



Экз. № 1

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

г. Мытищи, Московская обл., 141006

« 24 » 10 2024 г. № 23/ 9942

На № 02-08/8546 от 24.09.2024

Учёному секретарю
диссертационного совета
ФГУП «ВНИИФТРИ»
М.В. БАЛАХАНОВУ
п/о Менделеево,
Солнечногорский район,
Московская обл., 141570

Уважаемый Михаил Валентинович!

Направляю отзыв на автореферат диссертации Парёхина Данила Александровича на тему «Методы стабилизации параметров квантового дискриминатора стандарта частоты на основе эффекта когерентного пленения населённости».

Приложение: Отзыв..., в 2 экз., на 4 л. каждый, н/с, экз. № 1 – адресату, экз. № 2 – в дело.

Начальник Главного центра

Т.Мамлеев

Получено 05
Парехина Т.Н. 05

Исп. Окишев Д.А.
т. 8 495 588 08 99

ФГУП «ВНИИФТРИ»	
Вх. №	18585
« 29 »	10 2024
на	1 лист
предложено на	4 листа

УТВЕРЖДАЮ

Начальник

федерального государственного
бюджетного учреждения «Главный
научный метрологический центр»

Министерства обороны

Российской Федерации

кандидат технических наук



Т.Ф. Мамлеев

«24» октября 2024 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Парёхина Данила Александровича
«Методы стабилизации параметров квантового дискриминатора стандарта
частоты на основе эффекта когерентного пленения населённостей»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение

Диссертационная работа Парёхина Данила Александровича выполнена в ФГУП «ВНИИФТРИ» и посвящена решению научной задачи, заключающейся в разработке новых методов стабилизации параметров квантового дискриминатора, обеспечивающих работу стандарта частоты на основе эффекта когерентного пленения населённостей с заданными метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

Актуальность темы диссертации

Малогабаритные квантовые стандарты частоты (КСЧ) нашли широкое применение в таких областях науки и техники, как радионавигация, геодезия, метрология, радиоастрономия, связь.

В настоящее время активно развивается направление создания КСЧ, которые могут быть интегрированы в качестве опорных генераторов частоты в различные технические устройства и системы, такие как навигационные модули с использованием сигналов космических навигационных систем и инерциальных датчиков; системы защищённой связи с переключением частоты; системы дистанционного зондирования Земли; беспилотные летательные аппараты; системы сбора и передачи данных и т.д. При этом сохраняется требование обеспечения заданных метрологических

характеристик при необходимости существенно уменьшить габаритные размеры устройства, энергопотребление и время выхода на рабочий режим.

Стандарты частоты, работающие на основе эффекта когерентного пленения населённостей (КПН), являются наиболее перспективным вариантом малогабаритных высокостабильных КСЧ. Процесс перехода от стадии лабораторных исследований до создания отечественного готового к серийному производству стандарта частоты подобного типа с характеристиками, не уступающими лучшим зарубежным аналогам, требуют значительных материальных затрат и научных исследований. В связи с этим диссертационная работа Парёхина Д.А., в которой рассмотрены в том числе вопросы разработки алгоритмов и программного обеспечения для управления всеми узлами КСЧ на основе эффекта КПН, обеспечения высокоточной стабилизации и регулировки температуры ячейки, длины волны лазера и частоты СВЧ - генератора, а также оптимизации времени выхода КСЧ на рабочий режим при минимальной потребляемой мощности, является актуальной.

Научная новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Диссертационную работу отличает сочетание теоретической и прикладной направленности. Автором лично получены следующие выносимые на защиту **новые научные результаты**:

1. Разработанный метод стабилизации КПН - резонанса, основанный на изменении выходной мощности СВЧ - генератора и тока лазера, обеспечивает воспроизводимость частоты выходного сигнала от включения к включению в пределах $\pm 4,0 \cdot 10^{-11}$ при времени выхода на рабочий режим менее 180 с.

2. Предложенный и реализованный метод настройки КСЧ КПН, основанный на определении экстремумов зависимостей частоты от интенсивности лазера, выходной мощности СВЧ - генератора и температуры ячейки, обеспечивает нестабильность частоты КСЧ КПН менее $3,0 \cdot 10^{-11}$ на интервале времени измерения 1 с.

3. Разработанный метод стабилизации длины волны лазера по линии поглощения рубидия, основанный на регулировании мощности нагрева лазера, обеспечивает нестабильность частоты меньше $3,0 \cdot 10^{-12}$ на интервале времени измерения 100 с.

4. Разработанный метод калибровки системы стабилизации длины волны лазера, основанный на измерении асимметрии пика поглощения в ячейке, обеспечивает нестабильность частоты меньше $1,0 \cdot 10^{-12}$ на интервале времени измерения 1000 с.

Научная новизна полученных лично автором результатов заключается в том, что в рамках диссертационного исследования:

1. Впервые в России создан КСЧ КПН с нестабильностью частоты менее $5,0 \cdot 10^{-13}$ на интервале времени измерений 1000 с при энергопотреблении менее

300 мВт.

2. Разработаны методы и алгоритмы, позволяющие обеспечить воспроизводимость частоты от включения к включению КСЧ КПН в пределах $\pm 4,0 \cdot 10^{-11}$ при времени выхода на рабочий режим менее 180 с.

3. Впервые разработан метод стабилизации температуры поверхностно-излучающего лазера с вертикальным резонатором в квантовых стандартах частоты на основе эффекта когерентного пленения населённости по сигналу детектирования пика поглощения в ячейке.

Практическая значимость полученных результатов

Разработанные алгоритмы и методы КСЧ внедрены в метрологически значимое программное обеспечение КСЧ КПН в составе серийного выпускаемого изделия «Квантовый стандарт частоты МГФК.408484.026 НАП-КПН». Кроме того, разработанные автором методы используются при выполнении других НИОКР ФГУП «ВНИИФТРИ».

Обоснованность и достоверность результатов

Все разработанные методы прошли практическую апробацию. Основные научные и практические результаты докладывались на 8 национальных и международных конференциях.

Замечания по автореферату диссертации

1. Не определен критерий минимальности влияния изменения значений тока инжекции лазера и выходной мощности СВЧ - генератора на резонанс КПН.

2. Отсутствует сравнительный анализ КСЧ с разработанным методом стабилизации КПН – резонанса по отношению к существующим КСЧ.

3. Отсутствует количественная оценка прикладной значимости улучшения нестабильности КСЧ, например, на погрешность определения координат навигационными приемниками.

4. В ссылке на рисунок 7 указано «результаты влияния температуры окружающей среды», а в подписи под рисунком 7 «температуры внутри корпуса».

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы. Выводы, рекомендации и вынесенные на защиту основные положения достаточно обоснованы. Автореферат изложен логично и последовательно.

По теме диссертации опубликованы 14 работ, в том числе 7 – в изданиях, входящих в перечень ВАК.

Исходя из содержания автореферата, диссертация Парёхина Д.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством и содержащую решение частных научных задач.

По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также объему полученных результатов, диссертационное исследование соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых

степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор, Парёхин Д.А., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Заключение

Диссертационная работа написана самостоятельно, обладает внутренним единством, представляет собой законченную научную квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной научной задачи, имеющей теоретическое и прикладное значение. Выводы, рекомендации и выносимые на защиту основные положения достаточно обоснованы. По уровню решения важной научно-технической задачи и её практической значимости диссертационная работа удовлетворяет критериям «Положения о присуждении учетных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Парёхин Данил Александрович, достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Начальник отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



С. Серко

Начальник лаборатории
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России



А. Васильев

Ведущий научный сотрудник 23 отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
кандидат технических наук



Д. Окишев

Подписи Серко С.Г., Васильева А.В. и Окишева Д.А. удостоверяю.
Начальник отделения кадров и строевого

«24» 10 2024 г.



Л. Ставинская

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России (141006, Московская обл., г. Мытищи, ул. Комарова, 13), тел.: 8 (495) 583-99-23, эл.почта: 32gnii@mil.ru