

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ**  
**Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра медицинской физики

**МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ТЯЖЕСТИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ**  
**НЕЙРОПАТИИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**  
**АКТИВНОСТИ ПОТОВЫХ ЖЕЛЕЗ**

---

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студентки 4 курса 4021 группы

направления 03.03.02 «Физика»

Азовой Элины Кирилловны

---

Научный руководитель:  
к.ф.-м.н., доцент

А.А. Сагайдачный

  
9 06. 2023  
подпись, дата

Зав. кафедрой медицинской  
физики,  
д.ф.-м.н., профессор

А.В. Скрипаль

  
9.06.23  
подпись, дата

Саратов 2023

## СОДЕРЖАНИЕ:

1. Введение.....	3
2. Описание алгоритма метода и программы.....	4
3. Заключение.....	7
4. Список используемой литературы.....	9

## 1. Введение

Одной из актуальных проблем современной термографии заключается в поиске возможностей анализа симпатической иннервации конечностей, часто нарушающейся, например, в случае осложнений сахарного диабета, одним из которых является диабетическая нейропатия. Актуальность изучения данной патологии как важной медико-социальной проблемы обусловлена значительной распространенностью этого заболевания, являющегося одной из ведущих причин инвалидности и смертности населения.

Повышение активности потовых желез возникает как спонтанно, происходящая без каких-либо физиологических нагрузок, так и вынужденно, являющаяся ответом на физиологическую и медикаментозную нагрузку. В связи с увеличением разрешения термограмм стал возможен метод визуализации инфракрасных изображений открытых потовых пор, позволяющий описать регуляторные реакции во время физической и тепловой нагрузки.

На практике важность знания уровня активности потовых желез и гемодинамических явлений состоит в том, что это связано с различными аномалиями потоотделения, так как дисфункция малых симпатических нервных волокон холинергического типа отвечает и за активность потовых желез, и наблюдается при заболеваниях, когда снижается плотность волокон.

Поэтому поиск новых способов количественного оценивания активности потовых желез, гемодинамической активности и симпатической реакции организма, как во времени, так и в пространстве, представляет интерес для биомедицинской диагностики.

**Целью** данной работы является разработка метода расчета количества активных эккриновых потовых желез на основе тепловизионного детектирования функционирующих потовых пор, и применение данного метода для диагностики диабетической периферической нейропатии.

Для достижения поставленной цели было необходимо выполнить ряд

1. Выполнить критический анализ литературы, посвященной методам диагностики диабетической периферической нейропатии;
2. Провести обзор методов детектирования потовых пор на поверхности кожи человека;
3. Разработать новый метод и алгоритм детектирования потовых пор;
4. Разработать программу, реализующую алгоритм детектирования количества потовых пор;
5. Применение разработанного метода для анализа динамических термограмм на фаланге пальца для пациентов с патологией диабетическая нейропатия.

## **2. Описание алгоритма метода и программы**

Для рассмотрения и анализа работы потовых желез в работе использовалась термограмма и последующая обработка полученных кадров с помощью следующих программ: ThermaCAM, ThermaTransform, Python.

Чтение термограммы осуществлялось при помощи программы ThermaCAM Researcher, предназначенное для работы с тепловизорами. Термографические данные записывались с помощью тепловизора. Полученные матрицы были преобразованы с помощью программы на Python, представляющий собой высокоуровневый язык программирования общего назначения.

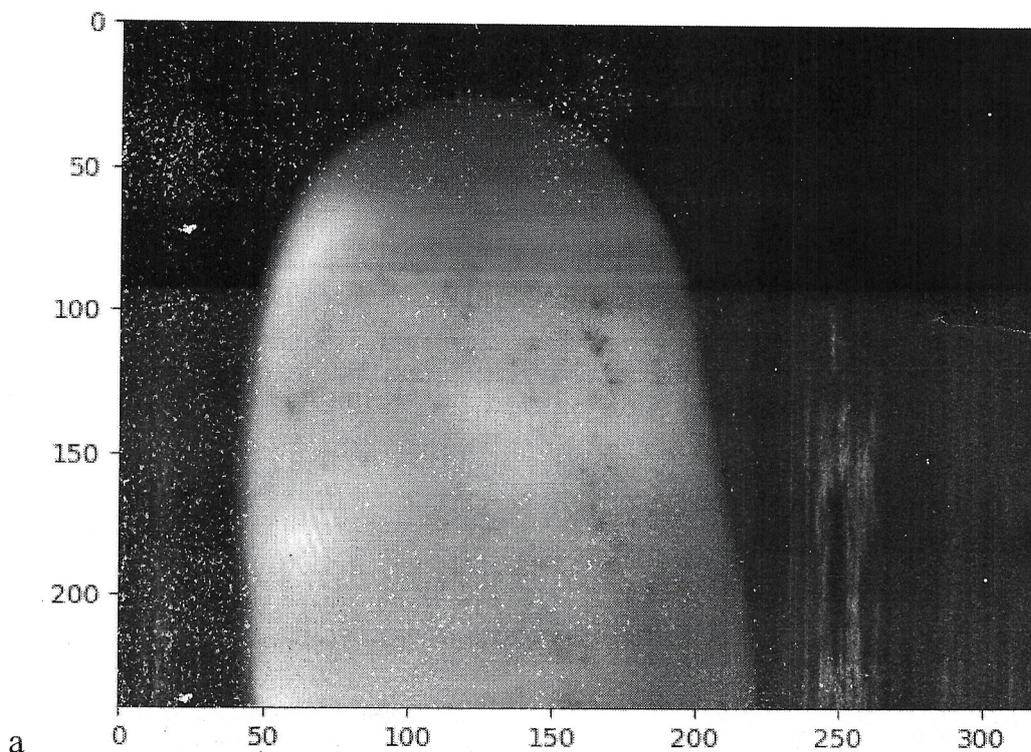
В эксперименте участвовали пять испытуемых с сахарным диабетом. Во время записи термографических данных проводилась дыхательная проба: фиксировались вдохи и последующая возрастающая активность потовых пор фиксировалась после каждого вдоха.

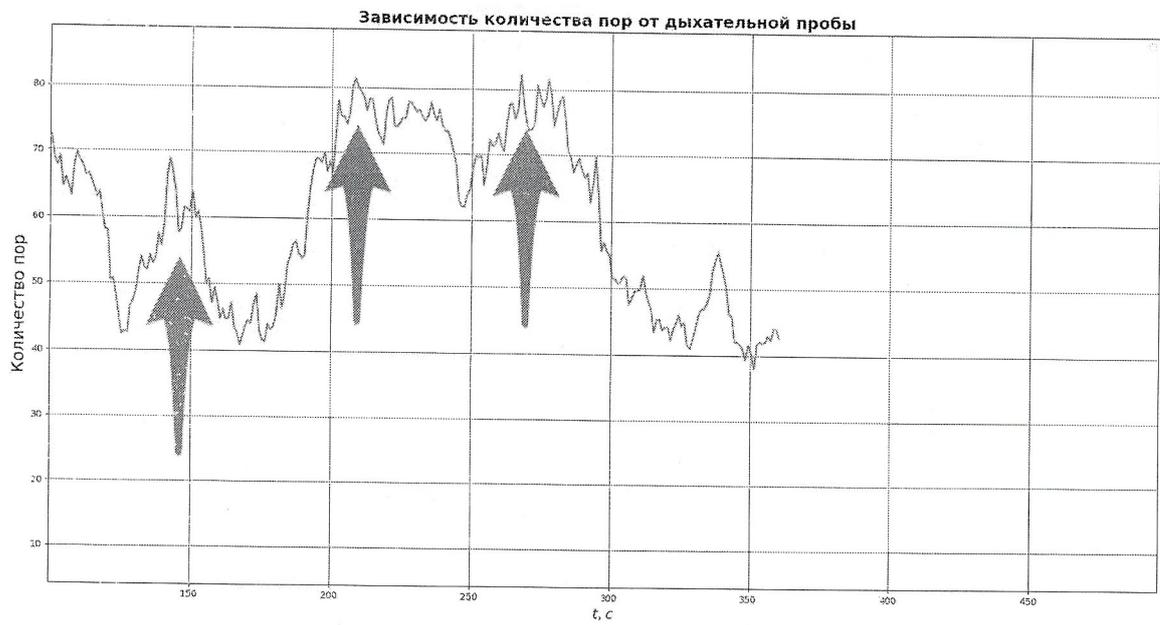
Для анализа результатов термограммы был составлен алгоритм, состоящий из нескольких этапов, представленный в блок схеме ниже:



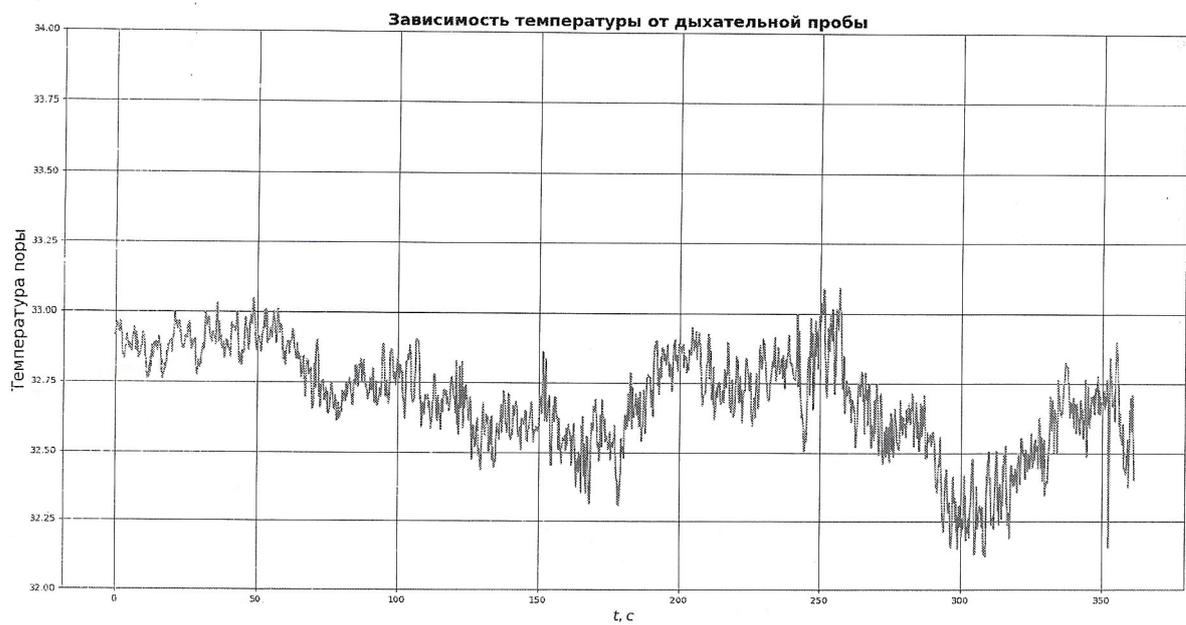
Рис.1. Этапы алгоритма детектирования пор

Были получены следующие результаты:





б



в

Рис.2. Результаты первого испытуемого: а – визуализация кадра; б – график зависимости количества пор от дыхательной пробы; в – график зависимости температуры поры от дыхательной пробы

Средние значения здорового испытуемого и пациентов с патологией занесены в таблицу ниже.

**Табл.2.** Сравнение средних значений пор пациентов с диабетической нейропатией со здоровым человеком

Испытуемый	Среднее количество пор
Здоровый пациент	95
Пациент №1	63
Пациент №2	27
Пациент №3	28
Пациент №4	-
Пациент №5	35

Таким образом, результаты обработки динамических термограмм пациентов с сахарным диабетом в сравнении со здоровым пациентом свидетельствуют о том, что в группе пациентов наблюдается снижение среднего количества активных потовых пор. Это может быть связано с развитием диабетической периферической нейропатии на верхних конечностях вследствие структурных или функциональных нарушений самой потовой железы либо малых симпатических нервных волокон холинергического типа, управляющих активацией потовой железы.

### **3. Заключение**

Использование предложенного алгоритма обработки термографических данных конечностей продемонстрировало возможность оценивания наличия диабетической нейропатии у человека. Разработка такого метода могут внести небольшой вклад в диагностики патологии. Модель активности потовых пор свидетельствует о возможной патологии, связанной с нарушениями в работе

малых симпатических нервных волокон холинергического типа или нарушениями работы самой потовой железы

Таким образом, методом детектирования пор и анализа моделей зависимостей количества потовых пор можно определить возможную патологию.

Проведен критический анализ литературы, посвященный методам диагностики диабетической нейропатии и методам детектирования потовых желез, и предложен новый метод и алгоритм детектирования потовых пор, который может быть полезен для биомедицинских исследований.

Построение и анализ полученных графиков позволили установить зависимость количества активных потовых пор и температуры от дыхательной пробы при патологии диабетической нейропатии.

Результаты дают возможность оценить и сравнить данные о количестве пор у здорового человека и пациента с диабетической нейропатией

Разработан метод оценки диабетической нейропатии на основе термографического анализа активности потовых желез, выявляющий закономерности функционирования потовых пор у здорового человека и пациента с патологией.

#### 4. Список используемой литературы

1. Колоколов О. В. Поражение нервной системы при сахарном диабете: точка зрения невролога //Лечащий врач. – 2017. – №. 7. – С. 65-65.
2. Майсков Д. И., Сагайдачный А. А., Залетов И. С., Фомин А. В., Скрипаль Ан. В. Интегральное картирование активности потовых желез методом дифференциальной термографии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. Т. 21, вып. 3. С. 222–232.
3. Майсков Д.И., Фомин А.В., Залетов И.С., Волков И.Ю., Скрипаль. А.В., Сагайдачный А.А. Интегральное картирование гемодинамических процессов активности потовых желез методом динамической инфракрасной термографии // Оптические методы исследования потоков. Труды XVI международной научно-технической конференции, 28 июня – 02 июля 2021. С. 193–198ЧЯ.
4. Майсков Д.И. Интегральное картирование потовых пор и кровеносных сосудов методом динамической инфракрасной термографии //автореф... дис.кан.наук. Саратов. 2022. С-19.
5. Vincent A. M. et al. Peripheral Nerve Disorders: Chapter 34. Biology of diabetic neuropathy. – Elsevier Inc. Chapters, 2013. – Т. 115.
6. Явуз Д.Г. Классификация, факторы риска и клиника диабетической нейропатии //Диабетическая нейропатия. – Эльзевир, 2022. – С. 1-9.
7. Сагайдачный А. А. и др. Детектирование активности единичных потовых желез методом макротермографии и ее взаимосвязь с температурой кожи и периферической гемодинамикой //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика. – 2020. – Т. 20. – №. 2.

8. Krzywicki A. T., Berntson G. G., O’Kane B. L. A. Noncontact technique for measuring eccrine sweat gland activity using passive thermal imaging // International Journal of Psychophysiology. 2014. Vol. 94, № 1. P. 25–34.
9. Sagaidachnyi, A., Mayskov, D., Fomin, A., Zaletov, I., & Skripal, A. (2022). Separate extraction of human eccrine sweat gland activity and peripheral hemodynamics from high-and low-quality thermal imaging data. Journal of Thermal Biology, 110, 103351.
10. Майсков Д. И. и др. Интегральное картирование активности потовых желез методом термографии //Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине–2020. – 2020. – №. 1. – С. 56-60.
11. Волков И. Ю. и др. Влияние внешней компрессии на данные фотоплетизмографической визуализации гемодинамики в области пальца //Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине–2020. – 2020. – №. 1
12. Нестерук Д. А. Н Тепловой контроль и диагностика. Сборник лабораторных работ: методические указания к лабораторным работам для подготовки специалистов I, II, III уровня. – 2008.
13. Скрипаль А. В., Сагайдачный А. А., Усанов Д. А. Тепловизионная биомедицинская диагностика. – 2009.
14. Вайнер Б. Г. Коротковолновые матричные тепловизоры-оптимальное средство медицинской диагностики и контроля //Больничный лист. – 2002. – №. 9. – С. 14-21.
15. Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения: Учебное пособие для практических занятий / Под ред. В.З.Кучеренко. – М.:ГЭОТАР-МЕД, 2004.
16. Горбачева И. Краткий курс по методам математической статистики. – 2014.

17. Гастян Г.Р. Диабетическая нейропатия: особенности клинического течения, современные возможности терапии.
18. Торшхоева Х. М. и др. Диагностика и лечение диабетической автономной нейропатии //Лечащий врач. – 2005. – №. 5. – С. 1-7.
19. Swaroop N. A Byte of Python. – Independent, 2013.
20. Гелашвили П. А., Супильников А. А., Плохова В. А. Кожа человека (анатомия, гистология, гистопатология). – 2013.

