



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

г. Мытищи, Московская обл., 141006

№ 10 2021 г. № 23/ 5793

На № 01-14/8076 от 24.09.2021

Учёному секретарю диссертационного
совета федерального государственного
унитарного предприятия
«Всероссийский научно-
исследовательский институт физико-
технических и радиотехнических
измерений»
М.В.БАЛАХАНОВУ

п/о Менделеево, Солнечногорский р-н,
Московская обл., 141570

Уважаемый Михаил Валентинович!

Высылаю отзыв на автореферат диссертационной работы Полякова Виктора Александровича «Исследование и разработка водородного генератора с двойной сортировкой атомов для уменьшения нестабильности частоты», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Приложение: на 4 л.

Начальник Главного центра

Т.Мамлеев

ФГУП «ВНИИФТРИ»			
Вх. №	18664		
«08»	11	2021 г.	
на	1	листах	
		4	листах

УТВЕРЖДАЮ

Начальник
федерального государственного
бюджетного учреждения «Главный
научный метрологический центр»
Министерства обороны
Российской Федерации



Т.Ф. Мамлеев

« 29 » октября 2021 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Полякова Виктора Александровича «Исследование и разработка водородного генератора с двойной сортировкой атомов для уменьшения нестабильности частоты», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

Диссертационная работа Полякова В.А. посвящена решению актуальной научной задачи, заключающейся в развитии методов и средств для уменьшения нестабильности частоты водородных стандартов частоты и времени (ВСЧВ) промышленного применения на интервале времени измерений до суток.

ВСЧВ являются основой первичного, вторичных и рабочих эталонов Государственной службы времени и частоты и нашли широкое применение в отраслях науки и техники, требующих точных частотно-временных измерений, а именно военные технологии, спутниковая навигация, геодезия и

картография, радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой, служба определения параметров вращения Земли, научные исследования по уточнению физических постоянных. От точности водородных стандартов напрямую зависят ключевые характеристики в соответствующих прикладных областях, поэтому уменьшение нестабильности частоты водородных стандартов представляется исключительно важной научно-технической задачей.

На основании изложенного можно утверждать, что тема диссертационной работы Полякова В.А. «Исследование и разработка водородного генератора с двойной сортировкой атомов для уменьшения нестабильности частоты», посвященной созданию водородного генератора (ВГ), позволяющего уменьшить нестабильность частоты, носит актуальный характер.

В результате исследований лично соискателем получены следующие научные результаты:

1. Проведена теоретическая оценка предельно возможного уменьшения нестабильности частоты при использовании двойной сортировки атомов.

2. Разработана конструкция сортирующей системы, обеспечивающей эффективную фокусировку активных атомов и удаление из пучка нерабочих атомов.

3. Проведено теоретическое и экспериментальное исследование методов перевода атомов из состояния с $F=1, m_F=1$ в $F=1, m_F=-1$. Выбран наиболее подходящий метод.

4. Проведены экспериментальные исследования мощности генерации, добротности спектральной линии и параметра $Q_n \sqrt{P}$ ВГ с двойной сортировкой атомов.

5. Проведены экспериментальные исследования нестабильности частоты ВГ с двойной сортировкой атомов.

Основная научная новизна результатов исследований состоит в следующем:

- выполнена оценка возможного уменьшения нестабильности частоты ВГ, обусловленной тепловыми шумами резонатора, за счет использования двойной сортировки атомов по квантовым состояниям;

- исследована и разработана конструкция системы двойной сортировки (СДС) с учетом ограничений, связанных с использованием в промышленных

стандартах частоты. Выполнено математическое моделирование траекторий движения атомов водорода в СДС для случая шестиполюсных и четырехполюсных сортирующих магнитов. Произведен расчет относительного количества атомов водорода, попадающих в накопительную колбу;

- проведен расчет инвертирующих полей, разработана конструкция, проведено исследование и сравнение эффективности и сложности реализации двух конструкций инвертирующей области, реализующих методы быстрого изменения направления магнитного поля и адиабатического быстрого прохождения.

- проведено экспериментальное исследование ВГ с СДС по методу адиабатического быстрого прохождения. Определены зависимости мощности генерации и добротности спектральной линии от различных параметров СДС: величины и градиента продольного магнитного поля, частоты и амплитуды переменного поперечного магнитного поля, интенсивности пучка атомов водорода.

- исследовано влияние нестабильности параметров инвертирующей области на выходную частоту ВГ.

- проведено исследование метрологических характеристик ВГ с СДС по методу адиабатического быстрого прохождения. Определено СКДО выходного сигнала 5 МГц.

Достаточно высокой оценки заслуживает не только научный уровень, но и практическая значимость работы, особенно с учетом возможности применения ВГ с двойной сортировкой атомов в качестве основы перспективных ВСЧВ для множества приложений: модернизация водородных хранителей; создание перевозимых и бортовых космических квантовых часов нового поколения; модернизация ВСЧВ, вырабатывающих опорный сигнал для фонтанов на основе охлажденных атомов цезия или рубидия.

Анализ представленных в автореферате подходов автора к решаемой задаче, методов и схем проведения исследований, используемых в работе моделей, фактических данных и результатов их экспериментальной обработки позволяет считать результаты, выносимые на защиту, вполне достоверными и обоснованными.

Вместе с тем, судя по автореферату, в работе имеются некоторые недостатки:

1. В автореферате представлены результаты измерений нестабильности частоты ВГ с двойной сортировкой атомов относительно промышленно выпускаемых стандартов времени и частоты, которые имеют худшие характеристики.

2. Не рассмотрена технико-экономическая эффективность применения ВГ с двойной сортировкой атомов по квантовым состояниям.

Однако указанные недостатки и замечания не носят принципиального характера и не меняют общей положительной оценки работы.

Задачи исследования выполнены полностью на достаточном научно-техническом уровне. Новые результаты, выводы и рекомендации базируются на достоверных данных. Работа имеет большое практическое значение. Все это позволяет считать, что диссертационная работа Полякова В.А. удовлетворяет требованиям Положения ВАК, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Начальник 23 отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

«29» октября 2021 года

Серко Сергей Геннадьевич

Ведущий научный сотрудник 23 отдела
ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России
кандидат технических наук (05.11.15)

«29» октября 2021 года

Окишев Дмитрий Александрович

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный научный метрологический центр» Министерства обороны Российской Федерации
Адрес: 141006, Московская область, г. Мытищи, ул. Комарова, д. 13
Телефон: (495) 583-99-23, e-mail: 32gnii@mil.ru