



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XVII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

РОССИЯ, ТОМСК, 21 – 24 апреля 2020 г.

Том 7. IT - технологии и электроника

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Abstracts
XVII International Conference of Students
and Young Scientists

RUSSIA, TOMSK, April 21 – 24, 2020

Volume 7. IT - technologies and Electronics



Национальный
исследовательский
Томский
государственный
университет



MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Abstracts

XVII International Conference of students, graduate students
and young scientists

April 21–24, 2020

Russia, Tomsk

Volume 7. Information Technologies and Electronics

Tomsk

Tomsk State University Publishing House
control system and radioelectronics

2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XVII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

21–24 апреля 2020 г.

Россия, Томск

Том 7. IT-технологии и электроника

Томск
Издательство Томского государственного университета
систем управления и радиоэлектроники
2020

УДК 501:004 (063)
ББК 72:32.81л0
П27

Редакционная коллегия:

И. А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент;
Г. А. Воронова, кандидат химических наук, доцент;
С. А. Поробова

Перспективы развития фундаментальных наук : сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21–24 апреля 2020 г., Россия, Томск. В 7 т. Т. 7. IT-технологии и электроника / Нац. исслед. Том. политехн. ун-т, Нац. исслед. Том. гос. ун-т, Том. гос. архитектурно-строит. ун-т, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, Том. нац. исслед. мед. центр РАН ; под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2020. – 143, [3] с.

ISBN 978-5-86889-871-6 (т. 7)

ISBN 978-5-86889-864-8

Сборник содержит труды участников XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук», представленные на секции «IT-технологии и электроника».

Для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей, специализирующихся в области интеллектуальных систем управления, автоматизированных систем обработки информации и управления, информационной безопасности, наноэлектроники, получения и исследования наноматериалов, оптоэлектроники и нанофотоники, плазменной эмиссионной электроники, интеллектуальной силовой электроники, СВЧ-электроники, систем радиолокации, телевидения, радиосвязи, радиометрии и распространения волн радиочастотного и акустического диапазонов, а также импульсных и радиочастотных измерениях.

УДК 501:004 (063)
ББК 72:32.81л0

Научное издание
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК
Сборник научных трудов XVII Международной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых

Подписано в печать 15.06.20. Формат 60x84/8.

Усл. печ. л. 16,97. Тираж 100. Заказ 129.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 533018.

ISBN 978-5-86889-871-6 (т. 7)
ISBN 978-5-86889-864-8

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ANALYSIS AND DIAGNOSIS OF CYSTIC FIBROSIS OF THE LUNGS WITH IMPROVED DEEP LEARNING TECHNIQUES N.J. Francis, N.S. Francis, M. Saqib | 8 |
| BRONCHOPULMONARY SEGMENTATION OF THE LUNGS BY USING TERNARY NET WEIGHTS IN MASK-R NEURAL NETWORK N.S. Francis, N.J. Francis, M. Saqib | 11 |
| ДВУХДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА ДИПОЛЬНОГО ТИПА С КОНЦЕВЫМ ПИТАНИЕМ С.А. Алексейцев | 14 |
| COMPARISON OF QUASISTATIC AND ELECTRODYNAMIC ESTIMATIONS OF THE RADIATED EMISSION FROM TWO COUPLED WIRES OVER A GROUND PLANE Alhaj hasan Adnan | 17 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК FLIP-CHIP СВЕТОДИОДОВ Н.К. Афанасьев, А.А. Томашевич | 20 |
| ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА КОМБИНАЦИЕЙ АЛГОРИТМОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОИСКА И ПРЫГАЮЩИХ ЛЯГУШЕК М.Б. Бардамова | 23 |
| ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КАНАЛЬНЫХ ВОЛНОВОДОВ В ПОВЕРХНОСТНО ЛЕГИРОВАННОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ А.Д. Безпальный | 26 |
| РАСПОЗНАВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ МЕТОДОМ ВИОЛЫ-ДЖОНСА С.И. Беляев | 29 |
| ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ НА ОСНОВЕ ИОННО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ С ВЫВОДОМ ПУЧКА В АТМОСФЕРУ С.Ю. Дорошкевич | 32 |
| МЕХАНИЗМЫ ЗАЩИТЫ ОТ УГРОЗ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ А.С. Дыхова, Д.Ю. Попова, А.К. Новохрестов | 35 |
| ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НС ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОРОШКАХ НЕЛИНЕЙНЫХ КРИСТАЛЛОВ СКАНДОБОРАТОВ А.Я. Жамус, Д.М. Ежов, А.А. Горевячева | 38 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ N-НОРМ ДЛЯ АНАЛИЗА УСТРОЙСТВА С ОДНОКРАТНЫМ МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ А.В. Жечева, Е.С. Жечев | 41 |
| ПАРАМЕТРЫ ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЫ, СОЗДАВАЕМОЙ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ В ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ СРЕДНЕГО ВАКУУМА А.А. Зенин, Е.М. Сорокина | 44 |
| АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ А.А. Иванов, А.В. Демаков | 47 |
| ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕИДЕАЛЬНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УЗЛОВ ВХОДНОГО БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ М.А. Канина | 50 |
| СБОР ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ РАДИОСИСТЕМЫ М.М. Кануж | 53 |
| ПОТЕНЦИАЛ ИЗОЛИРОВАННОЙ МИШЕНИ, ОБЛУЧАЕМОЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В СРЕДНЕМ ВАКУУМЕ, ПРИ НАЛИЧИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ВБЛИЗИ МИШЕНИ К.И. Карпов, Д.Б. Золотухин | 56 |

| | |
|--|-----|
| КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЖАЛОБ ПАЦИЕНТОВ ИЗ ДОКУМЕНТА «ОСМОТР ЛЕЧАЩИМ ВРАЧОМ» Е.В. Кашеева | 59 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ЕГО ПОДПИСИ А.А. Коновалов, Б.С. Лодонова, Я.А. Усольцев | 62 |
| РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ФОРМЫ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА ПО ВИДЕОПОТОКУ А.В. Куртукова, Л.С. Шилов, А.М. Федотова | 65 |
| РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ОТЗЫВОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ Н.С. Мамеев | 68 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ECLIPSE THEIA ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ЯЗЫКА REFLEX К.В. Марченко | 71 |
| ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ Al_2O_3 -Ti КОМПОЗИТА НА ВОЗМОЖНОСТЬ СПЕКАНИЯ ЕГО ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ МЕТОДОМ В ФОРВАКУУМЕ Г.Ф. Марчук, В.Т. Чан | 74 |
| АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК ИМПУЛЬСОВ РАЗЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ КАБЕЛЬ – ПЛАТА С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ А.В. Медведев | 78 |
| АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ОТЧЕТОВ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕКЛАМНЫХ КАМПАНИЙ М.Г. Москалев | 81 |
| КОРПОРАТИВНЫЙ ШЛЮЗ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕРВЕРНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Д.А. Овчинников | 84 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ, ГЕНЕРИРУЕМОЙ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ А.В. Казаков, А.В. Медовник, Н.А. Панченко | 87 |
| ЦИФРОВАЯ ЛОГИСТИКА В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ Ю.В. Парфентьев | 90 |
| ЧЕТЫРЕХЛУЧЕВАЯ ФАР С ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ КОНЦЕВОГО ТИПА Ю.Н. Паршин | 93 |
| ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОТДЕЛА КАДРОВ УНИВЕРСИТЕТА ПАТТИМУРЫ, АМБОН - ИНДОНЕЗИЯ В.Э. Паттираджаване | 96 |
| СИСТЕМА ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПОРТФОЛИО НА ОСНОВЕ ЗАГРУЖЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ Ф.Д. Пираков | 99 |
| ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРЕВА Al_2O_3 -Ti КОМПОЗИТА НА ОДНОРОДНОСТЬ ЕГО СПЕКАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОРВАКУУМНОГО ПЛАЗМЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ИСТОЧНИКА А.А. Поддубнов, А.Е. Петров, В.Т. Чан | 102 |
| РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПО ИХ ОТНОШЕНИЮ К АСПЕКТАМ ПРОДУКТА К.Ю. Попова | 105 |
| АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УСТАНОВКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ В КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ В.И. Пустынников | 108 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТРАГИРОВАННОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА В ФОРВАКУУМНОМ ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ А.В. Казаков, С.Е. Разумов, Н.А. Панченко | 111 |

| | |
|--|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИИ ДИФРАКЦИОННОЙ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ КРИСТАЛЛЕ НИОБАТА ЛИТИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ Д.К. Романенко, М.Н. Гаппарова, А.В. Сокольников | 114 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО ОТКЛИКА НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕРХКОРОТКОГО ИМПУЛЬСА ДВУХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СОЕДИНЕННЫХ МОДАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ С ПАССИВНЫМ ПРОВОДНИКОМ В ВЫРЕЗЕ ОПОРНОЙ ПЛОСКОСТИ М.А. Самойличенко, А.М. Заблоцкий | 117 |
| ТРАНСЛЯЦИЯ СПЕЦИФИКАЦИЙ С ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА В СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ЯЗЫК D0SL Д.Р. Серов | 120 |
| ИЗМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ УГРОЗ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЯМИ 17 ПРИКАЗА ФСТЭК М.В. Солодков | 123 |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЛОПАСТНЫХ ИЗДЕЛИЙ К.И. Хан, М.А. Кажмаганбетова | 126 |
| ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОДЛОЖКИ НА ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОЛОСКОВОГО МОДАЛЬНОГО ФИЛЬТРА Е.Б. Черникова, А.А. Квасников | 129 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ БАРЬЕРНЫХ КОНТАКТОВ К АРСЕНИДУ ГАЛЛИЯ А.Н. Шалев, О.Н. Минин | 132 |
| ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ С ПЛАЗМЕННЫМ КАТОДОМ ПУТЕМ ОТКЛОНЕНИЯ ПУЧКА ВЕДУЩИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В.И. Шин, П.В. Москвин, С.Ю. Дорошкевич | 135 |
| МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГРОЗ ИНФОРМАЦИИ И ЕЕ НОСИТЕЛЯМ С.И. Штыренко | 138 |
| ОЦЕНКА РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО РАСПОЗНАВАНИЮ НОТ А.Ю. Якимук | 141 |

**АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК ИМПУЛЬСОВ РАЗЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ КАБЕЛЬ – ПЛАТА
С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ**

А.В. Медведев

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Т.Р. Газизов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40, 634050

E-mail: medart20@tu.tusur.ru

**ANALYSIS OF DELAYS OF DECOMPOSITION PULSES IN THE WIRE TO BOARD SYSTEM
WITH MODAL REDUNDANCY**

A.V. Medvedev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. T.R. Gazizov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Russia, Tomsk, Lenin str., 40, 634050

E-mail: medart20@tu.tusur.ru

***Abstract.** The delays of decomposition pulses in a cable–board system with modal reservation are considered. It is shown that a structure with an edge coupling can be an antipode for a cable. Thus, for a cable–board system with broad-side coupling, when the ratio of cable and board lengths changes, the delay difference does not change sign and changes from 2.2 to 2.65 ns for the maximum cable and board lengths, respectively. For a cable–board system with edge coupling, when the ratio of their lengths changes, the delay difference changes sign, and changes from –1.25 to 2.65 ns for the maximum lengths of the board and cable, respectively. With a length ratio of 0.32, the delay difference will be 0.*

Введение. Резервирование является одним из способов повышения надежности, позволяющим использовать бездействующую часть электронного оборудования в случае неисправности в функционирующей части. Модальное резервирование – способ резервирования электрических соединений, отличающийся использованием электромагнитных связей между резервируемым и резервным проводниками резервируемой и резервной цепей для обеспечения электромагнитной совместимости [1]. Результатом является уменьшение восприимчивости резервируемой цепи к внешним кондуктивным эмиссиям и уменьшение уровня кондуктивных эмиссий от резервируемой цепи. Предложен способ резервирования плоских кабелей [2], которые могут быть использованы в устройствах для соединения резервируемых узлов. Однако, соединение кабеля к различным структурам печатной платы при этом не рассматривалось. Цель работы – выполнить тестовый анализ задержек импульсов разложения в системе кабель – плата с модальным резервированием.

Экспериментальная часть. В системе TALGAT [3] построены поперечные сечения плоского кабеля и печатной платы с торцевой и лицевой связями, показанные на рис. 1. Значения параметров поперечного сечения: $H = 25$ мкм, $h = 5$ мкм, $\epsilon_r = 4$, $w = 65$ мкм, $d = 500$ мкм, $s = 60$ мкм, $t = 5$ мкм для рис. 1а; $h = 510$ мкм, $\epsilon_{r2} = 10$, $w = 300$ мкм, $d = 1800$ мкм, $s = 100$ мкм, $t = 65$ мкм для рис. 1б; $h = 130$ мкм, $\epsilon_{r2} = 10,2$, $h_1 = 600$ мкм, $\epsilon_{r2} = 4$, $w = 185$ мкм, $d = 555$ мкм, $s = 315$ мкм, $t = 35$ мкм для рис. 1в.

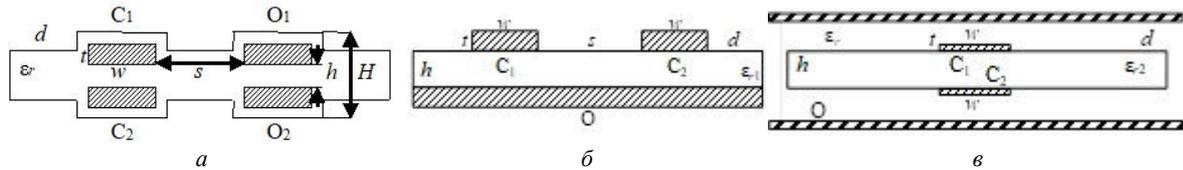


Рис. 1. Поперечные сечения плоского кабеля (а), печатной платы с торцевой (б) и лицевой (в) связями, где проводники: С – сигнальные; О – опорные

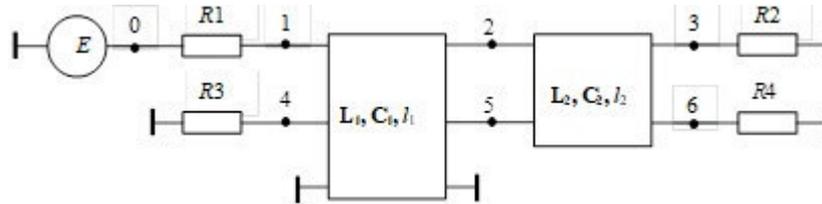


Рис. 2. Принципиальная схема системы плоский кабель – печатная плата

Результаты. Погонные задержки мод для плоского кабеля (τ_{c1} , τ_{c2} , τ_{c3}) 3,8; 6,5; 6,52 нс/м, для печатной платы (τ_e , τ_o) с торцевой связью – 8,17; 6,92 нс/м, с лицевой связью 7,34; 9,52 нс/м. Видно, что для структуры с лицевой связью $\tau_o > \tau_e$, чем с торцевой.

В таблице 1 сведены задержки импульсов разложения (в точке V3 рис. 2) для системы кабель–плата, при $l_1 + l_2 = 1$ м, а также их разности, вычисленные как $t_1 = l_1\tau_{c1} + l_2\tau_e$, $t_2 = l_1\tau_{c2} + l_2\tau_o$, $\Delta t = t_1 + t_2$.

Таблица 1

Задержки (нс) импульсов разложения системы кабель – плата с торцевой и лицевой связями

| Связь | Параметр | $l_1 + l_2$, м | | | | | | | | |
|----------|------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0,1+0,9 | 0,2+0,8 | 0,3+0,7 | 0,4+0,6 | 0,5+0,5 | 0,6+0,4 | 0,7+0,3 | 0,8+0,2 | 0,9+0,1 |
| Торцевая | t_1 | 7,73 | 7,297 | 6,859 | 6,422 | 5,985 | 5,547 | 5,1099 | 4,6725 | 4,235 |
| | t_2 | 6,87 | 6,831 | 6,789 | 6,747 | 6,705 | 6,663 | 6,6215 | 6,579 | 6,538 |
| | Δt | -0,864 | -0,465 | -0,07 | 0,325 | 0,72 | 1,116 | 1,5116 | 1,907 | 2,303 |
| Лицевая | t_1 | 6,986 | 6,632 | 6,277 | 5,923 | 5,569 | 5,215 | 4,86 | 4,506 | 4,152 |
| | t_2 | 9,217 | 8,915 | 8,613 | 8,31 | 8,007 | 7,705 | 7,403 | 7,101 | 6,798 |
| | Δt | 2,231 | 2,283 | 2,335 | 2,387 | 2,438 | 2,49 | 2,542 | 2,594 | 2,646 |

На рис. 3 представлена зависимость Δt от $l_1 / (l_1 + l_2)$. Для системы кабель – плата с торцевой связью, когда всю длину занимает рис. 1б, разность задержек равна -1,25 нс, а когда всю длину занимает рис. 1а, разность задержек равна 2,65 нс. При этом, когда занимаемая часть рис. 1а от общей длины равна 0,32, разность задержек около 0. Таким образом, структура с торцевой связью является антиподом для заданного кабеля. Для системы кабель – плата с лицевой связью, когда всю длину занимает рис. 1в, разность задержек равна 2,2 нс, а когда всю длину занимает рис. 1а, разность задержек равна 2,65 нс.

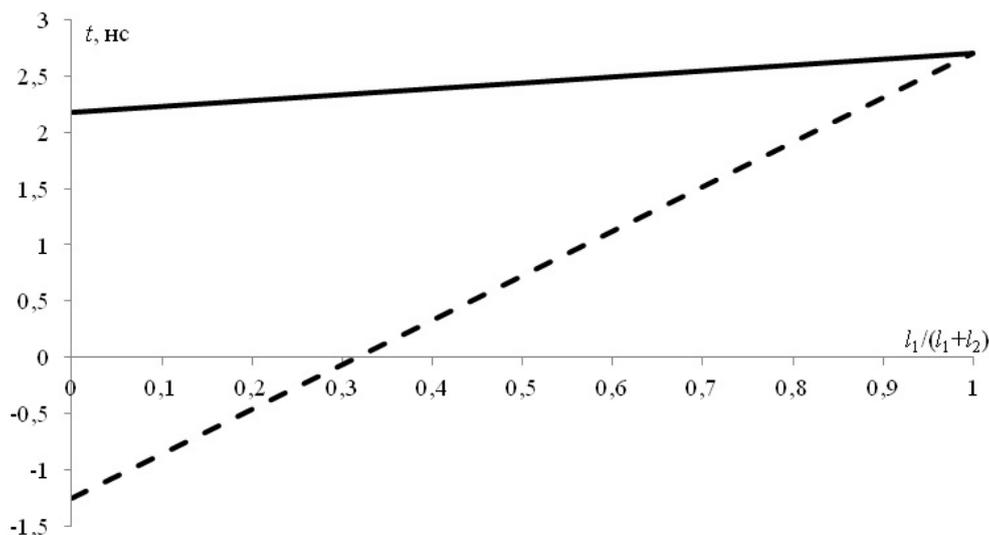


Рис. 3. Зависимости разности задержек для систем кабель – плата с лицевой (–) и торцевой (– –) связями от $l_1 / (l_1+l_2)$

Заключение. Приведенные результаты показывают, что для системы кабель–плата с лицевой связью при изменении соотношения длин кабель и плата разность задержек не меняет знака и изменяется от 2,2 до 2,65 нс для максимальных длин кабеля и платы, соответственно. Для системы кабель–плата с торцевой связью разность задержек меняет знак и изменяется от –1,25 до 2,65 нс для максимальных длин платы и кабеля, соответственно. Таким образом, при соотношении длин 0,32 разность задержек будет равняться 0. Однако, необходимо более детальное исследование аналогичных структур в диапазоне параметров.

Работа выполнена при финансовой поддержке российского научного фонда (проект №19-19-00424) в ТУСУРе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарафутдинов, В. Р., Газизов, Т.Р. Анализ способов резервирования на основе модальной фильтрации // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – №3. – С. 117–144.
2. Пат. 2603848 РФ, МПК Н04В 15/00. Способ резервирования плоских кабелей / Т.Р. Газизов, П.Е. Орлов, В.Р. Шарфутдинов, О.М. Кузнецова-Гаджибаева, А.М. Заболоцкий, С.П. Куксенко, Е.Н. Буичкин. – № 2015156667/07; Заявл. 28.12.15, Опубл. 10.12.16, Бюл. № 34.
3. Kuksenko, S. P. Preliminary results of TUSUR University project for design of spacecraft power distribution network: EMC simulation // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – P. 1–7.