрии на конечностях. На ногах взрослой особи имеется от нескольких десятков до тысячи трихоботрий. Длина трихоботрии равна от 100 до 1400 мкм, а диаметр в основании от 5 до 15 мкм. С помощью трихоботрий паук ощущает самые незначительные дуновения воздуха, например, от пролетевшей мухи.

В источнике [12] указано, что из тенетных видов пауков на территории Европейской части России наибольшее распространение получили синантропный вид паука-сенокосца фолькус фаланговидный (лат. *Pholcus phalangioides*) и крестовик обыкновенный (лат. *Araneus diadematus*).

Источник [13] указывает, что вид пауков доломедес (лат. *Dolomedes*) реагирует на волны, расходящиеся на поверхности воды. При продолжительных циклах (свыше 20 колебаний) паук определяет не только направление, но даже расстояние до источника волны. Паук ощущает концентрические волны своими ногами и определяет расстояние до её источника с помощью щелевидных сенсилл.

Источник [14] описывает лировидные органы паука крестовика (лат. *Araneus undatus*). Сенсилла имеет вид узкой щели, длина которой составляет от 8 до 200 мкм, а ширина – от 1 до 2 мкм. Щель снаружи прикрыта тонкой перепонкой. К внутренней стороне перепонки подходит отросток чувствительной клетки.

В источнике [15] изложена работа лировидных органов скорпионов. Для выявления эффективного воздействия акустических сигналов на пауков немаловажную роль играет правильная организация поведенческого эксперимента. Информация по данной теме представлена в источниках [16–18]. Эксперименты по применению акустического воздействия отпугивающего характера описаны в [19].

Экономическая целесообразность разработки микроэлектронного акустического репеллера описана в источниках [8, 20]. По данным источника [20] выпуск опто-электронных извещателей в России составляет около 500 тыс. штук в год.

В источнике [8 (с.34)] указано, что с экономической точки зрения дополнительный модуль должен иметь максимальную стоимость в 10 % от цены устройства для систем безопасности. При внедрении разработки в 5 % датчиков, прибыль составит порядка миллиона рублей ежегодно. Так как аналогов данной разработки не существует, охват рынка и прибыль, за счет инновационности изобретения, в дальнейшем возрастут.

Описание метода. В качестве одной из моделей, для определения акустических резонансных частот микроэлектронного акустического репеллера, использованы трихоботрии фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*). Результаты микроскопического исследования трихоботрий данного вида паука представлены на рис. 1 [8 (с.63, 68)]. При выполнении расчетов, получены следующие акустические характеристики модели:

- ◆ эквивалентная масса модели равна $64,5 \cdot 10^{-12}$ кг;
- ◆ эквивалентная гибкость модели равна 2527 Н/м;
- ◆ резонансная частота модели $9,965 \cdot 10^5$ Гц.

Другой моделью, для определения акустических резонансных частот микроэлектронного акустического репеллера, использованы трихоботрии крестовика обыкновенного (лат. *Araneus diadematus*). Результаты микроскопического исследования данного вида паука [8 (с.60)] представлены на рис. 2. При выполнении расчетов, получены следующие акустические характеристики модели:

- ◆ эквивалентная масса модели равна $228 \cdot 10^{-12}$ кг;
- ◆ эквивалентная гибкость модели равна 8955 Н/м;
- ◆ резонансная частота модели $9,977 \cdot 10^5$ Гц.



Рис. 1. Модель для определения размеров трихоботрии вида паука-сенокосца фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*)

Данные результаты следует рассматривать как верхнюю границу частотного диапазона поиска отпугивающего воздействия на пауков, так как микроэлектронный акустический репеллер должен находиться в ультразвуковом диапазоне частот, чтобы его рабочий диапазон не попадал в диапазон слуха человека.

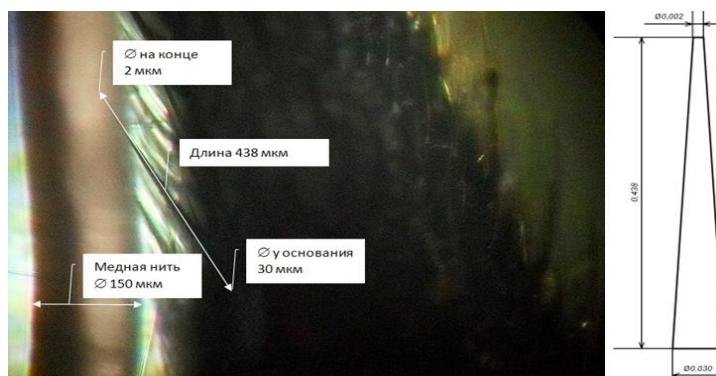


Рис. 2. Модель для определения размеров трихоботрии крестовика обыкновенного (лат. *Araneus diadematus*)

Практическая реализация метода. Для реализации метода генерации низкоамплитудного акустического излучения разработана экспериментальная установка для проверки отпугивающих воздействий на пауков [8 (с.69)].

В закрытую прозрачную тару был помещен биологический объект (особь изучаемого вида паука). Динамик или пьезоэлектрический преобразователь с помощью удлинительного провода установлен от паука на расстоянии от 50 до 100 мм. В емкость с биологическим объектом допускается установка охранного извещателя, либо камеры видеонаблюдения.

При включении генератора наблюдаем за пауком. Если паук не реагировал на колебания, плавно меняем частоту в диапазоне частот, в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой конкретного преобразователя, до возникновения отпугивающего воздействия. В момент, когда паук реагировал на звук и начинал отходить от динамика (пьезопреобразователя) – частота фиксировалась. Далее делался контроль-

ный опыт. Если при повторном включении генератора паук удалялся от преобразователя на фиксированной частоте, значит, эксперимент даёт положительный результат. Данные об изменении в поведении паука также фиксировались.

Результаты исследования. В ходе исследования были проведены эксперименты с пауками фолькусом фаланговидным (лат. *Pholcus phalangioides*) и крестовиком обыкновенным (лат. *Araneus diadematus*).

По результатам исследования получены данные, отражающие влияние низкоамплитудного акустического излучения на поведение, изучаемых видов пауков, в зависимости от частоты сигнала. Данные исследования представлены на рис. 3.

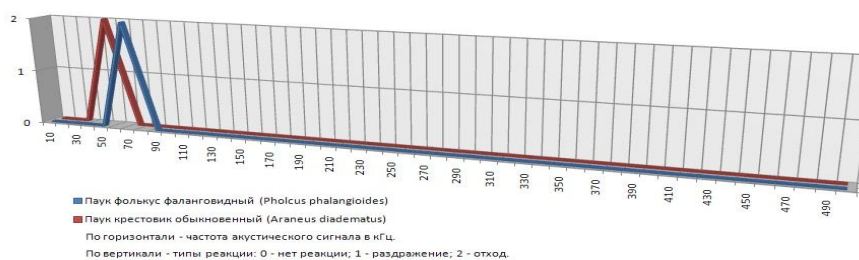


Рис. 3. Влияние низкоамплитудного акустического излучения в зависимости от частоты сигнала на поведение пауков фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*) и крестовика обыкновенного (*Araneus diadematus*)

Непрерывный синусоидальный сигнал в диапазоне частот от 40 до 50 кГц обладает отпугивающим воздействием на изучаемые виды пауков. При этом применение линейно-частотно-модулированного сигнала в ультразвуковом диапазоне частот не дает отпугивающего эффекта на пауков. Полученные экспериментальным путем, результаты расходятся с расчетом резонансной частоты модели, а также данными описанными в источниках [13, 17]. Частотный диапазон от 40 до 50 кГц являются неслышимым для человека, что способствует применению разрабатываемого акустического репеллера в средствах охранной сигнализации и системах видеонаблюдения.

Заключение. В работе был рассмотрен первый этап в решении задачи повышения надежности средств охранной сигнализации и систем видеонаблюдения. Описано строение органов слуха пауков. Представлены сведения о функциональных особенностях органов слуха пауков. Определены средние размеры и акустические резонансные частоты трихоботрий фолькуса фаланговидного (лат. *Pholcus phalangioides*) и крестовика обыкновенного (лат. *Araneus diadematus*). Разработана экспериментальная установка для оценки воздействия акустических сигналов различных форм, частот и амплитуд на пауков данных видов. Проведены эксперименты, изучающие изменение поведения пауков в зависимости от воздействия на их органы слуха акустического излучения разных форм, амплитуд и частот. Выявлен диапазон частот, обладающий отпугивающим воздействием на изучаемые виды пауков. Предложенный метод является новым междисциплинарным направлением на стыке арахнологии, микроэлектроники и акустики. Важность работы заключается в том, что данный метод является эффективным и целесообразным для применения в средствах охранной сигнализации и системах видеонаблюдения для снижения ложных срабатываний для повышения их надежности. Полученные результаты исследований на экспериментальной установке планируется использовать для разработки микроэлектронного устройства акустического репеллера, дополняющего электрические схемы существующих средств охранных сигнализаций и систем видеонаблюдения для снижения ложных срабатываний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будзинский Н.В. Ложные срабатывания технических средств охранной сигнализации и методы борьбы с ними /Рекомендации Главного Управления Вневедомственной Охраны МВД РФ Р 78.36.013-2002, НИЦ "Охрана" ГУВО МВД России. – <http://tvguard.ru/files/rd/31%20r%2078.36.013-2002.pdf> (дата обращения 10.05.18).
2. Возможные источники тревожных сообщений и причины, приводящие к их формированию. – https://www.aktivsb.ru/statii/vozmozhnye_istochniki_trevozhnykh_soobshcheniy.html (дата обращения 10.05.18).
3. Как сделать простой дачный видеорегистратор своими руками. – <http://sekret-mastera.ru/bez-rubriki/dachnyj-videregistrators.html> (дата обращения 10.05.18).
4. Ультразвуковой отпугиватель грызунов и насекомых WK-0523. – www.otpugivately.ru/wk-0523e.php (дата обращения 10.05.18).
5. Электронный отпугиватель. – <http://www.remiling.ru/model.php?id=43> (дата обращения 10.05.18).
6. PEST REJECT – отпугиватель комаров, тараканов, насекомых. – <http://vcene.net.ua/p33927960-pest-reject-otpugivatel.html> (дата обращения 10.05.18).
7. Корнилов В.С., Чернов Н.Н., Сидельник Э.А. About the prospects of a supplement security systems acoustic repeller spiders // «Взаимодействие языков и культур в современном мире»: Сб. материалов Международной студенческой научно-практической конференции. 8 апреля 2015 г. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – 873 с.
8. Корнилов В.С. Исследование и разработка системы для акустического репеллента членистоногих: дисс. ... магистра техники и технологии. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 93 с.
9. Строение и биология пауков. – <http://ispiders.ru/articles/71-stroenie-i-biologiya-paukov.html> (дата обращения 10.05.18).
10. Кашкаров А.П., Бутов А.Л. Датчик движения для охранных систем. Радиолобителям схемы. – М., 2008. – <http://radiostorage.net/?area=news/1178> (дата обращения 10.05.18).
11. Михайлов К.Г. Пауки: морфология, анатомия, биология. Общая арахнология. Краткий курс. Ч. 2. – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2012. – <https://search.rsl.ru/record/01007848235> (дата обращения 10.05.18).
12. Паук крестовик (Araneus). Простая фауна.ru. Все о домашних и диких животных. – <http://simple-fauna.ru/spiders/pauk-krestovik/> (дата обращения 19.06.18).
13. Паук-серебрянка // Журнал о животных. – <http://animalregister.net/p/pauk-serebryanka.html> (дата обращения 19.06.18).
14. Языкова И.М., Артохин К.С. Зоология беспозвоночных. – http://sfedu.ru/www/umr_main.umr_download?p_umr_id=113929 (дата обращения 10.05.18).
15. Функции механорецепторов. В мире науки. – <http://sputnik.mto.ru/v-mire-nauki/funkcii-mexanorecep-torov.html> (дата обращения 10.05.18).
16. ReiBland A., Habigsberg A., Ethology of the orientation to airborne sound in funnel-web spiders (Agelenidae, Araneae) // Proceedings of the Ninth International Congress of Arachnology, Smithsonian Institution Press, Washington & London, Panama 1983. – P. 233-239. – <http://agelenidsoftheworld.myspecies.info/content/ethology-orientation-airborne-sound-funnel-web-spiders-agelenidae-araneae> (дата обращения 12.05.18).
17. Barth F.G. Neurology of arachnids. – Springer Science & Business Media, 2013. – 388 p. – <https://books.google.ru/books?id=9TDvCAAQBAJ&hl=ru> (дата обращения 12.05.18);
18. Hergenröder R., Barth F.G. The release of attack and escape behavior by vibratory stimuli in a wandering spider (Cupiennim salei keys) // Journal of Comparative Physiology. – September 1983. – Vol. 152 (3). – P. 347-359. – <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00606240> (дата обращения 12.05.18).
19. Klärner D., Barth F.G. Vibratory signals and prey capture in orb-weaving spiders (Zygiella x-notata, Nephilaclavipes; Araneidae) // Journal of comparative physiology. – December 1982. – Vol. 148 (4). – P. 445-455. – <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00619783> (дата обращения 12.05.18).
20. Антипов О., Акимов Е., Павлов С., Чистяков М., Виленский П. Пожарная и охранно-пожарная сигнализация российского производства. Новшества, перспективы, предпочтения покупателей // Системы безопасности. – 2015. – № 3. – С. 106-114. – <http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/pozharnaya-i-ohranno-pozharnaya-signalizatsiya-rossiyskogo-proizvodstvayu-novshestva-perspektivy-predpochteniya-pokupateley#sthash.bi1bwhqs.dpuf> (дата обращения 12.05.18).

REFERENCES

1. *Budzinskiy N.V.* Lozhnye srbatyvaniya tekhnicheskikh sredstv okhrannoy signalizatsii i metody bor'by s nimi [False positives technical means of security alarm and methods of dealing with them], *Rekomendatsii Glavnogo Upravleniya Vnevedomstvennoy Okhrany MVD RF R 78.36.013-2002, NITs "Okhrana" GUVO MVD Rossii* [The recommendations of the Chief of management of Private Security of the interior Ministry R 78.36.013-2002, SIC "Protection" guvo the Ministry of internal Affairs of Russia]. Available at: <http://tvguard.ru/files/rd/31%20r%2078.36.013-2002.pdf> (accessed 10 May 18).
2. *Vozmozhnye istochniki trevozhnykh soobshcheniy i prichiny, privodyashchie k ikh formirovaniyu* [Possible sources of alarm messages and the reasons leading to their formation]. Available at: https://www.aktivsb.ru/statii/vozmozhnye_istochniki_trevozhnykh_soobshcheniy.html (accessed 10 May 18).
3. *Kak sdelat' prostoy dachnyy videregistrator svoimi rukami* [How to make a simple country video recorder with their hands]. Available at: <http://sekret-mastera.ru/bez-rubriki/dachnyj-videregistrator.html> (accessed 10 May 18).
4. *Ul'trazvukovoy otpugivatel' gryzunov i nasekomykh WK-0523* [Ultrasonic repeller of rodents and insects WK-0523]. Available at: www.otpugivately.ru/wk-0523e.php (accessed 10 May 18).
5. *Elektronnyy otpugivatel'* [Electronic repeller]. Available at: <http://www.remiling.ru/model.php?id=43> (accessed 10 May 18).
6. *PEST REJECT - otpugivatel' komarov, tarakanov, nasekomykh* [PEST REJECT - repeller of mosquitoes, cockroaches, insects]. Available at: <http://vcene.net.ua/p33927960-pest-reject-otpugivatel.html> (accessed 10 May 18).
7. *Kornilov V.S., Chernov N.N., Sidel'nik E.A.* About the prospects of a supplement security systems acoustic repeller spiders [About the prospects of a supplement security systems acoustic repeller spiders], *«Vzaimodeystvie yazykov i kul'tur v sovremennom mire»: Sb. materialov Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 8 aprelya 2015 g.* ["Interaction of languages and cultures in the modern world": Collection of materials of the International student scientific-practical conference. 8 April 2015]. Taganrog: Izd-vo YuFU, 2015, 873 p.
8. *Kornilov V.S.* Issledovanie i razrabotka sistemy dlya akusticheskogo repellenga chlenistonogikh: diss. ... magistra tekhniki i tekhnologii [Research and development of a system for acoustic repellent of arthropods: master of engineering and technology diss.]. Taganrog: Izd-vo YuFU, 2016, 93 p.
9. *Stroenie i biologiya paukov* [Structure and biology of spiders]. Available at: <http://ispiders.ru/articles/71-stroenie-i-biologiya-paukov.html> (accessed 10 May 18).
10. *Kashkarov A.P., Butov A.L.* Datchik dvizheniya dlya okhrannykh sistem. Radiolyubatelyam skhemy [Motion sensor for security systems. Amateur radio circuits]. Moscow, 2008. Available at: <http://radiostorage.net/?area=news/1178> (accessed 10 May 18).
11. *Mikhaylov K.G.* Pauki: morfologiya, anatomiya, biologiya. Obshchaya arakhnologiya. Kratkiy kurs [Spiders: morphology, anatomy, biology. General arachnology. Short course]. Part 2. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 2012. Available at: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007848235> (accessed 10 May 18).
12. *Pauk krestovik (Araneus)*. Prostaya fauna.ru. Vse o domashnikh i dikikh zhivotnykh [Spider cross (Agapes). Simple fawney. All about domestic and wild animals]. Available at: <http://simple-fauna.ru/spiders/pauk-krestovik/> (accessed 19 June 18).
13. *Pauk-serebryanka* [Spider-silvermist], *Zhurnal o zhivotnykh* [Journal of animals]. Available at: <http://animalregister.net/p/pauk-serebryanka.html> (accessed 19 June 18).
14. *Yazykova I.M., Artokhin K.S.* Zoologiya bespozvonochnykh [Invertebrate zoology]. Available at: http://sfedu.ru/www/umr_main.umd_download?p_umr_id=113929 (accessed 10 May 18).
15. *Funktsii mekhanoretseptorov. V mire nauki* [Functions of mechanoreceptors. In the world of science]. Available at: <http://sputnik.mto.ru/v-mire-nauki/funkcii-mexanorecep-torov.html> (accessed 10 May 18).
16. *ReiBland A., Habigsberg A.*, Ethology of the orientation to airborne sound in funnel-web spiders (Agelenidae, Araneae), *Proceedings of the Ninth International Congress of Arachnology, Smithsonian Institution Press, Washington & London, Panama 1983*, P. 233-239. Available at: <http://agelenidsoftheworld.myspecies.info/content/ethology-orientation-airborne-sound-funnel-web-spiders-agelenidae-araneae> (accessed 12 May 18).

17. *Barth F.G.* Neurology of arachnids. Springer Science & Business Media, 2013, 388 p. Available at: <https://books.google.ru/books?id=9TDvCAAAQBAJ&hl=ru> (accessed 12 May 18).
18. *Hergenröder R., Barth F.G.* The release of attack and escape behavior by vibratory stimuli in a wandering spider (*Cupiennim salei* keys), *Journal of Comparative Physiology*, September 1983, Vol. 152 (3), pp. 347-359. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00606240> (accessed 12 May 18).
19. *Klärner D., Barth F.G.* Vibratory signals and prey capture in orb-weaving spiders (*Zygiella x-notata*, Nephilaclavipes; Araneidae), *Journal of comparative physiology* December 19826 Vol. 148 (4), pp. 445-455. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00619783> (accessed 12 May 18).
20. *Antipov O., Akimov E., Pavlov S., Chistyakov M., Vilenskiy P.* Pozharnaya i okhranno-pozharnaya signalizatsiya rossiyskogo proizvodstva. Novshestva, perspektivy, predpochteniya pokupateley [Fire and security and fire alarm system of the Russian production. Innovations, prospects, preferences of buyers], *Sistemy bezopasnosti* [Security system], 2015, No. 3, pp. 106-114. Available at: <http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/pozharnaya-i-okhranno-pozharnaya-signalizatsiya-rossiyskogo-proizvodstvayu-novshestva-perspektivy-predpochteniya-pokupateley#sthash.bi1bwhqs.dpuf> (accessed 12 May 18).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор О.А. Агеев.

Меркулова Ирина Алексеевна – Южный федеральный университет; e-mail: merkulova_ia@bk.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2; тел.: 88634371767; кафедра ЭГА и МТ; аспирант.

Чернов Николай Николаевич – e-mail: nik-chernov@yandex.ru; кафедра ЭГАиМТ; профессор.

Тимошенко Владимир Иванович – e-mail: tivliv@sfedu.ru; кафедра ЭГАиМТ; профессор.

Корнилов Василий Сергеевич – e-mail: koresh-jr@yandex.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; кафедра САПР; аспирант.

Merkulova Irina Alekseevna – Southern Federal University; e-mail: merkulova_ia@bk.ru; 2, Shevchenko street, Taganrog, 347928, Russia; the department of electrohydroacoustics and medical engineering; postgraduate student.

Chernov Nikolay Nikolaevich – e-mail: nik-chernov@yandex.ru; the department of electrohydroacoustics and medical engineering; professor.

Timoshenko Vladimir Ivanovich – e-mail: tivliv@sfedu.ru; the department of electrohydroacoustics and medical engineering; professor.

Kornilov Vasily Sergeevich – e-mail: koresh-jr@yandex.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; the department of computer aided design; postgraduate student.