



РФЯЦ-ВНИИЭФ  
РОСАТОМ

Федеральное государственное  
унитарное предприятие  
**РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР**  
Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
экспериментальной физики  
(ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»)

пр. Мира, д.37,  
г. Саров, Нижегородская обл., 607188  
Факс: 83130 29494 E-mail: staff@vniief.ru  
Телетайп: 151535 «Мимоза»  
ОКПО 07623615, ОГРН 1025202199791  
ИНН 5254001230, КПП 525401001

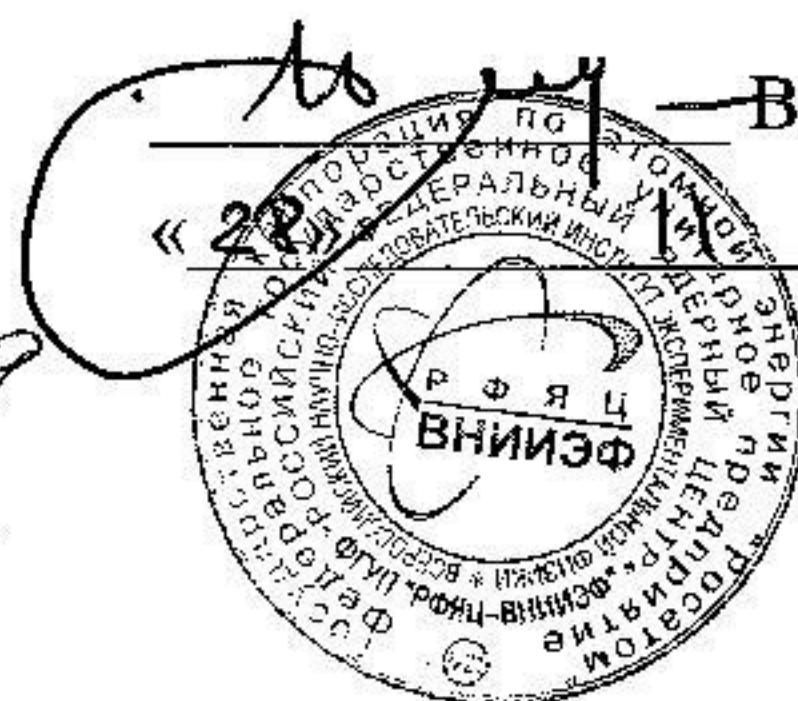
УТВЕРЖДАЮ

*И.З. Мусин* Директор  
доктор технических наук  
профессор

И.З. Мусин

В.Е. Костюков

2022 г.



*И.З. Мусин* № *195-4/296139*

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного унитарного предприятия Российского федерального ядерного центра Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики на диссертационную работу Ефанова Михаила Владимировича «Разработка и исследование сверхмощных твердотельных нано-пикосекундных генераторов и их применение», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки.

#### 1. Актуальность исследований

В различных отраслях науки и народного хозяйства требуются мощные высоковольтные генераторы наносекундных и пикосекундных импульсов напряжения, работающие в импульсно-периодическом режиме работы с частотами повторения импульсов, до единиц мегагерц. Для примера можно привести следующие направления науки и техники: источники питания электрофизических установок различного назначения; ускорительная техника; лазерные технологии; генераторы сверхширокополосных импульсов (СШП-генераторы); физика плазмы и физика газового разряда; радиолокационную технику и многое другое.

Актуальность изложенных в диссертации исследований определяется востребованностью и новизной уникального набора параметров разработанных и созданных генераторов высоковольтных импульсов. В различных вариантах



реализации генераторов достигнуты следующие выходные параметры: амплитуда импульса до 500 кВ; полуширина длительности импульса напряжения в диапазоне от 30 пс до 40 пс; частота следования импульсов высокого напряжения до 15 МГц. По совокупности выходных параметров рассматриваемые генераторы высоковольтных импульсов в настоящее время превосходят все известные приборы, используемые для генерации субнаносекундных высоковольтных импульсов. Таким образом, создание средств и способов, обеспечивающих работу современных наукоёмких электрофизических установок, является актуальной научной задачей, решение которой лежит в области электрофизики, что соответствует задачам специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки.

## **2. Научная новизна проведённого исследования, полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации**

1. Предложенный автором в диссертации новый принцип построения компактных наносекундных генераторов гигаваттной мощности на основе твердотельных ДДРВ и ФИД ключей и новых электронных схем с индуктивными накопителями энергии, позволил создавать новые эффективные генераторы с амплитудой импульса напряжения до 500 кВ, при этом уменьшить их массогабаритные характеристики.

2. Разработанный автором новый метод построения высокостабильных генераторов высоковольтных прямоугольных импульсов напряжения с размыкающими ДДРВ ключами позволил увеличить долговременную стабильность амплитудных и временных параметров выходных импульсов генератора. Достигнута и экспериментально измерена амплитудная нестабильность – не более 0,1% от максимальной амплитуды 27 кВ и временная нестабильность – 30 пс RMS при полной задержке 300 нс.

3. Представленный автором в диссертации новый метод построения генераторов субнаносекундной длительности на основе высокочастотных ДДРВ ключей позволил создать генератор с высокой частотой повторения импульсов до 15 МГц, с длительностями импульсов от 300 пс до десятков наносекунд, с амплитудой от 0,6 кВ до 10 кВ, с высокой надёжностью, эффективностью и компактностью.



4. Предложенный автором диссертации метод построения генераторов высоковольтных пикосекундных импульсов высокого напряжения с повышенной пиковой мощностью до 5 МВт в полосе частот 10-18 ГГц, позволил создать генераторы импульсов напряжения превосходящие на три порядка по амплитуде и на шесть порядков по пиковой мощности мировые аналоги импульсных генераторов с фронтами 30-40 пс.

5. Выполненные автором экспериментальные исследования по увеличению временной стабильности пикосекундного высоковольтного генератора в диапазоне частот повторения от 100 Гц до 100 кГц, позволили достигнуть джиттера порядка 2 пс RMS, при этом полный размах отклонения задержки составил 9 пс при полной задержке 90 нс.

6. Проведенные исследования и разработки автора диссертации позволили создать СШП-излучатель с полушириной длительности импульса 60 пс на основе генератора пикосекундных импульсов с фронтом около 50 пс и амплитудой импульса напряжения более 10 кВ. Разработанный генератор позволил провести экспериментальное исследование прохождения СШП-импульсов с фронтом 60 пс через атмосферу Земли на расстоянии до 10-15 км. Эксперимент показал слабое влияние на СШП-сигнал на этом расстоянии.

### **3. Значимость для науки и производства, полученных автором диссертации результатов**

Значимость полученных для науки состоит в возможности верификации расчётно-теоретических моделей по результатам проведённых в работе экспериментов по распространению СШП-сигналов в свободной атмосфере Земли на большие расстояния.

Практическая значимость заключается в создании технологии мощных наносекундных и пикосекундных генераторов импульсов напряжения нового поколения, применяемых для генерации СШП-импульсов, создания лазерных систем и радиолокационных систем.

### **4. Обоснованность достоверности представленных результатов**

Обоснованность представленных автором диссертации методов, подходов, новых схематических решений подтверждается уникальными параметрами



генераторов импульсного напряжения, которые разработаны и созданы автором и применяются в различных областях науки и техники.

Достоверность полученных результатов обеспечена высоким уровнем экспериментальной техники, надёжной статистикой экспериментов и применением современных представлений и методов обработки данных.

Апробация результатов, представленных в диссертации, проводилась на рабочих совещаниях организаций, использующих созданные изделия:

- для запитки лазеров – ВНИИИЭФ;
- для ускорительной техники – ИЯФ СО РАН;
- для питания СШП-излучателей – МНИРТИ, ОИВТ РАН, ВНИИОФИ.

Основные результаты, полученные автором в диссертационной работе отражены в научных статьях в рецензируемых журналах.

## **5. Замечания по диссертационной работе**

1. Замечание к оформлению диссертационной работы и автореферата – отсутствуют подписи ко многим рисункам, а половина рисунков не имеет названий.

2. Первые четыре главы диссертации очень хорошо и полно демонстрируют диссертационную работу автора «Разработка и исследование сверхмощных твердотельных нано-пикосекундных генераторов и их применение», полностью соответствуя заявленной специальности – 1.3.13. Изложенные в 5 главе, экспериментальные исследования деформации пикосекундных СШП-импульсов в атмосфере Земли с применением разработанных генераторов, сильно выделяется на фоне первых 4 глав. Подобные исследования больше подходят к диссертации кандидата физико-математических наук.

## **6. Заключение**

Диссертационная работа Ефанова Михаила Владимировича «Разработка и исследование сверхмощных твердотельных нано-пикосекундных генераторов и их применение» отличается обстоятельным и грамотным научным стилем изложения, не содержит неясностей, сопровождается ссылками на довольно обширную библиографию, содержит совокупность новых научно обоснованных результатов и положений, выносимых на защиту, носит целостный характер и признаки



личного вклада автора. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы.

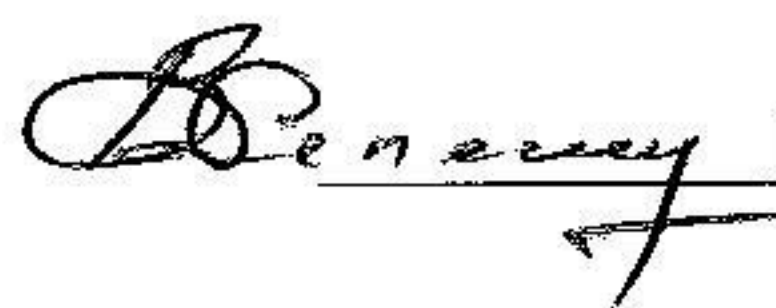
Все перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей значимости диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» № 842 от 24.09.2013., (ред. 07.06.2021г.)а её автор Ефанов Михаил Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.13 – электрофизика, электрофизические установки.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании Научно-технического Совета НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ «22» ноября 2022 г., протокол № 16.

Отзыв составлен:

Селемир Виктор Дмитриевич, член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., 607188 г.Саров Нижегородской обл., пр. Мира д.37, 8(83130)2-75-24, [selemir@vniief.ru](mailto:selemir@vniief.ru).

Директор НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ

 В.Д.Селемир

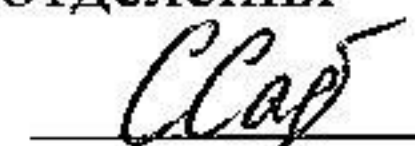
Жданов Виктор Станиславович, 607188 г.Саров Нижегородской обл., пр. Мира д.37, 8(83130)2-81-97, [zhdanov@ntc.vniief.ru](mailto:zhdanov@ntc.vniief.ru).

Начальник научно-исследовательского отделения  
НПЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ

 В.С. Жданов

Садовой Сергей Александрович, к.ф.-м.н., 607188 г.Саров Нижегородской обл., пр. Мира д.37, 8(83130)2-89-29, [sadovoy@ntc.vniief.ru](mailto:sadovoy@ntc.vniief.ru).

Заместитель начальника научно-исследовательского отделения –  
начальник научно-исследовательского отдела

 С.А. Садовой