



ДЗЯРЖАЎНЫ КАМІТЭТ ПА СТАНДАРТЫЗАЦЫЮ  
РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства  
«БЕЛАРУСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ  
ІНСТЫТУТ МЕТРАЛОГІІ»  
(БелДІМ)**

Старавіленскі тракт, 93, 220053, г. Мінск  
тэл.: +375 (17) 374 55 01, факс: +375 (17) 244 99 38  
эл. пошта: info@belgim.by, вэб-сайт: www.belgim.by  
УНП 100055197, АКПА 02568454  
IBAN BY11 BPSB 3012 1027 7601 4933 0000  
у ААТ «Сбер Банк», БИК BPSBBY2X

**Республиканское унитарное предприятие  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ»  
(БелГИМ)**

Старовиленский тракт, 93, 220053, г. Минск  
тел.: +375 (17) 374 55 01, факс: +375 (17) 244 99 38  
эл. почта: info@belgim.by, веб-сайт: www.belgim.by  
УНП 100055197, ОКПО 02568454  
IBAN BY11 BPSB 3012 1027 7601 4933 0000  
в ОАО «Сбер Банк», БИК BPSBBY2X

12.11.2021 № 10-16/38070  
На № 01-14/8073 ад 24.09.2021  
02-15/8945 19.10.2021

Ученому секретарю диссертационного  
совета ФГУП «ВНИИФТРИ»  
Балаханову М.В.

О направлении отзывов  
на авторефераты

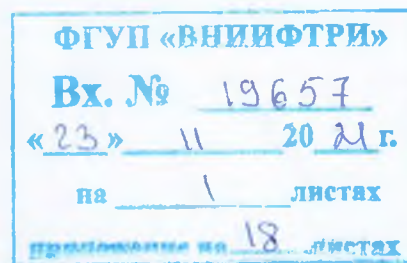
Российская Федерация  
141570, Московская область,  
Солнечногорский район,  
г.п. Менделеево

Белорусский государственный институт метрологии направляет вам отзывы на автореферат диссертационной работы Беленького Д.И. «Разработка методов и средств воспроизведения и передачи единицы дзета-потенциала частиц в жидкостях» и на автореферат диссертационной работы Полякова В.А. «Исследование и разработка водородного генератора с двойной сортировкой атомов для уменьшения нестабильности частоты»

Приложение: Отзыв на автореферат Беленького Д.И. - на 4 листах в 2 экз.  
Отзыв на автореферат Полякова В.А. на 5 листах в 2 экз.

Заместитель директора по науке

Н.В. Баковец



## ОТЗЫВ

организации – РУП «Белорусский государственный институт метрологии» - на автореферат диссертационной работы Полякова Виктора Александровича, выполненную на тему «Исследование и разработка водородного генератора с двойной сортировкой атомов для уменьшения нестабильности частоты» и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

Актуальность темы исследования обусловлена активным применением водородных генераторов в качестве источника опорного сигнала для новейших атомных часов, в радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой. Важнейшими задачей является уменьшение нестабильности частоты на длительном интервале времени. От данного параметра зависит генерация опорного сигнала, применяемого в последующем для решения задач навигации, геолокации, исследований космического пространства. Широкий спектр применения обуславливает проведение достоверных и точных измерений. Наличие шумов в опорном сигнале приводит к дополнительной погрешности передачи единицы, и, как следствие, увеличение неточности приемника. Поскольку сама тема использования водородных генераторов развивается достаточно активно, то к настоящему времени воспроизведение опорного сигнала приблизилось к теоретическому пределу точности. Вместе с тем, возрастают требования к стабильности частоты опорного сигнала. Требовалось проведение теоретических и экспериментальных исследований по изучению процессов, происходящих при генерации частоты, и способов увеличения стабильности генерируемых частот.

Таким образом, на основании приведенных аргументов можно заключить, что выбранная тема диссертационного исследования в настоящее время

актуальна, в ее рамках существует проблемное поле, разработка которого может дать новые научные результаты, важные для поддержания и развития системы метрологического обеспечения.

В соответствии с обоснованной актуальностью автор выбирает структуру работы таким образом, чтобы достичь поставленной цели исследования и решить все сформулированные для ее достижения задачи. В этой связи логичной выглядит структура исследования, состоящая из введения, пяти глав, первая из которых посвящена вопросам анализа и изучения принципа работы и конструктивных особенностей водородного генератора, вторая – поиску оптимальных параметров функционирования водородного генератора, в третьей и четвертой главах рассматриваются методы управления пучком атомов водорода, методы оценки эффективности формирования атомного пучка, пятая глава посвящена результатам работы по разработке конструкции системы двойной сортировки атомов, исследованиям характеристик опытного образца, изготовленного по результатам теоретических исследований, и практическому внедрению результатов диссертации, и заключения.

Для наиболее полного раскрытия заявленной темы автором сформулирована цель диссертации и ее задачи. В частности, целью исследования является уменьшение нестабильности частоты ВСЧВ за счет создания и использования пучка атомов в одном квантовом состоянии.

Достижение этой цели автором осуществляется поэтапно, в каждой из глав своей работы он проводит исследования, позволяющие выйти на комплексный результат, содержащий научную новизну.

В первой главе изложены теоретические основы двойной сортировки атомов и рассмотрен принцип работы водородного генератора.

Во второй главе приведены расчеты оптимальных параметров системы двойной сортировки из четырех магнитов.

В третьей главе рассматриваются методы, описываются физические принципы, сформулированы условия корректной работы метода, позволяющие



обеспечить совершение квантового перехода между подуровнями тонкой структуры.

Четвертая глава посвящена определению преимуществ и недостатков методов оценки эффективности формирования пучка атомов в одном квантовом состоянии. Выделен наиболее информативный метод, однако он же является и наиболее трудоемким.

В пятой главе автор представляет результаты конструкторских работ согласно теоретическим исследованиям. Приводятся результаты экспериментальных исследований на опытных образцах, которые показали, что за счет использования пучка атомов в одном квантовом состоянии уменьшается нестабильность частоты, обусловленная тепловыми параметрами резонатора.

В заключении автор представляет результаты внедрения результатов диссертации и формулирует перспективы развития разработанной системы СДС.

Вышеуказанная структура диссертации позволяет автору решить поставленные задачи и получить результаты, которые могут быть успешно внедрены в практику метрологического обеспечения. Заслуживают отдельного внимания положения, выносимые на защиту:

- для ВГ с двойной сортировкой атомов достижимо уменьшение нестабильности частоты, обусловленной тепловыми шумами резонатора, в 1,6 раза по сравнению с промышленно выпускаемыми ВГ;
- разработанная конструкция СДС с учетом ограничений, связанных с использованием промышленных ВСЧВ, обеспечивает фокусировку максимального количества атомов водорода в накопительную колбу, при этом доля рабочих атомов в пучке достигает 96 %;

- метод адиабатического быстрого прохождения обеспечивает надежность и воспроизводимость результатов в обычных условиях эксплуатации промышленно выпускаемых ВГ;
- применение ВГ с системой двойной сортировки атомов позволяет увеличить параметр  $Q_n \sqrt{P}$  промышленно выпускаемых ВГ в 1,5 раза;
- нестабильность частоты ВГ с системой двойной сортировки атомов на интервале измерения 1 сутки составляет  $(1,3-1,5) \cdot 10^{-16}$ .

Диссертационная работа в целом производит впечатление цельного самостоятельного исследования, основные научные положения, выводы, предложения и рекомендации достаточно логичны и аргументированы. Их можно считать значимыми для национальной экономики России и имеющими научную новизну. В работе использованы различные теоретические и практические данные, наиболее характерно отражающие специфику рассматриваемого вопроса.

Работа базируется на широком теоретическом и практическом материале. Для решения поставленных задач в работе применены различные научно-технические методы и методические решения.

Диссертация Полякова В.А. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена важная научно-промышленная задача. Основное содержание работы отражено в авторских публикациях и имеет высокую научную и практическую значимость.

Теоретические и практические разработки автора отличаются глубиной исследования, в достаточной степени аргументированы.

Считаем целесообразным продолжить автору работы исследования по тематике диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации и автореферата, предъявляемым требованиям.

Диссертационная работа в полной мере отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение, а ее автор Поляков В.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Директор РУП «Белорусский  
государственный институт  
метрологии», к.т.н., доцент



Гуревич Валерий Львович

220053, Республика Беларусь,  
г. Минск, Старовиленский тракт, 93

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.