



Научно-технический
журнал

Информационные системы и технологии

№ 4 (60) июль-август 2010

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год
Учредитель – государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Орловский государственный технический университет»

Редакционный совет

Голенков В.А., председатель
Радченко С.Ю., заместитель председателя
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,
Колчунов В.И., Константинов И.С.,
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П., Аверченков В.И.,
Гайндрик К.Г., Еременко В.Т.,
Иванов Б.Р., Иванников А.Д.,
Ипатов О.С., Колоколов Ю.В.,
Корндорф С.Ф., Коськин А.В.,
Подмастерьев К.В., Поляков А.А.,
Распопов В.Я., Сотников В.В.,
Шкатов П.Н.

Адрес учредителя журнала

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 42-00-24; www.ostu.ru;
E-mail: admin@ostu.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40
(4862) 43-40-39; www.ostu.ru; E-mail: isit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-35333 от 17.02. 2009 г.

Сдано в набор 15.06.2010 г.
Подписано в печать 25.06.2010 г.
Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 9,5. Тираж 300 экз.
Заказ № 221/10 П1

Отпечатано с готового оригинал-макета на
полиграфической базе ОрелГТУ
302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, определенных ВАК для
публикации трудов на соискание ученых степеней
кандидатов и докторов наук.

Рубрики номера

1. Математическое
и программное обеспечение
вычислительной техники
и автоматизированных систем..... 5-21
2. Математическое и компьютерное
моделирование..... 22-48
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах..... 49-88
4. Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами..... 89-118
5. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети.....119-137
6. Информационная безопасность.....138-153

Редакция

Г.А. Константинова
А.И. Мотина
А.А. Митин

До второго полугодия 2009 г.
журнал выходил под названием
«Известия ОрелГТУ».
Серия «Информационные системы
и технологии».

Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»

© ОрелГТУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Башкин В.А. Верификация на основе моделей с одним неограниченным счетчиком	5
Юраков А.Ю., Калачев А.В. Система потоковой обработки информации в реальном времени	13

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Лебедева М.Ю. Построение регрессионных моделей в условиях мультиколлинеарности	22
Майдаков М.А. Использование графических процессоров для параллельного вычисления дискретной интерполяции Сибсона без промежуточного построения диаграммы Вороного	27
Пашковский А.В. Комбинированный метод стандартных и конечных элементов в расчете магнитного поля и силовых характеристик асинхронного тягово-подъемного модуля	33
Тарасова М.А. Основные тенденции и динамика развития лабораторной базы инженерного образования	43

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Аверченков В.И., Казаков П.В. Эволюционный алгоритм поиска решений задачи оптимизации инвестиционного планирования	49
Карминская Т.Д. Подходы к управлению системой подготовки кадров для региональных экономических систем	57
Константинов И.С., Фролов А.И., Кравцова Н.А. Модель хранения данных в адаптивной автоматизированной системе административного мониторинга	66
Терентьев С.В., Бондарев В.А. Использование информационно-аналитических ресурсов в оценке деятельности интегрированных образовательных комплексов	74
Царегородцев А.Л. Применение XML в автоматизированных медицинских информационных системах	83

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Аверченков А.В., Симуни А.Е., Терехов М.В., Шкаберин В.А. Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ в интегрированной САПР Pro/ENGINEER с применением виртуальных моделей оборудования, режущего инструмента и станочных приспособлений	89
Вовченко А.И., Ломазов В.А. Автоматизация оценки и прогнозирования технического состояния железнодорожных колесных пар	95
Дунаев А.В., Жеребцов Е.А., Егорова А.И. Особенности использования канала лазерной доплеровской флоуметрии в аппарате лазерной терапии	100
Конищев А.В. Автоматизация процессов управления качеством производства радиоэлектронного предприятия	105
Сотников В.В., Сибаров Д.А., Григорьев А.П., Комаров П.И., Демидов А.П. Системы управления процессом изомеризации	112

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Дорофеев Н.В., Кузичкин О.Р., Орехов А.А. Первичная обработка сигналов в распределенных сетях регистрации геомагнитного поля	119
Лазарев С.А., Демидов А.В. Концепция построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов	123
Платунова С.М. Модель корпоративной сети при настройке IP-доменов	130
Фисун А.П., Фисенко В.Е. Новые подходы к снижению вычислительной сложности оценки надежности элементов частично коммутируемых ИТКС	134

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Калмыков И.А., Барильская А.В., Кихтенко О.А. Разработка математической модели системы криптографической защиты информации, функционирующей в полиномиальной системе классов вычетов	138
Можин С.В. Алгоритм автоматического определения циклов в исполняемом коде	146
Соловьев Б.И., Просолупов С.А., Лукьянченко И.Ю., Подваленчук Д.И. Определение зон безопасности в цифровой сети связи	150

УДК 681.2.082:615.849.19

А.В. ДУНАЕВ, Е.А. ЖЕРЕБЦОВ; А.И. ЕГОРОВА

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАНАЛА ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ В АППАРАТЕ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

В статье предложена структурная схема компьютеризированного аппарата лазерной терапии с адаптивным управлением. В качестве сигнала обратной связи предлагается использовать канал лазерной доплеровской флоуметрии, для которого предложены к применению методики обработки данных. Показана возможность регистрации с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии реакции системы микроциркуляции крови при низкоинтенсивной лазерной терапии.

Ключевые слова: неинвазивная спектрофотометрия; лазерная доплеровская флоуметрия; низкоинтенсивная лазерная терапия; адаптивное управление.

This paper describes the block diagram of a computerized laser physiotherapy apparatus with the function of adaptive control. Laser doppler flowmetry channel is proposed to use as a channel for feedback. Kinds of data processing are selected and proposed to use for this channel. The results of using of the selected methods are presented.

Keywords: non-invasive spectrophotometry; laser doppler flowmetry; low level laser therapy; adaptive control.

В современной медицине достаточно широкое распространение получили физиотерапевтические методы светолечения с применением низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ). Это обусловлено такими его специфическими свойствами, как монохроматичность и высокая спектральная плотность мощности, когерентность, возможность простой фокусировки (расфокусировки) оптическими линзами и зеркалами, возможность передачи энергии по оптическим волокнам (световодам), прозрачность для излучения верхних слоев кожи и слизистых оболочек органов человека и животных и т.д. В течение нескольких десятилетий был накоплен обширный клинический опыт, демонстрирующий эффективность данного вида терапевтического воздействия при лечении ряда заболеваний и патологий (гнойных ран, язв, ожогов, пародонтоза, панкреатита и др.).

Однако в настоящее время в медицинской среде нет единого мнения о дозировке назначаемых процедур низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ). Рекомендуемые значения плотности мощности и энергетической экспозиции («дозы») в разных руководствах по НИЛТ отличаются в сотни и более раз (соответственно от 0,5 до 200 мВт/см² и от 0,1 до 120 Дж/см²). Общей проблемой современной физиотерапевтической аппаратуры (и особенно отечественного производства) является практически полное отсутствие индивидуализации воздействия. Использование возможностей современных информационных технологий обеспечивает получение качественно нового уровня эффективности лечения [1].

Актуальной задачей является поиск закономерного отклика параметров биообъекта на НИЛИ. Обнаружение зависимостей «доза – эффект (реакция)» позволит ввести адаптивное управление в процедуру НИЛТ, а следовательно оптимизировать параметры воздействия, обеспечивая повышение эффективности и безопасности лечения.

В настоящее время в связи с интенсивным развитием диагностических методов, основанных на неинвазивной медицинской спектрофотометрии (НМС) – фотоплетизмографии (ФПГ), пульсоксиметрии (SaO₂), оптической тканевой оксиметрии (ОТО), лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), лазерной флуоресцентной диагностики (ЛФД) и др., всё более актуальным становится вопрос о

возможности их применения в качестве методов контроля эффективности НИЛТ в режиме реального времени. Связано это с тем, что современные приборы НМС достаточно достоверно и легко могут регистрировать изменения в микроциркуляции и оксигенации крови, что в свою очередь является одним из ключевых моментов при оценке лечебного эффекта от НИЛИ, так как в медицинской литературе вопрос о стимуляции периферического кровообращения в тканях при НИЛТ практически уже не вызывает споров [2].

В рамках поставленной задачи необходимо исследовать динамику изменений кровоснабжения периферических тканей под действием НИЛИ. Наиболее чувствительным методом регистрации динамики процессов системы микроциркуляции крови (МЦК) в биотканях на основе технологии НМС в настоящее время является метод ЛДФ, основанный на измерении доплеровского сдвига частоты, возникающего после отражения излучения от ансамбля эритроцитов, движущихся с разными скоростями и по-разному количественно распределенных в артериолах, капиллярах и венах. Результат измерений данным методом – показатель микроциркуляции (ПМ), измеряемый в перфузионных единицах (пф. ед.).

В методе ЛДФ выходной сигнал непрерывно регистрируется в течение времени исследований, и диагностика состояния МЦК основывается на анализе графической записи изменений перфузии – ЛДФ-граммы. Колебания перфузии регистрируются в виде сложного, непериодического процесса. В переменной составляющей содержится ценная информация о модуляции кровотока. Применение алгоритмов обработки сигналов для её расшифровки и анализа позволяют получать информацию о состоянии сосудистого тонуса и параметрах микроциркуляторного русла [3].

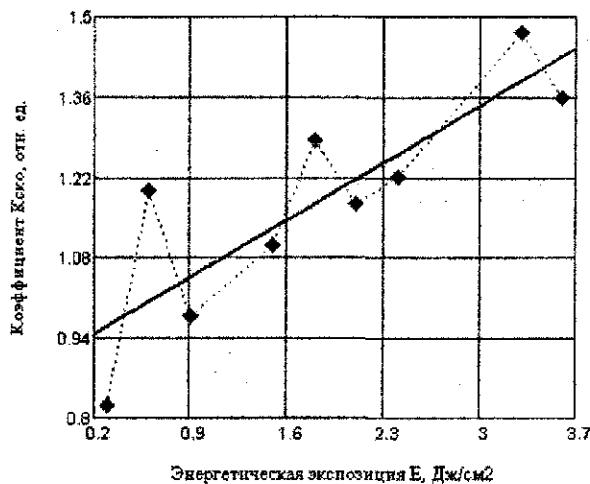


Рисунок 1 – Типичный вид зависимости коэффициента $K_{ско}$ от энергетической экспозиции:

$$K_{ско} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}, \text{ где } \sigma_1 \text{ и } \sigma_2 - \text{СКО сигнала до и после процедуры НИЛТ соответственно}$$

Для исследования влияния НИЛИ на динамику параметров системы МЦК проведён ряд тестовых экспериментов с использованием многофункционального диагностического комплекса «ЛАКК-М», реализующего основные методы НМС, в том числе ЛДФ, и аппарата лазерной терапии (АЛТ) «УЛАН-БЛ-20». Получены записи ЛДФ-грамм с участков кожи условно здоровых добровольцев в спокойном состоянии без какого-либо воздействия, а также ЛДФ-граммы, регистрируемые при проведении процедур НИЛТ с различными параметрами (плотность мощности, время экспозиции). Время эксперимента разбивалось на 3 фрагмента: контрольная запись ЛДФ-граммы до воздействия, запись во время воздействия и после него.

При обработке данных все регистрируемые сигналы в 3-х фрагментах обрабатывались отдельно. ЛДФ-сигнал во время процедуры НИЛТ не анализировался из-за влияния импульсного режима излучения АЛТ на доплеровский канал «ЛАКК-М».

На первой стадии обработки сигнала для оценки реакции системы МЦК на процедуру НИЛТ получены оценки результатов измерений для каждого фрагмента

записи. Обнаружено увеличение СКО сигнала ЛДФ, в первом приближении пропорциональное энергетической экспозиции процедуры НИЛТ. На рисунке 1 представлен типичный вид графика зависимости отношений СКО ПМ после и до процедуры от энергетической экспозиции НИЛТ. Изменение математического ожидания находится в диапазоне естественных флуктуаций.

Для определения частотного диапазона изменения ритмов МЦК проведен частотно-временной анализ полученных записей. Наиболее типичный вид графиков частотно-временного спектра приведен на рисунке 2. Наибольшее увеличение амплитуд колебаний наблюдается в диапазоне частот, соответствующих пульсовым колебаниям и колебаниям в нейрогенном диапазоне. Увеличение амплитуд нейрогенных колебаний является индикатором снижения сопротивления и возможного усиления кровотока по артериовенулярному шунту. Увеличение амплитуды пульсовой волны означает увеличение притока в микроциркуляторное русло артериальной крови, что является благоприятным фактором при лечении ряда патологий и может свидетельствовать о стимулирующем эффекте при НИЛТ.

Физиологические сигналы, к которым относится и ЛДФ-грамма, отличаются нестационарным поведением со сложной иерархией ритмов. Данное обстоятельство делает классические методы их исследования недостаточными для полного и достоверного описания. Для решения подобного класса задач удобны методы, применяемые при описании динамических систем. Например, при анализе электрокардиограмм весьма плодотворным оказался метод символической динамики, который может оказаться информативным и при обработке регистрируемого сигнала ПМ при проведении процедур НИЛТ [4, 5].

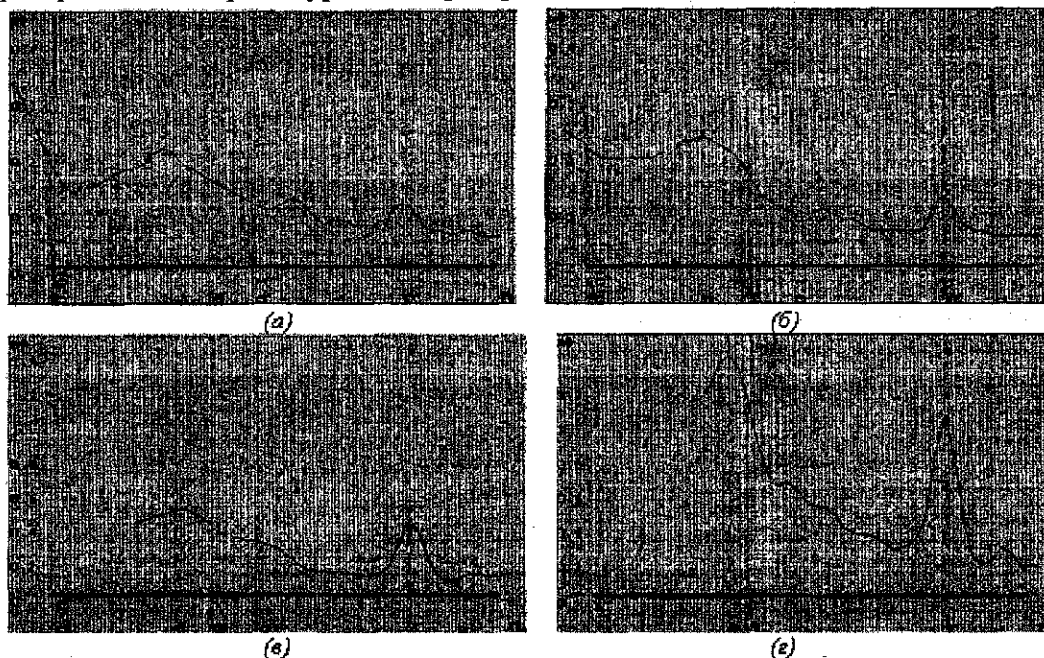


Рисунок 2 – Типичный вид графиков амплитудно-частотного анализа ЛДФ-грамм контрольной группы (а – первая половина сигнала, б – вторая половина сигнала); процедура НИЛТ(в – до воздействия, г – после воздействия)

В данной работе произведена попытка применить данный математический аппарат для анализа полученных ЛДФ-грамм. Для записей каждого фрагмента сигнала строилась скаттерограмма интервалов роста или спада. Каждому облаку локализации точек на скаттерограмме приписывался определенный символ. Затем символы

записывались в символическую строку в том порядке, в котором точки посещают облака скаттерограммы. Пример полученной скаттерограммы представлен на рисунке 3.

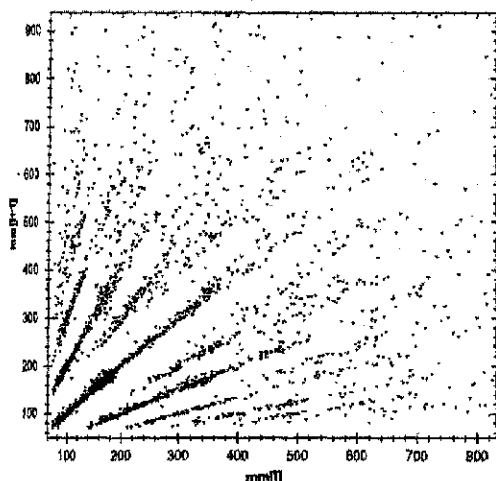
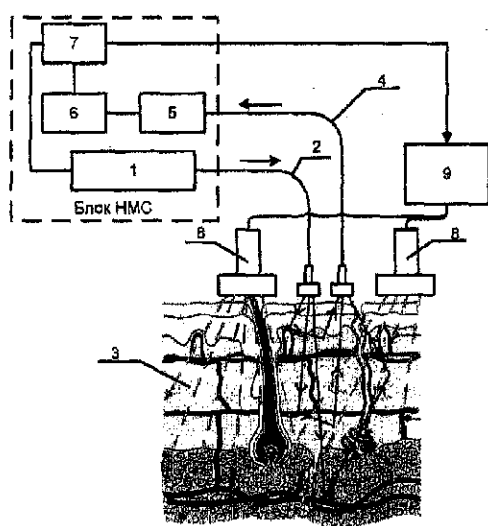


Рисунок 3 – Пример скаттерограммы интервалов роста и спада сигнала ПМ

Следуя общепринятой терминологии, словом называется последовательность символов, которая может встретиться в символической строке, запрещенными словами для какой-то символической строки – те слова, которые могут существовать в рамках введенной символической динамики, но не реализуются в ней. Множество слов, которые могут встретиться в определенной символической строке, называется словарем, а рангом слова называется его порядковый номер в словаре, где слова упорядочены по частоте появления в символической строке. Кроме того, вычислялся коэффициент подобия, показывающий фрактальные свойства обрабатываемого сигнала.

В большинстве записей для ПМ объемы словарей до и после воздействия несущественно изменялись в размере. Практически во всех экспериментах с НИЛТ коэффициент подобия изменял свое значение после проведения процедуры НИЛТ. Однако длина выборок и количество экспериментов были недостаточно велики, для того чтобы при данном виде обработки можно было делать статистически значимые выводы. Применение символической динамики как инструмента для анализа ритмов модуляции

кровотока является перспективным и будет более подробно исследовано в последующих работах.



1 – лазер малой мощности; 2 – передающее оптоволокно; 3 – биообъект; 4 – приёмное оптоволокно; 5 – фотоприёмник; 6 – блок электронной обработки; 7 – вычислительный блок (ПК); 8 – излучающий терминал; 9 – базовый блок АЛТ

Рисунок 4 – Структурная схема компьютеризированного аппарата лазерной терапии с адаптивным управлением

На основании приведённых методик обработки регистрируемых сигналов при НИЛТ предлагается компьютеризированный аппарат лазерной терапии с адаптивным управлением, структурная схема которого представлена на рисунке 4. В общепринятую структуру АЛТ, согласно модульному принципу построения современной физиотерапевтической аппаратуры, для адаптивного управления вводится канал обратной связи, основанный на методе ЛДФ. Наличие зависимостей между параметрами НИЛТ и качественными характеристиками вызываемых им эффектов в системе МЦК, которые можно регистрировать с помощью ЛДФ, позволяет связать аппараты НИЛТ и НМС в едином приборном варианте для повышения адекватности физиолечения.

Вычислительный блок 7, реализующийся как на базе ПК, так и в виде отдельного микропроцессорного управляющего устройства, управляет базовым блоком АЛТ 9 (например, по USB-порту) и задаёт параметры его работы, согласно выбранной

программе процедуры НИЛТ. Одновременно с основным излучающим терминалом 8 включается лазер малой мощности 1 для зондирования облучаемого при НИЛТ объема биоткани, излучение от которого передается по передающему оптоволокну 2 к диагностируемой биоткани. Данное излучение рассеивается на движущихся форменных частицах крови и благодаря эффекту Доплера приобретает составляющую с длиной волны, отличную от первоначальной. Отраженное рассеянное излучение подается по приемному оптоволокну на фотоприемник 5, который в данном случае работает в режиме квадратичного смесителя, в результате чего формируемый им фототок имеет переменную составляющую, получаемую как разность длин волн имеющихся в обратнорассеянном излучении. Таким образом, частота доплеровского сдвига переносится в низкочастотную область. Далее электрический сигнал подается в блок электронной обработки 6, где фильтруется и усиливается, после чего поступает для обработки в вычислительный блок 7. На основании полученных данных с использованием предложенных выше методик обработки сигнала, вырабатывается управляющее решение о корректировке параметров воздействия или о прекращении процедуры.

Таким образом, в предлагаемой структурной схеме компьютеризированного аппарата лазерной терапии с адаптивным управлением в качестве канала обратной связи используется метод ЛДФ, для результатов которого предложены к применению методики обработки данных, показывающие возможность регистрации реакции системы МЦК при НИЛТ. Применение современных информационных технологий при разработке лазерных диагностико-терапевтических аппаратов позволяет индивидуализировать процесс физиотерапевтического лечения, а значит, повысить уровень здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев А.В., Рогаткин Д.А. К вопросу о возможности использования методов неинвазивной спектрофотометрии для контроля эффективности низкоинтенсивной лазерной терапии // Известия ОрёлГТУ. Серия «Фундаментальные проблемы техники и технологии». – 2009. – №3/275 (561). – С.110-115.
2. Жеребцов Е.А., Дунаев А.В. Методы оценки эффективности низкоинтенсивной лазерной терапии на основе неинвазивной спектрофотометрии // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы: материалы конференции. РГРТУ. – Рязань, 2009. – С. 78-81.
3. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови; под ред. А.И. Крупнякина, В.В. Сидорова: руководство для врачей. – М.: Медицина, 2005. – 256 с.
4. Каток А.Б., Хасселблат Б. Введение в современную теорию динамических систем с обзором последних достижений: пер. с англ. под ред. А.С. Городецкого. – М.: МЦНМО, 2005. – 464 с.
5. Загускина С.С. Необходимость учета околочасовых ритмов при оценке variability ритма сердца / С.С. Загускина, С.Л. Загускин, Ю.В. Гуров // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. – Т.137, №8. – С. 161-165.

Дунаев Андрей Валерьевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат технических наук, докторант, доцент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация», исполнительный директор научно-образовательного центра «Биомедицинская инженерия»
Тел.: 89192619906
E-mail: dunaev@ostu.ru

Жеребцов Евгений Андреевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Студент кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
Тел.: 89536151192
E-mail: zherbzow@gmail.com

Егорова Ангелина Ивановна

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Студентка кафедры «Приборостроение, метрология и сертификация»
Тел.: 89155091484
E-mail: angelok1100@rambler.ru