**Морозова Мария Николаевна. Информационно-измерительная колориметрическая система: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.11.16 / Морозова Мария Николаевна;[Место защиты: Пензенский государственный университет].- Пенза, 2016.- 139 с.**

**ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»**

**На правах рукописи**

**Морозова Мария Николаевна**

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ**

**СИСТЕМА**

**05.11.16 - Информационно-измерительные**

**и управляющие системы (приборостроение)**

**Диссертация на соискание ученой степени**

**кандидата технических наук**

**Научный руководитель д.т.н., профессор Соловьев Владимир Александрович**

**Пенза 2016**

**2**

**Содержание**

**Введение 5**

**ГЛАВА 1 Аналитический обзор интегральных методов и приборов**

**измерения цвета 10**

**1Л Принципы построения интегральных колориметров 10**

**1.2 Интегральные колориметры со спектральными масками 14**

**1.3 Интегральные колориметры с селективной модуляцией 15**

**1.4 Интегральные фильтровые колориметры 16**

**1.5 Интегральные фильтровые колориметры, работающие в режиме**

**компарирования 18**

**1.6 Колориметры на основе цветных матриц с ПЗС-структурой 21**

**1.7 Колориметр, построенный на принципах искусственных нейронных**

**сетей 22**

**1.8 Измерение относительной спектральной чувствительности каналов**

**измерения X, Y, Z колориметра интегрального типа 26**

**1.9 Анализ технических характеристик интегральных колориметров,**

**выпускаемых фирмой Konica Minolta ЗО**

**Выводы по главе 35**

**ГЛАВА 2 Основы проектирования информационно-измерительной**

**колориметрической системы на принципах искусственных нейронных сетей 37**

**2.1 Разработка структуры искусственной нейронной сети информационно-**

**измерительной колориметрической системы 37**

**2.2 Источник излучения информационно-измерительной**

**колориметрической системы, его относительное спектральное распределение потока излучения 43**

**2.3 Чувствительный элемент информационно-измерительной**

**колориметрической системы, его спектральные характеристики 44**

**2.4 Исходная относительная спектральная чувствительность измерительных**

**каналов X, Y, Z 45**

**з**

**2.5 Выбор типов цветных стекол, входящих в наборы корригирующих**

**светофильтров информационно-измерительной колориметрической системы 47**

**2.6 Расчет параметров корригирующих светофильтров измерительных каналов X, Y, Z информационно-измерительной колориметрической системы ... 50**

**2.7 Оценка обучаемости информационно-измерительной**

**колориметрической системы 52**

**Выводы по главе 59**

**ГЛАВА 3 Разработка теоретических основ обучения информационно-измерительной колориметрической системы на стадии производства и эксплуатации 60**

**3.1 Разработка целевых функций, используемых при обучении**

**информационно-измерительной колориметрической системы на стадиях производства и эксплуатации 61**

**3.2 Моделирование сигналов на выходе чувствительных элементов**

**фотодиодной линейки при обучении информационно-измерительной колориметрической системы на стадии производства и эксплуатации 63**

**3.3 Моделирование обучения информационно-измерительной**

**колориметрической системы на стадиях производства и эксплуатации 66**

**3.4 Оценка обучаемости информационно-измерительной**

**колориметрической системы на стадии производства и эксплуатации 68**

**Выводы по главе 72**

**ГЛАВА 4 Разработка алгоритмов калибровки, измерения и обучения информационно-измерительной колориметрической системы 73**

**4.1 Разработка алгоритма опроса выходных чувствительных элементов**

**фотодиодной линейки 73**

**4.2 Разработка алгоритма калибровки информационно-измерительной**

**колориметрической системы 79**

**4.3 Разработка алгоритма измерения координат цвета информационно-**

**измерительной колориметрической системой 90**

**4**

**4.4 Отладка программного обеспечения информационно-измерительной**

**колориметрической системы 98**

**4.5 Описание процесса обучения информационно-измерительной**

**колориметрической системы с использованием аппаратно-программного комплекса 100**

**Выводы по главе 103**

**ГЛАВА 5 Разработка оптической, структурной, принципиальной электрической схем информационно-измерительной колориметрической системы и алгоритма взаимодействия основных компонентов схемы 105**

**5.1 Оптическая схема информационно-измерительной колориметрической**

**системы, построенной на принципах искусственных нейронных сетей 105**

**5.2 Структурная схема информационно-измерительной колориметрической**

**системы и описание взаимодействия основных узлов 107**

**5.3 Электрическая принципиальная схема информационно-измерительной**

**колориметрической системы 111**

**5.4 Оценка погрешности измерения координат цвета несамосветящихся**

**объектов информационно-измерительной колориметрической системы 114**

**Выводы по главе 118**

**Заключение 119**

**Список литературы 121**

**Приложения 127**

**Заключение**

1. Предложена структура ИИКС, построенная на принципах искусствен­ных нейронных сетей, позволяющая управлять относительной спектральной чувствительностью измерительных каналов при ее обучении на эталонных ме­рах цвета.
2. Разработан защищенный патентом способ измерения цвета, заключа­ющийся в суммировании электрических сигналов с выходов многоэлементного фотоприемника с учетом синаптических коэффициентов, рассчитанных при обучении ИИКС на эталонных мерах цвета.
3. Разработана математическая модель ИИКС, позволяющая вычислять значения параметров корригирующих фильтров (типы, толщины и клиновидно- сти стекол) и синаптических коэфициентов при ее проектировании, при кото­рых отклонения относительной спектральной чувствительности измерительных каналов не превышают 0,2 % от соответствующих значений функций сложения цветов стандартного наблюдателя.
4. Предложена математическая модель ИИКС, позволяющая производить обучение системы на эталонных мерах цвета и вычислять значения синаптиче­ских коэффициентов измерительных каналов с целью уменьшения отклонений их относительной спектральной чувствительности от функций сложения цветов стандартного наблюдателя при производстве и эксплуатации. Показано, что рассчитанные параметры корригирующих светофильтров и синаптических ко­эффициентов измерительных каналов обеспечивают измерение координат цве­та при любом из стандартных источников излучения А, В, С, Д65-
5. Разработаны методики калибровки ИИКС и измерения координат цве­та, а также алгоритм и программное обеспечение для режимов «обучение», «калибровка» и «измерение» ИИКС при его производстве и в процессе эксплу­атации.
6. Изготовлен макет ИИКС и проведена ее наладка с использованием ап­паратно-программного комплекса. Проведена экспериментальная оценка по­

120

грешности измерения координат цвета по эталонным мерам цвета в системе XYZ (абсолютная погрешность измерения координат цвета АХ, AY, AZ не пре­высила ± 0,3) и в равноконтрастной системе Lab (цветовые различия АЕ не пре­высили одной единицы). Это позволяет работать ИИКС в режиме «абсолют­ных» измерений, а не компарирования. Сравнительный анализ технических ха­рактеристик разработанной ИИКС с интегральными колориметрами японской фирмы Konica Minolta, работающими в режиме компарирования, показал, что результаты измерений сопоставимы по значениям цветовых различий АЕ в рав­ноконтрастной системе координат Lab.