



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**Заключение диссертационного совета МГУ.01.08
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

Решение диссертационного совета от 12 декабря 2019 г. № 16.

О присуждении Егорову Роману Владимировичу, гражданину Российской Федерации, 1991 года рождения, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Повышение эффективности клистронов большой мощности – теория и эксперимент» по специальности 01.04.03 — «Радиофизика» принята к защите 10 октября 2019 г., протокол № 12, диссертационным советом МГУ.01.08.

Соискатель Егоров Роман Владимирович в 2017 году окончил магистратуру физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова с отличием по специальности «Физика» со специализацией «Радиофизика». С 2017 года по настоящее время обучается в очной аспирантуре Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «Радиофизика». В 2015–2017 гг. соискатель проходил практику в ООО «Базовые технологии и компоненты вакуумных приборов». В настоящее время не работает.

Диссертация выполнена в лаборатории беспроводной передачи энергии и микроволновой электроники на кафедре фотоники и физики микроволн физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — Саввин Владимир Леонидович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Черепенин Владимир Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией математических методов радиофизики Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской Академии наук (ИРЭ РАН),

Шешин Евгений Павлович, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой вакуумной электроники факультета физической и квантовой электроники Московского физико-технического института (национального исследовательского университета),

Коннов Александр Викторович, кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории отдела разработки клистронов Научно-производственного предприятия «ТОРИЙ» (АО «НПП «ТОРИЙ»),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них 7 научных публикаций в рецензируемых научных изданиях, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 01.04.03. Все представленные в

работе результаты получены автором лично или при его определяющем участии. В качестве наиболее значимых можно выделить следующие работы:

1. Егоров Р.В., Гузилов И.А., Масленников О.Ю. Импульсный 6 МВт БАК многолучевой клистрон // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал], 2017, № 7. (IF = 0,354).
2. Егоров Р.В., Гузилов И.А., Масленников О.Ю., Саввин В.Л. О возможности повышения выходной мощности БАК-клистронов // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал], 2017, № 10. (IF = 0,354).
3. Михеев Д.А., Саввин В.Л., Егоров Р.В., Ву К.Т.Ч. Динамика ленточного электронного потока в циклотронном преобразователе энергии // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал], 2018, № 4. DOI: 10.30898/1684-1719.2018.4.2. (IF = 0,354).
4. Михеев Д.А., Саввин В.Л., Егоров Р.В., Ву К.Т.Ч. О возможности создания клистронов с 3D-группировкой электронного потока // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал], 2018, № 4. DOI: 10.30898/1684-1719.2018.4.1. (IF = 0,354).
5. Егоров Р.В., Гузилов И.А., Масленников О.Ю., Саввин В.Л. О возможности применения двух БАК-колебаний в клистроне с высокой эффективностью // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал], 2018, № 9. DOI: 10.30898/1684-1719.2018.9.15. (IF = 0,354).
6. Егоров Р.В., Гузилов И.А., Масленников О.Ю., Саввин В.Л. БАК-клистроны — новое поколение клистронов в вакуумной электронике // Вестник Московского Университета. Серия 3: Физика и Астрономия, 2019, №1, с. 36-39. / Egorov R.V., Guzilov I.A., Maslennikov O.Yu., Savvin V.L. *BAC-Klystrons: A New Generation of Klystrons in Vacuum Electronics // Moscow University Physics Bulletin, 2019, Vol. 74, No. 1, pp. 38-42. DOI: 10.3103/S0027134919010077 (IF = 0,933).*
7. Егоров Р.В., Саввин В.Л. Трёхмерное моделирование процессов усиления в многолучевом клистроне // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал], 2019, № 6. DOI: 10.30898/1684-1719.2019.6.1. (IF = 0,354).

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются специалистами в области радиофизики, вакуумной электроники и имеют публикации по тематике диссертации. Указанные оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований впервые проведена экспериментальная проверка нового метода группирования электронов в клистронных усилителях большой мощности, достигнутая эффективность на 15-20% выше по сравнению с прототипом и зарубежными аналогами того же уровня выходной импульсной мощности (6 МВт), работающих на частоте входного сигнала 3 ГГц. Разработана оригинальная трехмерная модель взаимодействия многолучевого потока с высокочастотными полями многорезонаторного клистрона. Модель позволила выявить физические ограничения эффективности многолучевых усилителей.

Внедрение результатов работы позволит создать новое поколение мощных многолучевых клистронов, превосходящих отечественные и зарубежные аналоги. Результаты диссертации могут быть использованы в МГУ имени М.В. Ломоносова и других высших учебных заведениях в основных образовательных программах при создании новых и обновлении имеющихся материалов учебных курсов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Получено, что:

1. Проверена в расчётах и подтверждена в экспериментах возможность повышения эффективности клистрона за счет применения нового метода группирования электронов (БАК – метода). Динамические испытания первых многолучевых БАК-клистронов, проведенные в ОИЯИ (г. Дубна) и в ЦЕРН (г. Женева), показали впервые усиление СВЧ с максимальной выходной мощностью 7 МВт и эффективностью 64%, что на 15-20% выше по сравнению с прототипом и зарубежными однолучевыми аналогами, в которых используется традиционная группировка электронного потока.

2. Расчётная эффективность модифицированных БАК – клистронов на основе разработанной конструкции с выходной мощностью от 10 до 40 МВт находится на уровне $67 \div 70\%$.


3. Проведенные теоретические исследования с применением нескольких БАК – колебаний электронного сгустка демонстрируют, что КПД существующих однолучевых клистронных усилителей в ускорительной технике может быть выше 80%.

4. Трёхмерный анализ показал, что физическим ограничением эффективности многолучевых усилителей является фазовое запаздывание волн в кольцевых выходных резонаторах, размеры которых сравнимы с длиной волны.


На заседании 12 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Егорову Роману Владимировичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — 16, «против» — 0, недействительных бюллетеней — 1.

Председатель
диссертационного совета МГУ 01.08
доктор физико-математических наук,
профессор


Салецкий Александр Михайлович

Учёный секретарь
диссертационного совета МГУ 01.08
доктор физико-математических наук,
доцент


Косарева Ольга Григорьевна

Дата оформления заключения: 12 декабря 2019 г.