



**100 лет  
ДОННТУ**



Донецкий Национальный  
Технический университет

Факультет Компьютерных  
Наук и Технологий

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XII МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

**ИУС  
МКМ**

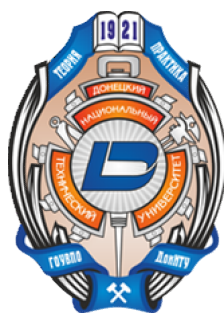
**26–27 мая 2021  
г. Донецк**

**В РАМКАХ VII МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНОГО ФОРУМА  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ**



**ИНФОРМАТИКА, УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ,  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(ИУСМКМ-2021)**

**Материалы XII Международной научно-технической  
конференции в рамках  
VII Международного Научного форума  
Донецкой Народной Республики  
к 100-летию ДОНТУ**

**26–27 мая 2021 г.**

**г. Донецк, ДОНТУ – 2021**

ИУСМКМ-2021 : материалы XII Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование» / Донецкий нац. техн. ун-т ; сост.: А. И. Воронова, Т. А. Васяева ; под ред. Р. В. Мальчевой. – Донецк : ДОННТУ, 2021. – 149 с.

Сборник подготовлен по результатам XII Международной научно-технической конференции «Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование», проведенной в рамках VII Международного Научного форума Донецкой Народной Республики.

Организаторами конференции выступили Министерство образования и науки ДНР; ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» (ДОННТУ), факультет компьютерных наук и технологий (ФКНТ), кафедра автоматизированных систем управления (АСУ); ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет “Московский институт электронной техники”» (НИУ «МИЭТ»); ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (КубГУ); ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» (СевГУ).

Материалы, вошедшие в сборник, представлены научно-педагогическими сотрудниками, аспирантами, магистрантами и студентами высших учебных заведений из России, Беларуси, ДНР и ЛНР.

Рекомендовано к публикации на заседании Ученого совета ФКНТ ДОННТУ.  
Протокол № 5 от «18» июня 2021 г.

Организационный комитет:

**Анопrienko А. Я.**, к. т. н., проф., ректор ДОННТУ; **Николаенко Д. В.**, к. т. н., доц., декан ФКНТ ДОННТУ; **Секирин А. И.**, к. т. н., доц., зав. каф. АСУ ДОННТУ; **Кожухов И. Б.**, д. ф.-м. н., проф., проф. каф. «Высшая математика № 1» НИУ «МИЭТ»; **Шевченко В. И.**, к. т. н., доц., зав. каф. «Корпоративные информационные системы» СевГУ; **Алексеев Е. Р.**, к. т. н., доц., доц. каф. «Информационные образовательные технологии» КубГУ; **Лапицкая Н. В.**, к. т. н., доц., зав. каф. «Программное обеспечение информационных технологий» учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»; **Пацей Н. В.**, к. т. н., доц., зав. каф. «Программная инженерия» учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»; **Мальчева Р. В.**, к. т. н., доц., проф. каф. «Компьютерная инженерия» ДОННТУ; **Хмелевой С. В.**, к. т. н., доц., доц. каф. АСУ ДОННТУ; **Васяева Т. А.**, к. т. н., доц., доц. каф. АСУ, зам. декана ФКНТ ДОННТУ; **Воронова А. И.**, асс. каф. АСУ ДОННТУ; **Андриевская Н. К.**, ст. преп. каф. АСУ ДОННТУ; **Соломченко Н. Н.**, нач. отдела ТСО ДОННТУ.

Адрес оргкомитета:

283001, г. Донецк, просп. 25-летия РККА, 1, Донецкий национальный технический университет, 8 учебный корпус, ФКНТ, кафедра АСУ, ком. 8.601.

E-mail: [iuskm@donntu.org](mailto:iuskm@donntu.org)



УДК 004.42

## АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Хомутов В. С.<sup>1</sup>, Ниценко А. В.<sup>1</sup>, Штепа В. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донецкий национальный технический университет,  
кафедра компьютерной инженерии;

<sup>2</sup>Полесский государственный университет,  
кафедра информационных технологий и интеллектуальных систем

E-mail: homutov.vlad@gmail.com

### **Аннотация:**

*Хомутов В. С., Ниценко А. В., Штепа В. Н. Анализ параметров для компьютерной системы контроля электрических импульсов тела человека. Рассмотрены особенности и различные типы систем считывания нервных импульсов. Проанализированы методы считывания нервных импульсов, выделены их преимущества и недостатки. Намечены направления дальнейшей разработки и исследований.*

### **Annotation:**

*Khomutov V. S., Nitsenko A. V., Shtepa V. N. Analysis of parameters for a computer system for electrical impulses of the human body control. A facilities and various types of nerve impulse reading systems are considered. Various methods of reading nerve impulses are analyzed, their advantages and disadvantages are highlighted. The future directions of developing and research are pointed.*

### **Общая постановка проблемы**

В последние годы всё больше в мире увеличивается интерес к системам контроля электрических импульсов тела человека. В наше время подобные системы занимают важное место в современной медицине, начиная от обычных электрокардиограмм и электроэнцефалограмм и заканчивая перспективными нейроинтерфейсами, которые помогут в будущем лечить болезни мозга, инсульты, а так же помогут заменить утраченные конечности функциональными протезами.

Подобные системы контроля электрических импульсов тела человека можно разделить на два типа: системы, считывающие нервные импульсы, такие как электроэнцефалограмма и системы нейроинтерфейсов, и системы, считывающие импульсы мышечных сокращений, такие как электрокардиограмма. Наиболее многочисленными и востребованными являются именно системы, считывающие нервные импульсы, будь-то импульсы отдельных нервов, пучков нейронов или целых участков мозга.

Нервный импульс - волна возбуждения, которая распространяется по нервному волокну и служит для передачи информации от периферии - рецепторных (чувствительных) окончаний к нервным центрам, внутри центральной нервной системы и от неё к исполнительным аппаратам - мышцам и железам. Прохождение нервного импульса сопровождается переходными электрическими процессами, которые можно зарегистрировать как внеклеточными, так и внутриклеточными электродами. Нервный импульс так же называют – потенциал действия.

Потенциал действия – это резкое скачкообразное изменение мембранного потенциала с отрицательного на положительный и обратно. Потенциал действия -это только электрический компонент нервного импульса, характеризующий изменения электрического заряда (потенциала) на локальном участке мембраны во время прохождения через него нервного импульса. Разность потенциалов является потенциалом покоя и имеет величину 60-70 мВ. Потенциал покоя представляет собой изначальный уровень, относительно которого

происходят процессы возбуждения и торможения. Обычно потенциал в нейронах центральной нервной системы изменяется от  $-70$  мВ до  $+30$  мВ, а затем вновь возвращается к исходному состоянию, т.е. к  $-70$  мВ. На электрическом уровне изменения начинаются как смена поляризованного состояния мембраны на деполяризацию.

Сначала деполяризация идет в виде локального возбуждающего потенциала. Вплоть до критического уровня деполяризации (примерно  $-50$  мВ) этот процесс - относительно простое линейное уменьшение электроотрицательности, пропорциональное силе действующего раздражителя. А потом начинается более крутая самоусиливающаяся деполяризация, она развивается не с постоянной скоростью, а с ускорением. Говоря образно, деполяризация так разгоняется, что перескакивает через нулевую отметку, не заметив этого, и даже переходит в положительную поляризацию. После достижения пика (обычно  $+30$  мВ) начинается обратный процесс - реполяризация, т.е. восстановление отрицательной поляризации мембраны [1].



Рисунок 1. Протекание токов во время проведения нервного импульса [2]

### Способы считывания нервных импульсов

На данный момент существуют два основных способа считывания нервных импульсов:

- не инвазивный или ЭЭГ - считывание потенциала действия нервных импульсов с поверхности кожи, так работает, например, электроэнцефалограмма;
- инвазивный - это считывание потенциала действия непосредственно с поверхности нервного волокна или из окрестности нейрона.

Оба метода имеют свои преимущества и недостатки.

Первый метод имеет преимущество в простоте и безопасности установки датчиков, считывающих нервные импульсы и как следствие, в дешевизне процедуры. Однако недостатком данного метода является то, что с его помощью практически невозможно выделить конкретный нервный импульс, поскольку сигнал представляет собой сумму импульсов нейронов участка мозга, так же сигнал доходит до датчиков сильно ослабленным, порядка нескольких десятков микровольт. Это требует применения максимально чувствительных датчиков, а также реализации сложных аппаратных и программных фильтров входящего сигнала. Помехи, такие как наличие волос, ухудшение контакта, возможный обрыв прилегания электродов и т.п. приводят к амплитудным и частотным искажениям, различиям в ориентации отводящих электродов, что необходимо иметь в виду при анализе и снятии ЭЭГ.

При использовании поверхностного размещения электродов сталкиваются с рядом фундаментальных нейрофизиологических ограничений, которые обуславливают дефицит входной управляющей информации по отношению к поставленной цели выполнения

движения. С формальной математической точки зрения эта проблема формулируется как неопределенность задачи оптимизации в системе с многоконтурной мульти модальной обратной связью. В частности, ограниченная пространственная разрешающая способность электроэнцефалограммы (ЭЭГ), регистрируемой с поверхности скальпа, приводит к невозможности разделить сигналы, формируемые соседними участками двигательной зоны коры больших полушарий. На рис. 2 изображена широко известная схема соматотопической моторной зоны коры и цветом выделена зона чувствительности поверхностного электрода. Типичный размер участка коры, сигналы которого интегрируются на электроде, составляет от 20 до 50 мм в диаметре в зависимости от толщины костей черепа и расстояния от коры до электрода. Увеличение количества электродов проблему не решает, так как сигналы соседних областей просто суммируются, что приводит к необходимости решения сложной обратной задачи по нахождению источников эквивалентной активности, которая в случае ЭЭГ может быть решена только для очень узкого класса источников в виде диполей.

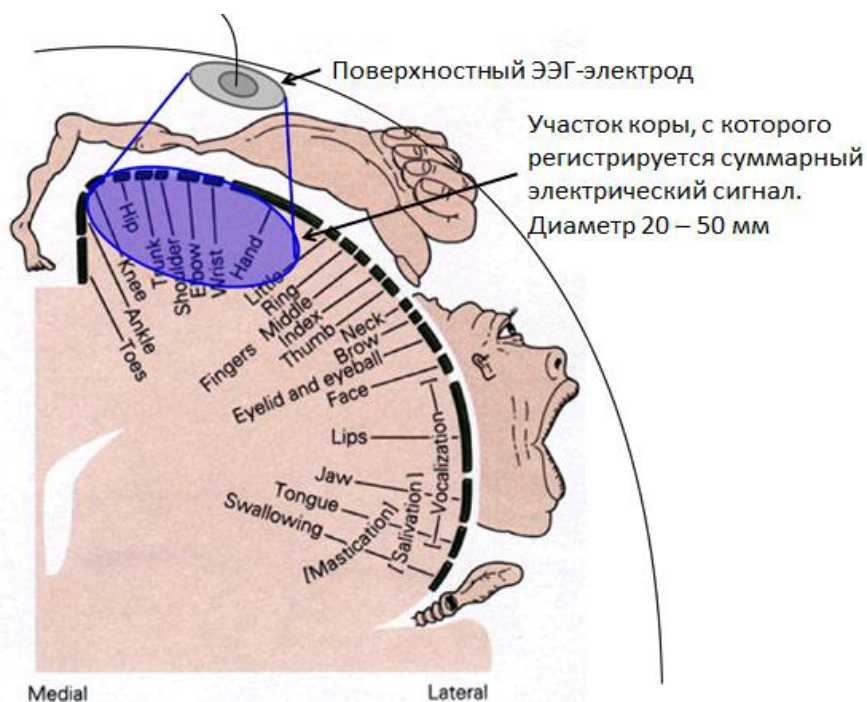


Рисунок 2. Проекция участков тела в кору больших полушарий головного мозга по У. Пенфилду

Так как энцефалография отображает функциональную активность мозга, сигнал зависит от множества факторов: настроение, спокойствие, воздействие внешних факторов [3]. Это определяет появление, помимо полезного сигнала, артефактов - сигналы ЭЭГ, которые не связаны с активностью головного мозга. Такие сигналы практически всегда присутствуют на ЭЭГ. Наиболее часто встречаются следующие типы артефактов:

- артефакты, вызванные движением глаз (включая глазное яблоко, глазные мышцы и веко); артефакты от ЭКГ; артефакты от ЭМГ;
- артефакты, вызванные движением языка (глоссокинетические артефакты);
- внешние артефакты – могут быть вызваны перемещением около исследуемого объекта, регулированием положения электродов, слабым их заземлением, влиянием лекарственных препаратов.

Второй метод считывания нервных импульсов – инвазивный, меньше подвержен внешним помехам и позволяет получить более стабильный, непрерывный сигнал. Так как сигнал считывается непосредственно с нервного волокна или из окрестностей нейронов, он в

15 – 20 раз мощнее сигнала, получаемого при использовании не инвазивного метода. Так же инвазивный метод позволяет намного более четко позиционировать сигнал, так как считывающий электрод размещается непосредственно около источника сигнала (нервного волокна, коре мозга).

Наиболее простое считывающее устройство для инвазивного метода считывания нервного сигнала представляет из себя простой электрод, который размещается около нервного пучка, на поверхности мозга или внедряется в толщу мозговой коры для более точного позиционирования сигнала (рис. 3).

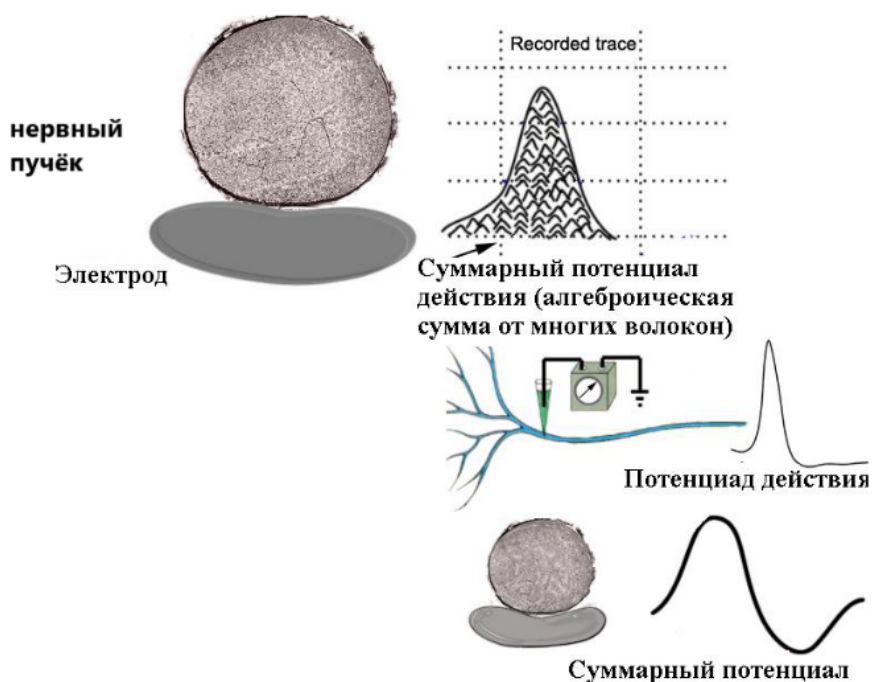


Рисунок 3. Размещение электрода около нервного пучка [2]

Так же существует более сложный, но и более прогрессивный способ установки электродов в теле нервного пучка или в теле коры головного мозга - в тело нервного пучка, на разную глубину образуя сетку из электродов на срезе, что позволяет разделять отдельные сигналы от различных групп нервных волокон внутри нервного пучка (рис. 4). Так же можно размещать считывающие электроды в коре головного мозга на разную глубину, образуя трёхмерную матрицу участка мозга, и, таким образом, получать более полную и сложную структуру сигнала. Так же подобное размещение проводника позволяет реализовать обратную связь с мозгом путём генерации ответных нервных импульсов, имитирующих сигналы от рецепторов. Это может быть полезно при протезировании конечностей.

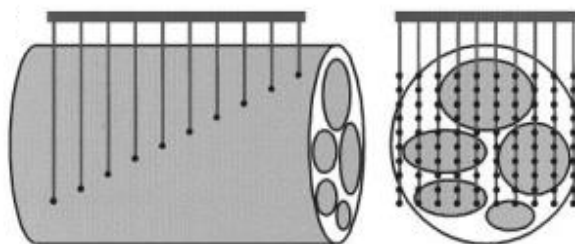


Рисунок 4. Размещение массива электродов внутри нервного пучка [2]

Однако инвазивный метод размещения считывающих электродов имеет ряд существенных недостатков, которые ограничивают его применение. Главный недостаток инвазивного метода – это необходимость хирургического вмешательства в организм для установления электродов, что довольно сложно, так как нервная ткань очень нежная и нервные волокна имеют крайне малый размер, так же при хирургическом вмешательстве всегда остаётся риск травмировать нервы или мозг. Так же подобные подключения к нервным волокнам недолговечны, так как проводники имеют крайне малую толщину и как следствие запас прочности, в отличие от белковых структур нерва. Так же проводники необходимо изготавливать из биологически неактивных материалов, что бы повысить их срок службы и уменьшить негативное воздействие на нервную ткань. В идеале такие проводники должны быть изготовлены из материалов имитирующих свойства живых тканей. Такие материалы должны быть биологически неактивными, хорошо проводить ток, быть гибким и не перетирать находящиеся по соседству нервные волокна.

### **Выводы**

Проведен комплексный анализ параметров различных способов контроля электрических нервных импульсов. Выделены преимущества и недостатки различных методов считывания нервных импульсов, а так же выделены особенности их реализации на практике.

Не инвазивный метод считывания потенциала действия больше подходит для поверхностных исследований работы мозга, а так же для считывания нервных импульсов, например, для обеспечения управления экзо скелетами или использования в подобных системах, не требующих точного позиционирования нервных сигналов в пучке и выделения отдельных единичных сигналов.

Системы с инвазивным подключением больше подходят для более сложного взаимодействия с нервной системой. Такие системы целесообразно использовать для создания нейроинтерфейсов различной сложности, а так же, учитывая возможность реализации обратной связи в таких системах, их можно использовать для лечения инсультов или иных подобных травм мозга, заменяя повреждённые нервные связи искусственными.

В дальнейшем планируется реализация системы на базе микроконтроллера и высокочувствительных датчиков, а также проведение исследований ее параметров.

### **Литература**

1. Нервный импульс [Электронный ресурс] URL: [http://femto.com.ua/articles/part\\_2/2483.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/2483.html)
2. Корнилова, Н. В. Визуализация распространения возбуждения в седалищном нерве лягушки в высокочастотном электрическом поле: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук 03.03.01 «физиология» // Н. В. Корнилова. – Краснодар: Политех, 2019. – 28 с.
3. Электроэнцефалограмма мозга - принцип работы и способы применения [Электронный ресурс] URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/2117-elektroencefalogramma-mozga-princip-raboty.html>



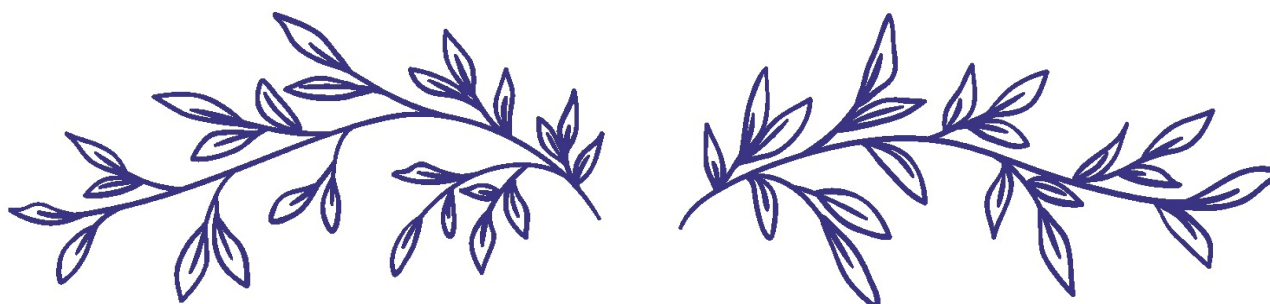
## СОДЕРЖАНИЕ

стр.

<b>Автоматизированная подсистема расчета рапортов на сдельные и повременные работы</b> <i>Поляков И. А., Привалов М. В., Поляков А. И.</i> .....	7
<b>Анализ данных телеметрии и надежности малых космических аппаратов</b> <i>Скобцов. В. Ю.</i> .....	14
<b>Анализ изображений чеков для учета финансовых средств потребителя</b> <i>Ломакин Е. С., Мартыненко Т. В., Шевченко В. И.</i> .....	15
<b>Анализ параметров для компьютерной системы контроля электрических импульсов тела человека</b> <i>Хомутов В. С., Ниценко А. В., Штепа В. Н.</i> .....	20
<b>Анализ сбалансированности работы торговых залов</b> <i>Паршин А. Ю., Васяева Т. А., Ченгарь И. В.</i> .....	25
<b>Веб-ориентированная рекомендательная система интернет-бронирования отелей</b> <i>Ясницкий М. В., Васяева Т. А., Сергеев Н. О.</i> .....	29
<b>Генетический алгоритм для решения задачи оптимизации потребления электроэнергии в жилом доме</b> <i>Хмелевой С. В., Усова А. С., Ченгарь О. В.</i> .....	35
<b>Использование геометрических интерполянтов для численного решения уравнения Лапласа в прямоугольнике</b> <i>Шевчук О. А.</i> .....	41
<b>Исследование возможностей Unified Extensible Firmware Interface для работы с файловыми системами, файлами и каталогами</b> <i>Якубов Я. А., Чередникова О. Ю., Янковский И. А.</i> .....	42
<b>Исследование проблематики пространства имен в редакторах онтологий</b> <i>Филиппин Д. А., Григорьев А. В., Тракалюк В. Р.</i> .....	47
<b>Компиляция математических выражений с помощью Linq.Expression</b> <i>Луценко Д. Ю.</i> .....	53
<b>Методы и программные средства контроля работоспособности локальных сетей</b> <i>Литвяк А. В., Григорьев А. В., Соляников В. С.</i> .....	54
<b>Мобильное приложение для взаимодействия студентов группы с преподавателями</b> <i>Чередникова О. Ю., Польшенко М. А., Володько О. В.</i> .....	59
<b>Обзор модуля «Эргономический дизайн и анализ» и его использование в краш-тестах транспортных средств</b> <i>Горбачева Е. Д., Григорьев А. В., Огарок А. М.</i> .....	65
<b>Обработка естественного языка</b> <i>Золушкин Ю. А., Васяева Т. А., Малицкая А. А.</i> .....	71
<b>Опыт участия в международных соревнованиях по анализу данных как способ стимулирования исследовательских навыков обучающихся</b> <i>Багаев И. В., Канищев И. С., Охаткин В. П., Шатров А. В.</i> .....	79
<b>Анализ технологий для создания дополненной реальности</b> <i>Крахмаль М. В.</i> .....	80

<b>RAD-модель разработки ПО в экстремальных условиях бизнес-требований</b> <i>Гранкина Т. О.</i> .....	81
<b>От генетических алгоритмов к метаэвристикам</b> <i>Скобцов Ю. А.</i> .....	87
<b>Поиск ключевых точек лица для задачи распознавания эмоций</b> <i>Семёнова А. П., Павлыш В. Н.</i> .....	88
<b>Развитие компонентов компьютерных систем и учебный процесс на примере курса «Программирование»</b> <i>Максименко Н. С., Дорожко Л. И., Приходченко Е. И.</i> .....	89
<b>Формирование QR-кода для учета срока годности лекарственных препаратов</b> <i>Кондрашов А. В., Теплова О. В., Шевченко Д. Д.</i> .....	90
<b>Формирование аналитических зависимостей для прогнозирования развития инерциальных датчиков информационно-компьютерной инфраструктуры</b> <i>Аноприенко А. Я., Койбаш А. А., Максименко Н. С., Сидоров К. А.</i> .....	96
<b>Подготовка специалистов по сетевым технологиям на основе образовательного продукта D-Link в условиях инновационного развития Донбасса</b> <i>Ромасевич П. В., Смирнова Е. В.</i> .....	97
<b>Полигоны и автоматы</b> <i>Кожухов И. Б.</i> .....	98
<b>Построение среды дистанционного обучения на основе свободного программного обеспечения</b> <i>Жданович П. Б.</i> .....	99
<b>Применение имитационного моделирования для принятия решения по управлению закупками при децентрализованной схеме поставок товара</b> <i>Мариничев И. И., Трачук Д. И., Светличная В. А.</i> .....	100
<b>Применение обобщенных тригонометрических систем в спектральных задачах</b> <i>Клово А. Г., Илюхин А. А., Куповых Г. В.</i> .....	105
<b>Программное сопровождение решения задач статистической классификации в рамках машинного обучения на основе байесовского подхода</b> <i>Маглеванный И. И., Карякина Т. И.</i> .....	110
<b>Проектирование автоматизированной системы онлайн-поиска попутчиков</b> <i>Шклярова Е. Ю., Землянская С. Ю., Мащенко Е. Н.</i> .....	115
<b>Проектирование, изготовление и испытания бортового комплекса управления космическим аппаратом дистанционного зондирования Земли</b> <i>Гранкина О. О.</i> .....	123
<b>Разработка модификации алгоритма синтеза речи при построении автоматизированных систем распознавания языка жестов</b> <i>Коптев С. А, Мартыненко Т. В., Стрельникова В. В.</i> .....	128
<b>Разработка специализированного устройства на базе ПЛИС для реализации операций сложения и вычитания чисел с плавающей запятой</b> <i>Авксентьева О. А., Выростков Д. И., Мальцева Р. В.</i> .....	134

<b>Сервис для организации онлайн-бронирования гостиниц</b> <i>Дручевский Д. В., Рычка О. В., Капков Ю. Д.</i> .....	135
<b>Тестирование аналоговых и аналогово-цифровых схем методами цифровой обработки сигналов</b> <i>Нестеренко Д. О., Зинченко Ю. Е., Соленов В. Н.</i> .....	140
<b>Управление энергопотреблением в системе «Умный дом»</b> <i>Погорелов А. А., Мальчева Р. В., Володько Л. П.</i> .....	141
<b>FPGA-реализация векторно-матричных умножений</b> <i>Мальчева Р. В., Воронова А. И., Дегтярева И. И.</i> .....	145



*ДонНТУ: 100-летний путь успеха  
Поздравляем с юбилеем!*

