

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Заборонковой Татьяны Михайловны на диссертацию Симакова Евгения Сергеевича «Излучение пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных структур с малым периодом», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4 Радиофизика.

В диссертации рассматривается излучение пучков заряженных частиц, пролетающих вблизи периодической структуры, которая представляет собой проводящую гофру. Исследуется излучение пучка в диапазоне длин волн, которые намного больше ее периода. Следует отметить, что поставленная задача принципиально отличается от широко изученных ранее задач СВЧ электроники, где в первую очередь рассматривается электромагнитное излучение на длинах волн, сопоставимых с периодом структуры (излучение Смита-Парселла). В настоящее время особенности излучения пучков в диапазоне длин волн намного больших периода проводящей гофры проанализированы недостаточно полно. В то же время, излучение в этом диапазоне длин волн представляет интерес как для развития теории излучения частиц, так и для приложений, прежде всего связанных с ускорителями и диагностикой пучков. Следует отметить, что в последние годы количество публикаций, посвященных излучению частиц на периодических структурах в указанном выше приближении существенно увеличилось, что также свидетельствует об актуальности темы работы.

В диссертации решается ряд задач по определению электромагнитного поля, генерируемого протяженным тонким заряженным сгустком с заданным продольным профилем при движении его либо вдоль, либо поперек гофрированной поверхности. Кроме того, исследован случай движения пучка заряженных частиц в полубесконечном волноводе с гофрированной стенкой с последующем вылетом в свободное пространство из открытого торца такого волновода. Опубликованные к настоящему времени на эту тему результаты получены для гофрированных волноводов бесконечной длины. Во всех задачах, рассмотренных в работе, решение строится с помощью применения эквивалентных граничных условий, что возможно вследствие условия малости периода по отношению к длинам волн в изучаемом частотном диапазоне. Рассматриваются два вида гофрирования: мелкое и глубокое, которые отличаются видом усредненного импеданса. Задачи расположены в порядке возрастания математической сложности, что весьма логично. Основные результаты, представленные в заключении диссертации, являются новыми.

Стоит отметить, что проведенный автором анализ в диапазоне длин волн намного больших периода проводящей гофры справедлив при любом продольном размере сгустка. Если размер сгустка не превышает периода структуры, то, наряду с излучением на относительно низких частотах по отношению к периоду гофры, которое рассмотрено

в диссертации, появляется и излучение Смита-Парселла. Если же продольный размер сгустка частиц существенно превышает период структуры, то низкочастотное излучение является преобладающим.

В первой главе анализируется излучение, возникающее при движении сгустка частиц вдоль гофрированной поверхности с малой (в масштабе длин волн) глубиной канавок и сквозь такую поверхность. Следует отметить, что результаты решения задачи о движении сгустка сквозь поверхность, являются весьма ценными с практической точки зрения, т.к. металлизированные “экраны” используются в экспериментальной ускорительной технике в качестве элемента детектора на переходном излучении. При этом свойства переходного излучения, генерируемого на гофрированной плоскости, можно дополнительно варьировать подбором соответствующих параметров гофры.

Во второй главе рассматривается гофрированная поверхность с достаточно глубокими канавками сравнимыми с длиной волны. В плане возбуждения излучения такая структура оказывается еще более перспективной, чем предыдущая, т.к., например, поддерживает генерацию излучения в более широком диапазоне скоростей движения частиц сгустка. Кроме того, такая структура предоставляет больше возможностей для перестройки с помощью изменения глубины гофры.

В третьей главе рассмотрен ряд волноводных задач. Показано, что гофрировка стенки волновода выполняет роль, аналогичную слою диэлектрика: в волноводе генерируется «кильватерное» поле (излучение Вавилова-Черенкова позади заряда в виде набора волноводных мод). Как известно, именно диэлектрические волноводы обычно применяются для кильватерного ускорения заряженных частиц. В работе показано, что исследованный в диссертации волновод с глубокогофрированной стенкой также может использоваться в качестве альтернативной структуры, применяемой для кильватерного ускорения частиц.

Отдельно следует отметить высокую степень сложности расчетов, представленных в последнем разделе 3-й главы, где получено строгое решение дифракционной задачи об излучении волноводной моды из открытого конца глубокогофрированного волновода. Ранее аналогичные задачи о дифракции волн на открытом конце волноводов рассматривались на примере волноводов со слоистым диэлектрическим заполнением.

К тексту диссертации имеются некоторые вопросы и замечания:

1. В качестве плоскости, на которой ставятся эквивалентные граничные условия, выбирается верхняя граница гофры, однако такой выбор положения этой плоскости не поясняется. Этот вопрос касается, прежде всего, случая глубокой гофры.

2. Желательно было бы привести для сравнения рисунки, иллюстрирующие зависимость импеданса гофрированной поверхности от параметров структуры.

3. Третье замечание касается оценки предела применимости результатов первых двух разделов работы. В них подробно изучены два предельных случая движения пучка (строго вдоль или поперек) относительно поверхности гофрированной структуры и

отмечены соответствующие особенности излучения. Для практического применения полученных эффектов необходимо оценить величину «критического» отклонения угла падения пучка от двух предельных направлений, начиная с которого перестают «работать» результаты, полученные вдоль (или поперек) движения пучка и начинают доминировать новые.

Сделанные выше замечания не влияют на общую оценку работы. Диссертация представляет собой законченное научное исследование в области теоретической радиофизики. Она выполнена на должном научном уровне с использованием хорошо обоснованных методов аналитического исследования. Результаты работы представляются вполне достоверными. Они вносят существенный вклад в теорию излучения заряженных частиц на периодических структурах и могут служить теоретической основой для новых методов генерации и диагностики в экспериментальной физике пучков заряженных частиц и в электронике СВЧ. Основные результаты работы опубликованы в журналах, которые индексируются в международных и российских базах. Автором был сделан ряд докладов на российских и международных конференциях.

Диссертация Симакова Евгения Сергеевича на тему «Излучение пучков заряженных частиц в присутствии проводящих гофрированных структур с малым периодом», является законченной научно-квалификационной работой и соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Симаков Евгений Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.4 Радиофизика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

**Член диссертационного совета**

Заборонкова Татьяна Михайловна,

доктор физико-математических наук, профессор;

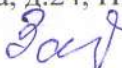
профессор Нижегородского государственного

технического университета им. Р.Е. Алексеева,

почтовый адрес; 603950 Нижний Новгород,

ул. Минина, д.24, НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Подпись



Дата: 22.10.2024

Подпись Т.М. Заборонковой заверяю

Ученый секретарь

НГТУ им. Р.Е. Алексеева



Мерзляков И.Н.