

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
Федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Санкт-Петербургский  
государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И.  
Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ  
«ЛЭТИ»)

В. А. Тупик

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу  
**Литинской Елены Алексеевны** «Низкопрофильные антенные решётки с  
механоэлектрическим типом сканирования», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 –  
«Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

### *Актуальность темы диссертационной работы.*

Активное развитие сетей спутниковой связи ужесточает требования к характеристикам направленности антенн наземных терминалов и их массогабаритным параметрам. Для обеспечения доступа к телекоммуникационным ресурсам на подвижных объектах независимо от географического местоположения потребителя необходимо, чтобы антенна обладала широким сектором углов сканирования. Существующие решения антенн мобильных терминалов спутниковой связи характеризуются либо ограниченным сектором сканирования, либо низкой эффективностью. Таким образом, существует необходимость создания антенн с высокой эффективностью, широким сектором сканирования и малыми габаритами. Использование механоэлектрических типов управления диаграммой направленности (ДН) антенны и эффективных типов излучателей позволяет удовлетворить вышеуказанным требованиям. Особенного внимания требуют вопросы сохранения характеристик направленности антенных решёток (АР) с механоэлектрическим типом сканирования в широком секторе углов сканирования при минимальном профиле антенны.

Все вышесказанное обуславливает актуальность работы, направленной на развитие и исследование механоэлектрических способов управления лучом

антенны и разработке на их основе АР с широкоугольным сканированием и малыми массогабаритными показателями.

### *Содержание диссертации*

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, отмечены практическая значимость работы (сведения о внедрении результатов), научная новизна исследований, описаны методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы, о структуре диссертации.

В *первой главе* приведены примеры современных антенн, используемых для организации спутниковой связи в движении, определены основные требования к ним. Кроме того, представлены основные подходы к исследованию и разработке антенных решёток с механоэлектрическим сканированием, освещены связанные с этим технические проблемы и ограничения. При анализе существующих решений низкопрофильных антенн с различными типами сканирования сформированы цели и задачи диссертационного исследования.

Во *второй главе* исследуется влияние геометрических параметров АР с механоэлектрическим типом сканирования на характеристики направленности решётки. Полученные выражения, определяющие основные геометрические параметры АР с механоэлектрическим сканированием, позволяют оценить достижимый сектор углов сканирования и габариты всей антенны. Выполнены исследование и анализ характеристик направленности АР с механоэлектрическим сканированием при различных способах разбиения АР на подрешётки при неизменной апертуре.

В *третьей главе* рассмотрена микрополосковая АР с широкоугольным механоэлектрическим сканированием и малыми размерами. Исследованы и разработаны антенные элементы на основе резонатора Фабри–Перо с линейной и круговой поляризациями, обладающие высоким коэффициентом использования поверхности (КИП). Рассмотрена АР на основе резонаторов Фабри–Перо с КИП более 30% во всей полусфере. Исследованы способы улучшения характеристик направленности АР на основе резонаторов Фабри–Перо в области углов сканирования  $70^\circ$ – $90^\circ$  при помощи радиопоглощающего материала, размещенного на задней поверхности затеняющей подрешётки.

*Четвертая глава* представляет результаты экспериментальных исследований макетов АР с механоэлектрическим типом сканирования. Экспериментальное исследование характеристик антенн проводилось в безэховой камере.

***Научная новизна полученных автором результатов, выводов и рекомендаций.***

Научная новизна результатов, полученных автором, состоит в следующем:

- получены выражения, определяющие основные геометрические параметры АР с механоэлектрическим типом сканирования, позволяющие оценить размеры АР и её достижимый сектор углов сканирования;
- предложена микрополосковая АР с механоэлектрическим типом сканирования с улучшенными характеристиками направленности в секторе углов  $0^{\circ}$ – $60^{\circ}$  по сравнению с АР, управляемой электронно, с идентичной апертурой;
- предложен антенный элемент на основе резонатора Фабри–Перо для построения на его основе АР с механоэлектрическим типом сканирования с целью увеличения эффективности антенны в секторе углов  $0^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ;
- предложена диаграммообразующая схема для АР на основе резонатора Фабри–Перо, обеспечивающая малый уровень вносимых потерь и малый профиль всей решётки;
- предложено использование радиопоглощающего материала на задней поверхности затеняющей подрешётки АР на основе резонаторов Фабри–Перо для повышения КУ решётки в области низких углов;

Предложенная конструкция АР на основе резонаторов Фабри–Перо, благодаря её малым габаритам и широкому сектору сканирования, может быть использована в качестве антенны наземного терминала спутниковой связи на подвижных объектах

Разработанный антенный элемент на основе резонатора Фабри–Перо может быть применен в качестве элемента низкопрофильной АР с различными типами сканирования.

### ***Значимость и достоверность результатов работы***

Диссертационная работа имеет высокую практическую значимость. Результаты исследований, полученные в настоящей диссертационной работе, нашли применение в составе НИР и ОКР, выполненных в АО «НПП «Радиосвязь», ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», что подтверждается актами внедрения. Диссертационная работа основывается на корректном использовании современных САПР, апробированных экспериментальных методик и высокоточного оборудования. Результаты работы являются воспроизводимыми, результаты моделирования и экспериментальные результаты количественно совпадают.

По материалам диссертации опубликовано 19 научных работ, включая 3 статьи в рекомендованных ВАК РФ изданиях, 11 в сборниках публикаций, индексируемых в наукометрической базе Scopus, 7 в Web of Science, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

### ***Замечания по работе***

В ходе обсуждения работы выявлены следующие недостатки:

1. Разработанная антенная решетка на основе резонаторов Фабри-Перо имеет уровень боковых лепестков выше -10 дБ. Из работы не ясно, как это сказывается на шумовых свойствах антенны и насколько снижает преимущество в коэффициенте усиления.
2. В диссертации "предметом исследования является реализация низкопрофильных антенных решёток с механоэлектрическим широкоугольным сканированием и высоким коэффициентом усиления". Однако механоэлектрическому узлу антенны вовсе не уделено внимание. Тем не менее этот узел нельзя считать тривиальным. Эта механика повлияет на стоимость, долговечность, скорость и даже может повлиять на полевые характеристики антенной решетки. Эти оценки в работе не представлены, нет оценок по скорости сканирования.
3. Улучшение зависимости КУ путем введения поглотителя нуждается в подробном обосновании и иллюстрации. Не ясно за счет чего достигается эффект улучшения направленности АР при больших углах отклонения луча и как применение поглотителя влияет на другие характеристики антенны, помимо усиления.
4. К сожалению, в тексте диссертации встречаются фрагменты с неудачным стилем изложения, опечатки и пунктуационные неточности.

Перечисленные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы и ее значимость в решении задач проектирования низкопрофильных антенных решёток с широкоугольным сканированием для сетей спутниковой связи.

#### *Заключение*

Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения» о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, №842 (ред. от 28.08.2017, №1024), так как является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, содержащей решение актуальных задач, заключающееся в комплексном подходе к исследованию АР с механоэлектрическим типом сканирования.

Учитывая вышеизложенное, считаем, что Литинская Елена Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Отзыв на диссертационную работу обсужден на заседании кафедры теоретических основ радиотехники «27» апреля 2022 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой  
теоретических основ  
радиотехники, д. т. н., профессор,  
Санкт-Петербургский  
государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова  
(Ленина)



В. Н. Ушаков

Наименование организации:	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Почтовый адрес	Российская Федерация, 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5
E-mail	info@etu.ru
Телефон	+7 (812) 346-44-87
Должность, степень	Заведующий кафедрой теоретических радиотехники, д.т.н., профессор
Ф И О	Ушаков Виктор Николаевич