

ISSN (Print) 2616-7263
ISSN (Online) 2663-1261

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY Series

Серия **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

№2(127)/2019

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2019

Nur-Sultan, 2019

Нур-Султан, 2019

Бас редакторы
т.ғ.д., проф
Мерзадинова Г.Т. (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары **Жусупбеков А.Ж.**, т.ғ.д, проф.
(Қазақстан)
Бас редактордың орынбасары **Тогизбаева Б.Б.**, т.ғ.д., проф.
(Қазақстан)
Бас редактордың орынбасары **Сарсембаев Б.К.**, т.ғ.к., доцент
(Қазақстан)

Редакция алқасы

Акира Хасегава	проф. (Жапония)
Акитоши Мочизуки	проф. (Жапония)
Базарбаев Д.О.	PhD (Қазақстан)
Байдабеков А.К.	т.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Дер Вэн Чанг	PhD, проф. (Тайвань (ROC))
Жардемев Б.Б.	т.ғ.д. (Қазақстан)
Жумагулов М.Г.	PhD (Қазақстан)
Йошинори Ивасаки	проф. (Жапония)
Калякин В.Н.	т.ғ.д., проф. (АҚШ)
Колчун М.	PhD, проф. (Словения)
Тадатсугу Танака	проф. (Жапония)
Талал Аввад	PhD, проф. (Сирия)
Хое Линг	проф. (АҚШ)
Чекаева Р.У.	а.к., проф. (Қазақстан)
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент (Қазақстан)
Юн Чул Шин	PhD, проф. (Оңтүстік Корея)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 349 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы
Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК
Мерзімділігі: жылына 4 рет
Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.
№16991 -ж тіркеу куәлігімен тіркелген
Тиражы: 25 дана
Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі 12/1
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

Editor-in-Chief
Gulnara Merzadinova, Prof. (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief **Askar Zhussupbekov**, Prof.
(Kazakhstan)
Deputy Editor-in-Chief **Baglan Togizbayeva**, Prof.
(Kazakhstan)
Deputy Editor-in-Chief **Bayandy Sarsembayev**, Assoc. Prof.
(Kazakhstan)

Editorial Board

Akira Hasegawa	Prof. (Japan)
Akitoshi Mochizuki	Prof. (Japan)
Daniyar Bazarbayev	Assoc. Prof. (Kazakhstan)
Auez Baydabekov	Prof. (Kazakhstan)
Rahima Chekaeva	Prof. (Kazakhstan)
Der Wen Chang	Prof. (Taiwan (ROC))
Eun Chul Shin	Prof. (South Korea)
Hoe Ling	Prof. (USA)
Viktor Kaliakin	Prof. (USA)
Mihail Kolchun	Prof. (Slovenia)
Zhanbolat Shakhmov	Assoc.Prof.(Kazakhstan)
Tadatsugu Tanaka	Prof. (Japan)
Talal Awwad	Prof. (Syria)
Yoshinori Iwasaki	Prof. (Japan)
Bolat Zardemov	Doctor of Engineering(Kazakhstan)
Mihail Zhumagulov	Assoc. Prof.(Kazakhstan)

Editorial address:

2, Satpayev str., of. 349, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan,
010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: vest_techsci@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: Aizhan Nurbolat

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.
TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Registration certificate №16991-ж from 27.03.2018. Circulation: 25 copies

Address of Printing Office: 12/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bultech.enu.kz>

Главный редактор
д.т.н., проф.
Мерзадинова Г.Т. (Казахстан)

Зам. главного редактора
Зам. главного редактора
Зам. главного редактора

Жусупбеков А.Ж., д.т.н., проф. (Казахстан)
Тогизбаева Б.Б., д.т.н., проф. (Казахстан)
Сарсембаев Б.К., к.т.н. доцент (Казахстан)

Редакционная коллегия

Акира Хасегава	проф. (Япония)
Акитоши Мочизуки	проф. (Япония)
Базарбаев Д.О.	PhD (Казахстан)
Байдабеков А.К.	д.т.н., проф. (Казахстан)
Дер Вэн Чанг	PhD, проф. (Тайвань (ROC))
Жардемов Б.Б.	д.т.н. (Казахстан)
Жумагулов М.Г.	PhD (Казахстан)
Йошинори Ивасаки	проф. (Япония)
Калякин В.Н.	д.т.н., проф. (США)
Колчун М.Н.	PhD, проф. (Словения)
Тадатсугу Танака	проф. (Япония)
Талал Аввад	PhD, проф. (Сирия)
Хое Линг	проф. (США)
Чекаева Р.У.	к.а., проф. (Казахстан)
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент (Казахстан)
Юн Чул Шин	PhD, проф. (Южная Корея)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 349
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.
Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Собственник: РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Регистрационное свидетельство №16991-ж от 27.03.2018 г.

Тираж: 25 экземпляров. Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1,

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

**Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ. ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы
№2(127)/2019**

МАЗМҰНЫ

<i>Байхожаева Б.Ұ., Абенова А.А.</i> Тағамдық өнімдердің сапасы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету маңызды мемлекеттік тапсырма	8
<i>Бейсенбі М.А., Ш.С. Мусабаева, Сатпаева А.К., Кусикова Н.М.</i> m кірістері және n шығыстары бар объектілердің орнықсыз және детерминделген бейберекетсіз режимдерін басқару	13
<i>Боргекова К.Б.</i> Батыс Қазақстанда жүктерді түсіру ғимаратының құрылысында құрама темірбетонды қадаларды қолдану тәжірибесі	21
<i>Ермагамбет Б.Т., Нургалиев Н.У., Маслов Н.А., Сыздықова А.А.</i> «Каражыра» кен орны көмір күлін электрфизикалық өңдеу	31
<i>Касымбек Н.М., Мустафин М.Б., Иманкулов Т.С., Азмед-Заки Д.Ж.</i> Мұнай ығыстыру есебін шешуге арналған бағдарламасын оңтайландыру	40
<i>Калаякин В.Н.</i> Анизотроптың топырақтың тұрақтылығы: кейбір маңызды мәселелердің қысқаша мазмұны	49
<i>Рамазанова Ж.М., Замалитдинова М.Г., Жангабыл М.М.</i> Титан мен оның қорытпаларын плазмалық - электролиттік оксидтермен түрлендіру процесін зерттеу	64
<i>Сансызбай Л.Ж., Оразбаев Б.Б.</i> Үй-жайдың микроклиматты басқару пайдаланатын модельдерін талдауы	70
<i>Сатыбалдина Д.Ж., Исайнова А.Н., Ташатов Н.Н., Дулатов Н.А.</i> Бөгеуілге орнықты кодтаудың сызықтық және параллель каскадты схемаларын жобалау және модельдеу	78
<i>Оразбаев Б.Б., Шангитова Ж.Е., Оразбаева К.Н., Касенова Л.Г., Жанбирова Г.А., Истаева Н.</i> Күкірт өндірісінің теормореакторы мен Клаус реакторының математикалық модельдерін гибридік тәсіл негізінде құру	87
<i>Тютеебаева Г.М., Алдиярова А.Н.</i> Алматы ЖЭО-1 де газ турбиналы қондырғысы арқылы Алматы қаласының экологиясын жақсарту	95
<i>Юсупова М.А.</i> Ферғана алқабындағы "еуропалық қалашықтағы" колониалдық қалақұрылысының ерекшеліктері (XIX ғ. соғы - XX ғ. басы)	100
<i>Чарски Й., Қуанышбаев Ж.М., Арпабеков М.І., Сүлейменов Т.Б.</i> Чехиядағы турбоагрегаттың жұмысы туралы алғашқы ақпарат	107

**BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY.
TECHNICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY SERIES**

№2(127)/2019

CONTENTS

<i>Bayhozhaeva B.U., Abenova A.A.</i> Quality assurance and food safety - an important State task	8
<i>Beisenbi M.A, Mussabayeva Sh.S., Satpayeva A.K., Kissikova N.M.</i> Control of unstable and determined chaotic modes of the object with m inputs and with n outputs	13
<i>Borgekova K.</i> Experience of using precast concrete joint piles in the construction of a Cargo offloading facility in West Kazakhstan	21
<i>Yermagambet B.T., Nurgaliyev N.U., Maslov N.A., Syzdykova A.A.</i> Electrophysical treatment of coal ash from the Karazhyra deposit	31
<i>Kassymbek N.M., Mustafin M.B., Imankulov T.S., Akhmed-Zaki D.Zh.</i> Optimization of the program for solving oil displacement problem	40
<i>Kaliakin V.N.</i> Anisotropic Elasticity for Soils: A Synthesis of Some Key Issues	49
<i>Ramazanova Zh.M., Zamaliddinova M.G., Zhangabyly M.M.</i> Investigation of the process of modifying titanium and its alloys by plasma-electrolytic oxidation	64
<i>Sansyzybay L.Zh., Orazbayev B.B.</i> Analysis of existing models for control microclimate in premises	70
<i>Satybaldina D., Issainova A., Tashatov N., Dulatov N.</i> Design and simulation of the serial concatenated and parallel concatenated schemes for forward error correction	78
<i>Orazbayev B.B., Shangitova Zh.E., Orazbayeva K.N., Kassenova L.G., Zhanbirova G.A., Istayeva N.</i> Development of mathematical models of thermoreactor and Claus reactor of sulfur production based on hybrid method	87
<i>Tyutebayeva G.M., Aldiyarova A.N.</i> Improving the ecology of Almaty when using gas turbine installation at Almaty TPP-1	95
<i>Yusupova M.A.</i> Characteristics of the colonial town planning in "european cities" of fergana valley (end of 19 th – beginning of 20 th centuries)	100
<i>Carsky J., Kuanyshbayev Zh. M., Arpabekov M.I., Suleimenov T.B.</i> The first knowledge of operation of the turbo-roundabout in the Czech Republic	107

СОДЕРЖАНИЕ

	8
<i>Байхожжаева Б.У., Абенова А.А.</i> Обеспечение качества и безопасности продуктов питания – важное государственное поручение	
<i>Бейсенби М.А., Мусабаяева Ш.С., Сатпаева А.К., Кисикова Н.М.</i> Управление неустойчивыми и детерминированными хаотическими режимами объекта с m входами и с n выходами	13
<i>Боргекова К.Б.</i> Опыт применения составных железобетонных свай в строительстве сооружения разгрузки грузов в Западном Казахстане	21
<i>Ермагамбет Б.Т., Нурғалиев Н.У., Маслов Н.А., Сыздыкова А.А.</i> Электрофизическая обработка золы угля месторождения «Каражыра»	31
<i>Касымбек Н.М., Мустафин М.Б., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.</i> Оптимизация программы для решения задачи вытеснения нефти	40
<i>Калякин В.Н.</i> Анизотропная упругость грунтов обобщение некоторых ключевых вопросов	49
<i>Рамазанова Ж.М., Замалитдинова М.Г., Жангабыл М.М.</i> Исследование процесса модифицирования титана и его сплавов плазменно-электролитическим оксидированием	64
<i>Сансызбай Л.Ж., Оразбаев Б.Б.</i> Анализ существующих моделей управления микроклиматом помещения	70
<i>Сатыбалдина Д.Ж., Исайнова А.Н., Ташатов Н.Н., Дулатов Н.А.</i> Проектирование и моделирование последовательных и параллельных каскадных схем помехоустойчивого кодирования	78
<i>Оразбаев Б.Б., Шангитова Ж.Е., Оразбаева К.Н., Касенова Л.Г., Жанбирова Г.А., Истаева Н.</i> Разработка математических моделей терморектора и реактора Клауса производства серы на основе гибридного метода	87
<i>Тютеебаева Г.М., Алдиярова А.Н.</i> Улучшение экологии г.Алматы при использовании ГТУ	95
<i>Юсупова М.А.</i> Особенности колониального градостроительства в «европейских городах» Ферганской долины	100
<i>Чарски Й., Куанышбаев Ж.М., Арпабеков М.И., Сулейменов Т.Б.</i> Первые знания о работе турбонаддува в Чешской Республике	107

Д.Ж. Сатыбалдина, А.Н. Исайнова, Н.Н. Ташатов, Н.А. Дулатов

*Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(E-mail: satybaldina_dzh@enu.kz, issainova.an@gmail.com, tash.nur@mail.ru,
nursultanvt@gmail.com)*

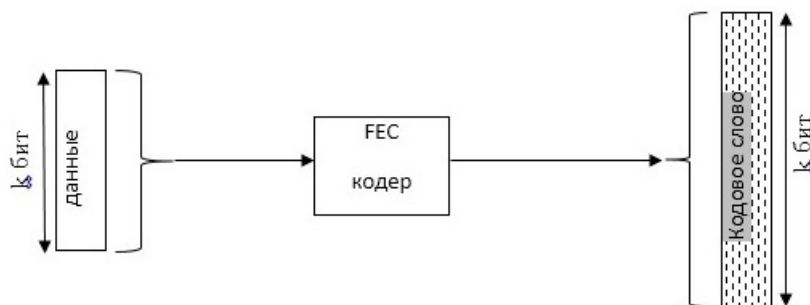
Проектирование и моделирование последовательных и параллельных каскадных схем помехоустойчивого кодирования

Аннотация: В работе рассмотрены вопросы проектирования систем коррекции ошибок на основе последовательных конкатенированных сверточных кодов и турбоподобных кодов, включая проектирование схем декодирования для этих кодов. Обсуждаются вопросы сложности реализации рассмотренных методов прямого исправления ошибок. На основе имитационного моделирования получены оценки производительности последовательных и параллельных схем канального кодирования в виде зависимости вероятности ошибки на бит BER (bit error rate) от уровня шума в канале с аддитивным белым гауссовым шумом.

Ключевые слова: Помехоустойчивое кодирование, каскадная схема, последовательная конкатенация, параллельная конкатенация, декодирование.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2019-127-2-78-86>

I. Введение. Канальное кодирование является важной составляющей цифровых систем связи для борьбы с неструктурированным шумом, вызванным особенностями физических сред каналов передачи сигналов или используемой телекоммуникационной аппаратуры. Такие среды могут создавать помехи, замирания, интерференцию, тепловые шумы и другие эффекты, которые могут ухудшить качество передаваемой информации, исказить или стереть передаваемый сигнал, вследствие чего на приемной стороне данные могут содержать ошибки. В цифровых системах связи вероятность появления ошибки является количественной мерой достоверности передачи информации (степени соответствия принятого сообщения переданному информационному потоку). Одним из методов обнаружения и исправления ошибок являются методы помехоустойчивого кодирования данных в каналах связи (или прямой коррекции ошибок - Forward Error Correction, FEC). Схемы кодирования FEC используют упреждающий метод исправления ошибок, при котором до момента передачи в поток входных данных длиной k бит (информационные биты) добавляют специальным образом структурированную избыточную информацию (проверочные биты), образуя последовательность из кодовых слов длиной n бит. Впоследствии при декодировании (восстановлении данных) избыточность может быть использована для исправления ошибок (см. рисунок 1).



(а) Отправитель



(б) Получатель

Рисунок 1 – Процессы кодирования и декодирования в системах прямой коррекции ошибок.

В 1948 году К. Шеннон доказал, что надежная связь возможна по шумному каналу, пока скорость передачи ниже пропускной способности канала [1]. Было обнаружено, что если скорость кода меньше пропускной способности канала, средняя вероятность ошибки экспоненциально уменьшается по мере увеличения длины кода. С тех пор ученые и инженеры разрабатывают коды с исправлением ошибок, которые могут обеспечить небольшую вероятность ошибки со скоростью, максимально приближенной к пропускной способности канала. В настоящее время используются несколько классов FEC-систем, которые имеют различающиеся параметры по производительности декодирования, сложности реализации, латентности и стоимости.

Первый тип - это блочные коды на основе алгебраического декодирования, это такие коды BCH, коды Хэмминга и коды Рида-Соломона, которые используются в различных приложениях [2].

Второй тип - это сверточные коды, которые генерируются последовательно посредством передачи информационной последовательности через линейный регистр сдвига [2]. В настоящее время сверточные коды широко используются, например, в мобильной связи стандартов GSM и CDMA, в системах цифрового телевидения, в каналах спутниковой связи, коммутируемых модемах и многих других приложениях. Основной причиной этой популярности является наличие эффективных алгоритмов декодирования, таких как алгоритм Витерби [3] и алгоритм многопорогового декодирования (МПД) [4].

Третий тип - это конкатенированные коды, которые состоят из блочных и/или сверточных кодов и используют алгоритмы итеративного декодирования. Изобретение турбокодов, последовательных конкатенированных сверточных кодов (Serially Concatenated Convolutional Codes, SCCC) и параллельных конкатенированных сверточных кодов (Parallel Concatenated Convolutional Codes, PCCC), произвело революцию в области канального кодирования, так как их производительность очень близка к пределу Шеннона, выраженной величиной частоты ошибок в битах BER (bit error rate) [5]. Так, турбокоды обеспечивают BER около 10^{-5} (т.е. один ошибочный бит на 100000 битов) при величине отношения сигнал/шум, превышающей лишь на 0.5 дБ граничную величину для заданной скорости передачи информации.

Наиболее важным моментом в разработке конкатенированных схем кодирования является то, что их длина N является произведением длин составных кодов (для случая двух кодов, внутреннего и внешнего, $N = n_1 \times n_2$). При этом с увеличением длины кода N сложность декодирования также растёт (по экспоненциальной, полиномиальной или линейной функции, в зависимости от выбранных кодов и алгоритмов декодирования) [6]. Поэтому остается актуальной проблема нахождения компромисса между производительностью и сложностью схем канального кодирования на основе конкатенированных кодов. В связи с этим целью настоящей работы является исследование вопросов проектирования систем помехоустойчивого

кодирования на основе последовательно и параллельно конкатенированных сверточных кодов, а также сравнение производительности процедур декодирования на основе имитационного моделирования работы каскадных схем в канале с аддитивным белым гауссовым шумом (АБГН).

Остальная часть статьи организована следующим образом. В разделе II представлены схемы последовательной и параллельной конкатенации сверточных кодов и схем декодирования. Результаты имитационного моделирования и их обсуждение рассмотрены в разделе III. В разделе IV приводятся выводы и перспективы исследований.

II. Проектирование схем последовательной и параллельной конкатенации сверточных кодов и схем декодирования

Ключевой характеристикой кодов прямой коррекции является кодовая скорость R , которая выражает отношение скорости передачи без FEC к скорости передачи битов с FEC:

$$R = \frac{k}{n}, \tag{1}$$

где k - количество символов, поступающих на кодер, n - количество информации, поступающей из кодера в канал связи, при этом $(n - k)$ битов являются избыточными.

Конкатенированные коды - это схемы прямой коррекции ошибок, которые построены из двух или более простых кодов с разными кодовыми скоростями, позволяющие обеспечить хорошую производительность декодирования с разумной сложностью реализации.

Обобщенная схема последовательного конкатенированного кодирования и декодирования представлена на рисунке 2.

Для внутренней схемы кодирования выбираются короткие коды, для которых внутренний декодер близок к оптимальному декодеру. Примером такого декодера является декодер Витерби для сверточных кодов, сложность декодирования которого увеличивается экспоненциально с ростом длины кода n , а при достаточно большом n достигается умеренно низкая вероятность ошибки декодирования. Внешний код может иметь длину кода больше, чем у внутреннего кода, при этом внешний декодер должен использовать алгоритм, сложность которого определяется полиномиальной или линейной функцией. Таким образом, декодирование длинного конкатенированного кода с общей длиной $N = n_1 \times n_2$ заменяется декодированием двух значительно более коротких кодов - внутреннего кода длины n_1 и внешнего кода n_2 . Устройство перемежения используется для перемешивания битов в поступающем потоке, что позволяет в последствие исправлять не только одиночные ошибки, но и пакеты ошибок. Одним из методов перемежения является запись входных битов последовательно в столбцы таблицы, на выход подаются биты, считанные последовательно из строк сформированной матрицы. Деperемежитель выполняет обратные операции (запись по строкам и чтение по столбцам).



Рисунок 2 – Обобщенная схема последовательного конкатенированного кодирования и декодирования.

Глобальная скорость кодирования последовательного конкатенированного кода равна

$$R_S = R_1 R_2. \tag{2}$$

Например, глобальная скорость кодирования $1/2$ может быть получена последовательным конкатенацией двух сверточных кодов с элементарными скоростями $2/3$ и $3/4$, как представлено на рисунке 3 [7].

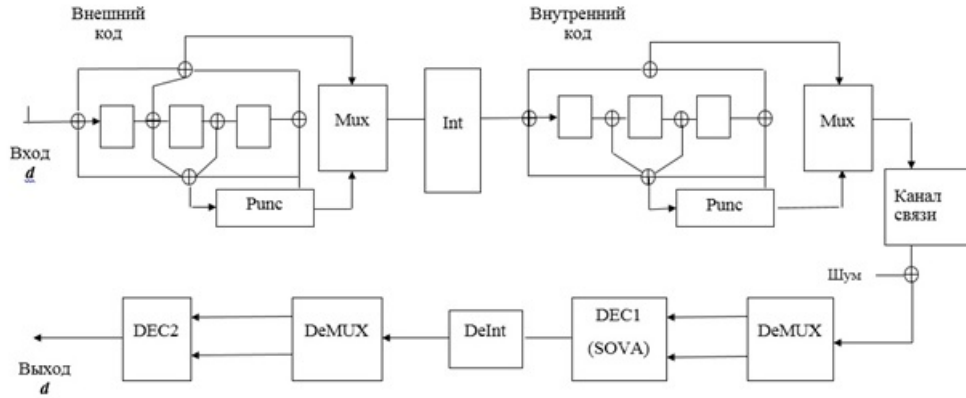


Рисунок 3 – Последовательная конкатенация двух несистематических сверточных кодеров со скоростями кодирования $R_1 = 3/4$ (внешний кодер) и $R_2 = 2/3$ (внутренний кодер). Глобальная скорость кодирования равна $R = 1/2$ [7].

Устройство прокалывания используется для генерирования нового сверточного кода с более высокой кодовой скоростью. Необходимость ввода дополнительного устройства связана с экспоненциальной сложностью декодирования декодера Витерби. Чтобы снизить такую сложность декодирования, используется удаление некоторого бита из выходной последовательности. Например, в спецификации CDMA-2000 предусматривается, что блок прокалывания должен удалять каждый девятый символ из выходной последовательности со сверточного кодера с $k = 9$ и $R = 1/3$, чтобы реализовать сверточный кодер с $k = 9$ и $R = 3/8$. Устройство депрокалывания реализует операцию, инверсную по отношению к операции прокалывания. Анализируя схему, представленную на рисунке 3, можно заметить асимметрию при использовании полученной информации: внутренний декодер извлекает выгоду только из избыточных битов Y_1 , тогда как внешний декодер использует для исправления ошибок как избыточных битов Y_2 , так и от выходных битов с внутреннего декодера. Это наблюдение дало идею повторного ввода результата внешнего декодера во внутренний декодер [7]. Были предложены рекурсивные систематические сверточные коды (recursive systematic convolutional codes, RSC), в которых, в отличие от несистематических сверточных кодов, информационные данные передаются также на выход кодера. Рисунок 4 иллюстрирует кодер RSC с кодовой скоростью $2/3$, предложенный в работе [8]. Схема последовательного конкатенированного кодирования на основе двух RSC представлена на рисунке 5 [2]. При декодировании конкатенированных кодов используется итеративная

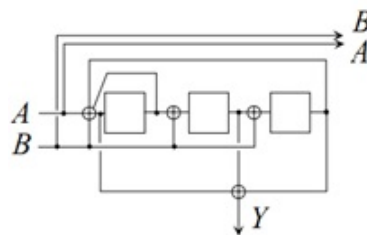


Рисунок 4 – Рекурсивный систематический сверточный кодер(RSC) с памятью 3. А и В - входные биты, А, В и Y - выходные биты с кодера. Скорость кодирования составляет $2/3$ [8].

обработка данных. В задачу каждой итерации входит получение априорных данных о

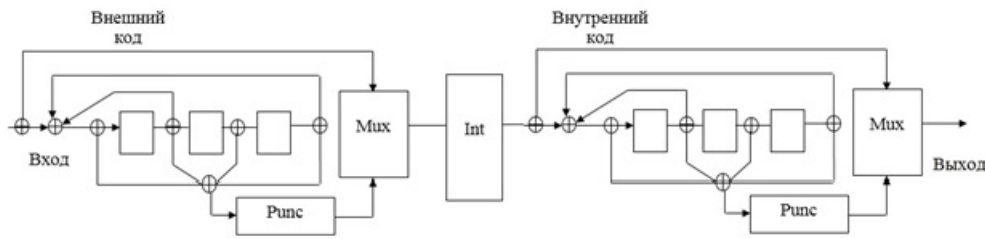


Рисунок 5 – Последовательная конкатенация двух системных сверточных (RSC) кодов со скоростями кодирования 3/4 (внешний код) и 2/3 (внутренний код). Глобальная скорость кодирования равна 1/2 [2].

декодируемой информации, вынесение мягких или жестких решений и передача оценки результата декодирования на последующую итерацию. При этом результаты предыдущей итерации декодирования являются внешней априорной информацией для следующего шага декодирования. За счет такой многоитерационной (циклической) обработки кодовых слов можно увеличить достоверность обрабатываемой информации, тем самым уменьшив вероятность появления ошибки в выходной последовательности с декодеров. Как видно на рисунке 3, для декодирования сверточного кода используется алгоритм Витерби с мягким выходом (Soft-Output Viterbi Algorithm, SOVA), предложенный в [9]. SOVA для систематических сверточных кодов обеспечивает хорошую оценку отношения правдоподобия (Log Likelihood Ratio, LLR) по отношению к его входным символам. Каждое вычисленное значение LLR может быть выражено как сумма двух вкладов. Первое слагаемое - это внутренняя информация, доступная на выходе из канала связи до любой стадии декодирования; второе - это внешняя информация с декодера. Поскольку внутренняя информация используется обоими декодерами (в разные моменты времени), внешняя информация, создаваемая каждым из декодеров, должна быть передана другой в качестве новой информации, чтобы гарантировать совместную сходимость. В связи с этим, в работе [10] предложена модификация схемы, представленная на рисунке 6.

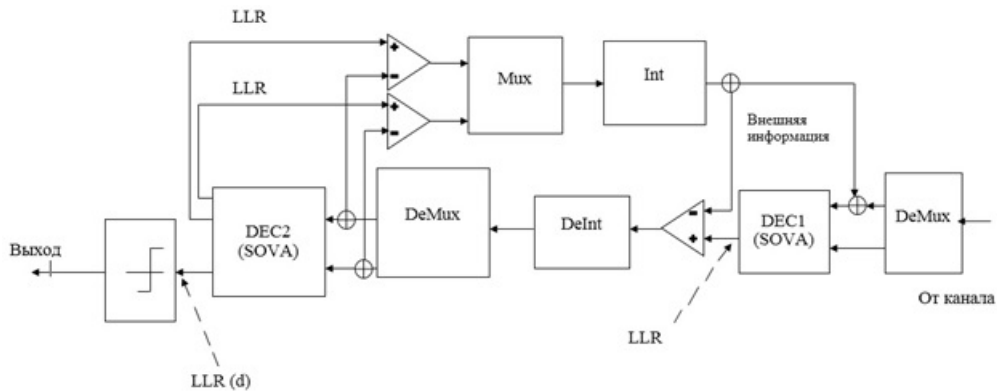


Рисунок 6 – Структура первой схемы турбодекодирования.

Идея параллельной конкатенации возникла в команде исследователей, отвечающей за разработку самой первой конвейерной схемы итеративного турбо декодирования. Параллельно конкатенированные сверточные коды (parallel concatenated convolutional codes, PCCCs) называют также турбо кодами. Параллельная конкатенация двух элементарных кодов C_1 и C_2 со скоростями кодирования R_1 и R_2 имеет глобальную скорость кодирования:

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 - R_1 R_2} = \frac{R_1 R_2}{1 - (1 - R_1)(1 - R_2)}. \quad (3)$$

Из формулы (3), следует, что глобальная скорость кодирования 1/2 может быть получена параллельной конкатенацией двух кодов с элементарными скоростями 2/3 [2], как представлено на рисунке 7.

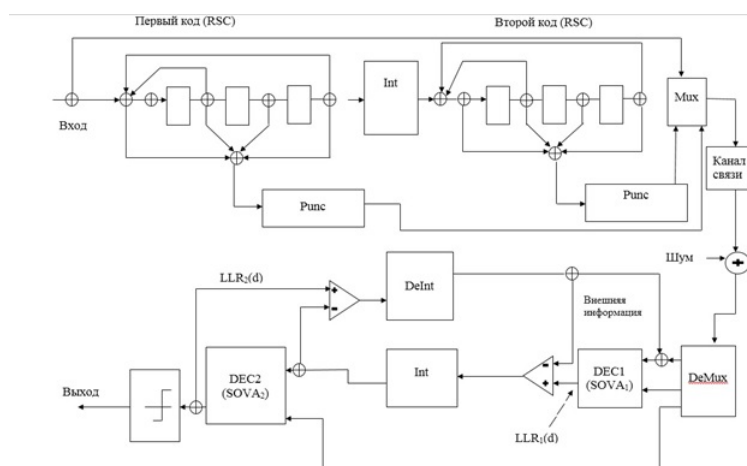


Рисунок 7 – Схема параллельной конкатенации двух кодов RSC и турбо декодирования на основе SOVA [2].

III. Результаты имитационного моделирования Энергетический выигрыш кодирования (ЭВК), получаемый при использовании турбо кодов в канале с АБГШ, составляет от 2 до 4 дБ по сравнению с последовательной конкатенацией кода Рида Соломона и сверточного кода, декодируемого алгоритмом Витерби [11]. Для телекоммуникационных систем это создает эффект увеличения мощности передатчика или допустимый коэффициент шума приемника, что и обуславливает технический эффект от использования кодирования. Указанная величина ЭВК существенно ниже теоретически достижимой границы, соответствующей, например, величине 9,4 дБ для канала с АБГШ и двоичной фазовой модуляции, вероятностью ошибки на бит 10^{-5} и кодовой скоростью $1/2$ [12].

Одним из эффективных способов увеличения ЭВК является использование многопороговых декодеров (МПД), применяемых для декодирования блочных и сверточных кодов, в том числе в каскадных конструкциях [4, 6]. Отличительной особенностью МПД является линейная сложность декодирования от длины кода, в отличие от экспоненциальной сложности декодера АВ. При этом сложность декодера каскадной (последовательной или параллельной конкатенации сверточных кодов) системы коррекции ошибок пропорциональна сумме сложностей процедур декодирования для внутреннего и внешнего кода [4]. В связи с этим в настоящей работе было проведено имитационное моделирование работы в условиях шума в канале описанных выше конкатенированных схем на основе RSC. Алгоритм декодирования SOVA заменен алгоритмом мягкого многопорогового декодирования, оригинальность которого подтвержден патентом Республики Казахстан [13]. Для целей имитационного моделирования используется авторская программная система, обеспечивающая автоматизацию процесса конкатенированных схем, кодирования данных, генерирование и внесение ошибок в канал связи и декодирования сверточных кодов на основе алгоритма МПД [14, 15]. Архитектура программной системы и функциональные возможности описаны в монографии [16].

Рассмотрим эффективность каскадных схем в канале с АБГШ, двоичной фазовой модуляции (BPSK) и 16-ти уровневое квантование решения на входе мягкого МПД. На рисунке 8 представлены результаты имитационного моделирования для последовательной (кривая 3) и параллельной (кривая 3) конкатенированной систем прямой коррекции ошибок на основе RSC с кодовой скоростью $3/4$ и $2/3$. На рисунке 8 показаны графики зависимости вероятности ошибки декодирования от отношения сигнал/шум в канале. Для сравнения также представлены кривые 1 и 2 для некаскадных схем кодирования, являющихся компонентами конкатенированных схем.

Анализа данных, представленных на рисунке 8, показывает, что благодаря большому количеству избыточных символов, параллельная структура имеет лучшую эффективность кодирования на больших шумах. При этом порог сходимости, то есть минимальное

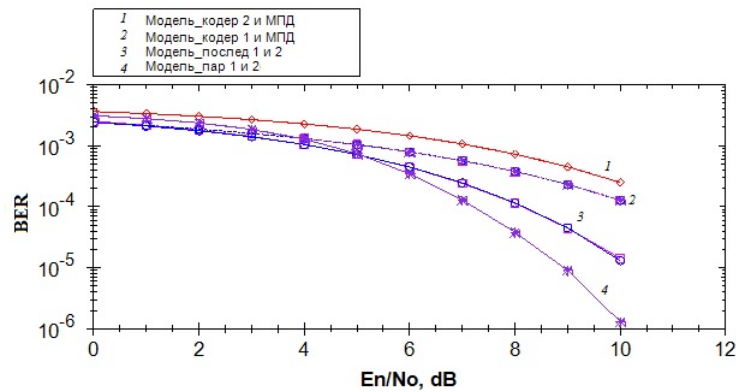


Рисунок 8 – Характеристики схем прямой коррекции ошибок на основе RSC в канале с АБГШ при BPSK.

значение отношения сигнал/шум, при котором итеративный декодер начинает исправлять большую часть ошибок, ниже, когда конкатенация является параллельной. В свою очередь, последовательные конкатенированные сверточные коды показывают более низкие изменения наклона в кривых вероятности ошибок символа, чем их параллельные аналоги, из-за более высоких минимальных расстояний Хэмминга. Сравнение каскадных и некаскадных систем коррекции ошибок указывает на выигрыш в эффективности декодирования при использовании конкатенации схем кодирования/декодирования.

Отметим, что в области малых шумов выигрыш увеличить не удастся, поскольку в этой области каждый составляющий МПД уже работает почти как оптимальный декодер для используемого кода, эффективность которого улучшить невозможно. Также заметим, что сложность параллельной схемы по сравнению со сложностью обычного МПД увеличивается в несколько раз, но все равно остается меньше сложности других сопоставимых по эффективности алгоритмов.

IV. Заключение. В работе представлены результаты проектирования последовательно и параллельно конкатенированных схем помехоустойчивого кодирования на основе несистематических и систематических кодов, алгоритмов декодирования на основе получения мягких решений. Рассмотрены варианты реализации конкатенированных схем с использованием многопорогового декодера систематических сверточных кодов и исследована их эффективность. Результаты имитационного моделирования показали улучшения эффективности исправления ошибок за счет декодирования принятого из канала потока данных несколькими составляющими МПД с различными настройками.

Следует отметить, что полученные характеристики составной системы кодирования, состоящего из параллельно соединенных сверточных кодов, оказываются примерно на 0,9 дБ лучше характеристик последовательного каскадного кода, состоящего из сверточных кодеров с разной кодовой скоростью, декодируемых с помощью алгоритма мягкого многопорогового декодирования.

Будущие исследования связаны с подбором оптимальных параметров составляющих сверточных кодеров и декодеров МПД, исследованием влияния устройств перемежения и прокалывания на эффективность декодирования.

Работа выполнена при поддержке Комитета науки МОН РК (грант № AP05130293).

Список литературы

- 1 Shannon C. E., A Mathematical Theory of Communication // Bell Syst. Tech. J.- 1948. - Vol. 27- P. 379-423.
- 2 Rao K.D, Channel Coding Techniques for Wireless Communications. Springer, 2015. - 394 p.
- 3 Viterbi A. J., Convolutional Codes and Their Performance in Communication Systems // IEEE Trans. Comm. Tech. - 1971- Vol. COM -19 P. 751-772.
- 4 Zolotarev V.V., Zubarev Y.B., Ovechkin G.V. Optimization Coding Theory and Multithreshold Algorithms. Geneva: ITU, 2015. - 159 p.
- 5 Berrou C. Codes and Turbo Codes. Springer-Verlag France, Paris, 2010. - 415 p.

- 6 Ovechkin G., Zolotarev V., Ovechkin P., Satibaldina D., Tashatov N. The Performance of Concatenated Schemes Based on Non-binary Multithreshold Decoders // Advances in Systems Science. Springer International Publishing. 2014. - Vol.240. P.251-259.
- 7 Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes, in: Proceedings of the International Conference Communications (ICC '93), Geneva, Switzerland, May 23-26, 1993. P. 1064-1070.
- 8 Berrou Claude, Langlais Charlotte and Yu Yi. Turbo codes and turbo algorithms // Journal of communications software and systems. - 2006. Vol. 2, P.179-190.
- 9 Battail G. Coding for the Gaussian channel: the promise of weighted-output decoding. // Int. J. Satell. Commun. -1989. V.7 - P.183-192.
- 10 Berrou C., Adde P., Angui E., Faudeil S. A low complexity soft-output Viterbi decoder architecture, in: Proceedings of the International Conference Communications (ICC'93). Geneva, Switzerland, May. - 1993 P. 737-740.
- 11 Архипкин А. Турбокоды - мощные алгоритмы для современных систем связи // Беспроводные технологии. - 2006. - №1. - С.36-37.
- 12 Золотарев В.В. Реальный энергетический выигрыш кодирования для спутниковых каналов // В кн.: 4-я Международная конференция "Спутниковая связь-2000". - Москва. - 2000. -Т 2. - с.20-25.
- 13 Золотарев В.В., Овечкин Г.В., Сатыбалдина Д.Ж., Ташатов Н.Н., Адамова А.Д. Способ мягкого многопорогового декодирования, Удостоверение автора №93991 на изобретение, инновационный патент 2014/1323.1 от 15.10.2014, номер бюллетеня, дата бюллетеня №9, 15.08.2016, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан 21.07.2016.
- 14 Сатыбалдина Д.Ж., Мишин В.А., Исайнова А.Н., Ташатов Н.Н. Оптимизация параметров работы каскадных схем на основе многопороговых декодеров недвоичных сверточных кодов // Информационная безопасность в свете Стратегии Казахстан - 2050: сборник трудов III Международной научно-практической конференции. - Астана. - 2015. - С.329-337.
- 15 Сатыбалдина Д.Ж., Исайнова А.Н., Ташатов Н.Н., Программные средства коррекции ошибок в телекоммуникационных системах. Монография. Алматы. Evero. - 2018. - 544 стр.

Д.Ж. Сатыбалдина, А.Н. Исайнова, Н.Н. Ташатов, Н.А. Дулатов

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Бөгеуілге орнықты кодтаудың сызықтық және параллель каскадты схемаларын жобалау және модельдеу

АндатпаЖұмыста сызықтық конкатенацияланған жималаушы кодтар мен қателерді түзету жүйелерінің конструкцияланған кодтары мен турбо сияқты кодтар негізінде қателерді түзету жүйелерін жобалау, осы кодтар үшін декодтау схемаларын жобалауды қоса алғандағы мәселелер қарастырылған. Тікелей қателерді түзетудің қаралған әдістерін жүзеге асыру күрделілігінің мәселелері талқыланады. Имитацияланған модельдеу негізінде қате ықтималдығының аддитивті ақ гаусс шуылды арнадағы шу деңгейінен тәуелді бит BER-ге (bit error rate) тәуелділігі түрінде сызықтық арналық кодтау схемаларының үнімділік бағалары алынды.

Түйінді сөздер: кодтау, каскадты схема, декодтау, параллельді және дәйекті конкатенация.

D. Satybaldina, A. Issainova, N. Tashatov, and N. Dulatov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Design and simulation of the serial concatenated and parallel concatenated schemes for forward error correction

Abstract: Design of the error correction systems based on sequential concatenated convolutional codes and turbo-like codes, including the design of decoding schemes for these codes, are considered in the paper. The complexity of the implementation of the considered forward error correction methods is discussed. Based on simulation modeling, the performance of the serial concatenated and parallel concatenated coding schemes are obtained as the dependence of BER (bit error rate) on the noise level for Gaussian channel.

Keywords: forward error correction, concatenated scheme, serial concatenated scheme, parallel concatenated scheme, decoding.

References

- 1 Shannon C. E., A Mathematical Theory of Communication, Bell Syst. Tech. J. 27, 379-423 (1948).
- 2 Rao K.D, Channel Coding Techniques for Wireless Communications (Springer, 2015, 394 p.).
- 3 Viterbi A. J., Convolutional Codes and Their Performance in Communication Systems, IEEE Trans. Comm. Tech., COM-19, 751-772 (1971).
- 4 Zolotarev V.V., Zubarev Y.B., Ovechkin G.V. Optimization Coding Theory and Multithreshold Algorithms (ITU, Geneva, 2015, 159 p.).
- 5 Berrou C. Codes and Turbo Codes (Springer-Verlag France, Paris, 2010, 415 p.).

- 6 Ovechkin G., Zolotarev V., Ovechkin P., Satibaldina D., Tashatov N. The Performance of Concatenated Schemes Based on Non-binary Multithreshold Decoders, *Advances in Systems Science* (Springer International Publishing, 251-259, 2014).
- 7 Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes (Proceedings of the International Conference Communications, Switzerland, Geneva, 1064-1070, 1993).
- 8 Berrou Claude, Langlais Charlotte and Yu Yi. Turbo codes and turbo algorithms. *Journal of communications software and systems*. 2, 179-190 (2006).
- 9 Battail G. Coding for the Gaussian channel: the promise of weighted-output decoding. *Int. J. Satell. Commun.* 7, 183-192 (1989).
- 10 Berrou C., Adde P., Angui E., Faudeil S. A low complexity soft-output Viterbi decoder architecture (Proceedings of the International Conference Communications, Switzerland, Geneva, 737-740, 1993).
- 11 13. Zolotarev V., Ovechkin G., Satybaldina D., Tashatov N.N., Adamova A. Sposob myagkogo mnogoporogovogo dekodirovaniya, Udostovereniye avtora №93991 na izobreteniyе, innovatsionnyy patent 2014/1323.1 ot 15.10.2014, nomer byulletenya, data byulletenya №9, 15.08.2016, zaregistrovan v Gosudarstvennom reyestre izobreteniy Respubliki Kazakhstan 21.07.2016. [Way of soft multithreshold decoding, the Certificate of the author No. 93991 on an invention, innovative patent 2014/1323.1 of 15.10.2014, number of the bulletin, date of bulletin No. 9, 15.08.2016, is registered in the State register of inventions of the Republic of Kazakhstan 21.07.2016].
- 12 Satybaldina D., Mishin V., Issainova A., Tashatov N. Optimizatsiya parametrov raboty kaskadnykh skhem na osnove mnogoporogovykh koderov nedvoichnykh svertochnykh kodov [Optimization of operation parameters of cascade schemes based on multi-threshold decoders of non-binary convolutional codes], *Information Security in the Light of the Strategy Kazakhstan - 2050: proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Astana, P.329-337, 2015.*
- 13 Satybaldina D., Issainova A., Tashatov N. Programmnyye sredstva korrektsii oshibok v telekommunikatsionnykh sistemakh [Error correction software in telecommunication systems], *Monograph, Almaty, Evero, 2018, 544 p.*

Сведения об авторах

Сатъбалдина Д.Ж. – к.ф.-м.н., доцент, и.о. профессора кафедры Вычислительной техники, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Исайнова А.Н. – докторант кафедры Вычислительной техники, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Ташатов Н.Н. – к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой Вычислительной техники, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Дулатов Н.А. – магистрант кафедры Вычислительной техники, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Satybaldina D. – candidate of physical and mathematical sciences, docent, duty officer of Department of "Computer Science", L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Issainova A. – doctoral student of Department of "Computer Science", L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Tashatov N. – candidate of physical and mathematical sciences, docent, Head of Department of "Computer Science", L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Dulatov N. – master student of Department of "Computer Science", L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 28.03.2019

«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы» журналында мақала жариялау ережесі

1. Журнал мақсаты. Техника және технологияның барлық бағыттағы (есептеу техникасы, құрылыс, сәулет, геотехника, геосинтетика, көлік, машинақұрастыру, энергетика, сертификаттау және стандарттау) салаларының теориялық және эксперименталды зерттеулері бойынша мұқият тексеруден өткен ғылыми құндылығы бар мақалалар жариялау.

2. Журналда мақала жариялаушы автор мақаланың қол қойылған бір дана қағаз нұсқасын Ғылыми басылымдар бөліміне (редакцияға, мекенжайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Қ. Сәтпаев көшесі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Бас ғимарат, 408 кабинет) және *vest_techsci@enu.kz* электрондық поштасына Word, Tex, PDF форматтарындағы нұсқаларын жіберу қажет. Мақала мәтінінің қағаз нұсқасы мен электронды нұсқалары бірдей болулары қажет. Сонымен қатар, мақаламен бірге редакцияға авторлар ілеспе хат тапсырады. Мақалалар қазақ, орыс, ағылшын тілдерінде қабылданады.

3. Автордың қолжазбаны редакцияға жіберуі мақаланың Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысында басуға келісін, шетел тіліне аударылып қайта басылуына келісін білдіреді. Автор мақаланы редакцияға жіберу арқылы автор туралы мәліметтің дұрыстығына, мақала көшірілмегендігіне (плагиаттың жоқтығына) және басқа да заңсыз көшірмелердің жоқтығына кепілдеме береді.

4. Мақаланың көлемі 18 беттен аспауға тиіс (6 беттен бастап).

5. Мақаланың құрылымы

ҒТАМРК <http://grmti.ru/>

Автор(лар)дың аты-жөні

Мекеменің толық атауы, қаласы, мемлекеті (егер авторлар әртүрлі мекемеде жұмыс жасайтын болса, онда әр автор мен оның жұмыс мекемесі қасында бірдей белгі қойылу керек)

Автор(лар)дың E-mail-ы

Мақала атауы

Аннотация (100-200 сөз; формуласыз, мақаланың атауын мейлінше қайталамауы қажет; әдебиеттерге сілтемелер болмауы қажет; мақаланың құрылысын (кіріспе /мақаланың мақсаты/ міндеттері /қарастырылып отырған сұрақтың тарихы, зерттеу әдістері, нәтижелер/талқылау, қорытынды) сақтай отырып, мақаланың қысқаша мазмұны берілуі қажет).

Түйін сөздер (6-8 сөз не сөз тіркесі. Түйін сөздер мақала мазмұнын көрсетіп, мейлінше мақала атауы мен аннотациядағы сөздерді қайталамай, мақала мазмұнындағы сөздерді қолдану қажет. Сонымен қатар, ақпараттық-ізвестіру жүйелерінде мақаланы жеңіл табуға мүмкіндік беретін ғылым салаларының терминдерін қолдану қажет).

Негізгі мәтін мақаланың мақсаты/ міндеттері/ қарастырылып отырған сұрақтың тарихы, зерттеу әдістері, нәтижелер/талқылау, қорытынды бөлімдерін қамтуы қажет.

Таблица, суреттер – аталғаннан кейін орналастырылады. Әр таблица, сурет қасында оның аталуы болуы қажет. Сурет айқын, сканерден өтпеген болуы керек.

Мақаладағы **формулалар** тек мәтінде оларға сілтеме берілсе ғана номерленеді.

Жалпы қолданыста бар **аббревиатуралар** мен **қысқартулардан** басқалары міндетті түрде алғаш қолданғанда түсіндірілуі берілуі қажет. **Қаржылай көмек туралы** ақпарат бірінші бетте көрсетіледі.

Әдебиеттер тізімі

Мәтінде әдібиеттерге сілтемелер тікжақшаға алынады. Мәтіндегі әдібиеттер тізіміне сілтемелердің номерленуі мәтінде қолданылуына қатысты жүргізілді: мәтінде кездескен әдібиетке алғашқы сілтеме [1] арқылы, екінші сілтеме [2] арқылы т.с.с. жүргізіледі.

Кітапқа жасалатын сілтемелерде қолданылған беттері де көрсетілуі керек (мысалы, [1, 45 бет]). Жарияланбаған еңбектерге сілтемелер жасалмайды. Сонымен қатар, рецензиядан өтпейтін басылымдарға да сілтемелер жасалмайды (әдібиеттер тізімін, әдібиеттер тізімінің ағылшынша эзірлеу үлгілерін төмендегі мақаланы рәсімдеу үлгісінен қараңыз).

Мақала соңындағы әдібиеттер тізімінен кейін **библиографиялық мәліметтер** орыс және ағылшын тілінде (егер мақала қазақ тілінде жазылса), қазақ және ағылшын тілінде (егер мақала орыс тілінде жазылса), орыс және қазақ тілінде (егер мақала ағылшын тілінде жазылған болса) беріледі.

Авторлар туралы мәлімет: автордың аты-жөні, ғылыми атағы, қызметі, жұмыс орны, жұмыс орнының мекен-жайы, телефон, e-mail – қазақ, орыс және ағылшын тілдерінде толтырылады.

6. Қолжазба мұқият тексерілген болуы қажет. Техникалық талаптарға сай келмеген қолжазбалар қайта өңдеуге қайтарылады. Қолжазбаның қайтарылуы оның журналда басылуына жіберілуін білдірмейді.

7. Редакцияға түскен мақала жабық (анонимді) тексеруге жіберіледі. Барлық рецензиялар авторларға жіберіледі. Автор (рецензент мақаланы түзетуге ұсыныс берген жағдайда) үш күн аралығында қайта қарап, қолжазбаның түзетілген нұсқасын редакцияға қайта жіберуі керек.

Рецензент жарамсыз деп таныған мақала қайтара қарастырылмайды. Мақаланың түзетілген нұсқасы мен автордың рецензентке жауабы редакцияға жіберіледі.

8. Төлемақы. Басылымға рұқсат етілген мақала авторларына төлем жасау туралы ескертіледі. Төлем көлемі 4500 тенге – ЕҰУ қызметкерлері үшін және 5500 тенге басқа ұйым қызметкерлеріне.

Реквизиты:

1)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: КСJBKZKX

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRTYKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк Казахстан"

БИК Банка: HSBKZZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Provision on articles submitted to the journal "Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Technical Science and Technology series"

1. Purpose of the journal. Publication of carefully selected original scientific works devoted to scientific issues in all areas of engineering and technology: construction, architecture, geotechnics, geosynthesis, transport, engineering, energy, certification and standardization, computer technology.

2. An author who wishes to publish an article in a journal must submit the article in hard copy (printed version) in one copy, signed by the author to the scientific publication office (at the address: 010008, Republic of Kazakhstan, Astana, Satpayev St., 2. L.N. Gumilyov Eurasian National University, Main Building, room 408) and by e-mail *vest_techsci@enu.kz* in Word, PDF and Tex format. At the same time, the correspondence between Tex-version, Word-version, PDF-version and the hard copy must be strictly maintained. And authors also need to provide the cover letter of the author(s).

Language of publications: Kazakh, Russian, English.

3. Submission of articles to the scientific publication office means the authors' consent to the right of the Publisher, L.N. Gumilyov Eurasian National University, to publish articles in the journal and the re-publication of it in any foreign language. Submitting the text of the work for publication in the journal, the author guarantees the correctness of all information about himself, the lack of plagiarism and other forms of improper borrowing in the article, the proper formulation of all borrowings of text, tables, diagrams, illustrations.

4. The volume of the article should not exceed 18 pages (from 6 pages).

5. Structure of the article

IRSTI <http://grnti.ru/>

Initials and Surname of the author (s)

Full name of the organization, city, country (if the authors work in different organizations, you need to put the same icon next to the name of the author and the corresponding organization)

Author's e-mail (s)

Article title

Abstract (100-200 words, it should not contain a formula, the article title should not repeat in the content, it should not contain bibliographic references, it should reflect the summary of the article, preserving the structure of the article - introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results /discussion, conclusion).

Key words (6-8 words/word combination. Keywords should reflect the main content of the article, use terms from the article, as well as terms that define the subject area and include other important concepts that make it easier and more convenient to find the article using the information retrieval system).

The main text of the article should contain an introduction/ problem statement/ goals/ history, research methods, results / discussion, conclusion. Tables, figures should be placed after the mention. Each illustration should be followed by an inscription. Figures should be clear, clean, not scanned.

In the article, only those **formulas** are numbered, to which the text has references.

All **abbreviations**, with the exception of those known to be generally known, must be deciphered when first used in the text.

Information on **the financial** support of the article is indicated on the first page in the form of a footnote.

References

In the text references are indicated in square brackets. References should be numbered strictly in the order of the mention in the text. The first reference in the text to the literature should have the number [1], the second - [2], etc. The reference to the book in the main text of the article should be accompanied by an indication of the pages used (for example, [1, 45 p.]). References to unpublished works are not allowed.

Unreasonable references to unreviewed publications (examples of the description of the list of literature, descriptions of the list of literature in English, see below in the sample of article design).

At the end of the article, after the list of references, it is necessary to indicate bibliographic data in Russian and English (if the article is in Kazakh), in Kazakh and English (if the article is in Russian) and in Russian and Kazakh languages (if the article is English language).

Information about authors: surname, name, patronymic, scientific degree, position, place of work, full work address, telephone, e-mail - in Kazakh, Russian and English.

6. The article must be **carefully verified**. Articles that do not meet technical requirements will be returned for revision. Returning for revision does not mean that the article has been accepted for publication.

7. **Work with electronic proofreading.** Articles received by the Department of Scientific Publications (editorial office) are sent to anonymous review. All reviews of the article are sent to the author. The authors must send the proof of the article within three days.

Articles that receive a negative review for a second review are not accepted. Corrected versions of articles and the author's response to the reviewer are sent to the editorial office. Articles that have positive reviews are submitted to the editorial boards of the journal for discussion and approval for publication.

Periodicity of the journal: 4 times a year.

8. **Payment.** Authors who have received a positive conclusion for publication should make payment on the following requisites (for ENU employees - 4,500 tenge, for outside organizations - 5,500 tenge):

Реквизиты:

1) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк Центр Кредит"

БИК банка: KСJBKZKX

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

2) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

3)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRYUKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

4)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк Казахстан"

БИК Банка: HSBKKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

Для сотрудников ЕНУ - 4500 тенге, для сторонних организаций - 5500 тенге

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Положение о рукописях, представляемых в журнал «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева. Серия Технические науки и технологии»

1. Цель журнала. Публикация тщательно отобранных оригинальных научных работ в области техники и технологий: строительство, архитектура, геотехника, геосинтетика, транспорт, машиностроение, энергетика, сертификация и стандартизация, вычислительная техника.

2. Автору, желающему опубликовать статью в журнале необходимо представить рукопись в твердой копии (распечатанном варианте) в одном экземпляре, подписанном автором в Отдел научных изданий (по адресу: 010008, Казахстан, г.Астана, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Учебно-административный корпус, каб. 408) и по e-mail vest_techsci@enu.kz в формате Tex, PDF и Word. При этом должно быть строго выдержано соответствие между Tex-файлом, Word-файлом, PDF-файлом и твердой копией. Также автору(ам) необходимо предоставить сопроводительное письмо в редакцию журнала.

Язык публикации: казахский, русский, английский.

3. Отправление статей в редакцию означает согласие авторов на право Издателя, Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, издания статей в журнале и переиздания их на любом иностранном языке. Представляя текст работы для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в рукописи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

4. Объем статьи не должен превышать 18 страниц (от 6 страниц).

5. Схема построения статьи

ГРНТИ <http://grnti.ru/>

Инициалы и Фамилию автора(ов)

Полное наименование организации, город, страна (если авторы работают в разных организациях, необходимо поставить одинаковый значок около фамилии автора и соответствующей организации)

E-mail автора(ов)

Название статьи

Аннотация (100-200 слов; не должна содержать формулы, не должна повторять по содержанию название статьи; не должна содержать библиографические ссылки; должна отражать краткое содержание статьи, сохраняя структуру статьи – введение/ постановка задачи/ цели/ история, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы).

Ключевые слова (6-8 слов/словосочетаний). Ключевые слова должны отражать основное содержание статьи, использовать термины из текста статьи, а также термины, определяющие предметную область и включающие другие важные понятия, позволяющие облегчить и расширить возможности нахождения статьи средствами информационно-поисковой системы).

Основной текст статьи должен содержать введение/ постановку задачи/ цели/ историю, методы исследования, результаты/обсуждение, заключение/выводы.

Таблицы, рисунки необходимо располагать после упоминания. Каждой иллюстрации должна следовать надпись. Рисунки должны быть четкими, чистыми, несканированными.

В статье нумеруются лишь те **формулы**, на которые по тексту есть ссылки.

Все **аббревиатуры** и сокращения, за исключением заведомо общеизвестных, должны быть расшифрованы при первом употреблении в тексте.

Сведения о **финансовой поддержке** работы указываются на первой странице в виде сноски.

Список литературы

В тексте ссылки обозначаются в квадратных скобках. Ссылки должны быть пронумерованы строго по порядку упоминания в тексте. Первая ссылка в тексте на литературу должна иметь номер [1], вторая - [2] и т.д. Ссылка на книгу в основном тексте статьи должна сопровождаться указанием использованных страниц (например, [1, 45 стр.]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Нежелательны ссылки на нецензурируемые издания (примеры описания списка литературы, описания списка литературы на английском языке см. ниже в образце оформления статьи).

В конце статьи, после списка литературы, необходимо указать **библиографические данные** на русском и английском языках (если статья оформлена на казахском языке), на казахском и английском языках (если статья оформлена на русском языке) и на русском и казахском языках (если статья оформлена на английском языке).

Сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, научная степень, должность, место работы, полный служебный адрес, телефон, e-mail – на казахском, русском и английском языках.

6. Рукопись должна быть **тщательно выверена**. Рукописи, не соответствующие техническим требованиям, будут возвращены на доработку. Возвращение на доработку не означает, что рукопись принята к опубликованию.

7. Работа с электронной корректурой. Статьи, поступившие в Отдел научных изданий (редакция), отправляются на анонимное рецензирование. Все рецензии по статьям отправляются автору. Авторам в течение трех дней необходимо отправить корректуру статьи. Статьи, получившие отрицательную рецензию, к повторному рассмотрению не принимаются. Исправленные варианты статей и ответ автора рецензенту присылаются в редакцию. Статьи, имеющие положительные рецензии, представляются редколлегии журнала для обсуждения и утверждения для публикации.

Периодичность журнала: 4 раза в год.

8. Оплата. Авторам, получившим положительное заключение к опубликованию, необходимо произвести оплату по следующим реквизитам (для сотрудников ЕНУ – 4500 тенге, для сторонних организаций – 5500 тенге).

Реквизиты:

1) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК

АО "Банк ЦентрКредит"

БИК банка: KСJВKZKX

ИИК: KZ978562203105747338

Кбе 16

Кпн 859- за статью

2) РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Bank RBK"

Бик банка: KINCKZKA

ИИК: KZ498210439858161073

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

3)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "ForteBank"

БИК Банка: IRYUKZKA

ИИК: KZ599650000040502847

Кбе 16

Кпн 859 - за статью

4)РГП ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева МОН РК АО "Народный Банк Казахстан"

БИК Банка: HSBKZKX

ИИК: KZ946010111000382181

Кбе 16

Кпн 859.

"За публикацию в Вестнике ЕНУ ФИО автора"

Мақаланы рәсімдеу үлгісі

МРНТИ 27.25.19

А.Ж. Жубанышева¹, Н. Темиргалиев², А.Б. Утесов³

¹ *Институт теоретической математики и научных вычислений Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан*

² *Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, Актюбе, Казахстан*

(Email: axaulezh@mail.ru, ntmath10@mail.ru, adilzhan_71@mail.ru)

Численное дифференцирование функций в контексте Компьютерного (вычислительного) перечника

Аннотация: В рамках компьютерного (вычислительного) перечника полностью решена задача приближенного дифференцирования функций, принадлежащих классам Соболева по неточной информации, полученной от произвольного конечного множества тригонометрических коэффициентов Фурье-Лебега дифференцируемой функции... [100-200 слов].

Ключевые слова приближенное дифференцирование, восстановление по неточной информации, предельная погрешность, компьютерный (вычислительный) перечник. [6-8 слов/словосочетаний].

Введение

Текст введения...

Авторам не следует использовать нестандартные пакеты LaTeX (используйте их лишь в случае крайней необходимости)

Заголовок секции

1.1 Заголовок подсекции

Окружения.

Теорема 1. ...

Лемма 1. ...

Предложение 1. ...

Определение 1. ...

Следствие 1. ...

Замечание 1. ...

Теорема 2 (Темиргалиев Н. [2]). *Текст теоремы.*

Д о к а з а т е л ь с т в о. Текст доказательства.

2. Формулы, таблицы, рисунки

$$\delta_N(\varepsilon_N; D_N)_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; D_N)_Y \equiv \inf_{(l^{(N)}, \varphi_N) \in D_N} \delta_N \left(\varepsilon_N; \left(l^{(N)}, \varphi_N \right) \right)_Y, \quad (1)$$

где $\delta_N(\varepsilon_N; (l^{(N)}, \varphi_N))_Y \equiv \delta_N(\varepsilon_N; T; F; (l^{(N)}, \varphi_N))_Y \equiv$

$$\equiv \sup_{\substack{f \in F \\ |\gamma_N^{(\tau)}| \leq 1 (\tau=1, \dots, N)}} \left\| Tf(\cdot) - \varphi_N \left(l_N^{(1)}(f) + \gamma_N^{(1)} \varepsilon_N^{(1)}, \dots, l_N^{(N)}(f) + \gamma_N^{(N)} \varepsilon_N^{(N)}; \cdot \right) \right\|_Y.$$

Таблицы, рисунки необходимо располагать после упоминания. С каждой иллюстрацией должна следовать надпись.

3. Ссылки и библиография

ТАБЛЕ 3 – Название таблицы

Простые	Не простые
2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29	4, 6, 8, 9, 10, 12, 14



Рисунок 22 – Название рисунка

Для ссылок на утверждения, формулы и т. п. можно использовать метки. Например, теорема 2, Формула (1)

Для руководства по \LaTeX и в качестве примера оформления ссылок, см., например, *Львовский С.М.* Набор и верстка в пакете \LaTeX . Москва: Космосинформ, 1994.

Список литературы оформляется следующим образом.

Список литературы

- 1 Локуциевский О.М., Гавриков М.Б. Начала численного анализа. –М.: ТОО "Янус", 1995. –581 с. - **книга**
- 2 Темирғалиев Н. Компьютерный (вычислительный) поперечник как синтез известного и нового в численном анализе // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева –2014. –Т.4. №101. –С. 16-33. **doi: ... (при наличии) - статья**
- 3 Жубанышева А.Ж., Абикенова Ш. О нормах производных функций с нулевыми значениями заданного набора линейных функционалов и их применения к поперечниковым задачам // Функциональные пространства и теория приближения функций: Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.М.Никольского, Москва, Россия, 2015. – Москва, 2015. –С.141-142. - **труды конференций**
- 4 Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гипополипидемическая активность леукомизина. –Алматы: Бастау, 2007. –С. 3-5 - **газетные статьи**
- 5 Кыров В.А., Михайличенко Г.Г. Аналитический метод вложения симплектической геометрии // Сибирские электронные математические известия –2017. –Т.14. –С.657-672. doi: 10.17377/semi.2017.14.057. – URL: <http://semi.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. (дата обращения: 08.01.2017). - **электронный журнал**

А.Ж. Жұбанышева¹, Н. Темірғалиев¹, А.Б. Утесов²

¹ *Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің теориялық математика және ғылыми есептеулер институты, Астана, Қазақстан*

² *Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан*

Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнмәтінінде функцияларды сандық дифференциалдау

Аннотация: Компьютерлік (есептеуіш) диаметр мәнмәтінінде Соболев класында жататын функцияларды олардың тригонометриялық Фурье-Лебег коэффициенттерінің ақырлы жиынынан алынған дәл емес ақпарат бойынша жуықтау есебі толығымен шешілді [100-200 сөздер].

Түйін сөздер: жуықтап дифференциалдау, дәл емес ақпарат бойынша жуықтау, шектік қателік, Компьютерлік (есептеуіш) диаметр [6-8 сөз/сөз тіркестері].

A.Zh.Zhubanysheva¹, N. Temirgaliyev¹, A.B. Utesov²

¹ *Institute of theoretical mathematics and scientific computations of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

² *K.Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan*

Numerical differentiation of functions in the context of Computational (numerical) diameter

Abstract: The computational (numerical) diameter is used to completely solve the problem of approximate differentiation of a function given inexact information in the form of an arbitrary finite set of trigonometric Fourier coefficients. [100-200 words]

Keywords: approximate differentiation, recovery from inexact information, limiting error, computational (numerical) diameter, massive limiting error. [6-8 words/word combinations]

References

- 1 Lokucievskij O.M., Gavrikov M.B. Nachala chislenogo analiza [Elements of numerical analysis] (Yanus, Moscow, 1995). [in Russian]
- 2 Temirgaliyev N. Komp'yuternyj (vychislitel'nyj) poperechnik kak sintez izvestnogo i novogo v chislenom analize [Computational (numerical) diameter as a synthesis of the known and the new in numerical analysis], Vestnik Evrazijskogo nacional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva [Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University], 4 (101), 16-33 (2014). [in Russian]
- 3 Zhubanysheva A.Zh., AbikenovaSh.K. O normah proizvodnyh funkcij s nulevymi znachenijami zadannogo nabora linejnyh funkcionalov i ih primenenija k poperechnikovym zadacham [About the norms of the derivatives of functions with zero values of a given set of linear functionals and their application to the width problems]. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii, posvjashhennaja 110-letiju so dnja rozhdenija akademika S.M.Nikol'skogo "Funkcional'nye prostranstva i teorija priblizhenija funkcij" [International conference on Function Spaces and Approximation Theory dedicated to the 110th anniversary of S. M. Nikol'skii]. Moscow, 2015, pp. 141-142. [in Russian]
- 4 Kurmukov A. A. Angioprotekornaja i gipolipidemicheskaja aktivnost' leukomizina [Angioprotective and lipid-lowering activity of leukomycin] (Bastau, Almaty, 2007, P. 3-5). [in Russian]
- 5 Кyров V.A., Mihajlichenko G.G. Analiticheskij metod vlozhenija simplekticheskoj geometrii [The analytic method of embedding symplectic geometry], Cibirskie jelektronnye matematicheskie izvestija [Siberian Electronic Mathematical Reports], 14, 657-672 (2017). doi: 10.17377/semi.2017.14.057. Available at: <http://semr.math.nsc.ru/v14/p657-672.pdf>. [in Russian]. (accessed 08.01.2017).

Сведения об авторах:

Жубанышева А.Ж. - старший научный сотрудник Института теоретической математики и научных вычислений, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Темиргалиев Н. - директор Института теоретической математики и научных вычислений, Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Утесов А.Б. - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики, Актюбинский региональный государственный университет имени К. Жубанова, пр. А.Молдагуловой, 34, Актобе, Казахстан.

Zhubanysheva A.Zh. - Senior researcher of the Institute of theoretical mathematics and scientific computations, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Temirgaliyev N. - Head of the Institute of theoretical mathematics and scientific computations, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Utesov A.B. - candidate of physical and mathematical sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, K.Zhubanov Aktobe Regional State University, A.Moldagulova Prospect, 34, Aktobe, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 15.05.2017

Редакторы: Г.Т. Мерзадинова

Шығарушы редактор, дизайн: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің
Хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы.
-2019. -1(126).- Нұр-Сұлтан: ЕҰУ.
Шартты б.т. - 12,125. Таралымы - 35 дана.

Мазмұнына типография жауап бермейді.

Редакция мекен-жайы: 010008, Нұр-Сұлтан.,
Сәтпаев көшесі, 2
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Тел.: +7(7172) 70-95-00(ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды