

А. Ю. ЛАВРИНЕНКО, Ю. А. КОЧЕРГИН, Г. Ф. КОНАХОВИЧ

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

СИСТЕМА ЗАЩИЩЕННОГО ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

В статье предложена и исследована система защищённого голосового радиоуправления функциями беспилотного летательного аппарата, которая основана на впервые разработанном методе защищённой передачи голосовых команд радиоуправления и идее голосовой аутентификации легальных субъектов управления, где для передачи информации управления используется исключительно речевой канал радиосвязи, тем самым позволяя внедрить разработанную систему в существующие системы речевой радиосвязи, где на передающей стороне находится субъект управления, а в качестве приёмника беспилотный летательный аппарат, который исполняет произнесённые голосовые команды. Предложенная идея позволяет существенно усложнить борьбу злоумышленников с данного рода системами, так как частоты на которых работает речевая мобильная радиосвязь находятся в общем пользовании, а значит борьба с такого вида системами приведёт к выходу из строя общественной речевой мобильной радиосвязи. Система защищённого голосового управления беспилотным летательным аппаратом позволяет обеспечить достаточную секретность переданных голосовых команд от перехвата информации с целью незаконного завладения или уничтожения беспилотного летательного аппарата на протяжении всего полёта. Впервые разработан и исследован метод голосовой аутентификации легальных субъектов управления, в основе которого лежит идея последовательной подмены параметров аутентификации субъекта управления каждой последующей голосовой командой на параметры аутентификации из базы данных, последовательность которой заранее сформирована перед полётом псевдослучайным образом и синхронизирована. Обоснована и экспериментально доказана целесообразность использования представленной системы защищённого голосового радиоуправления функциями беспилотного летательного аппарата. Осуществлена оценка результатов автоматического распознавания голосовых команд управления, используя классификатор, построенный по критерию минимального расстояния, где решение о положительной идентификации голосовых команд принимается по критерию минимальной дисперсии в заданном пороге допустимого распознавания. Полученные результаты экспериментального исследования позволяют сделать вывод о целесообразности дальнейшего практического применения представленной системы защищённого голосового радиоуправления функциями беспилотного летательного аппарата.

Ключевые слова: речевые сигналы, голосовые команды управления, распознавания голосовых команд, голосовая аутентификация, семантическая идентификация, защищённая передача голосовых команд, система защищённого голосового управления, беспилотный летательный аппарат.

Введение

В настоящее время наблюдается активное развитие оборонного производства Украины, одна из основных и главных задач которого, внедрение кардинально новых высокотехнологических средств в области военной связи, а именно, разработка системы защищённого голосового радиоуправления функциями беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для решения поставленных задач в военно-разведывательных целях.

1. Анализ существующих исследований и публикаций

В научном сообществе существуют известные исследования, проведенные за последние годы в области обработки, анализа, синтеза речевых сигнала-

лов, распознавания речи и голосового управления, результаты которых рассмотрены и проанализированы в представленных публикациях [1-5].

Одним из методов, которым попытались решить поставленную задачу данной статьи является разработанная система автоматического распознавания речи для голосовой активации наземной станции управления, которая позволяет эффективно распознавать речь. Система автоматического распознавания речи реализуется на основе скрытых Марковских моделей (СММ), которые выступают в роли классификатора распознавания речи. Экспериментальные исследования показали, что главные свойства СММ, существенно позволяют увеличить эффективность распознавания речи [1].

Предложенная авторами следующая система голосового управления, основанная на методах кепстрального анализа и линейного предсказания, ис-

пользуемых для извлечения признаков распознавания, где в качестве классификатора используются нейронные сети. Проведенные эксперименты показывают, что этот метод достаточно сложный в реализации, но в тоже время очень эффективный [2].

Следующие авторы представили статью, где разработана система дистанционного защищённого голосового управления. Это система, может контролировать любой процесс из любой точки мира с помощью произнесения соответствующих команд в мобильный телефон. Система проводит голосовую аутентификацию для предоставления доступа к управлению объектом, проговаривая соответствующие предварительно определённые команды (например, запуск и остановка двигателя). В качестве классификатора в данной системе дистанционного защищённого голосового управления используются модели гауссовых смесей. Система осуществляет распознавание голосовых команд и аутентификацию в режиме реального времени. Результаты проведенных экспериментов показывают, что работоспособность системы устойчива и эффективна [3].

В очередной статье предпринята попытка повысить эффективность распознавания речи, тем самым была разработана система голосового управления для робототехнических систем, которая может распознавать голос субъекта управления в достаточно шумной обстановке. Результаты исследования показали, что система голосового управления для робототехнических систем даёт довольно высокие показатели качества распознавания речи, где в качестве классификатора использовалось векторное квантование [4].

Подробно рассмотрена ещё одна статья, где предложено использовать реализацию интеллектуальной системы управления доступом на основе распознавания голоса субъекта управления, которая позволяет добиться неплохих результатов в улучшении степени распознавания речи, при сохранении достаточного быстродействия. В качестве классификатора в системе управления доступом на основе распознавания голоса субъекта управления используется метод нейронных сетей. Представленная авторами система управления доступом на основе распознавания голоса субъекта управления состоит из голосового модуля обучения, модуля распознавания голоса, модуля обработки голосовых данных, модуля голосового воспроизведения. Результаты проведенных экспериментальных исследований показывают, что работоспособность системы достаточно устойчива и эффективна [5].

Предлагаемые в указанных источниках решения эффективного распознавания речевых сигналов, довольно хорошо справляются с положенной на них

задачей, а именно, качественное распознавание речи, в арсенале которых применяются различные классификаторы распознавания: скрытые Марковские модели, нейронные сети, модели гауссовых смесей, векторное квантование и др. Авторы данной статьи не пытаются конкурировать с известными системами распознавания речи, а предлагают своё решение в задачах защищённой передачи голосовых команд управления на основе индивидуальных характеристик речи. Как правило, исследованные выше методы не решают задачи по защите передаваемой информации управления на борт БПЛА, а если и решают, то используются различные криптографические методы, которые выходят за рамки обработки, анализа, синтеза речевых сигналов, распознавания речи и голосового управления и не имеют ничего общего с разработанным авторами методом защищённой передачи голосовых команд радиоуправления БПЛА, в основу которого, положена идея голосовой аутентификации легальных субъектов управления, посредством подмены индивидуальных характеристик голоса каждой последующей команды.

2. Постановка проблемы

В процессе разработки системы радиоуправления функциями БПЛА возникло большое множество важных научно-исследовательских задач, в частности, одной из главных и ключевых задач, является реализация защищённого радиоуправления функциями БПЛА посредством речевых команд. При рассмотрении данной задачи возникает главная проблема, связанная с внедрением разработанного авторами метода защищённой передачи голосовых команд радиоуправления, который основан на идее голосовой аутентификации легальных субъектов управления.

Основные уникальные технические и функциональные особенности разработанной системы защищённого голосового радиоуправления функциями БПЛА.

1. Впервые предложен разработанный метод защищённой передачи голосовых команд радиоуправления, в основе которого лежит, идея голосовой аутентификации легальных субъектов управления, где в существующий речевой радиоканал связи передаются и обрабатываются приёмником исключительно потоки данных голосовых команд радиоуправления (речевые сигналы).

2. Впервые разработан и исследован метод голосовой аутентификации легальных субъектов управления, в основе которого лежит идея последовательной подмены индивидуальных характеристик голоса (параметров аутентификации) субъекта

управления каждой последующей голосовой командой на индивидуальные характеристики голосов (параметров аутентификации) из базы данных (БД), последовательность которой заранее сформирована перед полётом БПЛА псевдослучайным образом и синхронизирована с БД индивидуальных характеристик голосов (параметров аутентификации) легальных субъектов управления на приёмной стороне системы голосового радиопреуправления функциями БПЛА.

3. Впервые предложен разработанный авторами метод защищённой передачи голосовых команд радиопреуправления, в основу которого, положена идея голосовой аутентификации легальных субъектов управления в качестве основного метода для разработки системы защищённого голосового радиопреуправления функциями БПЛА.

3. Система защищённого голосового управления БПЛА

В работе приводится разработанная система защищённого голосового радиопреуправления функциями БПЛА (рис. 1). Система защищённого голосового радиопреуправления функциями БПЛА функционирует следующим образом. Субъект управления произносит команду управления, которая поступает к микрофону для преобразования голосовой команды в электрический сигнал, который в дальнейшем поступает на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий речевой сигнал в цифровую форму.

На вход модуля анализа голосовых команд подаётся речевой сигнал частотный диапазон, которого весьма ограничен и располагается в интервале от 300 до 4000 Гц. Из данного факта следует, что путём моделирования полосового фильтра можно отбросить частотные составляющие, которые находятся за пределами этого диапазона и соответственно, не несут смысловой нагрузки. Сложившийся подход к процедуре обработки речевых сигналов состоит в использовании кратковременного анализа. То есть, сигнал разбивается на временные окна фиксированного размера, на которых параметры сигнала не меняются. Для речевого сигнала размер окна обычно выбирается в пределах 10-30 мс. Для более точного представления сигнала между окнами делают перекрытие, равное половине длины окна [6].

Выделение наилучших параметрических характеристик речевых сигналов является важной задачей при разработке любого метода распознавания речи. Оно существенно влияет на качество распознавания.

На следующем этапе параллельно выделяются набор семантических параметров и набор параметров аутентификации произнесённой голосовой ко-

манды с помощью модуля выделения семантических параметров и модуля выделения параметров аутентификации. Выделенный набор семантических параметров произнесённой голосовой команды поступает в модуль подмены семантических параметров, а выделенный набор параметров аутентификации произнесённой голосовой команды поступает в модуль подмены параметров аутентификации. Модуль подмены семантических параметров и модуль подмены параметров аутентификации функционируют в системе защищённого голосового радиопреуправления функциями БПЛА параллельно.

Модуль подмены семантических параметров последовательно сравнивает выделенный набор семантических параметров произнесённой голосовой команды со всеми наборами семантических параметров из базы данных (БД) семантических параметров словаря голосовых команд, в результате чего формируются значения параметров критерия сходства, которые соответствуют каждому набору семантических параметров словаря голосовых команд. В зависимости от результата сравнения модуль подмены семантических параметров выделяет наиболее близкий параметр критерия сходства в предельном пороге, который соответствует набору семантических параметров произнесённой голосовой команды и подменяет их на семантические параметры из БД семантических параметров. Если при сравнении наиболее близкий параметр критерия сходства находится не в предельном пороге, то такая команда не входит в перечень словаря голосовых команд, либо голосовая команда искажена до неузнаваемости, а значит, она не будет выполняться.

Модуль подмены параметров аутентификации подменяет выделенный набор параметров аутентификации произнесённой голосовой команды на случайный набор параметров аутентификации из заранее отсортированной псевдослучайным образом БД параметров аутентификации, где порядковый номер набора параметров аутентификации в БД задаётся счётчиком голосовых команд. Счётчик голосовых команд последовательно считает все команды, произнесённые субъектом управления в данной сессии полёта БПЛА и выдаёт порядковый номер определённого набора параметров аутентификации в БД для их последующей подмены.

На следующем этапе, после ранее проведенной процедуры подмены, семантические параметры и параметры аутентификации поступают на модуль синтеза голосовых команд, где синтезируется голосовая команда с оригинальным смысловым содержанием, но с выбранными псевдослучайным образом параметрами аутентификации и передаётся встроенным радиопередатчиком на борт БПЛА по существующему речевому радиоканалу связи [7].

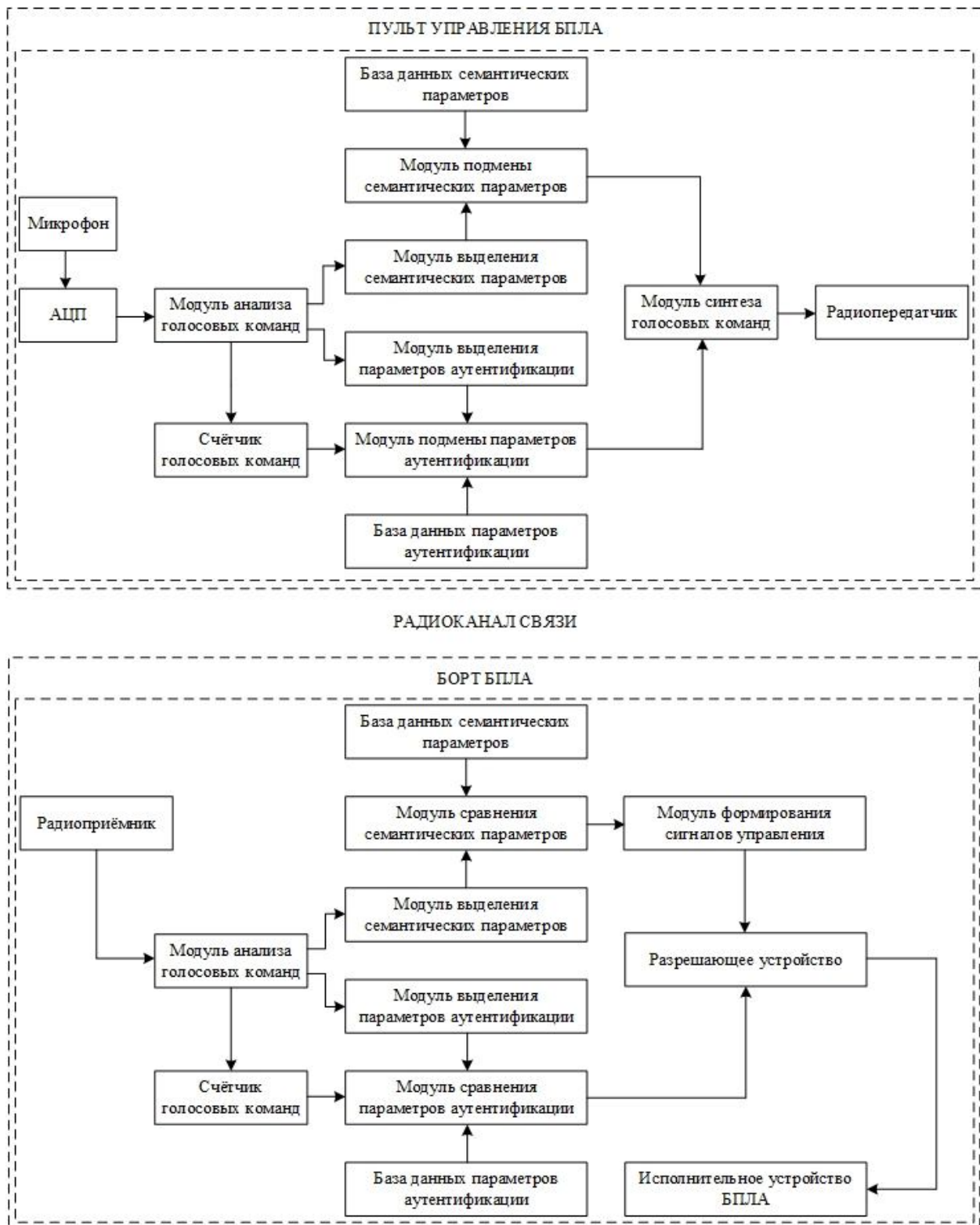


Рис. 1. Система защищённого голосового радиоуправления функциями БПЛА

Таким образом, каждая последующая голосовая команда субъекта управления будет передаваться на борт БПЛА с разными параметрами аутентификации, а семантические параметры будут соответствовать смыслу произнесённой команды. То есть, на выходе мы получаем, тот же самый смысл ска-

занного, что произносил субъект управления БПЛА, но с другим произносящим голосом этой команды и к тому же, голос меняется с каждой последующей командой на протяжении всей сессии полёта БПЛА, что и обеспечивает защищённое голосовое радиоуправления функциями БПЛА [8].

На приёмной стороне канала связи, радиоприёмник, находящийся на борту БПЛА принимает переданный радиопередатчиком речевой сигнал голосовой команды управления, который поступает на вход модуля анализа голосовых команд с аналогичными параметрами частотного диапазона, как и в случае отправленной голосовой команды.

На следующем этапе параллельно выделяются набор семантических параметров и набор параметров аутентификации принятой голосовой команды с помощью модуля выделения семантических параметров и модуля выделения параметров аутентификации соответственно.

Выделенный набор семантических параметров принятой голосовой команды поступает на модуль сравнения семантических параметров, а выделенный набор параметров аутентификации принятой голосовой команды поступает на модуль сравнения параметров аутентификации. Модуль сравнения семантических параметров и модуль сравнения параметров аутентификации функционируют в разработанной системе защищённого голосового радиопередачи функциями БПЛА параллельно [9].

Модуль сравнения семантических параметров последовательно сравнивает выделенный набор семантических параметров принятой голосовой команды со всеми наборами семантических параметров из БД семантических параметров словаря голосовых команд, в результате чего формируются значения параметров критерия сходства, которые соответствуют каждому набору семантических параметров словаря голосовых команд. По полученным результатам модуль сравнения семантических параметров выделяет наиболее близкий параметр критерия сходства в предельном пороге, который соответствует набору семантических параметров принятой голосовой команды и проводит идентификацию произнесённой голосовой команды субъекта управления. Если при сравнении наиболее близкий параметр критерия сходства находится не в предельном пороге, то такая команда не входит в перечень словаря голосовых команд, либо голосовая команда искажена до неузнаваемости, а значит, она не пройдёт семантическую идентификацию и не будет выполняться исполнительным устройством БПЛА.

Модуль сравнения параметров аутентификации последовательно сравнивает выделенный набор параметров аутентификации принятой голосовой команды со всеми наборами параметров аутентификации из БД параметров аутентификации, в результате чего формируются значения параметров критерия сходства, которые соответствуют каждому набору параметров аутентификации в БД. В зависимости от результата сравнения модуль сравнения параметров аутентификации выделяет наиболее близкий пара-

метр критерия сходства в предельном пороге, который соответствует набору параметров аутентификации принятой голосовой команды и сравнивает номер текущей принятой голосовой команды выданного счётчиком голосовых команд с порядковым номером выбранного набора параметров аутентификации в БД. Согласно результату сравнения, интегрированное решающее устройство позволяет (в случае положительного результата сравнения) или запрещает (в случае отрицательного результата сравнения) подавать сформированный сигнал управления функциями и режимами работы БПЛА на исполнительное устройство БПЛА. То есть, положительный результат сравнения наступит только в том случае, если сравниваемый набор параметров аутентификации принятой голосовой команды совпадает по заданному критерию с одним из наборов параметров аутентификации, которые находятся в БД параметров аутентификации, а номер текущей принятой голосовой команды соответствует порядковому номеру набора параметров аутентификации выбранного в БД при сравнении [10].

И так, определённый идентификатор произнесённой голосовой команды поступает в блок формирования сигналов управления, который формирует соответствующий сигнал управления функциями и режимами работы БПЛА, что подаётся на исполнительное устройство БПЛА только при условии голосовой аутентификации субъекта управления.

4. Результаты исследований

В статье подробно изложены полученные результаты предварительных экспериментальных исследований, на основе которых сделаны выводы о целесообразности дальнейшего научного и практического применения системы защищённого голосового радиопередачи функциями БПЛА. Научно-экспериментальные исследования системы защищённого голосового радиопередачи функциями БПЛА изложенные ниже (табл. 1), были проведены с учётом критерия минимального расстояния, в качестве которого выступает дисперсия. Решение о положительной идентификации голосовых команд принимается по критерию минимальной дисперсии D_{\min} в заданном пороге допустимого распознавания $\Theta = 1 - \Delta = 0,10$, где $\Delta = 0,90$.

В эксперименте (см. табл. 1) были проведены сравнения голосовых команд субъекта обучения: «вверх», «вниз», «вправо», «влево», которые сохранены на уровне обучения в базу эталонных голосовых образов с голосовыми командами субъекта управления №1, №2, №3, №4 в режиме тестирования системы.

Таблица 1

Результаты тестирования системы защищённого голосового радиуправления функциями БПЛА

Сигнал управления	ИН	Обучение	Тестирование			
		Субъект обучения	Субъект управления №1	Субъект управления №2	Субъект управления №3	Субъект управления №4
		Голосовые команды управления	«Вверх»	«Вниз»	«Вправо»	«Влево»
10000000	1	«Вверх»	0,0479	0,5936	0,3952	0,2921
01000000	2	«Вниз»	0,4631	0,0571	1,1325	0,6478
11000000	3	«Вправо»	0,3012	0,4484	0,0762	0,3518
00100000	4	«Влево»	0,1923	0,2673	0,4265	0,0634

Из полученных результатов (см. табл. 1) видно, что голосовые команды субъектов управления №1, №2, №3, №4 соответствуют критерию минимальной дисперсии D_{\min} в заданном пороге допустимого распознавания $\Theta = 0,10$: «вверх» – $D_{\min} = 0,0479$, «вниз» – $D_{\min} = 0,0571$, «вправо» – $D_{\min} = 0,0762$, «влево» – $D_{\min} = 0,0634$, исходя из этого, принимается решение о положительной идентификации произнесённых голосовых команд и присваивается определённый идентификационный номер (ИН), который соответствует сигналу управления. В других случаях (см. табл. 1) наглядно видно, что значения D_{\min} не соответствуют выбранному критерию, а значит, произнесённые голосовые команды не выполняются исполнительным устройством БПЛА.

Выводы

В данной статье представлена разработанная система защищённого голосового радиуправления функциями БПЛА, которая основана на впервые разработанном методе защищённой передачи голосовых команд радиуправления и идее голосовой аутентификации легальных субъектов управления, где для передачи информации управления используется исключительно речевой канал радиосвязи, тем самым позволяя внедрить разработанную систему в существующие системы речевой радиосвязи, где на передающей стороне находится субъект управления, а в качестве приёмника БПЛА, который исполняет произнесённые голосовые команды. Предложенная идея позволяет существенно усложнить борьбу с данного рода системами, так как частоты на которых работает речевая мобильная радиосвязь находятся в общем пользовании, а значит борьба с такого вида системами приведёт к выходу из строя общественной речевой мобильной радиосвязи. Ещё одно не мало важное преимущество заключается в том, что для данной системы не требуется физической модернизации существующий радиоканалов речевой связи и вспомогательного оборудования,

все что нужно это встроить программный модуль в существующие системы речевой связи. В статье подробно изложены полученные результаты предварительных экспериментальных исследований, на основе которых сделаны выводы о целесообразности дальнейшего научного и практического применения разработанной системы защищённого голосового радиуправления функциями БПЛА, а также, обоснование научной значимости исследования. Осуществлено сравнительная оценка рассчитанных значений, полученных по выбранному критерию минимального расстояния, который выступает главным показателем критерия качества распознавания голосовых команд. В эксперименте (см. табл. 1) были проведены сравнения голосовых команд субъекта обучения: «вверх», «вниз», «вправо», «влево», которые сохранены на уровне обучения в базу эталонных голосовых образов с голосовыми командами субъектов управления №1, №2, №3, №4 в режиме тестирования системы. Из полученных результатов (см. табл. 1) видно, что голосовые команды субъекта управления №1, №2, №3, №4 соответствуют критерию минимальной дисперсии D_{\min} в заданном пороге допустимого распознавания $\Theta = 0,10$: «вверх» – $D_{\min} = 0,0479$, «вниз» – $D_{\min} = 0,0571$, «вправо» – $D_{\min} = 0,0762$, «влево» – $D_{\min} = 0,0634$, исходя из этого, принимается решение о положительной идентификации произнесённых голосовых команд.

Литература

1. Sung-Won, J. *A study on robust control of mobile robot by voice command [Text]* / J. Sung-Won, S. Ki-Won, P. Moon-Youl // *Automation and Systems, IEEE International Conference.* – 2014. – P. 657–659.
2. Bo, C. *Design and realization of an intelligent access control system based on voice recognition [Text]* / C. Bo, X. Tongze // *Communication, control and Management, IEEE International Conference.* – 2009. – P. 229–232.
3. Subudhi, B. D. *Embedded design of a remote voice control and security system [Text]* /

B. D. Subudhi, A. K. Patra, N. Bhattacharya // *Region 10, IEEE International Conference*. – 2008. – P. 1–6.

4. Yogeshwaran, S. Real time voice identification based gear control system in LMV using MFCC [Text] / S. Yogeshwaran, S. Venkatesh // *Soft-Computing and Networks Security, IEEE International Conference*. – 2015. – P. 1–7.

5. Kavitha, S. Development of automatic speech recognition system for voice activated Ground Control system [Text] / S. Kavitha, S. Veena, R. Kumaraswamy // *Communications and Computing Technology, IEEE International Conference*. – 2015. – P. 1–5.

6. Voice control system with advanced recognition [Text] / M. Stefanovic, N. Cetic, M. Kovacevic, J. Kovacevic, M. Jankovic // *Telecommunications Forum, IEEE 20th International Conference*. – 2012. – P. 1601–1604.

7. Huang, R. Design of the control system for hybrid driving two-arm robot based on voice recognition [Text] / R. Huang, G. Shi // *Industrial Informatics, IEEE 10th International Conference*. – 2012. – P. 602–605.

8. Zhizeng, L. Speech recognition and its application in voice-based robot control system [Text] / L. Zhizeng, Z. Jingbing // *Intelligent Mechatronics and Automation, IEEE International Conference*. – 2004. – P. 960–963.

9. Алгоритм сжатия сигналов речевых команд управления функциями беспилотного летательного аппарата [Текст] / А. Ю. Лавриненко, Г. Ф. Коначович, Р. С. Одарченко, Д. И. Бахтияров // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2016. – № 3. – С. 57–67.

10. Lavrynenko, O. Method of Voice Control Functions of the UAV [Text] / O. Lavrynenko, G. Konakhovych, D. Bakhtiarov // *Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), IEEE 4th International Conference*. – 2016. – P. 47–50.

mand. *Automation and Systems, IEEE International Conference*, 2014, pp. 657–659.

2. Bo, C., Tongze, X. Design and realization of an intelligent access control system based on voice recognition. *Communication, control and Management, IEEE International Conference*, 2009, pp. 229–232.

3. Subudhi, B. D., Patra, A. K., Bhattacharya, N. Embedded design of a remote voice control and security system. *Region 10, IEEE International Conference*, 2008, pp. 1–6.

4. Yogeshwaran, S., Venkatesh, S. Real time voice identification based gear control system in LMV using MFCC. *Soft-Computing and Networks Security, IEEE International Conference*, 2015, pp. 1–7.

5. Kavitha, S., Veena, S., Kumaraswamy, R. Development of automatic speech recognition system for voice activated Ground Control system. *Communications and Computing Technology, IEEE International Conference*, 2015, pp. 1–5.

6. Stefanovic, M., Cetic, N., Kovacevic, M., Kovacevic, J., Jankovic, M. Voice control system with advanced recognition. *Telecommunications Forum, IEEE 20th International Conference*, 2012, pp. 1601–1604.

7. Huang, R., Shi, G. Design of the control system for hybrid driving two-arm robot based on voice recognition. *Industrial Informatics, IEEE 10th International Conference*, 2012, pp. 602–605.

8. Zhizeng, L., Jingbing, Z. Speech recognition and its application in voice-based robot control system. *Intelligent Mechatronics and Automation, IEEE International Conference*, 2004, pp. 960–963.

9. Lavrynenko, O., Konakhovych, G., Odarchenko, R., Bakhtiarov, D. Voice Command Signal Compression Algorithm by Functions of Unmanned Aerial Vehicles. *Aerospace Technic and Technology*, 2016, vol. 130, no. 3, pp. 57–67.

10. Lavrynenko, O., Konakhovych, G., Bakhtiarov, D. Method of Voice Control Functions of the UAV. *Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), IEEE 4th International Conference*, 2016, pp. 47–50.

References

1. Sung-Won, J., Ki-Won, S., Moon-Youl, P. A study on robust control of mobile robot by voice com-

Поступила в редакцию 5.06.2018, рассмотрена на редколлегии 7.08.2018

СИСТЕМА ЗАХИЩЕНОГО ГОЛОСОВОГО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ

О. Ю. Лавриненко, Ю. А. Кочергін, Г. Ф. Коначович

У статті запропонована і досліджена система захищеного голосового радіоуправління функціями безпілотного літального апарату, яка заснована на вперше розробленому методі захищеної передачі голосових команд радіоуправління і ідеї голосової аутентифікації легальних суб'єктів управління, де для передачі інформації управління використовується виключно мовний канал радіозв'язку, тим самим дозволяючи впровадити розроблену систему в існуючі системи мовного радіозв'язку, де на передавальній стороні знаходиться суб'єкт управління, а в якості приймача безпілотний літальний апарат, який виконує вимовлені голосові команди. Запропонована ідея дозволяє істотно ускладнити боротьбу зловмисників з даного роду системами, так як частоти на яких працює мовний мобільний радіозв'язок знаходяться в загальному користуванні, а значить боротьба з такого виду системами призведе до виходу з ладу громадського мовного мобільного радіозв'язку. Система захищеного голосового управління безпілотним літальним апаратом дозволяє забезпечити достатню секретність переданих голосових команд від перехоплення інформації з метою незаконного заво-

лодіння або знищення безпілотної літальної апарату протягом усього польоту. Вперше розроблено та досліджено метод голосової аутентифікації легальних суб'єктів управління, в основі якого лежить ідея послідовної заміни параметрів аутентифікації суб'єкта управління кожної наступної голосової команди на параметри аутентифікації з бази даних, послідовність якої заздалегідь сформована перед польотом псевдовипадковим чином і синхронізована. Обґрунтовано та експериментально доведено доцільність використання представленої системи захищеного голосового радіоуправління функціями безпілотної літальної апарату. Здійснено оцінку результатів автоматичного розпізнавання голосових команд управління, використовуючи класифікатор, побудований за критерієм мінімальної відстані, де рішення про позитивне розпізнавання голосових команд приймається за критерієм мінімальної дисперсії в заданому порозі допустимого розпізнавання. Отримані результати експериментального дослідження дозволяють зробити висновок про доцільність подальшого практичного застосування представленої системи захищеного голосового радіоуправління функціями безпілотної літальної апарату.

Ключові слова: мовні сигнали, голосові команди управління, розпізнавання голосових команд, голосова аутентифікація, семантична ідентифікація, захищена передача голосових команд, система захищеного голосового управління, безпілотний літальний апарат.

SYSTEM OF PROTECTED VOICE CONTROL AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

O. Lavrynenko, Y. Kocherhin, G. Konakhovych

The article proposes and investigates the system of protected voice radio control by the functions of an unmanned aerial vehicle, which is based on the first developed method of secure transmission of voice commands of radio control and the idea of voice authentication of legal subjects of management, where only the voice radio channel is used to transmit control information, thereby allowing the system to be implemented in existing voice radio systems, where on the betraying side is the subject of control, and as a receiver an unmanned aerial vehicle that performs the spoken voice commands. The proposed idea makes it possible to significantly complicate the struggle of malefactors with this kind of systems, since the frequencies at which the voice mobile radio is operating are in common use, and means fighting with this kind of systems will result in the failure of public voice mobile communications. The system of protected voice control of an unmanned aerial vehicle makes it possible to ensure sufficient confidentiality of the transmitted voice commands from the interception of information with the purpose of illegally capturing or destroying an unmanned aerial vehicle throughout the flight. For the first time, the method of voice authentication of legal subjects of management based on the idea of successive substitution of the authentication parameters of the control subject for each subsequent voice command on the authentication parameters from the database, the sequence of which was performed before the flight in a pseudorandom manner and synchronized. The expediency of using the presented system of protected voice radio control functions of an unmanned aerial vehicle is substantiated and experimentally proved. The results of automatic recognition of voice control commands are evaluated using a classifier constructed using the minimum distance criterion, where the decision on the positive identification of voice commands is made by the criterion of a minimum variance in a given threshold of acceptable recognition. The obtained results of experimental research allow to draw a conclusion about the expediency of further practical application of the presented system of protected voice radio control by the functions of an unmanned aerial vehicle.

Keywords: voice signals, voice commands, voice commands recognition, voice authentication, semantic identification, secure voice commands transmission, voice protected voice control system, unmanned aerial vehicle.

Лавриненко Александр Юрьевич – аспирант, ассистент кафедры телекоммуникационных систем, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, e-mail: oleksandrlavrynenko@gmail.com.

Кочергин Юрий Анатольевич – канд. техн. наук, доцент, главный инженер, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, e-mail: tks@nau.edu.ua.

Конахович Георгий Флимонович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. телекоммуникационных систем, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, e-mail: tks@nau.edu.ua.

Oleksandr Lavrynenko – PhD student, Assistant to Department of Telecommunication Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: oleksandrlavrynenko@gmail.com.

Yurii Kocherhin – PhD, Associate Professor, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: tks@nau.edu.ua.

Georgy Konakhovych – Doctor of Engineering, Professor, Head of Department of Telecommunication Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: tks@nau.edu.ua.