

Гришаков Кирилл Владимирович



**Информационно-измерительная и управляющая система мониторинга
воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных
предприятий**

Специальность 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы
(в промышленности)»

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тульский государственный университет»

Научный руководитель:

Доктор технических наук, доцент
Маслова Анна Александровна

Официальные оппоненты:

Бутусов Олег Борисович

доктор физико-математических наук, профессор
ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева,
профессор, г. Москва

Мерцалов Александр Евгеньевич

кандидат технических наук,
ООО «АТМ Технолоджи»,
генеральный директор, г. Тула

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ

Защита состоится « 6 » апреля 2021 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д 212.271.07, созданного на базе ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92, 9-101).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (http://tsu.tula.ru/science/dissertation/diss-212-271-07/Grishakov_KV)

Автореферат разослан «12» февраля 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Ю. В. Иванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Разработка информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий позволяет осуществлять контроль условий труда и функциональных показателей организма работника за любой интересующий период времени и, кроме того, текущий самоконтроль состояния условий труда и функциональных показателей здоровья как в структурных подразделениях, так и на предприятии в целом.

В настоящее время сроки проведения Специальной оценки условий труда устанавливаются организацией исходя из изменения условий характера труда, но не реже одного раза в пять лет с момента проведения последних измерений. Анализ показал, что существующая методика специальной оценки условий труда не позволяет судить об изменении параметров опасных и вредных производственных факторов и, соответственно, об изменении условий труда в период между плановыми проведениями данной процедуры. Величины же опасных и вредных производственных факторов могут существенно меняться даже при неизменном технологическом процессе. В текущих условиях разработка информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, которая позволит отслеживать уровень воздействия вредных и опасных производственных факторов, изменение физиологических показателей трудящегося во время рабочего процесса, обрабатывать и объединять в систему полученные данные, персонализировать предельные уровни воздействий опасных и вредных факторов для каждого отдельного работника, а также своевременно уведомлять о любых отклонениях от нормальных показателей не только работающего, работодателя, но и специальные службы, является актуальной.

Информационно-измерительная и управляющая система мониторинга (ИИУС) воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий дает возможность в любых временных рамках проанализировать фактический уровень вредного фактора на рабочем месте, а также комплексно оценивать состояние вредных факторов на рабочих местах.

Целью работы является совершенствование информационно-измерительных и управляющих систем на основе комплексов методов обработки состояний условий труда и физиологических показателей состояния здоровья работников промышленных предприятий.

В соответствии с поставленной целью было необходимо решить ряд научно-технических задач, а именно:

- Аналитический обзор современных информационно-измерительных и управляющих систем, методов, средств оценки условий труда и функциональных показателей организма, постановка задач исследования;
- Разработка математической модели потоков обработки данных информационно-измерительных систем комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени;
- Разработка структуры информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени;

- Разработка метода оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени в информационно-измерительной и управляющей системе;
- Разработка системы сбора данных информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий;
- Техническая реализация и апробация информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Объектом исследования являются информационно-измерительные и управляющие системы мониторинга опасных и вредных производственных факторов, а так же физиологических показателей трудящегося во время рабочего процесса.

Предметом исследования являются методы и средства, направленные на повышение технико-эксплуатационных характеристик систем мониторинга вредных факторов.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы математического моделирования, математической статистики, принятия решений, численный эксперимент, методы статистической обработки данных, методы моделирования сложных систем, теория управления, теория измерений, теория принятия решений.

Общими вопросами проектирования информационно-измерительных и управляющих систем, идентификации объектов, цифровых систем управления занимались П. Эйкхофф, О.Н. Новоселов, М. Краус, Э. Вошни, Б. Куо, Р. Изерман. Развитием информационно-измерительных и управляющих систем в охране труда – М.В. Ангелова, М.В. Графкина, В.М. Минько, И.Д. Музаев, С.В. Белов, М.Х. Махбуб, Е. Шнайдер.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Отраженные в диссертации научные положения соответствуют области исследования (п. 6 Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создания новых элементов, частей, образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их технических, эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых принципов построения и технических решений) специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (в промышленности).

Достоверность и обоснованность работы подтверждается корректной постановкой задач исследований, обоснованным использованием методов математического моделирования.

Новизна научных положений: Разработана информационно-измерительная и управляющая система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, основанная на методе непрерывных измерений значений уровней опасных и вредных производственных факторов и функциональных показателей состояния организма, преимуществом которой является сокращение времени реагирования на ухудшение здоровья работников, оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации специальными службами, обеспечение достоверности классификации условий труда в реальных условиях изменения значений опасных и вредных производственных факторов в различные периоды времени. Разработан принцип распределения загрузки каналов.

Практическая значимость работы состоит в том, что теоретические результаты настоящей работы послужили основой для проектирования новой серии информационно-измерительной и управляющей системы отличающейся тем, что позволяет снизить время реакции на ухудшение здоровья работников, своевременного оповещения специальных служб о чрезвычайных ситуациях, уменьшить вероятность ошибки в определении класса условий труда. Предлагаемая система мониторинга позволяет минимизировать человеческий фактор в принятии управленческих решений.

Положения выносимые на защиту:

- математическая модель потоков обработки данных информационно-измерительных систем комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени;
- структура информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени;
- метод оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени в информационно-измерительной и управляющей системе;
- система сбора данных информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий;
- техническая реализация информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Апробация работы. Основные положения работы и практические рекомендации, содержащиеся в работе, представлялись на XIII межд. науч.-техн. конф. «Современные проблемы экологии» (Тула, 2015 г.), 12-й межд. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики (г. Тула, 2016 г.), XVI межд. науч.-техн. конф. «Современные проблемы экологии (2016 г.), V межд. конф.-школы по химической технологии ХТ'16 (Волгоград, 2016 г.), XVIII межд. науч.-техн. конф. «Современные проблемы экологии» (2017 г.), XXIII межд. науч.-техн. конф. «Приоритетные направления развития науки и технологий» (2018 г.), XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry (Saint Petersburg 2019) и других международных и всероссийских конференциях.

Личный вклад. Предложена математическая модель потоков обработки данных информационно-измерительных систем комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени [1,2]. Предложена структура информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени [1,5]. Разработан метод оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени в информационно-измерительной и управляющей системе [4,6]. Разработана системы сбора данных информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий [3].

Публикации. Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 37 печатных работах, из них 7 статей в рецензируемых журналах из списка SCOPUS и Web of Science, 5 статей – в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, имеется 3 патента РФ на изобретение, и 3 свидетельства РФ о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения. Пяти глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 131 странице машинописного текста, содержит 8 таблиц, 34 рисунка и список литературы, включающий 104 наименования, 6 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, определены новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проведен анализ современных методов оценки условий труда. Проведен анализ приборов измерения вредных производственных факторов, исходя из которого получены следующие выводы: используемые приборы измерения факторов рабочей зоны являются в большинстве сложными техническими устройствами, требующими специального подхода и методики измерения с целью установления значений измеряемых параметров; многие приборы являются стационарными или крупногабаритными, что усложняет и сужает круг возможностей их применения; набор приборов необходимых для проведения замеров по всему спектру воздействия опасных и вредных производственных факторов приводит к тому, что для объективной оценки сложного рабочего места уходит до нескольких дней; большая часть приборов подразумевает проведение разовых замеров и не предназначена для длительного использования и построения на их основе временных рядов. Проведен анализ персональных систем мониторинга измерения вредных производственных факторов и физиологических показателей состояния здоровья человека, исходя из которого получены следующие выводы: носимые системы мониторинга показателей физиологических состояний организма активно развиваются и широко распространены во всем мире; существуют отдельные разработки, способные составить конкуренцию стационарному клиническому оборудованию; существуют умные шлемы для водителей мотоциклов и велосипедов, способные спасти человеческие жизни путем экстренного реагирования и передачи сигнала с привязкой к местности в службу спасения; задача измерения факторов рабочей зоны и здоровья работников неоднократно поднималась в отечественных и зарубежных СМИ, но в ходе проведения исследования не было найдено ни одного рабочего и протестированного прототипа.

В результате проведенного анализа определены задачи, решение которых позволит сократить время реагирования на ухудшение здоровья работников, сократить время реагирования специальными службами на чрезвычайные ситуации, повысить достоверность классификации условий труда в реальных условиях изменения значений опасных и вредных производственных факторов в различные периоды времени.

Вторая глава посвящена разработке структуры информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, а так же математической модели потоков обработки данных ИИУС.

В разработке математической модели потоков обработки данных (ИИУС) применим аппарат теории матриц. Получена математическая модель в виде матрицы комплексной оценки состояния производственной среды (СПС), описывающая параметры воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий:

$$СПС^T = [C_N^1 \ C_n^2 \ C_n^3 \ C_n^k \ t^\circ C_n \ L_{An} \ a_n \ kNg_n \ E \ \text{экс}_n], \quad (1)$$

где: C – концентрация вредных и опасных для человека веществ в производственной среде; k – порядковый номер вредного и опасного для человека вещества производственной среды в части загазованности; $t^\circ C$ – температура производственной среды; L_A – уровни шума производственной среды; a – значения виброускорений производственной среды; Kg – значения ударных воздействий на защитную каску через набор измеренных ускорений по отношению к ускорению свободного падения g ; kNg_n – набор измеренных ускорений по отношению к ускорению свободного падения g ; $E \ \text{экс}$ – значения эксплуатационной освещенности производственной среды; n – номер отсчета в массиве накопленных данных.

Полученная математическая модель в виде матрицы комплексной оценки показателей физиологического состояния (ФС) работника описывает параметры воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий:

$$ФС^T = [\text{чсс}_n \ T^\circ C_n \ g \ n \ \text{¥ вер}_n], \quad (2)$$

где: ЧСС_n – частота сердечных сокращений (частота пульса); $T^\circ C$ – температура тела работника; G – электропроводности кожи работника; $g \ n$ – набор измеренных значений электропроводности кожи работника; ¥ вер_n – значения отклонения оси каски от вертикальной оси; n – номер отсчета в массиве накопленных данных.

Объединяя полученные матрицу оценки состояния производственной среды, под воздействием которых находится работник в защитной Smart - каске и оценки физиологического состояния работника под воздействием вредных и матрицу опасных факторов производственной среды, получим обобщенную матрицу комплексной оценки состояния производственной среды и физиологического состояния работника.

$$КСФ = \left[\begin{array}{cccccccc} C_n^k & t^\circ C_n & L_{An} & a_n & kNg_n & E \ \text{экс}_n & \text{чсс}_n & T^\circ C_n \ g \ n \ \text{¥ вер}_n \end{array} \right]. \quad (3)$$

В результате получим математическое представление параметров воздействия вредных и опасных факторов в физических величинах на работников промышленных предприятий при мониторинге в реальном масштабе времени.

Полученная математическая модель в виде матрицы комплексной оценки состояния производственной среды и физиологического состояния работника описывает параметры воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в физических величинах, что затрудняет оценку величины вклада каждого фактора из общего набора вредных и опасных факторов на физиологическое состояние работника, находящегося в зоне действия факторов производственной среды. Для снятия этого противоречия предлагается вектор весовых нормирующих коэффициентов K_n . В свою очередь для обеспечения персонализации системы в отношении работников, требуется введение коэффициента состояния работника в производственной среде K_{CP} .

$$K_{CP} = [C_n^k \ t^\circ C_n \ L_{An} \ a_n \ kNg_n \ E \ \text{экс}_n \ \text{чсс}_n \ T^\circ C_n \ g \ n \ \text{¥ вер}_n] \times [KC_n^k \ Kt^\circ C_n \ KL_{An} \ Ka_n \ KkNg_n \ KE \ \text{экс}_n \ K\text{чсс}_n \ KT^\circ C_n \ Kgn \ K\text{¥ вер}_n]^t. \quad (4)$$

Тогда, подставив коэффициент нормирования K_n

$$K_{нСР} = K_{СР} K_n \quad (5)$$

Интенсивность загрузки канала передачи данных от рассмотренных параметров определяется в ИИУС полученным коэффициентом $K_{нСР}$, который может изменяться в пределах от 0 до 1. При малых значениях коэффициент до 0,3 частота опроса и передачи данных в системе наиболее низкая. Приоритет передачи данных от этого источника наиболее низкий. При значениях коэффициента от 0,3 до 0,7 частота и приоритет передачи данных в ИИУС возрастает. При 0,7 – 1 частота передачи данных и приоритет наиболее высокие, т.к. работник находится в наиболее неблагоприятных рабочих условиях, и его показатели физиологического состояния являются наиболее значимыми. Таким образом, при построении информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий удастся снизить нагрузки на каналы связи и приоритетно обслуживать ситуации с более высоким приоритетом.

В сочетании с нормирующими коэффициентами средние значения вредных и опасных производственных факторов и параметров физиологического состояния работника преобразуются в весовые значения, вес которых определяется степенью опасности для жизни и здоровья работника в данных производственных условиях. Исходя из предложенной модели комплексной оценки состояния производственной среды и показателей физиологического состояния работника была разработана структура информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, которая приведена на рисунке 1.

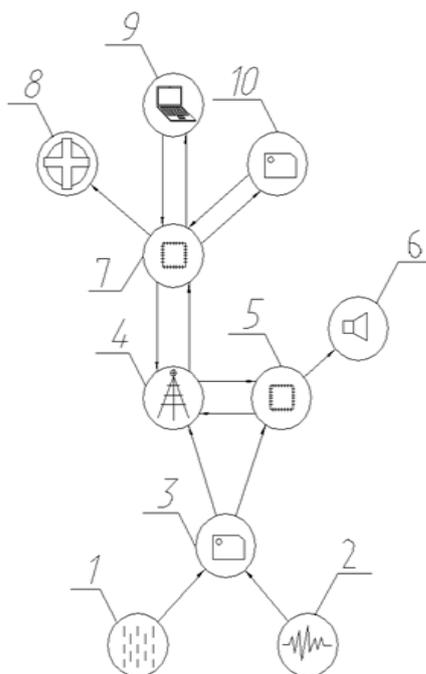


Рисунок 1 - Структура информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий: 1 — группа датчиков, отслеживающих уровень воздействия внешних факторов, влияющих на человека; 2 — первичное запоминающее устройство; 3 — устройство передачи данных; 4 — удаленное устройство обработки данных; 5 — быстрый доступ к экстренным службам; 6 — пользовательский интерфейс; 7 — удаленные

базы данных; 8 — устройство оповещения; 9 — локальное устройство обработки данных; 10 — группа датчиков, отслеживающих физиологическое состояние организма человека.

Исходя из общей структуры выходит концепция системы, согласно которой основные датчики, позволяющие контролировать условия рабочей зоны и функциональные показатели организма, собраны в персональном устройстве мониторинга (smart-каска), задачи обработки, хранения, передачи информации, а так же общей диспетчеризации и управления системой ложатся на основной сервер.

Структура информационной системы защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий приведена на рисунке 2.

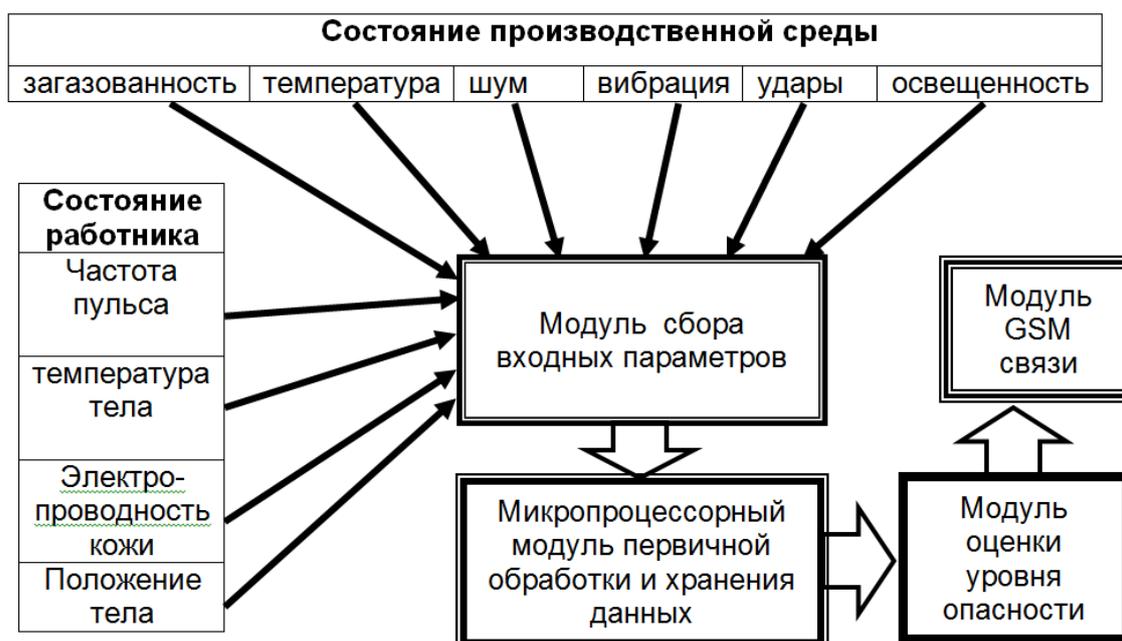


Рисунок 2 - Структура информационно-измерительной системы защитной smart-каска мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

Третья глава связана с разработкой метода оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени в ИИУС. Была усовершенствована методика распознавания потенциально вредных и опасных производственных факторов на работников промышленных предприятий. Разработан порядок реализации метода оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени в ИИУС.

Принципиально метод делится на три основных этапа:

1. Реализация метода в режиме реагирования на заранее заложенные пределы значений условно опасных факторов;
2. Реализация метода в режиме корректировки пределов в соответствии с полученными данными;
3. Реализация метода в режиме реагирования на пределы, сформированные в соответствии с уникальными особенностями организма каждого отдельного человека.

Разработанный метод реализуется алгоритмом оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени ИИУС, который будет обеспечивать своевременный контроль интенсивности вредных воздействий на работника во время рабочего процесса с учетом персонального отклика организма каждого сотрудника на определенный вид деятельности или влияние различных факторов, что позволит снизить общий уровень опасности. Блок-схема алгоритма оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени представлена на рисунке 3.

Алгоритм работы. Первым действием после начала работы идет считывание нормативов и считывание показаний датчиков. Далее проходит формирование базы по показаниям датчиков, запускается отсчет времени, далее происходит сохранение данных. Сохраненная информация проходит через переключатель на задатчик предельных значений вредных и опасных факторов (Задатчик «НСПС»). Кроме этого сохраненные данные поступают на блок сравнения, где сравниваются с нормативами ($СПС < НСПС$). Если это условие выполняется, то сигнал идет дальше, на блок сравнения функциональных показателей организма ($ЛФС < ФС < НФС$). В случае не совпадения условий идет сохранение данных о превышении, формируется сигнал и данные передаются в службы экстренного реагирования. В блоке сравнения функциональных показателей организма если условие выполняется, то после паузы алгоритм повторяется, в случае не исполнения условия происходит следующее: идет сохранение данных о превышении, формируется сигнал и данные передаются в службы экстренного реагирования, а так же идет сигнал на переключатель, где данные задатчика меняются с заранее заложенных нормативов на данные с датчиков во время превышения.

Четвертая глава посвящена разработке системы сбора данных информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Структура системы сбора данных ИИУС состоит из двух взаимосвязанных блоков. Первый блок представляет собой защитную smart-каску, предназначенную для предотвращения влияния опасных факторов на работника, и оснащенную комплексом оборудования для измерения параметров физиологического состояния человека и вредных и опасных факторов производственной среды, где находится работник.

Вторым блоком является диспетчерский пункт мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени. Диспетчерский пункт мониторинга объединяет данные от всех защитных smart-касок предприятия в единую базу данных.

Для связи диспетчерского пункта мониторинга физиологического состояния работников и оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий в реальном времени применяется канал сотовой связи GSM в реальном времени.

Информационные потоки системы сбора данных информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий формируются защитной Smart-каскай мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных пред-

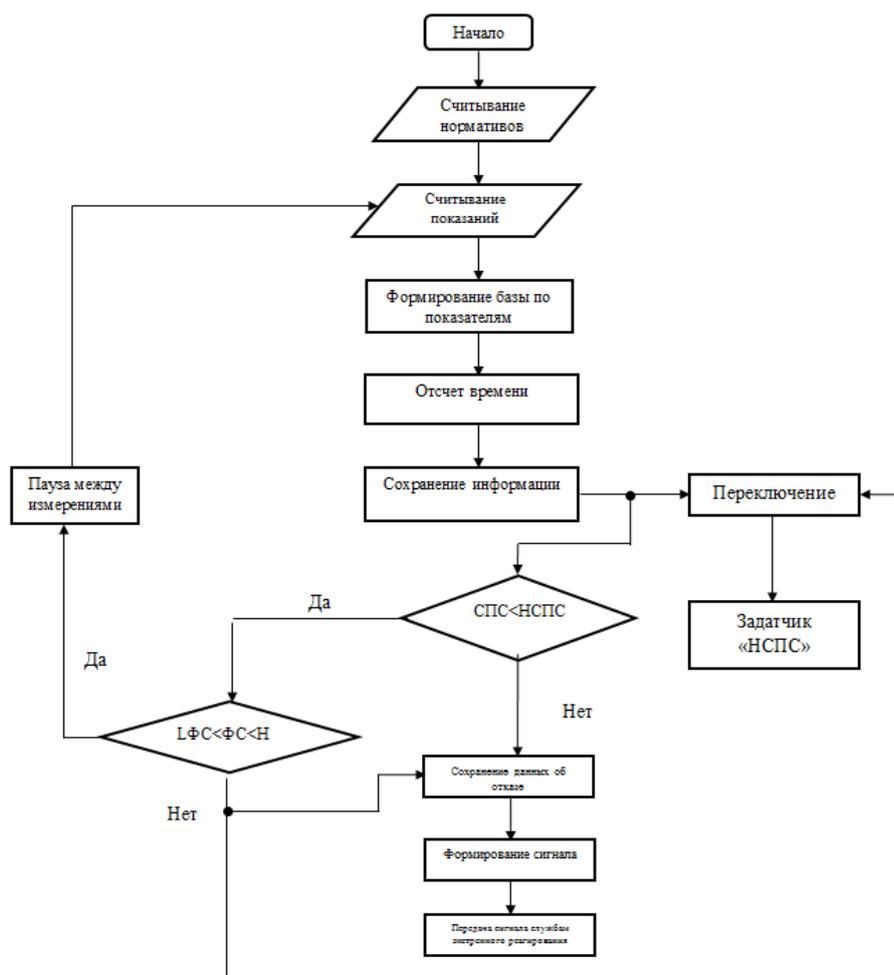


Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени

приятий, посредством встроенных датчиков, и подразделяются на две группы:

- физиологическое состояние человека;
- состояние производственной среды.

Общий вид формата передачи данных представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Общий вид формата передачи данных в информационных потоках информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий

Функция	Иниц.	Адрес датчика в smart-каске	Тип датчика в smart-каске	Знач. фактора	Контр. сумма	Резерв	Завершение
Длина	32 бита	8 бит	4 бита	12 бит	8 бит	8 бит	8 бит

Инициализация передачи в формате передачи данных в информационных потоках информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов определяется 32 байтами инициализации.

Пятая глава посвящена технической реализации и внедрению информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных

факторов на работников промышленных предприятий. Для непрерывного наблюдения за изменениями уровней параметров условий труда и физиологических состояний человека на рабочих местах появилась необходимость в устройстве, которое бы отвечало поставленным ранее задачам. В ходе работы над усовершенствованием методики измерений и оценки параметров условий труда на рабочих местах, были предложены основные принципы для устройства (рисунок 4), а в дальнейшем получен патент на изобретение. Разработанное устройство дистанционного контроля параметров условий труда, учитывающее эффект корреляции, обеспечивает мониторинг параметров условий труда в соответствии с эффектами комплексного воздействия вредных факторов на организм человека, что повышает качество контроля параметров условий труда и работы устройства в целом. Разработаны алгоритм работы, программное обеспечение микропроцессорной части каски информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга, алгоритм работы, интерфейс серверной части информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

Интерфейс серверной части информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий реализован в виде WEB-сервиса, имеющего закрытый доступ с разграничением по уровню допуска. Так работодатель (заказчик) имеет самый верхний уровень доступа и может посещать все пункты меню. Программой предусмотрены: страница авторизации и входа, где расположено диалоговое окно ввода логина и пароля; главная страница, где расположена общая информация по сотрудникам, общий список работников, показатели активности и карта с отметками о расположении работников; показатели условий труда, где расположена более конкретизированная информация о сотрудниках, необходимая экспертам при проведении специальной оценки условий труда, список всех сотрудников, параметры условий труда в текущий момент времени, график динамики изменения параметра; медицинские показатели, где расположена более конкретизированная информация о сотрудниках, необходимая медицинским работникам при установлении диагноза и (или) проведении проф. осмотров, физиологические показатели состояния организма в текущий момент времени, график динамики изменения показателя; архив, где располагается наиболее полная информация о сотрудниках, включающая в себя список всех сотрудников, параметры условий труда и физиологические показатели состояния организма за выбранный период времени, график динамики для выбранного параметра за определенный временной период.

Доступ к программе осуществляется удаленно через web-сайт, вследствие чего есть возможность обращаться к информации из любого места, имеющего доступ к сети интернет, не привязываясь к локальному расположению самого сервера.

Разработанная информационно-измерительная и управляющая система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий была внедрена на предприятии ООО «СервисСофт». В качестве основных работников, задействованных в испытаниях системы, были выбраны монтажники и электромеханики, обеспечивающие установку и сборку оборудования, разработанного ООО «СервисСофт» зачастую в тяжелых и опасных условиях труда, включая нередко высотные работы.

Основные результаты внедрения: проведены эксперименты, подтверждающие ут-

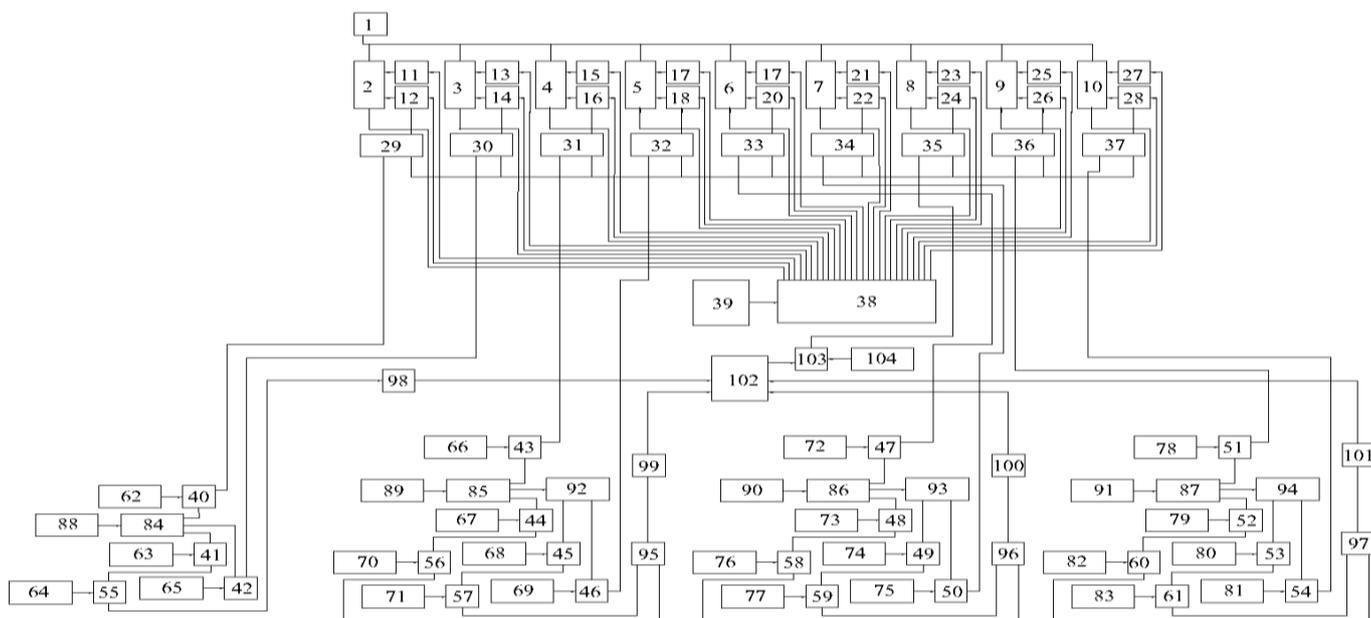


Рисунок 4 - Устройство дистанционного контроля параметров условий труда учитывающее эффект корреляции

верждения о нестационарности уровней воздействия вредных факторов на организм человека на протяжении длительного промежутка времени; определены классы условий труда на рабочих местах с учётом непрерывных измерений производственных факторов; получены индивидуальные реакции организма людей на те или иные виды воздействий производственной среды.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований создана информационно-измерительная и управляющая система мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий, позволяющая отслеживать уровень воздействия вредных и опасных производственных факторов, изменение физиологических показателей трудящегося во время рабочего процесса, обрабатывать и объединять в систему полученные данные, персонализировать предельные уровни воздействий опасных и вредных факторов для каждого отдельного работника, а также своевременно уведомлять о любых отклонениях от нормальных показателей не только работающего, работодателя, но и специальные службы. Проведение измерений на протяжении всего рабочего дня позволяет провести наиболее точные измерения и сформировать полную картину напряженности и тяжести рабочего дня сотрудника.

В диссертационной работе получены следующие научные и практические результаты:

- проведен аналитический обзор современных информационно-измерительных и управляющих систем, методов, средств оценки условий труда и поставлены задачи исследования;
- разработана математическая модель потоков обработки данных информационно-измерительных систем комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени;

- предложено регулировать интенсивность загрузки канала передачи данных через полученный коэффициент $K_{нСР}$;
- разработана структура информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени;
- разработан метод оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени в информационно-измерительной и управляющей системе;
- разработана система сбора данных информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий;
- проведена техническая реализация и апробация информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Содержание диссертации отражено в 37-ми публикациях, основными из которых являются:
В рецензируемых журналах из списка SCOPUS и Web of Science

1. Гришаков К.В. Дистанционный контроль параметров микроклимата рабочей зоны с коррекцией по температуре / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, Л.В. Кашинцева // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2018. – Вып.3. – С. 61-73.
2. Гришаков К.В. Система автоматизированного контроля температуры и загазованности для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2018. – 22(11). – С. 14-18.
3. Гришаков К.В. Устройство мониторинга физиологических параметров работника во время трудового процесса / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – 2018. – № 5 – С. 66-70
4. Гришаков К.В. Разработка системы сбора данных интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий / В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 5 – С. 75-80.
5. Гришаков К.В. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования уровней загрязнения воздуха и водных объектов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Е.А. Котова Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2019. – 23(8). – С. 36-41.
6. Гришаков К.В. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников / В.М. Панарин, В.А. Хромушин, А.А. Маслова, Л.В. Кашинцева, К.В. Гришаков, М.В. Паньшина // Безопасность труда в промышленности. – 2019. – № 10.
7. Гришаков К.В. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу/ В.М. Панарин, Л.Э. Шейнкман, А.А. Маслова, Г.Ю. Царьков, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка // Экология и промышленность России. – 2020. – 24(5). – С. 9-13.

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Гришаков К.В. Разработка автоматизированных систем мониторинга загрязнения атмосферы объектами газовой и химической промышленности / К.В. Гришаков, В.М. Панарин, А.А. Горюноква // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2015. – Вып. 8, Ч. 2. – С. 44-50.
2. Гришаков К.В. Автоматизированная система мониторинга объектов теплоснабжения / К.В. Гришаков, В.М. Панарин, А.А. Горюноква // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2014. – Вып. 7. – С. 214-219.
3. Гришаков К.В. Теоретико-экспериментальный метод оценки параметров территориального загрязнения атмосферы объектами химической промышленности / В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, А.А. Горюноква, Р.А. Катнюков // Химическая промышленность сегодня. – 2016. – №10. – С. 52-56.

4. Гришаков К.В. Разработка автономных станций и системы контроля загрязнения атмосферного воздуха / К.В. Гришаков, В.М. Панарин, А.А. Горюноква, Е.А. Котова // Экологические системы и приборы. – 2017. – № 9. – С. 21-27.

5. Гришаков К.В. Автоматизированная система удаленного экологического мониторинга на промышленных объектах / К.В. Гришаков [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2019. – № 6. – С. 9-14.

Объекты интеллектуальной собственности

1. Пат. 2643109 РФ Устройство дистанционного контроля параметров условий труда с коррекцией по температуре. МПК⁷ G 05 D 27/02.; заявитель и патентообладатель Тульский государственный университет / Гришаков К.В. [и др.] - № 2017114834; заявл. 26.04.2017; опубл. 30.01.2018, Бюл. № 4.

2. Пат. 2652701 РФ Устройство дистанционного контроля параметров условий труда в условиях загазованности. МПК⁷ G05D 27/02.; заявитель и патентообладатель Тульский государственный университет / Гришаков К.В. [и др.] - № 2017120768; заявл. 13.06.2017; опубл. 28.04.2018, Бюл. № 13.

3. Пат. 2697571 РФ Автоматизированная система экологического мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона. МПК⁷ G01W 1/00.; заявитель и патентообладатель Тульский государственный университет / Гришаков К.В. [и др.] - №; 2018142980; заявл. 05.12.2018; опубл. 15.08.2019, Бюл. № 23.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612061 «Программное обеспечение интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий» / Правообладатель: ООО «Интеллектуальные системы мониторинга» / Гришаков К.В. [и др.] Заявка № 2017663267. Дата поступления 19 декабря 2017 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 09 февраля 2018 г.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611282 «Программное обеспечение системы сбора данных макета интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий» / Правообладатель: ООО «Интеллектуальные системы мониторинга» / Гришаков К.В. [и др.] Заявка № 2018665262. Дата поступления 27 декабря 2018 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23 января 2019 г.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019611283 «Программное обеспечение макета интеллектуальной системы мониторинга воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий» / Правообладатель: ООО «Интеллектуальные системы мониторинга» / Гришаков К.В. [и др.] Заявка № 2018665264. Дата поступления 27 декабря 2018 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23 января 2019 г.

В рецензируемых журналах из списка РИНЦ

1. Элементы информационно-измерительной и управляющей системы мониторинга загрязнения атмосферы/ А.А. Горюноква, К.В. Гришаков// Современные проблемы экологии: тезисы докладов XIII Международ. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2015. – с.71-74.

2. Система автоматизированного мониторинга загрязнения атмосферы на основе дистанционных методов получения, хранения и использования информации/ А.А. Горюноква, О.А. Нечаева, К.В. Гришаков// Современные проблемы экологии: тезисы докладов XIII Международ. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2015. – с.84-87.

3. Мониторинг и прогнозирование безопасности труда/ А.А. Горюноква, А.В. Поляков, К.В. Гришаков. - Учебное пособие. – Тула, Изд-во «Инновационные технологии», 2016. – 110 с.

4. Комбинирование разнообразных технологических процессов и производств/ Мешалкин В.П., Панарин В.М., Горюноква А.А., Гришаков К.В.// В книге: V Международная конференция-школа по химической технологии ХТ'16 сборник тезисов докладов сателлитной конференции XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. 2016. С. 100-102.

5. Применение диспетчерского сетевого программного обеспечения многоканального микропроцессорного блока контроля энергосбережения при производстве тепловой энергии/ В.М.Панарин, А.А. Горюноква, Р.Р.Контюков, Р.А.Контюков, К.В.Гришаков // Современные проблемы экологии: доклады XVI Международ. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационныетехнологии», 2016. – С.69-72.

6. Принципы разработки новых структур и алгоритмов работы диспетчерского сетевого программного обеспечения/ Панарин В.М., Горюноква А.А., Контюков Р.А., Гришаков К.В.// Современные проблемы экологии: доклады XV Международ. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2016. -С.80-82.

7. Разработка системы мониторинга для низких источников загрязнения / Панарин В.М., Горюнкова А.А., Котова Е.А., Гришаков К.В. // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: 12-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т.2: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. - С.86-88.
8. Мешалкин В.П., Панарин В.М., Горюнкова А.А., Гришаков К.В. Алгоритм формирования автоматизированной системы мониторинга загрязнения атмосферы химическими предприятиями // В книге: XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии Тезисы докладов в 5 томах. Уральское отделение Российской академии наук. 2016. С. 322.
9. Гришаков К.В. Предпосылки разработки системы автоматизированного контроля температуры и загазованности в отходящей трубе для дистанционного мониторинга состояния утилизированной свалки коммунальных отходов/ В.М. Панарин, А.А. Маслова, К.В. Гришаков, С.А. Савенкова // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIII международной научн.-техн. конф.; - Тула: Инновационные технологии, 2018. – С. 134-137.
10. Automated monitoring system of pollution of atmospheric air and water objects by enterprises of the chemical industry/ Maslova A.A., Meshalkin V.P., Panarin V.M., Grishakov K.V. // XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. Book 3: Abstracts. – Saint Petersburg, 2019 – p. 205. Доля 0,5
11. Development of autonomous stations and systems for control of atmospheric air pollution/ Meshalkin V.P., Panarin V.M., Maslova A.A., Grishakov K.V. // XXI Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. Book 3: Abstracts. – Saint Petersburg, 2019 – p. 329.
12. Порядок реализации метода оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в режиме реального времени / Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В., Рыбка Н.А. // Современные проблемы экологии: доклады XXIII Междунар. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2019. – С.164-172.
13. Разработка алгоритма оценки комплексного воздействия вредных и опасных факторов на работников промышленных предприятий при их мониторинге в реальном времени / Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В., Рыбка Н.А. // Современные проблемы экологии: доклады XXIII Междунар. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2019. – С.173-175.
14. Интеллектуальная система персонального мониторинга здоровья работников / Панарин В.М., Маслова А.А., Гришаков К.В., Рыбка Н.А. // Современные проблемы экологии: доклады XXIII Междунар. науч.-технич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. - Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2019. – С.176-183.