



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники



РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ



ФАКУЛЬТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ



ФАКУЛЬТЕТ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ



ГУМАНИТАРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЗОПАСНОСТИ



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



ЮРИДИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



ФАКУЛЬТЕТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ



**ВЫБИРАЯ БУДУЩЕЕ,  
ВЫБИРАЙ TUSUR!**

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129 E-mail: [onir@main.tusur.ru](mailto:onir@main.tusur.ru)  
Телефон/Факс: (3822) 900-100 Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: [magistrant.tusur.ru](http://magistrant.tusur.ru)

## Сборник избранных статей научной сессии TUSUR



ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
«НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUR–2020»

г. Томск, 13–30 мая 2020 г.  
(в двух частях)

**ЧАСТЬ 1**

г. Томск

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

# **Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР**

**по материалам  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2020»**

**13–30 мая 2020 г., г. Томск**

**В двух частях**

Часть 1

В-Спектр  
2020

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**

**ББК 32.84я431+32.988я431**

**С 23**

**С 23** Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 13–30 мая 2020 г.: в 2 частях. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 1. – 332 с.

**ISBN 978-5-91191-434-9**

**ISBN 978-5-91191-435-6 (Ч. 1)**

ISBN 978-5-91191-436-3 (Ч. 2)

Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР включает избранные доклады по итогам Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Конференция посвящена различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированных систем управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, нанофотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности, в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защиты информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

**ISBN 978-5-91191-434-9**

**ISBN 978-5-91191-435-6 (Ч. 1)**

© Том. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2020

<b>Д.И. Дудник</b>	
ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ФУНКЦИИ ПРОПУСКАЮЩИХ МНОГОСЛОЙНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР .....	208
<b>М.Н. Гаптарова, Д.К. Романенко, А.В. Шукин, А.С. Перин</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИФРАКЦИОННОЙ РАСХОДИМОСТИ СВЕТОВОГО ПУЧКА В КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ С УЧЕТОМ ВКЛАДА ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА .....	211
<b>Т.Л. Григорян</b>	
ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ДАЛЬНОМЕРАМИ .....	215
<b>К.В. Короткова, К.П. Мельник</b>	
ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В КРИСТАЛЛАХ КТР ..	218
<b>Е.В. Бакаулова, К.Б. Кемелханова, К.М. Мамбетова</b>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА ФОТОРЕФРАКТИВНЫХ ГОЛОГРАММ В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ С ПОВЕРХНОСТНЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ .....	220
<b>П.К. Сафронова</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРАЗМЕРНЫХ ФОТОННЫХ РЕШЕТОК БЕССЕЛЕПОДОБНЫМ СВЕТОВЫМ ПУЧКОМ В КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ .....	224
<b>А.В. Михайленко, К.Г. Аксёнов</b>	
СПЕКТР ОПТИЧЕСКОГО ОТРАЖЕНИЯ СТРУКТУРЫ GaN/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	227
<b>В.А. Горончко, М.М. Михайлов</b>	
ИЗУЧЕНИЕ ИК-СПЕКТРОВ ПОЛИПРОПИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ ZrO <sub>2</sub> .....	229
<b>М.М. Михайлов, О.А. Алексеева, А.Н. Лапин,</b>	
<b>С.А. Юрьев, В.В. Каранский</b>	
СИНТЕЗ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВ BaTi <sub>(1-x)</sub> Zr <sub>x</sub> O <sub>3</sub> С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОЧАСТИЦ TiO <sub>2</sub> .....	232
<b>В.В. Каранский</b>	
ВЛИЯНИЕ КВАНТОВ СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОШКА ZnO, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ SiO <sub>2</sub> .....	235

## **ПОДСЕКЦИЯ 2.6**

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ**

*Председатель – Заболоцкий А.М., проф. каф. ТУ, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Куксенко С.П., доцент каф. ТУ, к.т.н.*

<b>А.А. Дроздова</b>	
СОЗДАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТА СЕТИ ПО MIL-STD-461 G ДЛЯ СИЛОВОЙ ШИНЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ .....	239

<b>А.А. Дроздова</b>	
АНАЛИЗ ВОСПРИИМЧИВОСТИ СИЛОВОЙ ШИНЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА .....	243
<b>С.Х. Карри, Р.С. Суровцев</b>	
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЯЧЕЕК ДИСКРЕТИЗАЦИИ МОДЕЛИ МЕАНДРОВОЙ ЛИНИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛНОВОЛЬНОГО АНАЛИЗА .....	247
<b>Д.В. Клюкин, А.А. Квасников</b>	
РАСЧЕТ ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	251
<b>А.М. Лакоза, В.П. Костелецкий, Е.С. Жечев</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛЬТРА С КОМБИНИРОВАННЫМ ДРОССЕЛЕМ .....	254
<b>И.И. Николаев</b>	
СИЛОВАЯ ШИНА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ С КОАКСИАЛЬНЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ .....	257
<b>Р.С. Суровцев, А.В. Носов, Е.А. Сердюк</b>	
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ДЛЯ МАГИСТРАНТОВ ПО АНАЛИТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕРХКОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ В МНОГОПРОВОДНЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ .....	260
<b>А.Е. Максимов, И.А. Онищенко</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ПЕРЕКРЕСТНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ .....	263
<b>А.А. Синельников, А.В. Чуб, Е.С. Жечев</b>	
КВАЗИСТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХСЛОЙНОГО ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА КОНЦАХ ПАССИВНЫХ ПРОВОДНИКОВ .....	266
<b>И.А. Скорняков</b>	
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА АМПЛИТУДУ ПЕРЕКРЕСТНЫХ НАВОДОК В ПАРЕ СВЯЗАННЫХ ЛИНИЙ .....	269
<b>Е.С. Варзин, А.В. Носов</b>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИТНОЙ МЕАНДРОВОЙ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ .....	273

## **ПОДСЕКЦИЯ 2.7**

### **СВЕТОДИОДЫ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА**

*Председатель – Туев В.И., зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.;*

*зам. председателя – Солдаткин В.С., доцент. каф. РЭТЭМ, к.т.н.*

#### **К.Н. Афонин**

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРЯМОГО НАПРЯЖЕНИЯ СВЕТОДИОДНОЙ НИТИ .....	277
--	-----

*Научное издание*

## **Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР**

**По материалам  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2020»**

**13–30 мая 2020 г., г. Томск**

**В двух частях**

Часть 1

Корректор – **В.Г. Лихачева**  
Верстка **В.М. Бочкаревой**

---

Издательство «В-Спектр».  
Сдано на верстку 15.04.2020. Подписано к печати 15.05.2020.  
Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Печать трафаретная. Печ. л. 20,75  
Тираж 100 экз. Заказ 7.

---

Издано ТУСУР, г. Томск, пр. Ленина, 40, к. 205, т. 70-15-24  
(для нужд всех структурных подразделений университета и авторов)

Издательство «В-Спектр».  
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 8 905 089 92 40  
E-mail: [bvm@sibmail.com](mailto:bvm@sibmail.com)

2. Gazizov A.T., Zabolotsky A.M., Gazizov T.R. UWB pulse decomposition in simple printed structures // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2016. – Vol. 58, No. 4. – P. 1136–1142.

3. Жечев Е.С. Влияние перемычек в опорном проводнике на характеристики зеркально-симметричного модального фильтра // Сб. избранных статей научной сессии ТУСУР по матер. междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР», 2019, 22–24 мая. – С. 279–281.

4. Жечев Е.С., Черникова Е.Б., Белоусов А.О., Газизов Т.Р. Экспериментальные исследования зеркально-симметричного модального фильтра во временной и частотной областях // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 2. – С. 162-179. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10208

УДК 621.372.211

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА АМПЛИТУДУ ПЕРЕКРЕСТНЫХ НАВОДОК В ПАРЕ СВЯЗАННЫХ ЛИНИЙ**

*И.А. Скорняков, магистрант каф. ТУ*

*Научный руководитель Р.С. Суворцев, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, ivan\_sk94@mail.ru*

Выполнен анализ влияния параметров влагозащитного покрытия на амплитуду перекрестных наводок в паре связанных линий на основе анализа четверти суммы емкостной и индуктивной связей между проводниками линии и половины разности этих коэффициентов. Такой подход позволяет получить предварительные оценки на раннем этапе моделирования без вычисления временного отклика. В результате работы выявлены комбинации параметров поперечного сечения, обеспечивающие компенсацию дальней перекрестной наводки в паре связанных линий.

**Ключевые слова:** пара связанных линий, влагозащитное покрытие, перекрестная наводка.

На сегодняшний день радиоэлектронная аппаратура (РЭА) стала неотъемлемым компонентом практически всех сфер деятельности человека. Плотность монтажа и интеграции современных печатных плат РЭА неуклонно возрастает, что наряду с уменьшающимися амплитудами операционных сигналов ведет к уменьшению запаса помехозащищенности РЭА. Поэтому важно обеспечение требований электромагнитной совместимости (ЭМС) печатных плат РЭА. Одной из задач ЭМС являются анализ и компенсация перекрестных наводок в многопроводных межсоединениях печатных плат. Отсюда возникает необходимость разработки новых методов компенсации перекрестных

наводок. Одним из подходов является изменение диэлектрического заполнения линии, например за счет нанесения дополнительного слоя с оптимальными параметрами на поверхность печатной платы [1]. Примечательно, что данный подход позволяет уменьшить уровень перекрестных наводок на самом последнем этапе проектирования без изменения трассировки печатной платы и внесения дополнительных компонентов.

Однако данный подход не исследован системно и не представлен в виде конечной методики компенсации уровней наводок. Первым шагом в разработке данной методики является анализ влияния изменения параметров покрывающего слоя на изменение амплитуды перекрестных наводок в паре связанных линий. Примечательно, что уровень ближней перекрестной наводки ( $V_{NE}$ ) в паре связанных линий пропорционален четверти суммы емкостной ( $K_C$ ) и индуктивной ( $K_L$ ) связей между проводниками линии ( $K_{NE}$ ), а на дальнем ( $V_{FE}$ ) – половине их разности ( $K_{FE}$ ). Коэффициенты  $K_C$  и  $K_L$  вычисляются по следующим выражениям [2]:

$$K_C = -\frac{C_{12}}{C_{11}}, \quad K_L = \frac{L_{12}}{L_{11}},$$

где  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  и  $L_{11}$ ,  $L_{12}$  – элементы матриц коэффициентов электростатической (матрица **C**) и электромагнитной (матрица **L**) индукции соответственно.

Цель данной работы – выполнить анализ влияния параметров влагозащитного покрытия на коэффициенты  $K_C$ ,  $K_L$ ,  $K_{NE}$  и  $K_{FE}$ .

На рис. 1 представлено поперечное сечение пары связанных линий с покрывающим диэлектрическим слоем и без него. Параметры поперечного сечения выбраны следующими: ширина проводника  $w = 400$  мкм, толщина проводника  $t = 35$  мкм, расстояние между проводниками  $s = 400$  мкм, относительная диэлектрическая проницаемость основы  $\epsilon_{rT} = 4,5$ , толщина слоя основы  $h = 1000$  мкм, расстояние от края структуры до проводника  $d = 3w$ . Относительная диэлектрическая проницаемость покрытия ( $\epsilon_v$ ) и толщина ( $h_v$ ) покрывающего слоя варьировались в диапазоне 10–200 мкм с шагом 10 мкм и 1–10 с шагом 1 соответственно.

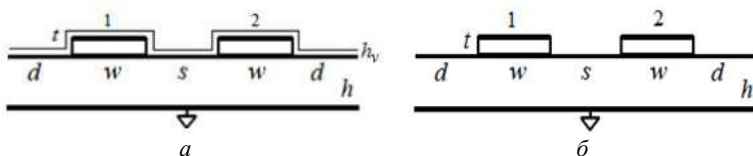


Рис. 1. Поперечное сечение линии с покрывающим слоем (а) и без покрывающего слоя (б)



Выполнено вычисление коэффициентов  $K_C$ ,  $K_L$ ,  $K_{NE}$  и  $K_{FE}$  для случая без покрытия и случая с покрывающим слоем в диапазоне его параметров. Полученные результаты сведены в таблицу. С целью экономии места в таблицу сведены результаты лишь для крайних точек диапазона изменения толщины покрывающего слоя.

Сначала рассмотрим влияние параметров влагозащитного покрытия на изменения  $K_C$  и  $K_L$ . Из таблицы видно, что увеличение  $h_0$  неуклонно ведет к увеличению  $K_C$ , при этом рост коэффициента в отличие от случая без покрытия при  $h_0 = 10$  мкм составляет 1,7 и 1,84 раза для  $\varepsilon_v = 2$  и 10, а при  $h_v = 200$  мкм – 1,96 и 2,7 раза соответственно. Значение коэффициента  $K_L$  остается неизменным для всех рассмотренных случаев, поскольку элементы матрицы **L** вычисляются при воздушном заполнении.

**Значения коэффициентов связи при разных  $\varepsilon_v$  и  $h_v$**

$h_v$ , мкм	$K_C$	$K_L$	$K_{NE}$	$K_{FE}$
без покрытия				
	0,3071	0,3701	0,1693	-0,0315
$\varepsilon_v = 2$				
10	0,3178	0,3701	0,1719	-0,0263
200	0,3423		0,1781	-0,0139
$\varepsilon_v = 3$				
10	0,3252	0,3701	0,1738	-0,0224
200	0,3711		0,1853	0,0005
$\varepsilon_v = 4$				
10	0,3319	0,3701	0,1755	-0,0191
200	0,3959		0,1915	0,0128
$\varepsilon_v = 5$				
10	0,3380	0,3701	0,1771	-0,0160
200	0,4176		0,1969	0,0237
$\varepsilon_v = 6$				
10	0,3438	0,3701	0,1784	-0,0131
200	0,4371		0,2018	0,0334
$\varepsilon_v = 7$				
10	0,3492	0,3701	0,1798	-0,0105
200	0,4545		0,2062	0,04219
$\varepsilon_v = 8$				
10	0,3543	0,3701	0,1811	-0,0079
200	0,4704		0,2101	0,0501
$\varepsilon_v = 9$				
10	0,3592	0,3701	0,1823	-0,0054
200	0,4849		0,2138	0,0573
$\varepsilon_v = 10$				
10	0,3640	0,3701	0,1835	-0,0030
200	0,4982		0,2171	0,0640

Далее рассмотрим влияние  $h_v$  и  $\varepsilon_v$  на изменение коэффициентов  $K_{NE}$  и  $K_{FE}$ . Зависимость коэффициента  $K_{NE}$  схожа по характеру с зависимостью  $K_C$ , поскольку  $K_{NE}$  вычисляется как четверть суммы  $K_C$  и  $K_L$ . Таким образом, наблюдается увеличение  $K_{NE}$  как при увеличении  $h_v$ , так и  $\varepsilon_v$ . Рост коэффициента  $K_{NE}$  в отличие от случая без покрытия при  $h_v = 10$  мкм составляет 1,6 и 1,7 раза для  $\varepsilon_v = 2$  и 10, а при  $h_0 = 200$  мкм – 1,65 и 2 раза соответственно. Таким образом, введение покрывающего диэлектрического слоя приводит к росту амплитуды перекрестных наводок на ближнем конце линии. Наибольший интерес представляет влияние параметров покрывающего слоя на изменение коэффициента  $K_{FE}$ . Видно, что при  $h_v = 10$  мкм  $K_{FE}$  имеет отрицательное значение и уменьшается в 1,1 раза (от  $-0,0263$  до  $-0,0030$ ) по сравнению со случаем без покрытия при увеличении  $\varepsilon_v$  от 2 до 10. При  $h_v = 200$  мкм значение  $K_{FE}$  меняется неоднозначно: меняет знак (с отрицательного на положительный) при  $\varepsilon_v = 3$  для результатов из таблицы, после чего возрастает, а его рост составляет более чем в 4,5 раза. Таким образом, существуют комбинации параметров, при которых значение коэффициента  $K_{FE}$  близко к нулю (перекрестная наводка на дальнем конце имеет нулевую амплитуду). Такая ситуация возникает, когда значения коэффициентов  $K_C$  и  $K_L$  имеют равные значения. В результате проделанной работы выявлены такие комбинации:  $h_v = 200$  мкм и  $\varepsilon_v = 3$ ,  $h_v = 100$  мкм и  $\varepsilon_v = 4$ ,  $h_v = 50$  мкм и  $\varepsilon_v = 6$ .

Таким образом, в работе выполнена оценка влияния параметров влагозащитного покрытия на коэффициенты  $K_C$ ,  $K_L$  и  $K_{NE}$ ,  $K_{FE}$ , а также выявлены комбинации параметров, когда значение  $K_{FE}$  близко к нулю. Между тем выявлено, что  $K_{NE}$  имеет более чем в 3,5 раза большее значение, чем  $K_{FE}$ . Однако амплитуда наводки на дальнем конце помимо  $K_{FE}$  также пропорциональна длине линии, поэтому в линиях с большей длиной ситуация может быть обратной. Следующим этапом работы целесообразно многовариантный анализ влияния параметров влагозащитного покрытия на перекрестные наводки в межсоединениях реальных печатных плат, а также экспериментальные исследования.

Исследование поддержано Министерством науки и высшего образования (проект FEWM-2020-0041).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Суровцев Р.С. Вычислительные алгоритмы, методики и рекомендации для проектирования бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата с учетом электромагнитной совместимости: дис. ... канд. тех. наук : 05.12.04. – Томск: ТУСУР, 2016. – 248 с.
2. Газизов Т.Р. Уменьшение искажений электрических сигналов в межсоединениях / под ред. Н.Д. Малютина. – Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 212 с.