

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 005.007.01  
НА БАЗЕ ФГБУН ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №\_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 25 апреля 2014 г., № 4

О присуждении Туфанову Игорю Евгеньевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы решения обзорно-поисковых задач с применением групп автономных необитаемых подводных аппаратов» по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

принята к защите 24 января 2014 г., протокол № 2

диссертационным советом Д 005.007.01 на базе ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5, приказ №1777-524 от 09.07.2010 г.

Соискатель Туфанов Игорь Евгеньевич, 1988 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил ГОУ ВПО Дальневосточный государственный университет, в 2013 году окончил очную аспирантуру в ФГБУН Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Соискатель работает научным сотрудником лаборатории необитаемых подводных аппаратов и их систем в ФГАОУ ВПО Дальневосточный федеральный университет.

Диссертация выполнена в научно-образовательном центре «Подводная робототехника» ФГАОУ ВПО Дальневосточный федеральный университет и ФГБУН Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, член-корреспондент РАН Щербатюк Александр Федорович, заведующий лабораторией навигации и обработки сенсорной информации ФГБУН Институт проблем морских технологий Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Капустян Сергей Григорьевич, доктор технических наук, заведующий отделом НИИ многопроцессорных вычислительных систем имени А.В. Каляева ФГАОУ ВПО Южный федеральный университет;

2. Егоров Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий сектором НИИ специального машиностроения ФГБОУ ВПО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН (г. Москва) в своем положительном заключении, подписанном Рапопортом Л.Б., доктором физико-математических наук, заведующим лабораторией динамики нелинейных процессов управления имени Е.С. Пятницкого, указала, что в диссертации предложена математическая модель, учитывающая пространственную протяжённость участков обследования; предложена модификация алгоритма Хельда-Карпа и приближённый алгоритм, реализующий аукционный метод; разработан и исследован групповой метод измерения параметра водной среды с заданной точностью; разработан и исследован групповой метод поиска и обследования локальных неоднородностей морской среды; разработан комплекс программ, реализующий предложенные в работе методы и алгоритмы. Результаты работы рекомендуются к использованию в НИИ механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Институте машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Юго-Западном государственном университете, Санкт-Петербургском государственном техническом университете, а также в научно-исследовательских отделах и конструкторских бюро предприятий, проектирующих мобильные системы гражданского и военного назначения.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4. Из них две статьи в журнале «Управление большими системами» в соавторстве общим объемом 1.7 п.л., две статьи в журнале «Мехатроника, автоматизация, управление», одна из них в соавторстве, общим объемом 0.8 п.л.; одна статья в сборнике материалов международной конференции «Underwater Intervention 2011» в соавторстве объемом 0,5 п.л., одна статья в сборнике материалов 4-й Всероссийской конференции «Технические проблемы освоения Мирового океана» в соавторстве объемом 0.4 п.л., одна статья в сборнике материалов 4-й Всероссийской мультиконференции по проблемам управления в соавторстве объемом 0.4 п.л., одна статья в сборнике материалов XII Международной конференции «Современные методы и средства

океанологических исследований» в соавторстве объемом 0.3 п.л., одна статья в сборнике материалов Международной конференции «OCEANS» в соавторстве объемом 0.6 п.л., одна статья в сборнике Международного симпозиума «Pacific Asia Offshore Mechanics Symposium» в соавторстве объемом 0.4 п.л., одна статья в сборнике материалов Международного симпозиума «International Symposium on Unmanned Untethered Submersible Technology» в соавторстве объемом 0.7 п.л., одна статья в сборнике материалов Международной конференции «Graphicon 2013» в соавторстве объемом 0.4 п.л.

Вклад Туфанова И.Е. в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в разработке математической модели и алгоритмов планирования для групповой работы АНПА, в создании методов организации групповой работы подводных аппаратов при решении задачи обследования локальных неоднородностей и задачи съемки параметра среды, в разработке алгоритмов предварительной оценки формы локальных неоднородностей и вычисления их параметров, в разработке статистического критерия перехода между режимами траектории при съемке параметра водной среды, в разработке комплекса программ для проведения вычислительных экспериментов, в разработке модулей системы программного управления, обеспечивающих групповую работу, в разработке механизмов моделирования, позволяющих использовать модули системы программного управления совместно с имитационно-моделирующим комплексом.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Туфанов И.Е., Щербатюк А.Ф. Разработка алгоритмов группового поведения АНПА в задаче обследования локальных неоднородностей морской среды // Управление большими системами. – 2012. – Вып. 36. – С. 262-284.
2. Ваулин Ю.В., Дубровин Ф.С., Кушнерик А.А., Туфанов И.Е., Щербатюк А.Ф. Малогабаритный автономный необитаемый подводный аппарат МАРК нового поколения для выполнения групповых операций // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – № 6. – С. 59-65.
3. Туфанов И.Е. Разработка системы централизованного управления группой АНПА // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2013. – № 7. – С. 65-70.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов. Все они положительные.

1. Отзыв из Института прикладной математики ДВО РАН (г. Владивосток), подписан чл.-корр. РАН, директором Гузевым М.А., не содержит замечаний.
2. Отзыв из филиала ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» (г. Владивосток), подписан д.т.н., профессором, заведующим кафедрой математики Карпачевым А.А.,

содержит замечания: из автореферата не совсем понятно, как осуществляется связь между планировщиком (постом оператора) и АНПА, непосредственно выполняющими обзорно-поисковые задачи; не ясно, каким образом производится переориентация АНПА после несанкционированного прерывания миссии и не ведет ли это к его потере; имеется неточность в одном из нижних индексов формулы (1) на стр. 7; отсутствие экспериментальных данных не позволяет получить полного и достоверного представления о методах решения обзорно-поисковых задач, их надежности и эффективности; из теста автореферата не понятно, выполнялась ли по теме диссертации соответствующая научно-исследовательская работа.

3. Отзыв из Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, подписан д.т.н., профессором, проректором, научным руководителем НТК СПбГПУ «Математическое моделирование и интеллектуальные системы управления» Арсеньевым Д.Г. и д.т.н., профессором, зав. кафедрой «Системы и технологии управления» Шкодыревым В.П., содержит замечания: в автореферате нечетко сформулирована целевая функция задачи управления для решения обзорно-поисковых задач и критерии эффективности их достижения для заданного класса задач управления, что не позволяет понять, насколько эффективно работают вынесенные на защиту алгоритмы; из автореферата не ясно, насколько полно учтено влияние внешних факторов, таких как скорость и сила течения, влияющих на точность исполнения целевой функции управления, их перечень и степень влияния; представлены очень ограниченные результаты экспериментальных исследований разработанных алгоритмов, например, влияние метрологических характеристик используемых датчиков на результаты измерения параметров неоднородности морской среды.

4. Отзыв из Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, подписан д.ф.-м.н., профессором, ведущим научным сотрудником лаборатории управления и навигации механико-математического факультета Матасовым А.И., содержит замечания: при определении параметра водной среды хорошо было бы формально определить его аргумент; следовало прояснить, откуда берутся сведения об автокорреляционной функции и насколько они достоверны, ведь для знания этой функции тоже надо проводить нетривиальные трудоемкие исследования.

5. Отзыв из Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, подписан к.т.н., зам. зав. кафедрой «Подводные роботы и аппараты», зав. лабораторией «Микропроцессорные системы управления» НИИ специального машиностроения Кропотовым А.Н., содержит замечания: из текста автореферата не

ясно, проводилось ли сравнение предложенной модификации алгоритма Хелда-Карпа с другими методами решения задачи нескольких коммивояжеров (mTSP), которое могло бы дать более точное представление о целесообразности применения точных и приближенных методов решения задачи; из текста автореферата не понятно, учитывалась ли в вычислительном эксперименте временная задержка линий связи между постом оператора и группой АНПА, величина которой может повлиять на эффективность выполнения конкретной миссии.

6. Отзыв из ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» (г. Санкт-Петербург), подписан к.т.н., старшим научным сотрудником Топоровым А.Б., содержит замечания: в автореферате ничего не сказано о влиянии точности определения текущего местоположения группы подводных аппаратов при выполнении задачи на эффективность выполнения плана; ряд обозначений и аббревиатур не расшифрован; в тексте автореферата приведены четыре новых научных результата, в то время как в диссертации научная новизна представлена тремя составляющими.

7. Отзыв из Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН (г. Владивосток), подписан к.ф.-м.н., старшим научным сотрудником Чупиным В.А., не содержит замечаний.

8. Отзыв из Тихоокеанского государственного университета (г. Хабаровск), подписан д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой вычислительной техники Саем С.В., содержит замечания: указанная в пятой главе модель движения АНПА в трехмерном пространстве не раскрыта, ее корректность ничем не подтверждена, не ясно участие автора в разработке указанной модели; в качестве внедрения полученных результатов указывается интеграция разработанных алгоритмов в систему управления АНПА «МАРК», но не указано, какие натурные, экспериментальные или имитационные исследования были проведены с использованием данного аппарата и какова сходимость результатов с модельными данными, полученными с помощью разработанного комплекса программ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием требованиям пунктов 22 и 24 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также заключением комиссии диссертационного совета Д 005.007.01, зафиксированном в протоколе №2 заседания диссертационного совета Д 005.007.01 в Институте автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук от 24 января 2014 г.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

предложена новая математическая модель, описывающая выполнение обзорно-поисковой миссии группой автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА);

разработаны эффективные алгоритмы оптимального планирования работы группы АНПА на основе предложенной математической модели;

разработаны методы и программные средства для решения обзорно-поисковых задач, в том числе задачи съёмки параметров водной среды с заданной точностью и задачи поиска и обследования локальных неоднородностей водной среды, на основе применения группы АНПА.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

введена новая математическая модель обзорно-поисковой миссии, основанная на разбиении миссии на набор независимых заданий со своими вариантами выполнения, на её основе поставлена задача оптимизации плана работы группы АНПА и изучена её связь с задачей нескольких коммивояжеров;

показана эффективность предложенного алгоритма точного решения задачи оптимального планирования работы группы АНПА на основе алгоритма Хельда-Карпа и алгоритма приближенного решения на основе аукционного метода для разработанной математической модели;

установлены и исследованы особенности предложенного метода съёмки параметров водной среды с заданной точностью на основе применения группы АНПА, использующего новый алгоритм покрытия акватории типа «меандр с переменным шагом» и новый способ организации групповой работы;

предложен и исследован метод поиска и обследования локальных неоднородностей водной среды на основе применения группы АНПА, использующий новый способ формирования траекторий и предложенную математическую модель групповой работы;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории графов, математической статистики, вычислительной математики, математического моделирования и объектно-ориентированного программирования.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

полученные результаты позволяют повысить эффективность использования АНПА при решении обзорно-поисковых задач и могут быть использованы для

управления группами мобильных объектов другого типа (например, наземных и летательных);

предложенный способ представления заданий на основе математической модели задачи планирования в группе АНПА, алгоритмы решения этой задачи, использующиеся в составе системы программного управления морского автономного робототехнического комплекса МАРК, а также разработанный комплекс программ, реализующий предложенные методы и алгоритмы и использующийся для моделирования групповой работы АНПА при исследовании методов решения обзорно-поисковых задач, внедрены в научной и практической работе Дальневосточного федерального университета;

результаты работы рекомендуются к использованию в НИИ специального машиностроения Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (г. Москва), в Институте проблем морских технологий ДВО РАН (г. Владивосток), в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва), в НИИ многопроцессорных вычислительных систем им. А.В. Каляева Южного федерального университета (г. Таганрог), а также в других организациях, в которых ведутся исследования в области робототехники и информационно-управляющих систем.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

теория, используемая при описании методов и алгоритмов группового управления АНПА, базируется на классических подходах теории исследования операций, теории вероятностей и математической статистики, вычислительной математики, ее использование соответствует основным общепринятым теоретическим и практическим положениям и согласуется с опубликованными в научной литературе данными;

достоверность результатов работы подтверждается данными вычислительных экспериментов, которые подробно описаны и являются воспроизводимыми.

**Личный вклад соискателя состоит в** непосредственном участии автора во всех этапах работы; в разработке математической модели и алгоритмов для планирования миссии; в разработке алгоритмов предварительной оценки формы и вычисления параметров локальных неоднородностей; в разработке статистического критерия перехода между режимами траектории при съемке параметра среды; в сведении организации групповой работы АНПА в рассмотренных прикладных задачах к предложенной математической модели; в разработке механизмов системы управления АНПА, отвечающих за групповую работу и механизмов связи системы

управления с имитационно-моделирующим комплексом; в подготовке публикаций и докладов на конференциях по теме работы.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Туфанова И.Е. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи создания методов, моделей и алгоритмов для выполнения обзорно-поисковых миссий группами АНПА, имеющей важное значение в области математического моделирования и подводной робототехники. Диссертация соответствует критериям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании 25 апреля 2014 г. диссертационный совет принял решение присудить Туфанову И.Е. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 25, против – 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета

Кульчин Юрий Николаевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Лебедев Александр Васильевич



28.04.2014 г.