

## **АННОТАЦИЯ**

**диссертации на соискание степени «доктор философии» (PhD) по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление»**

**АЛИМХАНОВА АСЛИМА ЖЕҢІСКЫЗЫ**

### **СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ VLC**

**Актуальность работы.** Передовыми странами мира приняты и реализуются национальные программы цифровизации экономики. Такая тенденция связана с цифровой революцией, происходящей во всех отраслях экономики и сферах жизни людей. Каждая страна обозначает приоритеты цифрового развития, ориентируясь на свои потребности. В Казахстане в 2017 году постановлением правительства утверждена государственная программа «Цифровой Казахстан», которая направлена на повышение уровня качества жизни казахстанцев за счет повсеместного внедрения в их жизнедеятельность цифровых технологий. Задачи программы охватывают широкий спектр и их решения должны стать основой в перспективе для перехода республики к цифровой экономике. Одной из приоритетных выделена задача, связанная с расширением покрытия сетей связи и доступностью информационно-коммуникационных технологий. Реализация цифровой экономики невозможна без развития информационно-коммуникационной инфраструктуры и внедрения новых инновационных подходов в данной отрасли.

Современные тенденции в области информационно-коммуникационных технологий заключаются в предоставлении возможности внедрения концепции вычислительно-коммуникационной сети физических объектов, оснащенных встроенными системами, для взаимодействия между собой и с внешней средой в автоматизированных системах управления, и в частности в системах управления параметрами жизнеобеспечения.

Система домашней автоматизации становится все более популярной. Люди хотят жить в интеллектуальных «умных» жилых помещениях, оснащенных системами домашней автоматизации. Такие системы не только обеспечивают им удобство, комфорт, безопасность, но и снижают их повседневные расходы за счет энергосберегающих решений. В традиционных системах управления используются решения для проводного подключения устройств. Однако внедрение таких систем требует прокладки кабелей и наиболее рационально осуществлять это одновременно со строительством дома. В настоящее время в домашней автоматизации для приема-передачи данных в основном используются беспроводные технологии Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee., которые используют радиочастотный спектр.

Для процесса обмена данными и работы приложений «умных» систем необходимо формирование особой среды, которая будет обеспечивать

высокую скорость передачи данных, низкую задержку сигнала, поддерживать высокую плотность абонентских устройств. Беспроводные технологии, работающие в радиочастотном диапазоне, перегружены и не могут в полном объеме выполнить требования современной жизни.

Система домашней автоматизации требует низкой стоимости, низкого энергопотребления и не требует высокой скорости передачи данных. В нашей работе мы предлагаем использовать оптическую беспроводную технологию связи Visible Light Communication. VLC - это новая технология беспроводной связи, основанная на передаче данных посредством светодиодных систем освещения. Светодиод на сегодняшний день вытесняет из нашей жизни универсальные лампы накаливания и люминесцентные лампы. Преимущества светодиодных осветительных приборов заключаются в длительном сроке эксплуатации, низком энергопотреблении и высокой светоотдачей, надежности, экологичности. Кроме того, светодиод обладает высокой чувствительностью отклика с возможностью поддержки высокоскоростной связи. В VLC светодиод выполняет функции как связи, так и освещения, то есть с двойным функционалом.

Данная технология позволяет снизить потребление электроэнергии, так как в качестве канала передачи информация будут использоваться осветительные приборы. Технология VLC повышает безопасность передачи информации без потерь. Наряду с этими характеристиками технология обеспечивает лицензионную работу, поскольку системы работают в нерегулируемом спектре. Поэтому мы предлагаем дополнительно с Wi-Fi использовать технологию передачи данных по видимому сету.

VLC это передовая технология оптической беспроводной связи которая может одновременно обеспечивать освещение и беспроводную передачу данных. Данная система обладает рядом преимуществ: высокой скоростью передачи, безопасной передачей информации, двойной функциональностью, отсутствием помех от электромагнитных волн.

Актуальность тематики диссертационной работы обусловлена необходимостью удовлетворения потребностей быстро растущего количества абонентов беспроводным трафиком с поддержкой качества требуемых сервисов. Исследование направлено на разработку приложений, использующих технологию VLC, для связи внутри помещений, где она дополняет Wi-Fi и сотовую беспроводную связь.

**Цель работы.** Разработать автоматизированную систему управления параметрами жизнеобеспечения с организацией передачи данных через системы светодиодного освещения.

**Основная идея работы** заключается в использовании уже существующей инфраструктуры светодиодной системы освещения для внедрения технологии беспроводной связи для приложений малого радиуса действия. Мотивация к применению светодиодных светильников заключается в использовании «зеленой» технологии для беспроводной связи в отличии от радиочастотной.

**Задачи исследования:**

1) Провести анализ оптических беспроводных технологий и возможности организации передачи данных по технологии Visible Light Communication.

2) Выбор метода модуляции для передачи данных посредством светодиодов на основе анализа предлагаемых методов модуляции в оптической системе беспроводной связи.

3) Разработать приемо-передающее устройство с использованием светодиодов освещения для передачи данных в беспроводных системах управления.

4) Провести экспериментальные исследования автоматизированной системы управления параметрами жизнеобеспечения с передачей данных по технологии Visible Light Communication.

**Объект исследования** – автоматизированные системы управления параметрами жизнеобеспечения.

**Предмет исследования** – передача данных по беспроводной оптической технологии посредством видимого света в системах управления.

**Основные методы исследования:** при выполнении диссертационной работы применялись общенаучные теоретические и экспериментальные методы, такие как анализ, имитационное моделирование, эксперимент. В качестве специальных применялись методы модуляции в беспроводной оптической сети, методы теории автоматического управления. При проведении компьютерного моделирования использовались программа Simulink пакета MATLAB, расчеты проводились в программе Microsoft Excel. Разработка схемотехнического решения экспериментального устройства осуществлялась в программе Splan 7.0, а программное обеспечение с помощью визуальной среды программирования FLProg.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1) Модель системы приемо-передающего тракта с использованием модуляции ООК-NRZ позволяющая передавать данные по беспроводному оптическому каналу.

2) Приемо-передающее устройство с каналом передачи данных по световому потоку с использованием мощных белых светодиодов по технологии Visible Light Communication.

3) Светодиодная система освещения с функцией передачи данных по оптическому каналу в автоматизированной системе управления параметрами жизнеобеспечения.

**Научная новизна:**

- разработано приемо-передающее устройство по технологии Visible Light Communication для автоматизированной системы управления с функцией реализации управляющих воздействии;

- предложен новый подход организации передачи данных в автоматизированной системе управления параметрами жизнеобеспечения по беспроводному оптическому каналу посредством светодиодной системы освещения.

**Обоснованность и достоверность.** Результаты теоретических расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований показывают высокую сопоставимость, что говорит о достоверности и обоснованности результатов диссертационной работы.

**Научная и практическая значимость работы**

Выводы исследования могут быть использованы для решения проблем, связанных с электромагнитными помехами, для увеличения пропускной способности каналов связи, а также для разработки гибридных архитектур передач данных по беспроводным системам в автоматизации.

Полученные научные и практические результаты диссертационной работы приняты для внедрения ТОО «BFGROUP, ТОО «ISTOCKCHEMI», а также в учебный процесс ВКТУ им.Д.Серикбаева. Акты внедрения приведены в приложении А.

**Апробация работы.** Результаты работы доложены и обсуждены на международных конференциях Венгрии, России и Казахстана, а именно: 14<sup>th</sup> International Symposium on Applied Informatics and Related Areas (Секешфехервар, Венгрия, 2019); Международной НТК студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых инновационному и развитию Казахстана» (Усть-Каменогорск, Казахстан, 2019,2020); 21<sup>st</sup> International Conference on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (Ерлагол, Россия, 2020); International Scientific Conference “FarEastCon”/Far Eastern Federal University (Владивосток, Россия, 2020); Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (Екатеринбург, Россия, 2021); International Siberian Conference on Control and Communications, (Казань, Россия, 2021).

**Публикации.** По теме диссертационной работы автором опубликовано 16 публикаций, из них 1 статья в журнале, индексируемом в базе индексируемом в Web of Science, имеющим Impact Factor за 2020 год равный 1,806 и кватиль по технике и междисциплинарным трудам Q3; 5 работ в изданиях рекомендуемых в КОКСОН и 6 публикаций в сборниках международных конференции, индексируемых в базе Scopus.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников из 106 наименований. Работа изложена на 92 страницах компьютерного текста, включает 57 рисунков, 3 таблицы и 1 приложение.

В первой части работы приведен анализ технологии передачи данных на основе видимого света. Проанализированы оптические беспроводные технологии передачи данных. Рассмотрена организация передачи данных по технологии Visible Light Communication. На основе проведенного анализа научных исследований по тематике работы были сформулированы цель и задачи диссертации. Обоснована актуальность разработки автоматизированной системы управления жизнеобеспечением с использованием технологии передачи данных посредством видимого света.

Во второй части работы рассмотрены методы модуляции в беспроводной оптической сети связи. Изучены модуляционные характеристики имеющие важное значение для повышения производительности новой системы. Для типов импульсных модуляции рассчитана и исследована спектральная плотность мощности для получения временных форм сигнала с заданным отношением сигнал/шум. Построена модель идеальной системы приема-передачи для OOK-NRZ в присутствии аддитивного белого гауссовского шума, которая подходит для систем VLC внутри помещений. Исследованы формы сигналов и влияние инструментальных и внешних шумов. Приведены расчетные значения вероятности битовой ошибки по экспериментальным данным.

В третьем разделе представлены схемотехнические решения передающего и приемного модулей на базе микроконтроллеров ATmega, где в качестве линии связи был использован свет. Разработано программное обеспечение в среде программирования FLProg для микроконтроллеров. На базе разработанных схем собрано экспериментальное приемо-передающее устройство и проведен эксперимент. Продемонстрирована устойчивая передача данных с помощью мощного белого светодиода и физического кодирования светового сигнала по технологии UART.

В четвертом разделе предложен подход к организации автоматизированной системы управления параметрами жизнеобеспечения построенной на принципе передачи данных по видимому спектру в одном направлении. Выделены контуры управления, прямые и косвенные показатели каждого контура. Продемонстрирована реализация на примере организации автоматизированной системы управления температурой в помещении. Приведены экспериментальные данные.

В заключении сформулированы основные выводы по результатам представленных результатов диссертационной работы.

В приложении приведены акты внедрения полученных практических и научных результатов.