ОТЗЫВ НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА
на диссертационную работу Нуржаубаевой Гульсаи Сакеновны на тему: «Исследование и разработка носимых микрополосковых антенн на текстильной подложке», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D06201 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

Научное исследование Нуржаубаевой Гульсаи Сакеновны посвящено разработке носимых микрополосковых антенн на текстильных подложках для устройств Интернета вещей, работающих в промышленном, научном и медицинском диапазоне 2,45 ГГц. Данное направление относится к числу приоритетных в области носимой электроники и телесных беспроводных сетей, что определяет его научную и практическую значимость в рамках специальности «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Республики Казахстан и в контексте задач цифровизации, закреплённых в Концепции развития информационно-коммуникационных технологий Республики Казахстан на 2023–2029 годы.

Актуальность исследования определяется тем, что массовое внедрение носимых IoT-устройств сдерживается отсутствием антенн, способных одновременно сохранять стабильность электродинамических характеристик и соответствовать нормам электромагнитной безопасности при размещении непосредственно на теле человека. Текстильные подложки, в отличие от традиционных жёстких диэлектриков, обладают низкой диэлектрической проницаемостью и изменяют геометрию при механической деформации, что требует установления количественных закономерностей, связывающих свойства материалов и геометрию конструкции с характеристиками антенны. Именно эта задача и решается в представленной диссертационной работе.

Цель и задачи исследования сформулированы корректно и соответствуют тематике работы. Последовательность из пяти задач логически вытекает из поставленной цели и охватывает изучение электрофизических свойств текстильных материалов, разработку и оптимизацию двух антенных топологий, исследование их устойчивости к изгибу и электромагнитной безопасности, а также экспериментальную верификацию и сравнительный анализ полученных результатов. Подробное описание методов их решения свидетельствует о тщательном планировании исследовательской работы.

В диссертационной работе установлены закономерности влияния относительной диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь, толщины подложки и проводимости проводящего слоя на резонансную частоту, согласование, коэффициент усиления и эффективность излучения носимых микрополосковых антенн. Существенно, что эти закономерности проверены на двух принципиально различных топологиях — двухэлементной линейной антенной решётке бокового излучения и антенне Яги–Уда торцевого

излучения, — что подтверждает их методологическую общность и позволяет использовать их при проектировании носимых текстильных антенн иных конфигураций.

Наиболее значимым научным результатом работы является разработка носимой микрополосковой антенны Яги–Уда, впервые выполненной в полностью текстильном однослойном исполнении. Для неё определены рациональные соотношения геометрических параметров активного элемента, директоров и рефлектора, обеспечивающие направленное излучение с высоким коэффициентом усиления при сохранении гибкости конструкции. Проведённый автором сравнительный обзор литературы показывает, что существующие направленные носимые антенны реализованы либо на жёстких диэлектрических подложках, либо с применением металлических оснований и метаматериальных структур, что исключает их полноценную интеграцию в одежду.

Достоверность полученных результатов обеспечивается сочетанием трёх независимых подходов: аналитического расчёта геометрических параметров по классическим соотношениям теории микрополосковых антенн, полноволнового электродинамического моделирования в программном комплексе CST Studio Suite с контролем сеточной сходимости и параметрической оптимизацией, а также экспериментальной проверки на изготовленных прототипах с измерением коэффициента отражения калиброванным векторным анализатором цепей. Отдельно следует отметить корректность автора при разграничении расчётных и измеренных величин: характеристики излучения, требующие безэхового полигона, представлены как результаты моделирования, а расхождения между расчётом и экспериментом объяснены технологическим разбросом ручного изготовления прототипов.

Практическое значение работы состоит в том, что разработанные конструкции могут быть непосредственно использованы при проектировании носимых IoT-устройств для медицины, систем безопасности и спасательных служб, умного города и спортивного мониторинга. Сформулированные автором рекомендации по выбору топологии — антенная решётка для сценариев, требующих широкого углового покрытия при минимальном удельном коэффициенте поглощения, и антенна Яги–Уда для сценариев направленной радиосвязи, — имеют прикладную ценность для разработчиков носимой аппаратуры. Внедрение результатов подтверждено актом от 9 сентября 2025 года, выданным Малайзийским институтом морской инженерной технологии Университета Куала-Лумпур (UniKL MIMET, Малайзия).

Основные положения и выводы диссертации отражены в десяти научных публикациях автора, в том числе в трёх статьях в изданиях, индексируемых базой данных Scopus, в четырёх статьях в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, в двух докладах на международных научно-технических конференциях и в коллективной монографии. Результаты

работы апробированы на международных научных конференциях, что подтверждает научную состоятельность исследования.

В период выполнения диссертационной работы Нуржаубаева Г.С. показала хорошую подготовку в области антенной техники, электродинамического моделирования и экспериментальных измерений сверхвысокочастотных устройств. Автор уверенно работает с расчётными моделями, самостоятельно изготавливает и измеряет прототипы, умеет критически сопоставлять расчётные и экспериментальные данные и доводить теоретическое решение до практической проверки. Проявила самостоятельность в постановке задач и настойчивость при выполнении экспериментальной части исследования, в том числе в ходе научной стажировки за рубежом.

Диссертационная работа выполнена на хорошем научно-методическом уровне, отличается логической целостностью, аргументированностью выводов и практической направленностью. Все основные результаты получены автором лично либо при его непосредственном участии.

Заключение.

Диссертационная работа Нуржаубаевой Гульсаи Сакеновны «Исследование и разработка носимых микрополосковых антенн на текстильной подложке» представляет собой завершённое научное исследование, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD), а её автор заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 8D06201 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

Научный консультант,
доктор философии (PhD),
ассоциированный профессор,
заведующая кафедрой
«Телекоммуникационная инженерия»
НАО «Алматинский университет энергетики
и связи имени Гумарбека Даукеева» **Э. Қадылбекқызы**

«____» _____ 2026 г.

Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю
Департамент по управлению персоналом
Медербек А.Ү.
«08» 09 2026 ж.