

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Егорова Романа Владимировича «Повышение эффективности клистронов большой мощности – теория и эксперимент», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика»

Диссертация посвящена теоретическому и экспериментальному изучению повышения эффективности клистронов в связи с их широким применением в промышленности, науке, медицине в качестве источников большой мощности СВЧ. Клистроны также используются в радиолокации, в системах радиоэлектронной борьбы. Повышение эффективности усилителей является **актуальной задачей** в ускорительной технике, поскольку увеличение КПД клистронов снижает общее энергопотребление источников питания. Соискателем исследовано взаимодействие многолучевого электронного потока с высокочастотными электромагнитными полями в клистронных усилителях с уровнем выходной мощности выше 1 МВт. Преимуществом многолучевой конструкции является реализация большого общего тока пучков и низкой плотности пространственного заряда отдельного пучка при значительно меньшем питающем напряжении.

В работе получены следующие **новые научные результаты**:

1) разработаны, сконструированы и испытаны первые в мире БАК – клистроны с импульсной выходной мощностью 6 МВт и эффективностью 64%, что на 15-20% выше по сравнению с прототипом и зарубежными аналогами того же уровня выходной мощности, работающих на частоте входного сигнала 2,9985 ГГц;

2) показана возможность повышения выходной мощности разработанных БАК – клистронов до уровня 10-40 МВт;

3) создана трёхмерная модель многолучевого клистрона на основе разработанной конструкции, позволяющая проводить трёхмерный анализ физических процессов;

4) выявлены физические причины ограничения эффективности многолучевых клистронов, заключающиеся в интерференции волн в выходном резонаторе, размеры которого сравнимы с длиной волны;

5) рассмотрена возможность применения нескольких колебаний ядра сгустка БАК – группировки с целью получения эффективности выше 80% в однолучевом клистроне для разрабатываемого ускорителя.

**Практическая ценность** работы заключается в том, что разработаны и испытаны первые в мире мощные многолучевые клистроны с новым способом группировки электронов (БАК – метод). Первые БАК – клистроны имеют импульсную выходную мощность 6 МВт и эффективность существенно большую (15-20%) по сравнению с аналогами. Клистроны работают при питающем напряжении 52 кВ, что в 2,5 раза ниже однолучевых аналогов. Важным преимуществом таких клистронов является применение постоянных магнитов в качестве фокусирующей системы, что позволяет избежать энергопотребления магнитной системой.

Автореферат изложен ясно и кратко, имеет четкую структуру и объем.

К недостаткам автореферата можно отнести:

1) Малый размер представленных изображений.

2) Некорректная формулировка 4 положения, выносимого на защиту. Соискатель пишет, что основным физическим ограничением эффективности усиления является

интерференция волн в щели связи сверхразмерных кольцевых выходных резонаторов. Интерференция волн происходит во всем объеме полости резонансной системы, а результирующее поле бегущей волны, фиксируемое измерителем мощности, получается в щели связи вывода энергии.

Тем не менее, данные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

**Основные результаты опубликованы** в 13 работах, в том числе в 7 статьях, входящих в перечень ВАК, а также индексируемых в базах данных Web of Science, 5 – в трудах Международных и Всероссийских конференций.

В целом диссертация является законченным исследованием, выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а сам автор диссертационной работы Егоров Роман Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Заведующий лабораторией  
д.ф.-м.н.  
(шифр научной специальности 01.04.01)

15.11.2019  Чумерин П.Ю.  
подпись, дата

Данные об авторе отзыва:

Чумерин Павел Юрьевич, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Научно-исследовательская лаборатория СВЧ – технологии.

Адрес:


634028, г. Томск, пр-кт Ленина, д. 2-А, стр.11 кор. А, Томский политехнический университет, научно-исследовательская лаборатория СВЧ – технологии.

Контакты:

E-mail: chumerinpy@tpu.ru,


Тел.: +7 (3822) 60-62-31

Я, Чумерин Павел Юрьевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ.01.08 и их дальнейшую обработку

15.11.2019   
подпись, дата

Подпись Чумерина Павла Юрьевича удостоверяю  
Ученый секретарь Ученого совета ТПУ



 Ананьева О.А.  
подпись, дата