

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Чепиги Андрея Александровича «Модель и алгоритмы определения оптимальных условий дистанционного обслуживания пространственно-распределённых групп воздушных объектов», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки) и назначенной к защите в НИТУ МИСИС 30 сентября 2026 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 29.06.2026, протокол № 40.

Диссертация выполнена на кафедре «Автономные информационные и управляющие системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 40, 29.06.2026) в составе:

1. Темкин Игорь Олегович, д.т.н., заведующий кафедрой автоматизированных систем управления НИТУ МИСИС – председатель комиссии;
2. Соколов Сергей Михайлович, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник отдела 5 федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»;
3. Шевцов Вячеслав Алексеевич, д.т.н., заведующий кафедрой 408 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;
4. Шатовкин Роман Родионович, д.т.н., профессор кафедры КБ-2 «Информационно-аналитические системы кибербезопасности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский технологический университет «МИРЭА»»;
5. Головин Олег Константинович, д.т.н., профессор кафедры безопасности информационных систем федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработан и экспериментально обоснован алгоритм формирования оптимальной траектории перемещения поворотного устройства комплекса дистанционного обеспечения (КДО) множества пространственно-распределённых воздушных объектов (ВО). Алгоритм отличается формированием пространственной траектории из этапов с минимальными градусными значениями между кластерами воздушных объектов, наличием вложенной процедуры сортировки и приоритизации обслуживания, что позволяет минимизировать время перемещения поворотного устройства и обеспечить максимальное количество обслуживаемых ВО. По ключевым метрикам разработанный гибридный алгоритм превосходит существующие методы (Greedy Set Cover, k-means, DBSCAN, иерархическая кластеризация): коэффициент покрытия – на 12,5%, эффективность покрытия – на 14,4%, приоритизация обслуживания критических объектов – 100%, угловая эффективность – на 32,2%.

2. Разработан алгоритм управления поворотным устройством КДО, реализующий его траекторию движения при обслуживании множества пространственно-распределённых групп ВО за минимальное время. Алгоритм основан на адаптивном ПИД-регуляторе, коэффициенты которого корректируются в зависимости от текущего угла места, что компенсирует нелинейный

характер изменения момента инерции азимутальной оси и позволяет реализовать кусочно-непрерывный закон управления поворотным устройством. По результатам имитационного моделирования выигрыш во времени перемещения по сравнению с универсальным законом управления составил 35% на интервале 1° – 5° и 40% на интервале 10° – 17° .

3. Разработана модель определения наилучших условий дистанционного обеспечения воздушных объектов и функционирования КДО пространственно-распределённых групп ВО. Модель основана на многослойной нейронной сети прямого распространения и учитывает динамику и нелинейный характер процесса обеспечения. В качестве ключевых аргументов модели определены: дальность расположения КДО от группировки ВО, ширина диаграммы направленности и угловая величина пространства обслуживания в горизонтальной плоскости. Адекватность модели подтверждена критерием Пирсона, средняя ошибка аппроксимации составила 3,162%.

4. На основе разработанных математических моделей и алгоритмов создан комплекс прикладных программ, реализующий в автоматическом режиме: определение зон оптимального расположения КДО, формирование пространственных кластеров ВО, построение оптимальной траектории перемещения поворотного устройства с учётом характеристик КДО и приоритетов обслуживания, а также отображение информации о последовательности и времени обслуживания групп ВО. Сравнительный анализ с режимом ручного управления оператором показал увеличение количества успешно обслуженных ВО в среднем на 16%, а увеличение общей эффективности КДО с учётом минимизации времени перемещения поворотного устройства составило в среднем $23,095 \pm 0,735\%$.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- сформулирована и решена оптимизационная задача обслуживания пространственно-распределённых групп ВО как задача удаления связанных вершин взвешенного графа за минимальное число шагов, что вносит вклад в аппарат теории дискретной оптимизации применительно к задачам управления комплексами с поворотными антенными устройствами;

- предложен гибридный алгоритм формирования оптимальной траектории, объединяющий метод покрытия множества с приоритетной обработкой критических объектов и жадной стратегией максимизации одновременного охвата, что расширяет методологию планирования траекторий систем слежения в условиях динамически меняющейся пространственной обстановки;

- разработана адаптивная математическая модель управления поворотным устройством, аналитически учитывающая нелинейную зависимость момента инерции азимутальной оси от положения угломестного привода, что вносит вклад в теорию синтеза адаптивных законов управления электромеханическими системами с переменными параметрами;

- разработана описательная функция на основе многослойной нейронной сети, позволяющая получить достоверную оценку количества обслуживаемых ВО в зависимости от условий применения КДО и тем самым формализовать задачу выбора оптимальной позиции комплекса.

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

- а) разработанные алгоритм и модель внедрены в производственную деятельность АО НПК «Барл» в рамках работ по разработке программного комплекса обработки радиолокационных данных, ООО ЦИТМ «Экспонента» (г. Москва) в рамках работ по созданию беспилотных летательных систем, а также применяются в ООО «Парус электро» (г. Москва) при

проектировании объектов возобновляемой энергетики, что подтверждает практическую реализуемость и востребованность разработок соискателя;

б) результаты диссертации внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (г. Пенза) и ФГБОУ ВО «ДонНТУ» (г. Донецк), что обеспечивает тиражирование полученных научных результатов в образовательной деятельности;

в) созданный комплекс прикладных программ обеспечивает автоматизированное решение многомерной оптимизационной задачи управления КДО, которая не может быть решена оператором в ручном режиме, что повышает эффективность применения комплексов дистанционного обслуживания пространственно-распределённых групп ВО в промышленных, транспортных и иных гражданских применениях, прежде всего в районах со сложной транспортной доступностью (Сибирь, Дальний Восток, Заполярье).

Оценка достоверности результатов исследований выявила, что:

- в диссертации для решения поставленных задач применён корректный методологический аппарат, включающий: методы теории систем (для постановки и формализации задачи), теорию графов и методы кластеризации (для построения пространственных кластеров ВО), теорию адаптивного управления (для разработки алгоритма управления поворотным устройством), аппарат нейронных сетей (для построения описательной функции), методы математической статистики (для оценки адекватности разработанных моделей);

- достоверность результатов подтверждается сходимостью данных имитационного моделирования (более 20000 вычислительных экспериментов) с теоретическими выводами;

- ключевые результаты диссертационного исследования отражены в 11 научных публикациях, в том числе 5 статьях в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных журналов ВАК Минобрнауки России, 1 тезисе доклада на научно-технической конференции, 1 патенте на изобретение и 4 свидетельствах о государственной регистрации программы для ЭВМ Роспатента;

- инновационный характер и завершённость выполненных исследований подтверждаются государственной регистрацией интеллектуальной собственности: получен патент на изобретение № 2863150 С1 и 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственной постановке и решении всех сформулированных в диссертационном исследовании задач, выборе методов исследования, проведении вычислительных и натурных экспериментов, апробации полученных результатов и написании научных публикаций, в которых определяющая роль автора не вызывает сомнений.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения учёных степеней в НИТУ МИСИС соискателем учёной степени не нарушен.

Диссертация Чепиги А.А. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения учёных степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований разработаны и обоснованы алгоритм формирования оптимальной траектории перемещения поворотного устройства КДО, алгоритм адаптивного управления поворотным устройством и модель определения оптимальных условий функционирования КДО, которые в совокупности представляют собой завершённое решение актуальной научной задачи, имеющей существенное значение для развития систем дистанционного обеспечения пространственно-распределённых групп воздушных объектов. Решение данной задачи обеспечивает увеличение общей эффективности КДО в среднем на 23% и является значимым вкладом в специальность 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» (технические науки).

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Чепиге Андрею Александровичу учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Результаты голосования

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании из 5 (пяти) человек, входящих в состав комиссии, проголосовала:

за – 5

против – нет

недействительных бюллетеней - нет

Председатель Экспертной комиссии  И.О.Темкин

30.09.2026г.