

DOI: 10.55090/19964552\_2023\_3\_128\_137

# АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКЕ

**Авачева Татьяна Геннадиевна,**

*кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой математики, физики и медицинской информатики*


ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова Минздрава РФ»

 t.avacheva@rzgmu.ru

**Кривушин Александр Андреевич,**

*старший преподаватель кафедры математики, физики и медицинской информатики*

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова Минздрава РФ»

 t.avacheva@rzgmu.ru

---

## АННОТАЦИЯ

В статье обсуждаются возможности применения автоматизированных расчетов в ходе лабораторных работ по медицинской физике. Описаны разработанные программные комплексы, позволяющие студентам медицинского вуза проверить правильность вычисления требуемых характеристик на примере анализа ЭКГ и радиационного фона.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *автоматизация расчетов, медицинская физика, виртуальные лабораторные работы*

# AUTOMATION OF THE CALCULATION PART OF LABORATORY WORK IN MEDICAL PHYSICS

**Avacheva T. G.,**

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Mathematics, Physics and Medical Informatics*

Place of work: Ryazan State Medical University

**Krivushin A. A.,**

*Senior Lecturer, Department of Mathematics, Physics and Medical Informatics*

Place of work: Ryazan State Medical University

---

## ABSTRACT

The article discusses the possibilities of using automated calculations in the course of laboratory work in medical physics. The developed software systems are described, which allow medical students to check the correctness of the calculation of the required characteristics using the example of ECG and background radiation analysis.

**KEYWORDS:** *automation of calculations, medical physics, virtual laboratory work*

Лабораторный практикум является неотъемлемой составляющей в обучении физике. Однако в медицинском вузе у студентов и магистрантов возникает ряд сложностей с проведением расчетов необходимых параметров в ходе выполнения лабораторных работ. Это обусловлено, в частности, низкой базовой физико-математической подготовкой обучающихся. У современных студентов-медиков при высоком уровне профильных знаний отмечаются сложности даже при выполнении простейших вычислительных операций [1-2]. Это, несомненно, отражается и на мотивации изучения физики, базовых закономерностей функционирования организма и медицинских приборов [3].

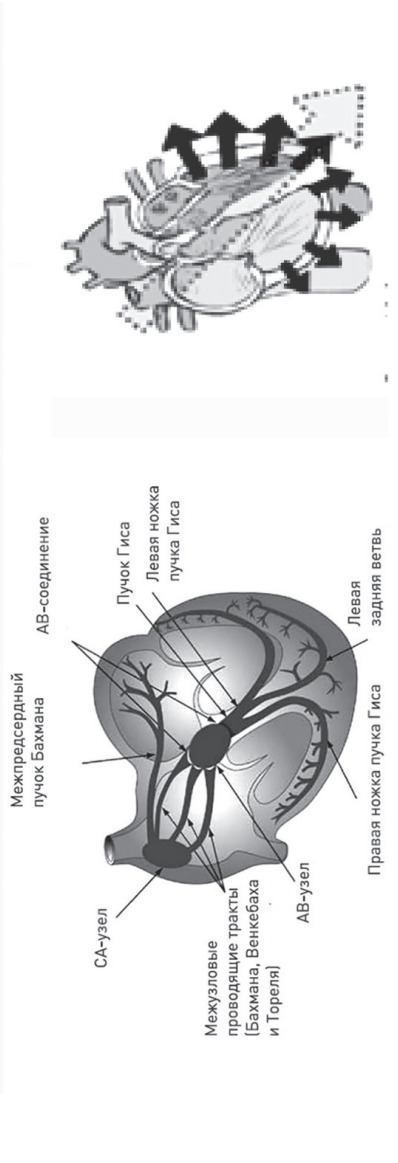
Для облегчения расчетов основных параметров, анализируемых в ходе лабораторных работ, могут быть использованы специально разработанные программные продукты, включающие в себя теоретико-методологическую часть (рис. 1), а также практическую часть с автоматизацией некоторых вычислений и получением итоговых значений. Такой подход нами

### Опрограме Определеие Факторы Выводы Р.Я. Письменный Дледу Аналитический Результаты

Электрической осью сердца (далее — ЭОС) называется проекция результирующего вектора возбуждения желудочкам в фронтальной плоскости, ЭОС — это суммарное направление электрической волны, которая проходит по желудочкам в момент сокращения. Следует понимать, что электрическая ось сердца не является его анатомической осью. Более того, очень часто при гипертрофии левого или правого желудочков ЭОС в соответствующую сторону отклоняться не будет. Таким образом, ЭОС представляет собой направление движения электричества по сердечной мышце, ЭОС формируется волной деполаризации миокарда желудочков. Если волна прошла сверху вниз — это вертикальная ЭОС. Если справа налево — горизонтальная. Если справа-снизу влево-вверх - отклонение ЭОС влево и т.д.

Направление ЭОС выражается в «градусах угла альфа». Угол, образованный направлением максимального вектора и горизонтальной линией или осью отведения, обозначают как угол альфа. Таким образом, данный угол образует ЭОС и горизонтальной линией. проведённой через условный электрический центр сердца.

Для клинической практики определение величины этого угла, то есть определение направления ЭОС, имеет важное значение. Формирование интегрального вектора деполаризации сердца (голубая стрелка) из отдельных векторов представлено на рисунке 1.2.



**Рисунок 1.** Теоретическая часть автоматизированной лабораторной работы по определению электрической оси сердца

О программе Определенные Факторы Выводы Ввод данных Р.Э. Писемский Дядю Анализируемый Результаты

**Введите данные:**

	Номер отведения		
	I	II	III
Начальный зубец "Q":	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Основной зубец "R":	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Непостоянный зубец "S":	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Сумма:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Первый зубец ЭКГ характеризует деполяризацию миокарда предсердий и называется зубцом «Р».

За ним следует проведение возбуждения по атриовентрикулярному узлу, при котором не бывает отклонений пера и оно находится на изолинии.

Затем записываются зубцы, характеризующие деполяризацию миокарда желудочков (желудочковый комплекс).

Положительный зубец желудочкового комплекса называется «R», предшествующий ему отрицательный зубец «Q», следующий за R отрицательный зубец «S».

Величину алгебраической суммы каждого зубца одного желудочкового комплекса QRS измеряют

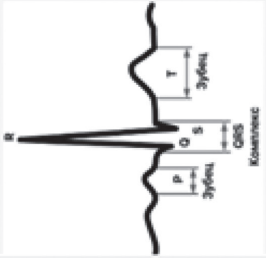
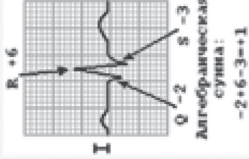
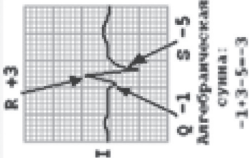




Рисунок 2. Ввод экспериментальных данных для расчета ЭОС [5]

был применен на кафедре математики, физики и медицинской информатики РязГМУ для организации нескольких лабораторных работ, вызывающих у студентов особые вычислительные сложности, в том числе в рамках расчета погрешностей проведенного эксперимента [4-6].

Для изучения электрогенеза миокарда и расчета положения электрической оси сердца разработана программа «», которая используется для обучения на практических занятиях по физике на лечебном, педиатрическом, медико-профилактическом факультетах. Посредством определения высот зубцов комплекса QRS и внесения полученных данных в программное обеспечение, студенты-медики учатся определять вектор возбуждения желудочков во фронтальной плоскости, выражающаяся в «градусах угла альфа», то есть положение электрической оси сердца. Значение ЭОС позволяет определить расположение сердца в грудной клетке, сформировать представление о его морфофункциональном состоянии и является важным диагностическим параметром. Вычисление ЭОС по данным желудочкового комплекса требует серьезных математических навыков, что затрудняет анализ ЭКГ у студентов-медиков.

Полученные знания помогут студентам лучше ориентироваться в анализе и интерпретации данных электрокардиограммы. Практическая часть виртуального практического занятия включает определение ЭОС по Дьеду; методу Р. Я. Письменного по сумме зубцов I и III отведений и аналитическим методом, а также расчет среднего значения ЭОС и интерпретация результата.

Полученные с использованием разработанного программного обеспечения знания, умения и навыки по определению ЭОС позволят студентам-медикам качественно подготовиться к практическому занятию, рубежному контролю и итоговой аттестации по медицинской физике [2], а также самостоятельно проверить расчетные значения, оценить основные диагностические параметры функционирования сердца испытуемого (рис. 3).

Если угол ЭОС альфа от +700 до +900 — нормограмма, встречается у лиц астенической конституции, особенно часто у молодых, при похудании, низком стоянии диафрагмы);

Если угол альфа от +00 до +290 — нормограмма, наблюдается при гиперстеническом типе конституции, при ожирении, высоком стоянии диафрагмы;

Если угол альфа <00 — левограмма.

*Причины отклонения ЭОС влево:*

- Физиологическое отклонение (часто возрастное изменение)

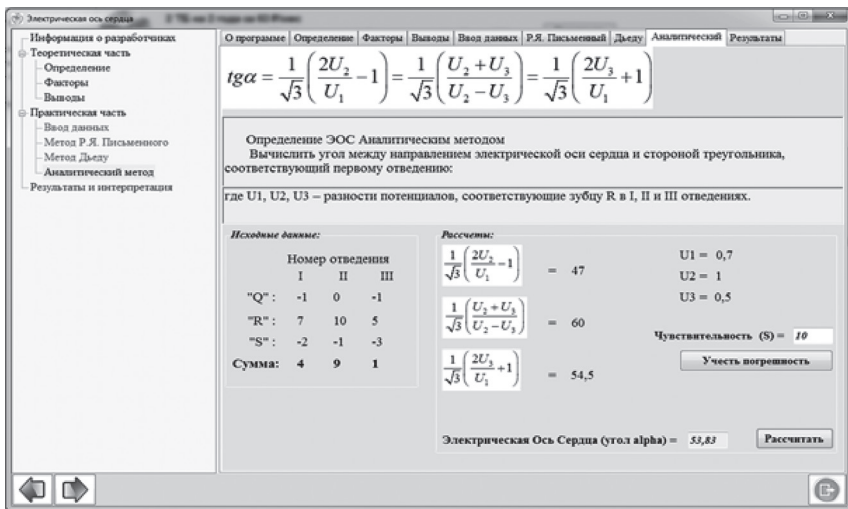


Рисунок 3. Результаты автоматизированного расчета положения электрической оси сердца

- Гипертрофия левого желудочка
- Дефекты проводимости: блокада левой ножки пучка Гиса,
- Инфаркт миокарда нижней стенки,
- Синдромы предварительного возбуждения (например, синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта),
- Желудочковые эктопические ритмы (например, желудочковая тахикардия),
- Врожденный порок сердца (например, дефект межпредсердной перегородки),
- Гиперкалиемия,
- Эмфизема,
- Механическое смещение, например, при выдохе или поднятии диафрагмы (например, беременность, асцит, опухоль брюшной полости)
- Ритм, генерируемый кардиостимулятором, или темповый ритм.

Причины отклонения ЭОС вправо:


- Физиологическое отклонение (у детей, молодых людей),
- Синдромы перегрузки правого желудочка (острые или хронические),
- Гипертрофия правого желудочка,

- Дефекты проводимости: БПНПГ,
- Инфаркт миокарда боковой стенки,
- Синдромы предварительного возбуждения (например, синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта),
- Желудочковые эктопические ритмы,
- Врожденный порок сердца,
- Декстрокардия,
- Левый пневмоторакс,
- Механическое смещение, например, при вдохе или эмфиземе,
- Состояния, которые вызывают напряжение правого желудочка (например, тромбоэмболия легочной артерии, стеноз легких, легочная гипертензия, хронические заболевания легких и, как следствие, легочное сердце).

Также в рамках курса «Физика» важным разделом для изучения является явление радиоактивности и дозиметрия. С применением моделирования небезопасных физических экспериментов по изучению широко используемых в медицине ионизирующих излучений, в частности, бета-излучения, у студентов-медиков формируются базовые понятия лучевой диагностики и терапии. Цель такой программы: исключить взаимодействие студентов с радиоактивным препаратом в рамках физического практикума студентов-медиков, автоматизировать расчет активности радиоактивного препарата [6].

Специальная созданная веб-страница на сервере позволяет разместить лабораторную работу в электронном виде (краткая теория, описание хода лабораторно работы, таблицы для записи экспериментальных результатов) с возможностью генерировать допустимые результаты измерений в рамках экспериментальной части лабораторной работы. В силу вероятностной характеристики радиоактивных превращений, моделируются возможные значения бета-распадов в препарате посредством генератора случайных чисел в заранее заданном диапазоне, что дает возможность получения индивидуальных результатов. Так же имеется возможность автоматизированной обработки результатов измерений, в частности, коэффициента поглощения различных материалов для последующей проверки расчётов (рис. 4).

Важным аспектом применения специализированных программных обучающих продуктов является создание автоматизированных комплексов для контроля и самопроверки знаний по конкретной теме. Для таких


РязГМУ Кафедра математики, физики и медицинской информатики
Главная

**Упражнение №3. Определение коэффициента поглощения  $\beta$ -лучей медью.**


- Поместить радиоактивный препарат под прибор, предварительно накрыв его одной пластинкой поглотителя толщиной « $d_0$ ».
- Записать число импульсов во время действия прерывистого сигнала. Опыт повторить 3 раза и вычислить среднее значение « $N_0$ ».
- Опыт повторить с двумя и тремя пластинками и вычислить « $N_1$ » и « $N_2$ ». Либо же, использовать пластинки различных материалов. Данные занести в таблицу.
- По формуле вычислить коэффициент поглощения  $\mu$ :

$$\mu_i = \frac{\ln \frac{N_0 - N_\phi}{N_i - N_\phi}}{d_i}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Толщина медной пластинки 0,1 мм.

Сгенерировать

Результаты измерений и вычислений						
№ вып.	1	2	3	$\bar{N}_i$	$d$ (мм)	$\mu$ (1/мм)
$N_1$	169	172	154			
$N_2$	101	104	98			
$N_3$	30	32	35			

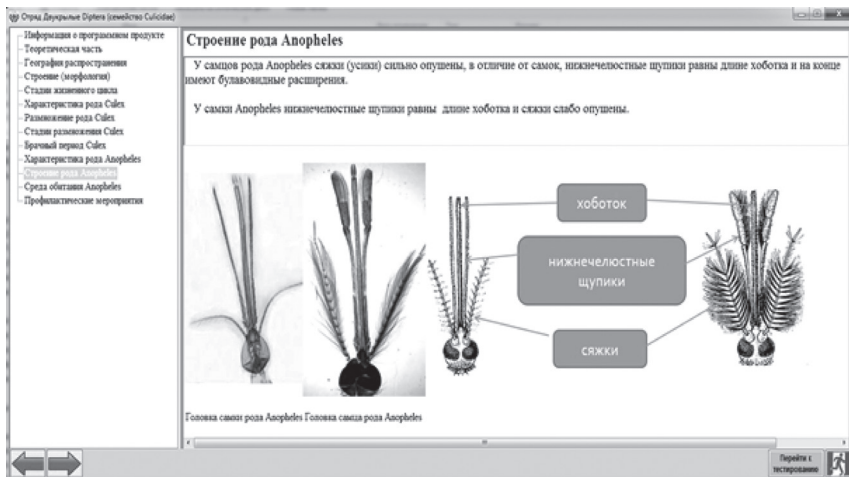


**Рисунок 4.** Генерация данных для радиоактивного препарата с защитой различными материалами в виртуальном симуляторе для изучения свойств ионизирующих излучений

целей была разработана виртуальная практическая работа по изучению морфологических, биоэкологических особенностей комаров (diptera: culicidae) и их медицинского значения [7, 8]. Данная программа предназначена для изучения особенностей морфологии комаров семейства Culicidae, их жизненных циклов, этологических характеристик. Полученные знания помогут студентам лучше ориентироваться в методах профилактики и распространения опасных трансмиссивных заболеваний. Посредством анализа фотографий микропрепаратов изучаемых объектов, студенты-медики учатся устанавливать принадлежность комара к определенному роду, что является важным для изучения природно-очаговых заболеваний человека.

Практическая часть виртуального практического занятия снабжена фотографиями микропрепаратов, имеется возможность автоматизированной проверки усвоения полученных знаний с помощью тест системы с выбором ответа.





Разработанные программные комплексы доступны студентам для использования через электронную образовательную среду университета и могут использоваться как в рамках занятия, так и для самопроверки при самостоятельном выполнении расчетов вне аудитории [9].

Таким образом, проведена автоматизация сложных для студентов-медиков расчетов на занятиях по физике в медицинском вузе: определения электрической оси сердца при изучении электрогенеза миокарда, характеристик ионизирующих излучений.

Применение программных средств не только облегчает расчеты изучаемых параметров, но и повышает мотивацию студентов к изучению физики, ликвидирует негативное отношение к трудоемким вычислениям, высвобождает время на занятии для анализа и интерпретации полученных результатов, что позволяет начать формировать у обучающихся клиническое мышление. ■

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авачева Т.Г. Мультимедийные средства для преподавания физики в медицинском вузе // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2022. Т. 67. № 4. С. 313.
2. Ененков Н.В., Авачева Т.Г. Новые подходы к преподаванию физики в медицинском вузе на примере определения импеданса биологического объекта // В сборнике: Актуальные проблемы физики и технологии в образовании, науке и про-

- изводстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 120-летию Александра Васильевича Пёрышкина. Под редакцией В. А. Степанова, О. В. Кузнецовой. Рязань, 2022. С. 186-188.
3. *Авачева Т. Г., Прохорова Е. В., Шмонова М. А., Кривушин А. А.* Изучение мотивации студентов медицинских специальностей и пути ее повышения при обучении физике, математике // Школа будущего. 2022. № 3. С. 42-53.
  4. *Ененков Н. В., Авачева Т. Г.* Автоматизированный подход к определению ЭОС по данным QRS-комплекса // В книге: Естественнонаучные основы медико-биологических знаний. Сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию РязГМУ. Рязань, 2023. С. 209-211.
  5. *Ененков Н. В., Авачева Т. Г., Медведев Р. Е.* Автоматизированная лабораторная работа по определению электрической оси сердца по данным QRS-комплекса // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023660338, 19.05.2023. Заявка № 2023618952 от 06.05.2023.
  6. *Авачева Т. Г., Кривушин А. А.* Виртуальный симулятор для изучения свойств ионизирующих излучений // В сборнике: Современные технологии в науке и образовании — СТНО-2022. Сборник трудов V Международного научно-технического форума. В 10-ти томах. Под общей редакцией О. В. Миловзорова. Рязань, 2022. С. 62-65.
  7. *Терехина А. А., Баковецкая О. В., Авачева Т. Г.* Биоэкологические особенности и медицинское значение комаров (Diptera: Culicidae): виртуальное изучение // В книге: Естественнонаучные основы медико-биологических знаний. Сборник докладов IV Всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию РязГМУ. Рязань, 2023. С. 69-72.
  8. *Баковецкая О. В., Терехина А. А., Клейменова Ю. Ю., Поминчук Ю. А., Авачева Т. Г., Медведев Р. Е.* Виртуальная практическая работа по изучению морфологических, биоэкологических особенностей комаров (diptera: culicidae) и их медицинского значения // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023612061, 27.01.2023. Заявка № 2023610946 от 24.01.2023.
  9. *Tikhonova O. V., Avacheva T. G., Grechushkina N. V.* Trends in the development of digital technologies in medicine // Biomedical Engineering. 2022. Т. 56. №2. С. 137-141.