

Карасев Илья Владимирович

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЙ ДЕРМАТОГЛИФИЧЕСКОЙ
ДИАГНОСТИКИ НАСЛЕДСТВЕННЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Специальность: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия
медицинского назначения

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2001

Работа выполнена в Московском Государственном Техническом Университете
им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель:

д.т.н., доцент И.Н. Спиридонов

Официальные оппоненты:

д.х.н., профессор Ю.А. Ершов

к.т.н., доцент Н.Н. Машников

Ведущая организация:

ВНИИ медицинского приборостроения

Защита диссертации состоится "___" _____ 2001 г.

совета

адресу:

5.

по указанному адресу.

еке МГТУ им. Н.Э. Баумана.

1583073

Спиридонов И.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. К концу XX века во всем мире возрос уровень наследственных болезней (НБ). Так, по данным Всемирной ассоциации здравоохранения, в 1990 г. из десяти новорожденных во всем мире девять родились с различной степенью генетических патологий. НБ являются причиной детской смертности примерно в 50% случаев. В более поздний период проявляются болезни с наследственной предрасположенностью, составляющие около 25% от общего числа болезней (Бочков Н.П., 1997).

Целью диагностики НБ является определение типа наследования, прогноза для потомства и выработки оптимальной методики лечения. При этом широко используются цитогенетические, биохимические и молекулярно-генетические методы диагностики, применение которых неэффективно из-за инвазивности, высокой стоимости и больших временных затрат. Массовое обследование населения обеспечит реализация просеивающих программ диагностики НБ, основанных на дешевых неинвазивных методах, позволяющая формировать группу риска.

В работах отечественных и зарубежных генетиков и физиологов (Гусева И.С., Залетаева Т.А., Солониченко В.Г. Penrose L., Wertesleski W. и др.) показано, что комплекс дерматоглифических параметров (КДП) (тип, ориентация, локализация и гребневой счет папиллярных узоров) являются маркерами НБ. Поэтому наиболее перспективно использование доступного и неинвазивного дерматоглифического метода для диагностики НБ.

Однако широкое использование достижений дерматоглифики сдерживается из-за субъективности оценок дерматоглифических параметров, значительной трудоемкости и высоких требований к квалификации медицинского персонала. Кроме того, использование в дерматоглифической диагностике параметров, не имеющих количественной оценки (тип, ориентация и локализация узора), заметно снижает диагностическую ценность метода.

К настоящему времени разработан автоматизированный метод лазерной дерматоглифической диагностики врожденных заболеваний (ЛДДВЗ), которым используется комплекс дерматоглифических характеристик (КДХ), соответствующий КДП и состоящий из средней пространственной частоты гребней (СПЧГ) $\nu_{\text{ср}}$ и среднего частотного угла (СЧУ) $\varphi_{\text{ср}}$. КДХ определяется по пространственно-частотным спектрам (ПЧС) дерматоглифических изображений, формируемым с помощью когерентно-оптического процессора (КОП). Работоспособность метода ЛДДВЗ подтверждена на примере диагностики геномных болезней (синдромов Шершевского-Тернера и Клайнфельтера).

Анализ литературных данных позволяет утверждать, что основным дерматоглифическим параметром, используемым для диагностики НБ, является тип узора (ТУ), который описывается по методике Ф. Гальтона. ТУ информативен при диагностике не только геномных, но и большинства хромосомных болезней, таких как, синдром Вильямса являющийся самой частой нозологически самостоятельной формой умственной отсталости за исключением синдрома Дауна и фенилкетонурии. Как показали выполненные на существующем оборудовании исследования ТУ, его количественное описание с помощью существующего КДХ не всегда оправдано. Входящая в состав КДХ СПЧГ зависит от масштаба, СЧУ от ориентации исходного дерматоглифического изображения.

Поэтому разработка комплекса характеристик типа узора (КХТУ) и создание биотехнической системы для автоматизации процесса диагностики НБ несомненно актуальны.

Цель и задачи исследования:

Целью настоящей диссертационной работы является разработка биотехнической системы для дерматоглифической диагностики НБ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследование возможности количественного описания типа папиллярных узоров.

2. Разработка комплекса характеристик типа узора.
3. Разработка метода измерения типа узора.
4. Разработка методики проектирования лазерной системы дерматоглифической диагностики наследственных болезней (ЛСДДНБ).
5. Создание и апробация макета ЛСДДНБ и экспериментальное подтверждение разработанного метода измерения типа узора.

Научная новизна.

1. Показано, что комплекс дерматоглифических параметров может применяться для диагностики хромосомных наследственных болезней: синдромов Вильямса, "кошачьего крика", 4p+ и др. Обоснована целесообразность разработки специального комплекса характеристик типа узора.

2. Предложен комплекс характеристик типа узора (КХТУ): "эффективная энергия" ($I_{эф}$) и среднее квадратическое отклонение (S) углового пространственно-частотного спектра, инвариантный к масштабу и ориентации изображения.

3. Экспериментально установлены погрешности визуального, оптического и цифрового методов исследования дерматоглифических изображений.

4. Разработана методика проектирования оптического процессора для лазерной системы дерматоглифической диагностики наследственных болезней (ЛСДДНБ), учитывающая степень временной и пространственной когерентности источника излучения.

5. Разработан метод измерения типа узора, основанный на формировании пространственно-частотного спектра дерматоглифического изображения и вычислении КХТУ.

Практическая значимость.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке КХТУ и метода измерения типа узора, позволяющих формализовать описание типа узора и автоматизировать дерматоглифическую диагностику не только геномных, но и хромосомных наследственных болезней.

Установлены погрешности визуального, оптико-цифрового и цифрового методов исследования дерматоглифических изображений.

Разработана методика проектирования ЛСДДНБ, учитывающая степень временной и пространственной когерентности источника излучения, что позволяет обеспечить допустимую для измерения КХТУ погрешность формирования ПЧС при уменьшении габаритов системы.

Получены статистически достоверные данные популяционного и семейного анализа в норме и при наследственных болезнях Вильямса и Рассела-Сильвера, подтверждающие эффективность предложенных КХТУ, метода измерения и макета ЛСДДНБ для количественного описания типа узора при дерматоглифической диагностике наследственных болезней.

Результаты работы позволяют рекомендовать лазерную систему дерматоглифической диагностики наследственных болезней для использования в генетических исследованиях и дерматоглифической диагностике наследственных болезней.

Положения, выносимые на защиту.

1. Комплекс характеристик типа узора: "эффективная энергия" и среднеквадратическое отклонение углового пространственно-частотного спектра.
2. Метод измерения типа узора.
3. Методика проектирования лазерной системы дерматоглифической диагностики наследственных болезней.
4. Лазерная дерматоглифическая диагностика синдрома Вильямса по комплексу характеристик типа узора.

Апробация работы.

Результаты работы внедрены в практику медико-генетического центра при ДКБ №13 им. Н.Ф. Филатова, а также в учебный процесс факультета «Биомедицинской техники» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Основные положения работы докладывались и обсуждались на:

– объединенном научном семинаре кафедр БМТ-1 "Биомедицинские технические системы", БМТ-2 "Медико-технические и информационные технологии", БМТ-3 "Валеология", отделов НИИ РЛ 01, 06 МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва, июнь 2000 г.);

– 2-й Международной научно-технической конференции по оптической обработке информации (Санкт-Петербург, 1996 г.);

– Международных научно-технических конференциях "Лазеры в науке, технике, медицине" (1996, 1997, 1998, 1999, 2000 гг.);

– Международной научно-технической конференции "Новые информационные технологии в медицине и экологии" (Ялта-Гурзуф, 1998 г.);

– Российских научно-технических конференциях "Медико-технические технологии на страже здоровья" (Геленджик, 1999, 2000 гг.).

Публикации.

По материалам диссертации опубликованы 2 научных статьи и 16 тезисов докладов на научных конференциях.

Объем и структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и приложения. Основной текст диссертации изложен на 153 страницах. В приложение вошли результаты экспериментальных исследований и сведения справочного характера. Список литературы включает 110 библиографических источников. Диссертация проиллюстрирована рисунками, таблицами и графиками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обоснована актуальность, новизна и практическая значимость исследования, сформулированы цели и задачи работы, а также выносимые на защиту положения.

Первая глава посвящена обобщению литературных данных по методам диагностики НБ. Установлено, что НБ оказывают модифицирующее влияние на процессы гребнеобразования и узоробразования гребешковой кожи. Поэтому в

качестве просеивающего метода диагностики НБ наиболее перспективно применение неинвазивного и доступного дерматоглифического метода, использующего взаимосвязь морфологических особенностей гребешковой кожи ладоней и пальцев с НБ.

Выделены наиболее информативные для диагностики НБ дерматоглифические параметры, составляющие КДП (тип, ориентация, локализация и гребневой счет папиллярных узоров) (табл. 1). Установлено, что ТУ является наиболее важным и информативным признаком для дерматоглифической диагностики НБ. Для описания ТУ в настоящее время применяется предложенная Ф. Гальтоном классификация узоров на дуговые (А), петлевые (L) и завитковые (W).

Для измерения СПЧГ используется, как правило, визуальный, а в ряде работ оптико-цифровой и цифровой методы. В процессе экспериментальных исследований установлено, что визуальный метод характеризуется относительной погрешностью 25%, что превышает допустимую погрешность (5%). Оптико-цифровой и цифровой методы характеризуются относительной погрешностью измерения соответственно 3% и 2%.

Установлено, что отсутствует статистически достоверная взаимосвязь между ТУ и существующим КДХ. Кроме того, входящая в состав КДХ СПЧГ зависит от масштаба, а СЧУ - от ориентации исследуемого дерматоглифического изображения. Таким образом, доказана необходимость разработки специального комплекса характеристик ТУ.

Во второй главе исследована возможность количественного описания ТУ.

В результате анализа моделей папиллярных узоров установлено, что каждому ТУ соответствуют специфичные угловые пространственно-частотные спектры (УПЧС), определяемые формулой (1).

Таблица 1

Информативность дерматоглифических параметров при диагностике НБ

Характер болезни	Наследственная болезнь (синдром)	Дерматоглифический параметр				Ладонная дерматоглифика
		Тип узора	Ориентация узора	Локализация узора	Гребневой счет	
НБ	С-м Пагау	+	+	+	-	+
	С-м Эдвардса	+	-	+	-	+
	С-м Дауна	+	+	+	+	+
	С-м Клайнфельтера	+	-	-	+	+
	С-м Шершевского-Тернера	+	-	-	+	+
Хромосомные	Трисомия X	+	-	-	+	-
	С-м Вильямса	+	-	+	+	+
	С-м «кошачьего крика»	+	+	-	+	+
	4p+	+	-	-	+	+
	4p-	+	-	-	-	+
Генные	10q+	+	+	-	-	+
	18q-	+	-	-	-	+
	18p-	-	-	-	-	+
	С-м Рассела-Сильвера	-	-	-	-	-
	Расщелина губы и неба	-	-	-	-	+
Мультифакториальные	Гипоспадия	+	-	-	-	+
	Олигофрения	+	+	-	+	+
	Шизофрения	+	-	-	-	+
	С-м Туретта	+	+	-	-	+
	Ревматизм	+	-	+	-	+

(+ - информативный параметр, - - неинформативный параметр)

$$J(\varphi_i) = \frac{\int_{\varphi_i - \Delta\varphi}^{\varphi_i + \Delta\varphi} \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} I(v, \varphi) v dv d\varphi}{\int_0^{2\pi} \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} I(v, \varphi) v dv d\varphi} \quad (1)$$

где $J(\varphi_i)$ – значение УПЧС в направлении φ_i ; v, φ – полярные координаты в плоскости ПЧС; $I(v, \varphi)$ – распределение интенсивности ПЧС; i – номер сектора; $\Delta\varphi$ – погрешность вычисления по углу; $v_{\max}, v_{\min}$ – граничные значения пространственных частот.

Показано, что ТУ может быть количественно описан вектором, состоящим из модулей нормированных амплитуд первых 10 гармоник разложения УПЧС в ряд Фурье $\{|A_n|\}$. Значения выборочных коэффициентов корреляции отдельных гармоник с ТУ невелики, а средние значения и доверительные интервалы пересекаются, что затрудняет количественное описание ТУ с помощью модулей амплитуд гармоник разложения УПЧС в ряд Фурье.

Предложен инвариантный к масштабу и ориентации исходного дерматоглифического изображения и определяемый по ПЧС комплекс характеристик ТУ, описываемый формулами (2) и (3): "эффективная энергия" ($I_{эф}$) и СКО (S) УПЧС.

$$I_{эф} = \sum_{i=1}^n [A_i]^2 \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_i^N (J(\varphi_i) - \bar{J}(\varphi))^2} \quad (3)$$

где n – число гармоник разложения, $N = \frac{T}{\Delta\varphi}$ – количество секторов разбиения ПЧС при вычислении УПЧС; T – период УПЧС, который равен π .

В процессе исследований показано, что существует статистически достоверная взаимосвязь между $I_{\text{эф}}$, S и TU . Определены требования к техническим средствам для измерения КХТУ: допустимая погрешность измерения по пространственному углу $\Delta\varphi_{\text{пр}}=6^\circ$, допустимая погрешность измерения по пространственной частоте $\Delta\nu=0,06 \text{ мм}^{-1}$.

Третья глава посвящена разработке метода измерения типа узора.

В результате сравнения времени анализа дерматоглифических изображений цифровым и оптико-цифровым методами установлено, что наименьшими временными затратами отличается оптико-цифровой метод. Что послужило основанием для создания лазерной системы дерматоглифической диагностики НБ (ЛСДДНБ).

Выполнен анализ погрешности измерения КХТУ, которая в том числе зависит и от когерентности излучения. В случае квазимонохроматического освещения распределение интенсивности в плоскости ПЧС описывается формулой (4)

$$I(\nu_x, \nu_y) = \left| \int_{-\frac{\Delta\vartheta}{2}}^{\frac{\Delta\vartheta}{2}} \left(-\frac{\vartheta + \Delta\vartheta}{jcf} \right) U(\Delta\vartheta) \int_{-\infty}^{\infty} t(x, y) p(x, y) \exp(i2\pi(x\nu_x + y\nu_y)) dx dy d\vartheta \right|^2 \cdot (4)$$

где $U(\Delta\vartheta)$ - распределение амплитуды в спектре источника излучения $t(x, y)$ - функция пропускания транспаранта; $p(x, y)$ - функция апертуры объектива; $\nu_x = \frac{x\vartheta}{cf_{\text{фо}}}$, $\nu_y = \frac{y\vartheta}{cf_{\text{фо}}}$ - пространственные частоты; $f_{\text{фо}}$ - фокусное расстояние фурье-преобразующего объектива; ϑ - частота волны оптического излучения.

С учетом того, что источник излучения является протяженным, распределение интенсивности в плоскости ПЧС описывается формулой (5)

$$I(v_x, v_y) = \left| -\frac{1}{j\lambda f_{\text{фо}}} \int \int_{-\infty}^{\infty} s(x, y) \exp(i2\pi(xv_x + yv_y)) dx dy \right|^2 \quad (5)$$

где $s(x, y)$ - распределение амплитуды излучения непосредственно перед транспарантом; соответствующее пространственному фурье-образу распределения амплитуды на источнике.

Степень пространственной когерентности излучения на транспаранте описывается формулой (6)

$$\gamma(x, y) = \frac{F\{I_u(x_u, y_u)\}}{\int \int_{-\infty}^{\infty} I_u(x_u, y_u) dx_u dy_u} \quad (6)$$

где $I_u(x_u, y_u)$ - нормированный фурье-образ распределения интенсивности в плоскости источника.

В результате анализа влияния частичной временной и пространственной когерентности излучения на точность оптического преобразования Фурье получены аналитические выражения для определения частотной и амплитудной составляющих погрешности. С учетом чего разработана методика проектирования ЛСДДНБ, содержащая основные требования и рекомендации по расчету и выбору источника излучения и элементов оптического процессора.

Для использования ЛСДДНБ в просеивающих программах диагностики НБ необходимо обеспечить минимальные временные затраты на обработку дерматоглифических изображений. Была предложена представленная на рис.1 структурная схема ЛСДДНБ, обеспечивающая обработку дерматоглифических изображений в реальном масштабе времени. ЛСДДНБ состоит из следующих основных компонентов: источника когерентного излучения - He-Ne лазера, формирующей системы ФС, обеспечивающей освещение транспаранта ТР однородным квазиплоским волновым фронтом, масштабирующей системы МС,

фурье-преобразующего объектива ФПО, режекторного фильтра РФ, согласующего объектива СО, фотоприемного устройства ФП и ПЭВМ.

Разработан метод измерения ТУ, заключающийся в формировании ПЧС дерматоглифического изображения с помощью оптического процессора и вычислении КХТУ по предложенным алгоритмам.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований КХТУ и метода измерения ТУ. В соответствии с разработанной методикой проектирования рассчитан и собран макет ЛСДДНБ для измерения КХТУ. Разработана методика измерения КХТУ с помощью макета ЛСДДНБ.

В результате анализа погрешности измерения пространственных частот тест-транспаранта на макете ЛСДДНБ установлено, что разработанный макет характеризуется абсолютной погрешностью $0,02 \text{ мм}^{-1}$ и относительной погрешностью 1%, что не превышает допустимой погрешности измерения пространственных частот. Анализ погрешности измерения КХТУ тестового папиллярного узора показал, что разработанный макет обеспечивает относительную погрешность измерения КХТУ соответственно не превышающую $\delta_f=4\%$ и $\delta_s=2\%$.

Анализ измеренных КХТУ папиллярных узоров, визуальная классификация которых затруднена, показал, что выборочные средние значения КХТУ таких узоров отличаются от значений КХТУ типичных узоров, что доказывает работоспособность разработанных КХТУ и метода измерения и их применимость для количественной оценки визуально не классифицируемых узоров.

Для экспериментальной апробации КХТУ и метода измерения ТУ использовались дерматоглифические изображения, полученные в семьях с НБ Вильямса (32 дерматоглифических фенотипа), НБ Рассела-Сильвера (51 дерматоглифический фенотип) и в семьях без отклонений от нормы (40 дерматоглифических фенотипов). В результате экспериментальных исследований КХТУ папиллярных узоров семей с синдромами Вильямса и Рассела-Сильвера было установлено, что минимальное среднее значение КХТУ по фенотипу наблюда-

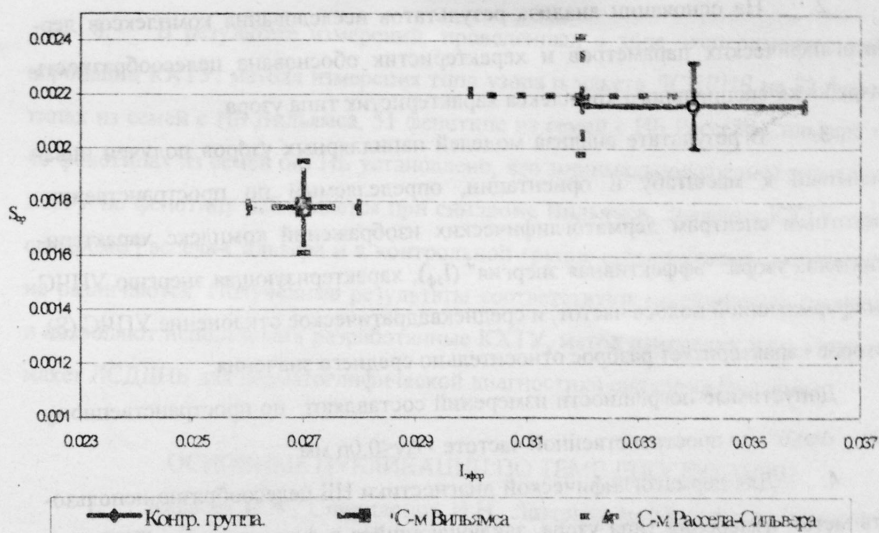


Рис. 2. Средние значения и доверительные интервалы ($\alpha=5\%$) КХТУ в контрольной группе и при синдромах Вильямса и Рассела-Сильвера

ется при синдроме Вильямса, а значения КХТУ при синдроме Рассела-Сильвера и в контрольной группе статистически достоверно не различаются (рис. 2). Это обусловлено тем, что дерматоглифическая картина синдрома Вильямса, характеризуется повышенным количеством завитков, а дерматоглифическая картина синдрома Рассела-Сильвера не отличается от нормы. Соответствие результатов исследований медицинским данным доказывает работоспособность КХТУ и метода измерения ТУ, а также их применимость для дерматоглифической диагностики синдрома Вильямса.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате анализа научно-технических данных и современного состояния проблемы, медицинских и научно-технических данных показана актуальность, практическая значимость и возможность создания биотехнической системы для дерматоглифической диагностики наследственных болезней.

2. На основании анализа результатов исследования комплексов дерматоглифических параметров и характеристик обоснована целесообразность разработки специального комплекса характеристик типа узора.

3. В результате анализа моделей папиллярных узоров получен инвариантный к масштабу и ориентации, определяемый по пространственно-частотным спектрам дерматоглифических изображений комплекс характеристик типа узора: "эффективная энергия" ($I_{\text{эф}}$), характеризующая энергию УПЧС в информативной полосе частот, и среднеквадратическое отклонение УПЧС (S), которое характеризует разброс относительно среднего значения.

Допустимые погрешности измерений составляют по пространственному углу - $\Delta\varphi \leq 6^\circ$, по пространственной частоте - $\Delta\nu \leq 0,06 \text{ мм}^{-1}$.

4. Для дерматоглифической диагностики НБ целесообразно использовать метод измерения типа узора, заключающийся в формировании ПЧС дерматоглифического изображения с помощью оптического процессора и вычислении КХТУ по предложенным алгоритмам. Разработана биотехническая лазерная система дерматоглифической диагностики НБ.

5. Разработана методика проектирования лазерной системы дерматоглифической диагностики НБ, позволяющая выполнить расчет и выбор элементов оптического процессора и источника излучения с учетом влияния временной и пространственной когерентности.

6. Рассчитан, создан и прошел экспериментальную апробацию макет ЛСДДНБ, особенностью которого является наличие масштабирующей системы, позволяющей реализовать предложенные алгоритмы определения комплекса характеристик типа узора в реальном масштабе времени. Разработана методика измерения КХТУ на макете ЛСДДНБ.

7. Анализ результатов измерения КХТУ папиллярных узоров, визуальная классификация которых затруднена, позволяет утверждать, что разработанный КХТУ и метод измерения типа узора обеспечивают проведение объективных дерматоглифических исследований на единой методической основе.

8. В результате измерений, проведенных в ходе экспериментальной апробации КХТУ, метода измерения типа узора и макета ЛСДДНБ на 32 фенотипах из семей с НБ Вильямса, 51 фенотипе из семей с НБ Рассела-Сильвера и 40 фенотипах из семей без НБ установлено, что минимальное среднее значение КХТУ по фенотипу наблюдается при синдроме Вильямса. Значения КХТУ при синдроме Рассела-Сильвера и в контрольной группе статистически достоверно не различаются. Полученные результаты соответствуют медицинским данным и позволяют использовать разработанные КХТУ, метод измерения типа узора и макет ЛСДДНБ для дерматоглифической диагностики синдрома Вильямса.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Лазерная морфометрия дерматоглифических изображений// Биомедицинская радиоэлектроника. – 2000. – N 9. – С. 13 – 20.
2. Аполлонова И.А., Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Лазерная система дерматоглифической диагностики// Актуальные проблемы создания биотехнических систем. – 1997. – Вып. 2. – С. 222 – 231.
3. Аполлонова И.А., Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Автоматизация дерматоглифической диагностики врожденных заболеваний// Новые информационные технологии в медицине и экологии: Тез. докл. IV Междун. научн.-технич. конф., Украина, г. Гурзуф, 26 мая – 4 июня 1998 г. – Ялта – Гурзуф, 1998. – С. 98.
4. Карасев И.В., Терехова М.А., Спиридонов И.Н. Оценка погрешности измерения гребневого счета в процессе визуальных исследований дерматоглифического фенотипа// Медико-технические технологии на страже здоровья: Тез. докл. РНТК, г. Геленджик 26 сентября – 2 октября 1999 г. – Москва, 1999. – С. 25-26.
5. Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Сравнительный анализ традиционного, цифрового и лазерного методов вычисления средней пространственной

частоты гребней дерматоглифических изображений// Лазеры в науке, технике медицине: Тез. докл. IX МНТК. – Москва, 1998. – С 31 – 32.

6. Исследование гармонического состава углового пространственно-частотного спектра папиллярных узоров групп риска по синдромам Вильямса и Рассела-Сильвера/ Карасев И.В., Алеханов А.А., Солонищенко В.Г., Спиридонов И.Н.// Лазеры в науке, технике, медицине: Тез. докл. X МНТК. - Москва, 1999. - С. 96.

7. Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Количественное описание типа папиллярных узоров параметрами углового пространственно-частотного спектра//Медико-технические технологии на страже здоровья: Тез. докл. РНТК, г. Геленджик, 26 сентября – 2 октября 1999 г. – Москва, 1999. – С. 138 – 139.

8. Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Количественная оценка типа папиллярных узоров для диагностики наследственных болезней// Медико-технические технологии на страже здоровья: Тез. докл. РНТК, г. Геленджик, 23 - 29 сентября 2000 г. - Москва, 2000. - С.26-27.

9. Лазерная система для измерения комплекса дерматоглифических параметров/ Карасев И.В., Аполлонова И.А., Спиридонов И.Н. и др. //Потенциал московских ВУЗов и его использование в интересах города: Тез. докл. ГНПК. - Москва, 1999. - С. 8.

10. Вереникина Н.М., Карасев И.В., Спиридонов И.Н. Лазерная система для оптико-цифрового анализа дерматоглифических изображений// Лазеры в науке, технике медицине: Тез. докл. IX МНТК. – Москва, 1998. – С. 102.

11. Karasyov I.V., Spiridonov I.N., Apollonova I.A. Automated system of laser differential dermatoglyphic diagnostics// Proc. SPIE – 1998. – Vol. 3251 – P. 91 – 100.

12. Karasyov I.V., Apollonova I.A., Solonichenko V.G., Spiridonov I.N. Application of coherent optical methods for papillary design analysis// Proc. SPIE – 1996. – Vol. 2969 – P. 643 – 647.

Подписано к печати 7.05.2001 г. Зак. 57т. объем 1.0 п.л. тир.100
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана

