



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G06F 17/10 (2020.01); G06F 11/30 (2020.01)

(21)(22) Заявка: 2019134726, 11.11.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.11.2019

Дата регистрации:
17.04.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.11.2019

(45) Опубликовано: 17.04.2020 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

440026, Пензенская обл., г. Пенза, ул. Красная,
40, ФГБОУ ВО "Пензенский государственный
университет"

(72) Автор(ы):

Баранов Виктор Алексеевич (RU),
Безбородова Оксана Евгеньевна (RU),
Бодин Олег Николаевич (RU),
Герасимов Андрей Ильич (RU),
Печерская Екатерина Анатольевна (RU),
Шерстнев Владислав Вадимович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Пензенский государственный
университет" (ФГБОУ ВО "Пензенский
государственный университет") (RU)

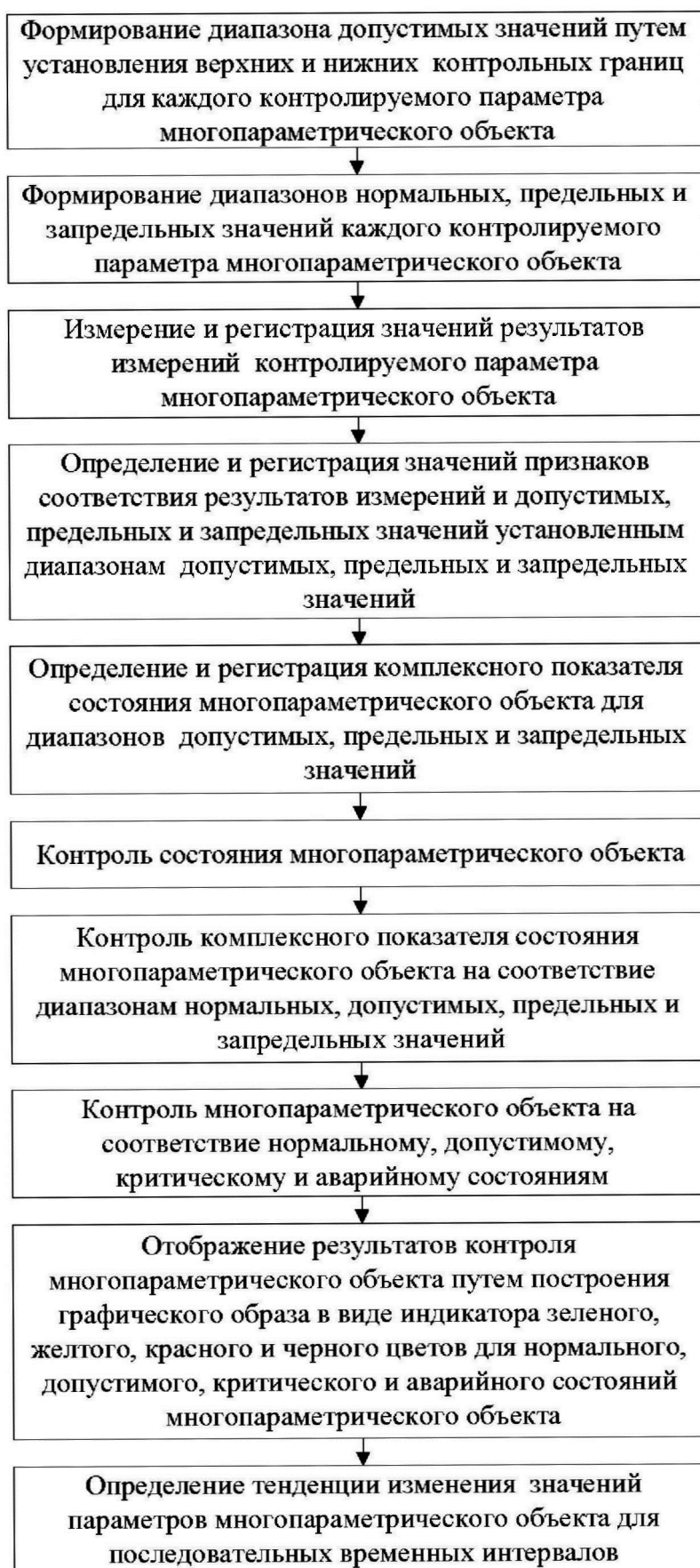
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2459245 C1, 20.08.2012. RU
2586030 C2, 10.06.2016. RU 2156496 C1,
20.09.2000. RU 2557477 C2, 20.07.2015. RU
2574083 C2, 10.02.2016. US 6609051 B2,
19.08.2003.

(54) СПОСОБ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
ОБЪЕКТА ПО РАЗНОРОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области вычислительной техники. Технический результат заключается в повышении оперативности и достоверности контроля многопараметрических объектов. Технический результат достигается за счет формирования диапазонов нормальных, допустимых, предельных и запределных значений путем установления верхних и нижних предупредительных, контрольных и предельных границ для каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта; измерения контролируемых параметров многопараметрического объекта и регистрации результатов измерений; определения и регистрации значения признаков соответствия

результатов измерений и допустимых, предельных и запределных значений установленным диапазонам допустимых, предельных и запределных значений; определения и регистрации комплексных показателей состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запределных значений; контроля комплексных показателей граничного состояния на соответствие диапазонам нормальных, допустимых, предельных и запределных значений; контроля многопараметрического объекта на соответствие нормальному, допустимому, критическому и аварийному состояниям. 19 ил.



Фиг. 7



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

G06F 17/10 (2020.01); G06F 11/30 (2020.01)(21)(22) Application: **2019134726**, 11.11.2019(24) Effective date for property rights:
11.11.2019Registration date:
17.04.2020

Priority:

(22) Date of filing: 11.11.2019

(45) Date of publication: 17.04.2020 Bull. № 11

Mail address:

440026, Penzenskaya obl., g. Penza, ul. Krasnaya,
40, FGBOU VO "Penzenskij gosudarstvennyj
universitet"

(72) Inventor(s):

Baranov Viktor Alekseevich (RU),
Bezborodova Oksana Evgenevna (RU),
Bodin Oleg Nikolaevich (RU),
Gerasimov Andrej Ilich (RU),
Pecherskaya Ekaterina Anatolevna (RU),
Sherstnev Vladislav Vadimovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Penzenskij gosudarstvennyj
universitet" (FGBOU VO "Penzenskij
gosudarstvennyj universitet") (RU)**(54) METHOD FOR COMPLEX MONITORING OF STATE OF A MULTIPARAMETER OBJECT BASED ON HETEROGENEOUS INFORMATION**

(57) Abstract:

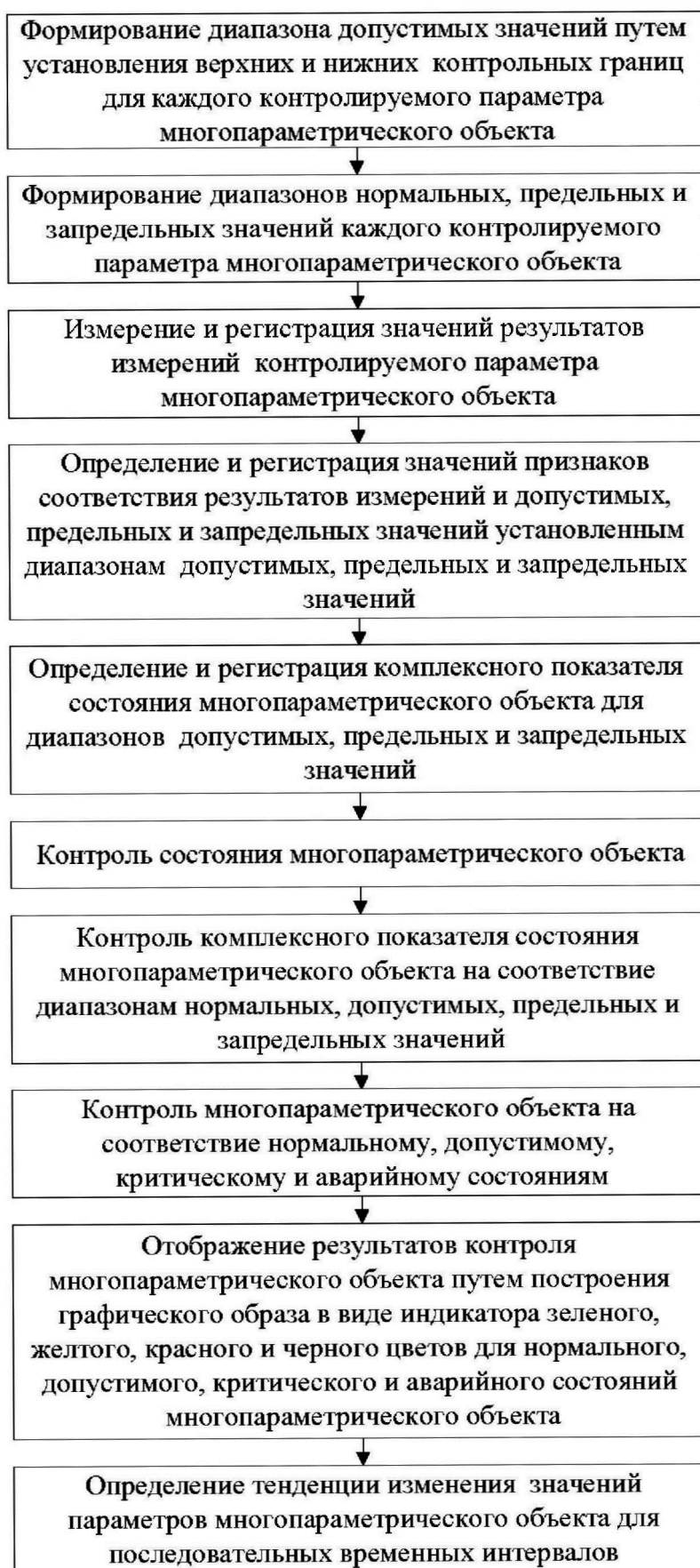
FIELD: computer equipment.

SUBSTANCE: invention relates to computer engineering. Technical result is achieved due to formation of ranges of normal, permissible, limit and beyond limits by setting upper and lower warning, control and limit boundaries for each monitored parameter of multiparameter object; measuring parameters of the multiparameter object to be monitored and recording measurement results; determination and recording of values of conformity criteria of measurement results and allowable, limiting and beyond limits to established ranges of allowable, limiting and

beyond limits; determining and recording complex indicators of the state of the multiparameter object for ranges of allowable, limiting and out-of-limit values; control of complex indicators of boundary condition for compliance with ranges of normal, permissible, limit and out-of-limit values; control of multiparameter object for compliance with normal, permissible, critical and emergency conditions.

EFFECT: technical result is higher efficiency and reliability of controlling multiparameter objects.

1 cl, 19 dwg



Фиг. 7

Изобретение относится к способам осуществления комплексного контроля состояния многопараметрических объектов по разнородной информации и может быть применено в системах диагностики и управления объектами (динамическими системами, процессами) для оперативного получения достоверной информации о состоянии пространственно
 5 распределенных и/или сосредоточенных многопараметрических объектов по разнородной информации.

Заявленное изобретение может быть использовано в промышленности, здравоохранении, других отраслях экономики, охране окружающей среды или в социальной сфере, где необходимы мониторинг и определение тенденций изменения
 10 состояния многопараметрического объекта.

Известны способ и система удаленного мониторинга объектов [1], заключающиеся в получении данных от объекта контроля; формировании эталонной выборки показателей работы объекта; построении матрицы состояния из компонентов точек эталонной выборки; построении на основании способа многомерной оценки состояния
 15 (multivariate state estimation technique – MSET) эмпирические модели прогностики состояния объекта; определении компонент невязок; формировании статистической модели работы объекта за промежуток времени; определении предельного значения для статистической модели; определении разладки; анализе поступающей от объекта информации; определении степени отклонения показателей параметров объекта за
 20 промежуток времени; ранжировании вычисленных разладок; модификации эталонной выборки; обновлении эмпирических моделей; формировании сигнала об отклонении параметра объекта на основании обновленной модели и определении состояния работы объекта. Этим обеспечивается прогнозирование отклонений в работе объекта контроля.

Недостатками известного способа и системы является то, что вся область возможных
 25 значений разделена только на два диапазона: диапазон допустимых значений и диапазон предельных значений.

Под диапазоном допустимых значений параметра авторы понимают – интервал значений контролируемого параметра, при которых ожидается удовлетворительное функционирование многопараметрического объекта, а под диапазоном предельных
 30 значений контролируемого параметра – интервал значений, за пределами которого многопараметрический объект может быть поврежден или выведен из строя.

Кроме того, интегральный показатель – критерий T^2 , определяемый на основе измерений, маскирует некоторые контролируемые параметры, что приводит к
 35 необходимости удалять их из перечня контролируемых. ([1], стр.14, абзацы 15, 20).

По мнению авторов предполагаемого изобретения, удаление параметров приводит к снижению достоверности контроля состояния объекта.

Также известен способ контроля состояния многопараметрического объекта [2], в котором результат достигается распознаванием аномального изменения характеристик состояния одного из совокупности идентичных элементов в процессе функционирования
 40 многопараметрического объекта путем задания стандартных значений и допустимых отклонений характеристик состояния элементов многопараметрического объекта; измерения текущих значений контролируемых параметров; вычисления текущих значений характеристик состояния элементов многопараметрического объекта и сравнения их с заданными стандартными значениями и допустимыми отклонениями.

Недостатками данного способа является то, что вся область возможных значений
 45 разделена только на два диапазона: диапазон допустимых значений и диапазон предельных значений, а также отсутствие комплексного параметра, характеризующего состояния многопараметрический объект.

Наиболее близким к предполагаемому изобретению является способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации [3], заключающийся в формировании диапазона допустимых значений путем установления верхних $Y_{вj}$ и нижних $Y_{нj}$ контрольных границ для каждого контролируемого параметра Y_j , где $j = 1 \dots n$, многопараметрического объекта; измерении контролируемых параметров многопараметрического объекта и регистрации результатов измерений $\hat{Y}_j$; определении и регистрации значений признаков соответствия результатов измерений и допустимых значений δ_j ; контроле состояния многопараметрического объекта; формировании результатов контроля параметров многопараметрического объекта в виде матрицы состояния объекта, количество и номера элементов которой соответствуют количеству и номерам контролируемых параметров объекта, при этом элементам матрицы присваивают вычисленные значения признаков соответствия, и в виде цветографической формы, представляющей собой сформированную в полярной системе координат фигуру; отображении результатов контроля параметров многопараметрического объекта в виде цветографических образов объекта контроля в момент окончания измерений в заданном временном интервале; определении тенденции изменения значений параметров многопараметрического объекта для последовательных временных интервалов t_k .

Как следует из формулы изобретения в известном способе комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации, измеренные значения контролируемых параметров многопараметрического объекта преобразуют в признаки соответствия оцененных и допустимых значений параметров по унифицированным правилам. Цель этого преобразования – перевести измеренные значения в безразмерные величины и получить возможность отображать в единой цветографической форме разнородные параметры без потери информации.

Из полученных таким образом признаков соответствия формируют матрицу состояния объекта контроля. Используя элементы полученной матрицы, формируют цветографическую форму, на которой одновременно отображаются значения всех контролируемых параметров многопараметрического объекта и которую интерпретируют как образ состояния объекта контроля в заданном временном интервале.

По мнению авторов предполагаемого изобретения, недостатками существующего способа является то, что вся область возможных значений разделена только на два диапазона: диапазон допустимых значений и диапазон предельных значений, а также отсутствие комплексного параметра, характеризующего состояния многопараметрического объекта. Покажем это.

На фигуре 1 приведена схема алгоритма проведения комплексного контроля многопараметрического объекта по разнородной информации известного, предложенная в прототипе.

На фигуре 2 приведено разделение поля изменения значений контролируемых параметров многопараметрического объекта на диапазоны допустимых и предельных значений введением нижней и верхней контрольных границ.

На фигуре 3 представлена матрица состояния объекта [3].

На фигуре 4 приведена цветографическая форма представления результатов контроля параметров многопараметрического объекта [3].

На фигуре 5 представлено изменение значений контролируемых параметров

многопараметрического объекта.

На фигуре 6 приведена зависимость вероятности выполнения безошибочных действий лица, принимающего решение, от количества контролируемых параметров одновременного наблюдения и времени на принятие решения [10].

5 Рассмотрим подробнее известный способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации (см. фигуру 1):

Формирование диапазона допустимых значений путем установления верхних $Y_{вj}$ и нижних $Y_{нj}$ контрольных границ для каждого контролируемого параметра Y_j

10 многопараметрического объекта.

Основными признаками, указывающими на целесообразность включения параметра в перечень контролируемых, являются его способность дать информацию о состоянии многопараметрического объекта и качество этой информации. В известном способе каждый контролируемый параметр является информативным и в допустимом, и в критическом состоянии многопараметрического объекта, так как для каждого выбранного контролируемого параметра многопараметрического объекта все поле возможных значений делится на два диапазона: диапазон допустимых значений и диапазон предельных значений путем введения верхних и нижних контрольных границ. Эти границы устанавливаются исходя из требований нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации, регламентирующей функционирование контролируемого многопараметрического объекта (см. фигуру 2).

Таковыми параметрами в соответствии с [4] являются исправность, работоспособность и ремонтпригодность и для каждого из них возможны два состояния.

Исправен - состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Не исправен - состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособен - состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Не работоспособен - состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Ремонтпригоден - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

40 Не ремонтпригоден - состояние объекта, при котором полностью исчерпан ресурс приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Диапазон допустимых значений контролируемых параметров формирует состояние многопараметрического объекта, характеризующееся режимами функционирования, обеспечивающими допустимое состояние многопараметрического объекта (не исправен, работоспособен).

Допустимое состояние многопараметрического объекта характеризуется значениями контролируемых параметров, при которых он способен выполнять заданные функции

(работоспособен), но может не соответствовать хотя бы одному из требований нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации (не исправен).

5 Диапазон предельных значений характеризует критическое состояние многопараметрического объекта (не исправен, не работоспособен, но ремонтпригоден) и значениями контролируемых параметров, ведущими к повреждению или полному выходу из строя многопараметрического объекта.

10 Критическое состояние многопараметрического объекта характеризуется значениями контролируемых параметров, при которых он не способен выполнять заданные функции в полном объеме (не работоспособен) и не соответствует всем требованиям нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации (не исправен), но ремонтпригоден.

15 Деление всего поля изменения значений контролируемых параметров многопараметрического объекта на два диапазона является оптимальным только в случае, если многопараметрического объекта не управляемый и может находиться только в двух состояниях. Если многопараметрический объект может находиться более чем в двух состояниях, либо возможно управление значениями контролируемыми параметрами, выделения только двух диапазонов недостаточно для обеспечения оперативности и достоверности контроля.

20 Измерение и регистрация значений результатов измерений $\hat{Y}_j$ контролируемых параметров многопараметрического объекта.

Измеряют и регистрируют (в электронном виде или на бумаге) значения контролируемых $\hat{Y}_j$ многопараметрического объекта.

25 Определение и регистрация значений признаков соответствия результатов измерений и допустимых значений δ_{ij} .

30 Для дальнейшего комплексного анализа преобразуют измеренные значения параметров многопараметрического объекта $\hat{Y}_j$ в показатели соответствия по унифицированным правилам.

35 Вычисляют значения признаков соответствия оцененных и допустимых значений путем деления оцененных на максимально допустимые значения контролируемых параметров многопараметрического объекта, если оцененное больше максимально допустимого, или делят оцененное на минимально допустимое значение, если оцененное меньше минимально допустимого:

$$\delta_{ij}^0 = \begin{cases} \frac{Y_j}{Y_{Bj}}, & \text{при } \hat{Y}_j > Y_{Bj} \\ \frac{Y_j}{Y_{Hj}}, & \text{при } \hat{Y}_j < Y_{Hj} \end{cases} \quad (1)$$

40 При этом значению признаков соответствия присваивают единицу, если оцененные значения параметров находятся в интервале их допустимых значений:

$$\delta_{ij}^1 = 1 \text{ при } Y_{Hj} \leq \hat{Y}_j \leq Y_{Bj}, \quad (2)$$

45 где δ_{ij}^0 и δ_{ij}^1 - признаки и мера несоответствия или соответствия оцененных значений параметров объекта контроля допустимым значениям (далее признаки соответствия).

Преобразования проводят для каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта.

Контроль состояния многопараметрического объекта.

Анализируя результаты преобразований, полученные по формулам (1) и (2) осуществляют контроль, учитывая, что в соответствии с [5] контроль состояния многопараметрического объекта это проверка соответствия значений контролируемых параметров требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени. При этом значению показателей соответствия δ_{ij} присваивают «1», если оцененные значения контролируемых параметров находятся в интервале их допустимых значений. В противном случае говорят о несоответствии значений контролируемых параметров их допустимым значениям.

Формирование результатов контроля параметров многопараметрического объекта.

Формируют результаты контроля параметров многопараметрического объекта в виде матрицы состояния объекта (см. фигуру 3 [3]), количество и номера элементов которой соответствуют количеству и номерам контролируемых параметров объекта, при этом элементам матрицы присваивают вычисленные значения признаков соответствия, и в виде цветографической формы, представляющей собой сформированную в полярной системе координат фигуру, которую интерпретируют как образ состояния объекта контроля в момент окончания измерений в заданном временном интервале.

Таким образом, получают столько же признаков соответствия сколько и контролируемых параметров. В приведенном в прототипе техническом примере их восемнадцать. И, лицу, принимающему решение, для того чтобы понять в каком состоянии находится многопараметрический объект необходимо оценить каждый из признаков соответствия, что в критических условиях дефицита времени создаст проблему и увеличит вероятность ошибки принятия решения. А введение комплексного показателя, характеризующего состояние многопараметрический объект, решило бы эту проблему и дало бы возможность лицу, принимающему решение достоверно и оперативно оценить сложившуюся ситуацию.

Отображение результатов контроля параметров многопараметрического объекта.

Определенные по формулам (1) и (2) значения показателей соответствия δ_{ij} преобразовывают в цветографическую форму (см. фигуру 4 [3]), вне зависимости от количества контролируемых параметров, их физической сущности, единиц измерения и длительности заданных временных интервалов Δt_k .

На фигуре 4 указаны: номера контролируемых параметров 1; шкала 2 для определения значений признаков соответствия оцененных и допустимых значений контролируемых параметров; полярная система координат 3; цветографическая форма 4; метки 5 значений признаков соответствия оцененных и допустимых значений контролируемых параметров в моменты времени t_1, t_2, t_3 ; метки 6 эталонных значений признаков соответствия оцененных и допустимых значений контролируемых параметров; линия 7 границы фигуры образа состояния многопараметрического объекта; линия 8 границы фигуры эталонного образа; полярные радиусы 9; полюс полярной системы координат 10; полярные углы 11; полярная ось 12.

Формируют цветографическую форму, представляющую собой, сформированную в полярной системе координат фигуру, которую интерпретируют как образ состояния контролируемого многопараметрического объекта в момент окончания измерений в заданном временном интервале, при этом для образования границ фигуры линией соединяют метки, координаты, расположения которых, определяют по значениям полярных радиусов, соединяющих полюс полярной системы координат с метками и

полярных углов между радиусами и полярной осью, причем, значениям радиусов присваивают значения показателей соответствия, а значения углов находят умножением величины отношения градусной меры полного круга, разделенной на количество параметров к градусной мере радиана на номер параметра.

5 Определение тенденции изменения параметров по времени

В одной системе полярных координат совмещают полученные в заданных временных интервалах образы состояния многопараметрического объекта (см. фигуру 4) и определяют по изменениям координат расположения меток с одинаковыми номерами в совмещаемых образах факты наличия изменений значений признаков соответствия, относительные величины, тенденции изменений контролируемых параметров многопараметрического объекта.

10 Формируют из зафиксированных значений временные ряды и используют их как исходные данные для определения числовых характеристик тенденций изменения, корреляционных свойств контролируемых параметров многопараметрического объекта при выявлении причин, а также при определении возможных последствий изменения состояния многопараметрического объекта.

Проанализировав существующий способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации [3] авторы выявили следующие недостатки:

- 20 - вся область возможных значений разделена только на два диапазона: диапазон допустимых значений и диапазон предельных значений;
- отсутствует комплексный параметр, характеризующий состояние многопараметрического объекта.

Первый недостаток. Любой многопараметрический объект (динамическая система, процесс) может находиться более чем в двух качественных состояниях и процесс перехода в другое качественное состояние необходимо отслеживать. Например, экологическая система по показателям темпов самовосстановления и качественно-количественного состояния биомассы и биологической продуктивности может находиться в естественном, равновесном, кризисном, критическом, катастрофическом состоянии, состоянии коллапса – всего шесть состояний [4]. Человек, как биологическая система, может находиться в состоянии нормальной жизнедеятельности, патологическом и пограничном (три состояния) [6]. Технический объект может находиться в исправном, неисправном, работоспособном, неработоспособном и предельном состояниях (пять состояний) [7].

35 Поэтому все поле изменения значений контролируемых параметров многопараметрического объекта необходимо делить на столько же диапазонов, сколько информативных состояний многопараметрического объекта выделяют для целей контроля.

Введение дополнительных границ позволяет лицу, принимающему решения 40 реагировать на скорость изменения контролируемого параметра и при получении сигнала о приближении значения контролируемого параметра к предупредительным границам иметь больший запас времени для принятия и осуществления управляющего решения о возвращении многопараметрического объекта в нормальное состояние. Отсутствие предупредительных границ позволяет лицу, принимающему решения большее 45 время считать, что многопараметрического объекта находится в допустимом состоянии и при быстром изменении значений контролируемого параметра не успеть отреагировать, сформировав управляющее воздействие, или не хватит времени его осуществить.

Введение контрольных границ позволяет судить о переходе многопараметрического объекта из допустимого состояния в критическое состояние. Критическое состояние характеризуется тем, что при своевременной фиксации факта нахождения многопараметрического объекта в таком состоянии можно успеть сформировать и осуществить управляющее воздействие, позволяющее перевести многопараметрического объекта в допустимое и далее в нормальное состояние, избежав выхода из строя многопараметрического объекта.

Аварийное состояние, выделяемое предельными границами, характеризуется выходом из строя многопараметрического объекта и необходимостью принятия мер по его замене или восстановлению, что нарушает нормальный процесс функционирования, требует привлечения финансовых, материальных и пр. ресурсов.

Наличие одной контрольной границы (деление только на два диапазона) не позволяет своевременно и оперативно реагировать на изменение состояния многопараметрического объекта. Это необходимо для возврата многопараметрического объекта в целевое (желательное) состояние и недопущение его перехода в аварийное состояние. Кроме того, контроль только по одной границе не дает достаточно информации для выбора способа эффективного управления многопараметрическим объектом.

Эффективное управление, по мнению авторов, это формирование управляющих воздействий на основе контрольно-измерительной информации, обеспечивающей перевод многопараметрического объекта из текущего в целевое (желательное) состояние.

Существует не только много качественных состояний многопараметрического объекта, но и много способов управления ими. Отсутствие возможности контроля за переходом многопараметрического объекта из одного состояния в другое не дает возможность выбрать подходящий способ управления его состоянием. И поэтому необходимо соотносить способ управления многопараметрического объекта с его качественным состоянием.

Следовательно, для отнесения многопараметрического объекта к одному из возможных состояний требуется установление границ диапазонов для каждого состояния.

Изменение значений контролируемых параметров многопараметрического объекта показано на фигуре 5.

Скорость изменения значений контролируемого параметра $v_{y_{ik}}$ определяется по формуле:

$$v_{y_{ik}} = \frac{Y_{i1} - Y_{i2}}{\Delta t_{1-2}}, \quad (3)$$

где Y_{i1} - значение контролируемого параметра в момент времени t_1 ;

Y_{i2} - значение контролируемого параметра в момент времени t_2 ;

Δt_{1-2} – интервал измерения.

На фигуре 5 видно, что значение $Y_{B1j} < Y_1 < Y_{B2j}$, значение $Y_2 < Y_3$, а интервал времени $(t_0 - t_1) < (t_2 - t_3)$. Проведя на основе формулы (3) качественный анализ скорости изменения контролируемого параметра, можно отметить, что скорость изменения контролируемого параметра на интервале времени $(t_0 - t_1)$ больше, чем на интервале $(t_2 - t_3)$. И поэтому наличие предупредительной границы позволяет

лицу, принимающему решения раньше, в момент времени t_1' , обратить внимание на факт перехода значения контролируемого параметра через уровень Y_{B3j} и вовремя на него отреагировать, сформировав и осуществив управляющее воздействие и не допустив

5 переход через уровень Y_{B2j} . Анализируя интервал времени $(t_2 - t_3)$ можно отметить, что скорость изменения контролируемого параметра на этом временном интервале существенно меньше и у лица, принимающего решения значительно больше времени на оценку ситуации и выбор оптимального управляющего воздействия. Но в обоих

10 случаях предупредительная граница предупреждает и дает запас времени лицу, принимающему решения для выполнения необходимых действий. При ее отсутствии лицо, принимающее решения получило бы сразу сигнал, что контролируемый параметр перевел многопараметрический объект в критическое состояние и времени на выбор и формирование оптимального воздействия, возвращающего многопараметрический

15 объект в допустимое и/или нормальное состояние либо чрезвычайно мало, либо вообще нет.

Кроме того, вывод многопараметрического объекта в желаемое (целевое) состояние можно осуществлять, используя управляющие воздействия различных уровней. И чем дальше фактическое значение контролируемого параметра от диапазона нормальных

20 и/или допустимых значений, тем больше ресурсов необходимо потратить для возвращения контролируемого параметра в желаемое (целевое) состояние.

Так, например, для человека нормальная температура тела составляет $36,6^{\circ}\text{C}$. При повышении ее значения, при заболевании, до $37,5^{\circ}\text{C}$ врачи не рекомендуют снижать температуру тела, считая, что она, при высоком иммунитете у больного, может

25 нормализоваться сама. При температуре тела $37,5 - 38,0^{\circ}\text{C}$ врачи рекомендуют щадящие способы ее нормализации: обильное питье, обтирание. И только при температуре тела более $38,0^{\circ}\text{C}$ приписывают жаропонижающие средства [8]. Таким образом, в зависимости от величины отклонения контролируемого параметра от нормального состояния выбирается «мощность» управляющего воздействия.

Второй недостаток. Для оценки состояния многопараметрического объекта формируют перечень значимых контролируемых параметров. И чем точнее требуется оценивать состояние многопараметрического объекта, тем больше контролируемых параметров должны быть включены в этот перечень. Результаты измерений и оценки

30 всех этих контролируемых параметров для каждого интервала времени это большой массив информации и представление его в оптимальной для лица, принимающего решения, форме затруднительно.

35

В Руководстве [9] установлено, что при увеличении количества контролируемых параметров одновременного наблюдения возрастает напряженность трудового процесса и вероятность принятия ошибочного решения лица, принимающего решения.

40 Установлено, что в течение восьмичасового рабочего дня человек безошибочно может контролировать и одновременно принимать решения в отношении 4 - 8 разнородных контролируемых параметра. По [9] напряженность трудового процесса по показателю количество контролируемых параметров одновременного наблюдения считается оптимальной, когда их не более 5. Если количество контролируемых параметров

45 одновременного наблюдения увеличивается до 10, то этот показатель считается допустимым. При количестве контролируемых параметров одновременного наблюдения более 11, работа считается вредной.

В соответствии с [10] вероятность выполнения безошибочных действий лица,

принимаящего решения зависит от количества параметров одновременного наблюдения и времени на принятие решения (см. фигуру 6).

Под оперативностью контроля многопараметрического объекта авторы предполагаемого изобретения понимают оперативность принятия управляющего решения, заключающуюся в своевременной разработке и полноценной реализации управленческого воздействия.

В соответствии с [11] параметром, характеризующим оперативность принятия управленческого решения, является коэффициент оперативности принятия решения определяемый по формуле:

$$K = T_1 / T_2, \quad (4)$$

где T_1 - время принятия решения при базовом варианте выполнения работы, сек;

T_2 - время принятия решения при предлагаемом варианте выполнения работы, сек.

Считается, что для осмысления информации в графической форме по одному контролируемому параметру человеку необходимо не менее двух секунд. Следовательно, на осмысление информации об n контролируемых параметрах требуется, как минимум,

$T_1 = 2 \cdot n$ секунд. И учитывая, что комплексный параметр, характеризующий состояние МПО объединяет в себе информацию обо всех n контролируемых параметрах, $T_2 = 2$

секунды и получаем, что оперативность принятия решения на основе комплексного параметра повышается в n раз. И, если в техническом примере, приведенном в прототипе [3], многопараметрический объект характеризуется $n = 18$ контролируемых параметров и минимальное время принятия решения составит $T_1 = 2 \cdot 18 = 36$ секунд, то

коэффициент оперативности принятия решения определяемый по формуле (4) будет равен:

$$K = T_1 / T_2 = 36 / 2 = 18 \text{ раз.}$$

Оперативность принятия решения на основе комплексного параметра будет выше в 18 раз. Учитывая данные, приведенные на фигуре 6, безошибочность принятия решения, при уменьшении количества контролируемых параметров, увеличиться с вероятности 0,4470 - 0,7830 (при 18 контролируемых параметрах) до вероятности 0,8550 - 1,0000 (при 1 контролируемом параметре).

Таким образом, чем больше контролируемых параметров лицу, принимающему решения необходимо оценить, тем больше времени на это потребуется, и в условиях дефицита времени в критической ситуации существенно возрастает вероятность принятия ошибочного решения.

Достоверность контроля состояния многопараметрического объекта это степень объективного соответствия результатов контроля действительному состоянию многопараметрического объекта [5].

Достоверность контроля в целом D это показатель степени объективного отображения результатами контроля действительного состояния многопараметрического объекта [12]:

$$D = 1 - (P_{\text{л.о.}} + P_{\text{н.о.}}) \quad (5)$$

где $P_{\text{л.о.}}$ - вероятность ложного восприятия ситуации;

$P_{\text{н.о.}}$ - вероятность недооценки ситуации.

Это выражение показывает, что в результате контроля возможны три события, составляющих полную группу и возникающих с соответствующей вероятностью:

- верная оценка возникшей ситуации;
- ложное восприятие ситуации, которой не было;
- недооценка ситуации.

Ложное восприятие ситуации, которой не было ($P_{л.о.}$) и недооценка ситуации ($P_{но.}$) это вероятность принятия ошибочного решения лица, принимающего решения при оценке состояния многопараметрического объекта по результатам комплексного контроля многопараметрического объекта по разнородной информации.

Для варианта, рассмотренного в прототипе, как показано на фигуре 6, вероятность принятия ошибочного решения составляет 0,2170 – 0,5530, для предлагаемого варианта 0,0000 – 0,2170.

Рассчитанная по формуле (5) достоверность многопараметрического контроля в известном способе будет равна $D = 1 - 0,5530 = 0,4470$.

Предполагаемое изобретение направлено на повышение оперативности и достоверности контроля многопараметрического объекта (динамических систем, процессов).

Для этого в известный способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации, заключающийся в том что:

- формируют диапазон допустимых значений путем установления верхних $Y_{вj}$ и нижних $Y_{нj}$ контрольных границ для каждого контролируемого параметра Y_j многопараметрического объекта;
- измеряют и регистрируют значения результатов измерений $\hat{Y}_j$ контролируемых параметров многопараметрического объекта;
- определяют и регистрируют значения признаков соответствия результатов измерений и допустимых значений δ_{ij} ;
- контролируют состояние многопараметрического объекта;
- формируют результаты контроля параметров многопараметрического объекта в виде матрицы состояния объекта, количество и номера элементов которой соответствуют количеству и номерам контролируемых параметров объекта, при этом элементам матрицы присваивают вычисленные значения признаков соответствия, и в виде цветографической формы, представляющей собой сформированную в полярной системе координат фигуру, которую интерпретируют как образ состояния объекта контроля в момент окончания измерений в заданном временном интервале;
- отображают результаты контроля параметров многопараметрического объекта в виде цветографических образов;
- определяют тенденции изменения значений параметров многопараметрического объекта для последовательных временных интервалов t_k , дополнительно для каждого контролируемого параметра ($j = 1 \dots n$) многопараметрического объекта:
 - формируют диапазоны:
 - нормальных значений из диапазона допустимых значений путем установления верхней $Y_{в1j}$ и нижней $Y_{н1j}$ предупредительных границ,
 - предельных значений за пределами диапазона допустимых значений путем введения верхней $Y_{в2j}$ и нижней $Y_{н2j}$ контрольных границ,

- за пределами значений за пределами диапазона предельных значений путем введения верхней Y_{B3j} и нижней Y_{H3j} предельных границ,

- определяют и регистрируют значения признаков соответствия результатов измерений и допустимых, предельных и за пределами значений δ_{ij} установленным диапазонам допустимых, предельных и за пределами значений:

- для диапазона допустимых значений ($i = 1$):

$$\delta_{1j} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_{H1j} \leq \hat{y}_j \leq y_{B1j} \\ 1, \text{ если } \hat{y}_j < y_{H2j} \text{ или } \hat{y}_j > y_{B2j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{B1j}}{y_{B2j} - y_{B1j}}, \text{ если } y_{B1j} < \hat{y}_j \leq y_{B2j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{H1j}}{y_{H2j} - y_{H1j}}, \text{ если } y_{H2j} \leq \hat{y}_j < y_{H1j} \end{cases} \quad (6)$$

- для диапазона предельных значений ($i = 2$):

$$\delta_{2j} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_{H2j} \leq \hat{y}_j \leq y_{B2j} \\ 1, \text{ если } \hat{y}_j < y_{H3j} \text{ или } \hat{y}_j > y_{B3j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{B2j}}{y_{B3j} - y_{B2j}}, \text{ если } y_{B2j} < \hat{y}_j \leq y_{B3j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{H2j}}{y_{H3j} - y_{H2j}}, \text{ если } y_{H3j} \leq \hat{y}_j < y_{H2j} \end{cases} \quad (7)$$

- для диапазона за пределами значений ($i = 3$):

$$\delta_{3j} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_{H3j} \leq \hat{y}_j \leq y_{B3j} \\ 1, \text{ если } \hat{y}_j < y_{H3j} \text{ или } \hat{y}_j > y_{B3j} \end{cases} \quad (8)$$

где Y_{H1j}, Y_{B1j} – значения соответственно нижней и верхней предупредительной границы,

Y_{H2j}, Y_{B2j} – значения соответственно нижней и верхней контрольной границы,

Y_{H3j}, Y_{B3j} – значения соответственно нижней и верхней предельной границы,

- определяют и регистрируют комплексные показатели состояния многопараметрического объекта Δ_i для диапазонов допустимых, предельных и за пределами значений по формулам:

- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений ($i = 1$):

$$\Delta_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta_{1j}^2} \quad (9)$$

- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений ($i = 2$):

$$\Delta_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta_{2j}^2} \quad (10)$$

- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запредельных значений ($i = 3$):

$$\Delta_3 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta_{3,j}^2} \quad (11)$$

- контролируют комплексные показатели состояния многопараметрического объекта на соответствие диапазонам нормальных, допустимых, предельных и запредельных значений следующим образом:

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений равен нулю, то значения всех параметров многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений больше нуля, то значения не менее чем одного параметра многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона нормальных значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений равен нулю, то все параметры многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных или допустимых значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений больше нуля, то значения не менее чем одного параметра многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона допустимых значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запредельных значений равен нулю, то все параметры многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных, допустимых или предельных значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запредельных значений больше нуля, то значения не менее чем одного параметра многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона предельных значений,

- контролируют многопараметрический объект на соответствие нормальному, допустимому, критическому и аварийному состояниям следующим образом, если:

- комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений равны нулю, то состояние многопараметрического объекта является нормальным;

- комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений больше нуля, комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных и запредельных значений равны нулю, то состояние многопараметрического объекта является допустимым;

комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых и предельных значений больше нуля, комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов запредельных значений равны нулю, то состояние многопараметрического объекта является критическим;

- комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений больше нуля, то состояние многопараметрического объекта является аварийным;

- отображают результаты контроля многопараметрического объекта путем построения графического образа в виде индикатора зеленого, желтого, красного и

черного цветов для нормального, допустимого, критического и аварийного состояний многопараметрического объекта соответственно.

Суть предлагаемого способа комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации заключается в повышении оперативности и достоверности контроля многопараметрического объекта (динамических систем, процессов):

- вводятся для каждого контролируемого параметра дополнительные границы, устанавливаемые в пределах диапазонов допустимых и предельных значений,
- определяется комплексный показатель состояния многопараметрического объекта, показывающий, в каком состоянии (нормальное, допустимое, критическое, аварийное) находится многопараметрический объект в данный момент времени.

Эти действия так же приводят к повышению оперативности принятия и реализации управляющего воздействия.

Алгоритм осуществления предлагаемого способа приведен на фигуре 7.

В дополнение к диапазону допустимых значений, сформированному в известном способе, в пределах диапазона допустимых значений для каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта за счет введения верхней и нижней предупредительных границ формируем диапазон нормальных значений.

В пределах диапазона предельных значений для каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта за счет введения верхней и нижней предельных границ формируем диапазон запредельных значений.

Используя измеренные и зарегистрированные значения контролируемого параметра многопараметрического объекта, по формулам (6 – 8) определяем значения параметров соответствия контролируемого параметра многопараметрического объекта

установленным диапазонам нормальных, допустимых, предельных и запредельных значений.

На их основе по формулам (9 – 11) для контролируемых параметров, значения которых вышли за пределы диапазона нормальных значений, определяем комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений.

Установив по результатам контроля диапазон для каждого комплексный показатель состояния, определяем состояние многопараметрического объекта.

Полученные результаты отображаем путем построения графических образов – гистограмм и таблиц, а так же в виде индикатора зеленого, желтого, красного и черного цветов для нормального, допустимого, критического и аварийного состояний многопараметрического объекта соответственно.

На фигуре 7 приведен алгоритм осуществления предлагаемого способа комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации.

На фигуре 8 приведено разделение поля изменения значений контролируемых параметров многопараметрического объекта на диапазоны нормальных, допустимых, предельных и запредельных значений введением нижней и верхней предупредительных и предельных границ.

На фигуре 9 проиллюстрирован процесс формирования комплексного показателя состояния многопараметрического объекта.

На фигуре 10 приведены графические образы комплексных показателей состояния многопараметрического объекта в виде гистограмм для диапазонов: а) – допустимых, б) – предельных, в) - запредельных значений.

На фигуре 11 приведена схема выбора и реализации лицом, принимающим решение

управляющего воздействия, переводящего контролируемый многопараметрический объект в желаемое состояние.

Рассмотрим введенные действия.

Формирование диапазонов нормальных, предельных и запредельных значений для
5 каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта.

Как уже отмечалось раньше, каждый многопараметрического объекта может находиться более чем в двух качественно различных состояниях, каждое из которых характеризуется определенными значениями контролируемых параметров, изменяющимися под воздействием нагрузки на многопараметрического объекта.

10 Безопасность и надежность функционирования многопараметрического объекта зависят от соотношения нагрузки, действующей на многопараметрический объект, и его способности противодействовать этой нагрузке, то есть от того, насколько его состояние отличается от предельного, при котором нагрузка становится опасной, а дальнейшее функционирование многопараметрического объекта невозможным или
15 неэффективным. О потере способности противодействовать этой нагрузке и возможности перехода многопараметрического объекта в иное состояние можно судить по изменению текущих значений контролируемых параметров. При увеличении отклонения опасность перехода в предельное состояние повышается.

По мнению авторов предполагаемого изобретения, при комплексном контроле
20 состояния многопараметрического объекта по разнородной информации, необходимо выделить и учитывать четыре возможных качественно различных состояния многопараметрического объекта: нормальное, допустимое, предельное и запредельное, разделенные границами, определяющими переход многопараметрического объекта из одного состояния в другое (см. фигуру 8). Авторы предлагают выделять состояния
25 многопараметрического объекта с учетом изменения его работоспособности, исправности, ремонтпригодности [4]. И обосновывать выбор границ его состояний по этим характеристикам.

Нормальное состояние многопараметрического объекта характеризуется значениями контролируемых параметров, при которых он способен выполнять заданные функции
30 (работоспособен) и соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации (исправен).

Допустимое состояние многопараметрического объекта характеризуется значениями контролируемых параметров, при которых он способен выполнять заданные функции (работоспособен), но может не соответствовать хотя бы одному из требований
35 нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации (не исправен).

Предельное состояние многопараметрического объекта характеризуется значениями контролируемых параметров, при которых он не способен выполнять заданные функции в полном объеме (не работоспособен) и не соответствует всем требованиям нормативно-
40 технической и/или конструкторской (проектной) документации (не исправен), но ремонтпригоден.

Запредельное состояние многопараметрического объекта характеризуется значениями контролируемых параметров, при которых его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна (не исправен) либо восстановление его работоспособного состояния
45 невозможно или нецелесообразно (не ремонтпригоден).

Диапазон нормальных значений контролируемых параметров формирует состояние многопараметрического объекта, характеризующееся режимами функционирования, обеспечивающими нормальное (исправное, работоспособное) состояние

многопараметрического объекта.

Диапазон допустимых значений контролируемых параметров формирует состояние многопараметрического объекта, характеризующееся режимами функционирования, обеспечивающими допустимое (не исправное, работоспособное) состояние многопараметрического объекта.

Диапазон предельных значений характеризуется критическим (не исправным, не работоспособным, но ремонтпригодным) состоянием многопараметрического объекта и значениями контролируемых параметров, ведущими к повреждению или полному выходу из строя многопараметрического объекта.

Диапазон запределных значений характеризуется аварийным (не исправным, не работоспособным, не ремонтпригодным) состоянием многопараметрического объекта.

Исходя из вышесказанного, желаемым (целевым) состоянием многопараметрического объекта является нормальное состояние, в котором многопараметрический объект выполняет возложенные на него функции в полном объеме (работоспособен) и соответствует всем требованиям нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации (исправен).

Определение и регистрация значений признаков соответствия результатов измерений и допустимых, предельных и запределных значений установленным диапазонам допустимых, предельных и запределных значений.

Значения признаков соответствия контролируемых параметров установленным диапазонам допустимых, предельных и запределных значений, которым присвоены номера ($i = 1 \dots 3$), определяем следующим образом.

Пусть состояние многопараметрического объекта в момент времени t_k окончания заданного интервала времени $\Delta t_k = [t_0, t_k] \in t, k = 1, 2 \dots m$ характеризуется совокупностью контролируемых параметров $y = \{y_j\}$, которым присвоены номера $j = 1, 2 \dots n$. Для каждого контролируемого параметра определены, в соответствии с требованиями нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации, значения нижних и верхних границ диапазонов нормальных, допустимых и предельных значений.

В каждом заданном интервале времени Δt_k , с момента времени $t = t_0$ - начала сбора разнородных данных $y = \{y_j\}$ о состоянии многопараметрического объекта, определяем значения каждого контролируемого параметра и формируем совокупность результатов измерений $\hat{y} = \{\hat{y}_j\}$.

На основе совокупности результатов измерений определяем признаки соответствия δ_{ij} контролируемых параметров по формулам (6 – 8) и фиксируем их в форме таблицы.

Определение и регистрация комплексных показателей состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запределных значений.

Комплексные показатели достаточно давно используют при оценке качества многопараметрического объекта и в традиционном смысле комплексный показатель качества – характеризует совокупность взаимосвязанных свойств (параметров) из всего множества свойств (параметров), образующих качество многопараметрического объекта.

Как синоним термина «комплексный показатель качества» используют понятие

обобщенный показатель качества - показатель качества, относящийся к такой совокупности свойств (параметров) многопараметрического объекта, по которой принято решение оценивать его качество в целом.

Эти термины используют при применении комплексного метода оценки качества многопараметрического объекта, основанного на применении комплексного (обобщенного) показателя, который представляет собой функцию от единичных показателей (контролируемых параметров). Этот метод применяют в тех случаях, когда наиболее целесообразно оценивать качество многопараметрического объекта только одним значением. Комплексный (обобщенный) показатель качества многопараметрического объекта представляет собой функцию, зависящую от единичных показателей [13]:

$$\Delta_i = f(y_{ij}). \quad (12)$$

Комплексный (обобщенный) показатель качества многопараметрического объекта должен отвечать нескольким требованиям:

- репрезентативность (представительность) - представленность всех значимых контролируемых параметров многопараметрического объекта, по которым оценивается его качество;
- монотонность - изменение комплексного показателя качества многопараметрического объекта при изменении любого из единичных контролируемых параметров при фиксированных значениях остальных контролируемых параметров;
- критичность (чувствительность) к варьируемым контролируемым параметрам, комплексный показатель должен согласованно реагировать на изменение каждого из контролируемых параметров;
- сравнимость - сопоставимость результатов комплексной оценки качества, т.е. должен быть выражен в безразмерных величинах.

Применение комплексного метода оценки качества многопараметрического объекта связано со следующими проблемами:

- составление перечня контролируемых параметров наиболее полно отражающих качество многопараметрического объекта;
- определение комплексного показателя качества, учитывающего все выбранные контролируемые параметры и их размерности;
- установление функциональной зависимости комплексного показателя качества и контролируемых параметров.

Описанные проблемы в рамках предлагаемого способа комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации решаются следующим образом.

Составление перечня контролируемых параметров наиболее полно отражающих качество многопараметрического объекта, выполняется экспертами, на основе глубокого изучения требований нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации.

Определение признаков соответствия и комплексных показателей состояния многопараметрического объекта осуществляют по формулам (6 – 11), причем использование показателей соответствия позволяет «избавиться» от размерности и рассматривать анализируемые параметры как безразмерные величины. Введение дополнительных границ, выделяющих диапазоны контролируемых параметров, на основе требований нормативно-технической и/или конструкторской (проектной) документации, позволяет установить функциональные зависимости комплексного

показателя качества и контролируемых параметров.

Таким образом, введение комплексного показателя состояния многопараметрического объекта позволяет повысить качество контроля многопараметрического объекта по разнородной информации.

5 В предлагаемом способе, с использованием признаков соответствия δ_{ij} , определяем комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запределных значений контролируемых параметров используя формулы (9 – 11) и фиксируем их в форме таблицы.

10 Комплексный показатель состояния многопараметрического объекта – это обобщенный показатель, характеризующий состояние многопараметрического объекта по отношению к заданному диапазону значений контролируемых параметров по окончанию интервала времени Δt_k .

15 Значение каждого комплексного показателя состояния многопараметрического объекта лежит в пределах от 0 (когда ни одно из значений контролируемого параметра не превысило пределы нижних границ соответствующих диапазонов) до $\sqrt{n}$ (когда значения всех n контролируемых параметров вышли за пределы верхних границ соответствующих диапазонов).

20 Процесс формирования комплексного показателя состояния многопараметрического объекта проиллюстрирован на фигуре 9.

Контроль комплексного показателя состояния многопараметрического объекта на соответствие диапазонам нормальных, допустимых, предельных и запределных значений.

Как показано на фигуре 9, если:

- 25 - комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений $\Delta_1=0$, то значения всех контролируемых параметров многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных значений,
- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений $\Delta_1>0$, то значения не менее чем одного контролируемых
- 30 параметров многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона нормальных значений,
- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_2=0$, то все контролируемых параметров многопараметрического
- 35 объекта находятся в пределах диапазона нормальных или допустимых значений,
- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_2>0$, то значения не менее чем одного контролируемых параметров многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона допустимых значений,
- 40 - комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запределных значений $\Delta_3=0$, то все контролируемых параметров многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных, допустимых или предельных значений,
- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона
- 45 запределных значений $\Delta_3>0$, то значения не менее чем одного контролируемых параметров многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона предельных значений.

Результаты контроля фиксируют их в форме таблицы.

Достоверность контроля состояния многопараметрического объекта по формуле (5) с учетом данных фигуры 6 в предлагаемом способе составит

$D = 1 - 0,2170 = 0,7830$, что почти в два раза больше, чем в известном способе.

Таким образом, использование показателя комплексно оценивающего состояние многопараметрического объекта повышает достоверность контроля и позволяет лицу, принимающему решение быстро принять правильное управляющее решение.

Контроль многопараметрического объекта на соответствие нормальному, допустимому, критическому и аварийному состояниям.

Анализ значений комплексного показателя состояния многопараметрического объекта по окончании интервала времени Δt_k позволяет сформировать результат контроля путем отнесения текущего состояния многопараметрического объекта к одному из качественно различных возможных состояний:

- нормальное состояние (значения всех контролируемых параметров многопараметрического объекта находятся в диапазоне нормальных значений), комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений $\Delta_1=0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для контрольных границ $\Delta_2=0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_3=0$;

- допустимое состояние (не менее одного значения из контролируемых параметров многопараметрического объекта находится в диапазоне допустимых значений), комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений $\Delta_1>0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_2=0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_3=0$;

- критическое состояние (не менее одного значения из контролируемых параметров многопараметрического объекта находится в диапазоне предельных значений), комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений $\Delta_1>0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_2>0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_3=0$;

- аварийное состояние (не менее одного значения из контролируемых параметров многопараметрического объекта находится в диапазоне предельных значений), комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений $\Delta_1>0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_2>0$, комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений $\Delta_3>0$.

По сравнению с известным способом, в котором только два возможных состояния многопараметрического объекта, в предлагаемом способе их четыре, что позволяет более дифференцированно оценивать состояние многопараметрического объекта.

Отображение результатов контроля МПО путем построения графического образа в виде индикатора зеленого, желтого, красного и черного цветов для нормального, допустимого, критического и аварийного состояний многопараметрического объекта.

Для визуализации результатов контроля многопараметрического объекта по комплексному показателю состояния многопараметрического объекта строят графические образы: гистограммы (см. фигуру 10).

Графические образы комплексного показателя состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений в виде динамических диаграмм значений приведены на фигуре 10.

И на основании полученных данных лицо, принимающее решение выбирает и реализует управляющее воздействие, переводящее контролируемый многопараметрический объект в целевое (желаемое) состояние, как показано на фигуре 11.

Таким образом, совокупность существенных признаков предлагаемого способа комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации формирует новые свойства способа, заключающиеся в том, что:

- вводятся дополнительные границы, устанавливаемые в пределах диапазонов допустимых и предельных значений для каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта,
- определяется комплексный показатель состояния многопараметрического объекта, показывающий, какой контролируемый параметр вышел за пределы диапазона нормальных значений.

Проведенный анализ уровня техники позволил установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностью признаков, идентичных всем признакам заявляемого технического решения, отсутствуют, что указывает на соответствие заявляемого изобретения критерию охраноспособности «новизна».

Результаты поиска известных решений в данной и смежных областях техники с целью выявления признаков, совпадающих с отличительными признаками заявляемого способа, показали, что в общедоступных источниках информации не выявлены решения, имеющие признаки, совпадающие с его отличительными признаками.

Из уровня техники также не подтверждена известность влияния отличительных признаков заявляемого изобретения на указанный заявителем технический результат, следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию «изобретательский уровень».

Предлагаемое техническое решение промышленно применимо, так как для его реализации могут быть использованы стандартное оборудование и материалы.

Возможность осуществления предлагаемого способа комплексного контроля состояний многопараметрического объекта по разнородной информации подтверждается следующими примерами.

Промышленность. Объект – техническое устройство, у которого контролируются четыре параметра ($n = 4$). Для каждого из параметров установлены границы диапазонов, значения которых приведены на фигуре 12 (без указания единиц измерения).

Известны результаты измерений контролируемых параметров по окончании 12 временных интервалов ($k = 1 \dots 12$), которые приведены на фигуре 13.

На основании данных фигуры 13 и в соответствии с формулами (7 - 9) определяются значения показателей соответствия δ_j контролируемых параметров ($j=1 \dots 4$) установленным диапазонам допустимых ($i=1$), предельных ($i=2$) и запредельных ($i=3$) значений (фигура 14 таблицы 1 - 4).

На фигуре 15 приведены значения комплексных показателей состояния многопараметрического объекта для допустимых, предельных и запредельных диапазонов значений четырех контролируемых параметров многопараметрического объекта, определенных по формулам (10 - 12).

На фигуре 10 приведены диаграммы комплексных показателей состояния многопараметрического объекта для 12 временных интервалов.

На фигуре 16 показаны качественные состояния многопараметрического объекта для 12-и интервалов времени.

В случае, когда какой-либо комплексный показатель состояния многопараметрического объекта не равен нулю, проводится анализ показателей соответствия δ_{ij} для выявления контролируемого параметра, значение которого вышло за пределы диапазона нормальных значений. Результаты для рассматриваемых 12-и интервалов времени приведены на фигуре 17.

На основании полученных данных ответственное лицо принимает решения, соответствующие установленным требованиям по контролируемому объекту. Например, при повторяющихся значениях параметра, принадлежащих диапазону предельных значений, следует проверить состояние элемента, параметр которого вышел за пределы диапазона допустимых значений, с целью его отладки, ремонта или своевременной замены. В случае выхода значения контролируемого параметра за пределы диапазона предельных значений, приводящее к аварийному состоянию объекта, следует принять незамедлительные меры по ремонту или замене вышедшего из строя элемента объекта.

Ниже приведены примеры установления границ диапазонов контролируемых параметров многопараметрических объектов, относящихся к здравоохранению и охране окружающей среды.

Здравоохранение. Объект – человек среднего возраста, лежащий в больнице, у которого контролируются следующие параметры: температура тела, давление верхнее (систолическое), давление нижнее (диастолическое) и пульс. На основании известных статистических данных для контролируемых параметров человека могут быть установлены границы, приведенные на фигуре 18.

В зависимости от того в каких диапазонах находятся параметры человека врач принимает решения по назначению каких-либо лекарства и/или проведению реанимационных действий.

Охрана окружающей среды. Объект – окружающая среда промышленного предприятия, на котором постоянно ведется ее мониторинг. Среди контролируемых наибольший интерес представляют содержание хлора, аммиака в воздухе населенного пункта, уровень шума и напряженность электрического поля на границе жилой застройки.

Для каждого из контролируемых параметров по данным нормативных правовых документов установлены предельно допустимые параметры (границы) для населенного пункта, значения которых приведены на фигуре 19.

Граничные значения для содержания хлора (Cl) сформированы следующим образом.

Верхняя контрольная граница установлена на уровне среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДК_{СС}) вещества в воздухе населенного пункта [14].

Верхняя предупредительная граница установлена на уровне 70% от ПДК_{СС}.

Верхняя предельная граница установлена на уровне нижней границы смертельной концентрации аммиака, составляющей 300 мг/м³ по данным [15].

Граничные значения для содержания аммиака (NH₃) сформированы следующим образом.

Верхняя контрольная граница установлена на уровне среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДК_{СС}) вещества в воздухе населенного пункта [14].

Верхняя предупредительная граница установлена на уровне 70% от ПДК_{СС}.

Верхняя предельная граница установлена на уровне нижней границы смертельной

концентрации аммиака, составляющей 1500 – 2700 мг/м³ по данным [16].

Граничные значения для уровня шума сформированы следующим образом.

Верхняя контрольная граница установлена по эквивалентному уровню звука в жилой застройке [17].

Верхняя предупредительная граница установлена на уровне 70% от эквивалентного уровня звука в жилой застройке.

Верхняя предельная граница установлена на уровне порога болевого ощущения равного 120 дБА [18].

Граничные значения для напряженности электрического поля сформированы следующим образом.

Верхняя контрольная граница установлена по предельно допустимому уровню напряженности электрического поля (ПДУ НЭП) [17].

Верхняя предупредительная граница установлена на уровне 70% от ПДУ НЭП.

Верхняя предельная граница установлена по ПДУ НЭП в котором разрешена работа без средств защиты [19].

При подходе контролируемого параметра многопараметрического объекта к предупредительной границе осуществляется проверка эффективности работы средств защиты. А именно средозащитного оборудования для химических контролируемых параметров, звукопоглощающих и изолирующих кожухов для акустических электрических контролируемых параметров.

Выход значений контролируемых параметров к контрольной границе свидетельствует о неисправности средств защиты и необходимости их ремонта или замены.

Выход значений контролируемых параметров к предельной границе свидетельствует о предаварийном режиме работы и необходимости срочного вмешательства в работу оборудования.

Другим техническим результатом введения дополнительных границ является расширение области применения способа на многопараметрические объекты (динамические системы, процессы) с быстро изменяющимися контролируемыми параметрами. Например,

Таким образом, изобретение относится к способам осуществления комплексного контроля состояния многопараметрических объектов (динамических систем, процессов) по разнородной информации и может быть применено в системах диагностики и управления объектами (динамическими системами, процессами) для оперативного получения достоверной информации о состоянии пространственно распределенных и/или сосредоточенных многопараметрических объектов по разнородной информации.

Заявленное изобретение может быть использовано в промышленности, здравоохранении, других отраслях экономики, охране окружающей среды или в социальной сфере, где необходимы мониторинг и определение тенденций изменения состояния многопараметрического объекта.

Суть предлагаемого способа комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации заключается в том, что для повышения оперативности и достоверности контроля многопараметрических объектов (динамических систем, процессов):

- вводятся для каждого контролируемого параметра дополнительные границы, устанавливаемые в пределах диапазонов допустимых и предельных значений,
- определяется комплексный показатель состояния многопараметрического объекта, показывающий, в каком состоянии (нормальное, допустимое, критическое, аварийное) находится многопараметрический объект в данный момент времени.

Эти действия так же приводят к повышению оперативности принятия и реализации управляющего воздействия.

Список источников

1. Лифшиц М. В. «Способ и система удаленного мониторинга объектов», Патент 5 2649542 РФ: МПК G05B 23/00 (2006.01), заявка: 2016147741 от 06.12.2016; опубликовано 03.04.2018, бюл. №10
2. Ерышов В. Г. и др. «Способ контроля состояния многопараметрического объекта», Патент 2373650 РФ: МПК H04B 17/02 (2006.01), заявка: 2007112186/09 от 02.04.2007; опубликовано 20.11.2009, бюл. № 32
- 10 3. Дюндиков Е. Т. «Способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации», Патент 2459245 РФ: МПК G06F 19/00 (2011.01), заявка: 2011106222/08 от 17.02.2011; опубликовано 20.08.2012, бюл. № 23
4. ГОСТ 27.002-89. «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и
- 15 определения»
5. ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения»
6. Сайт: КиберПедия. Экологические системы и их состояния. URL: <https://cyberpedia.su/14xa7a9.html> (дата обращения 30.06.2019)
7. Сайт: FB.ru Функциональное состояние человека: Понятие, виды, исследование.
- 20 Психическое и физическое состояние. URL: <http://fb.ru/article/255579/funktsionalnoe-sostoyanie-cheloveka-ponyatie-vidyi-issledovanie-psihicheskoe-i-fizicheskoe-sostoyanie> (дата обращения 30.06.2019)
8. Интернет-журнал «Howtogetrid», URL: <https://howtogetrid.ru/kakuyu-temperaturu-nado-sbivat-u-vzroslogo/> (дата обращения 30.06.2019)
- 25 9. Р 2.2.2006-05. 2.2. «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005)
10. Белов П. Г. Моделирование опасных процессов в техносфере, Москва: Издательство Академии гражданской защиты МЧС РФ, 1999. 124 с.
- 30 11. Проектирование экономических информационных систем: Учебник. Г.Н. Смирнова, А.А. Сорокин, Ю.Ф. Тельнов; Под ред. Ю.Ф. Тельнова. – М.: Финансы и статистика, 2002. -512 с.: илл.
12. Метрологическое обеспечение безопасности сложных технических систем: Учебное пособие / Н.А. Северцев, В.Н. Темнов. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 352 с.
- 35 13. Ершова И.Г. Методы оценки технического уровня машин: Конспект лекций. Псков, 2010. – 59с.
14. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест»
15. Сайт «Аварийно химически опасные вещества на сайте КОГОВУ «Учебно-
- 40 методический центр ГОЧС и ПБ Кировской области» URL: <http://umc.kirov.ru/materials/ahov/hlor.htm> (дата обращения 2.06.2019)
16. Сайт «Аварийно химически опасные вещества на сайте КОГОВУ «Учебно-
- методический центр ГОЧС и ПБ Кировской области» URL: <http://umc.kirov.ru/materials/ahov/amiak.htm> (дата обращения 2.06.2019)
- 45 17. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. № 36)
18. Сайт www.Grandars.ru URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost->

zhiznedeyatelnosti/proizvodstvennyy-shum.html (дата обращения 2.06.2019)

19. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 января 2003 г.)

5

(57) Формула изобретения

Способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации, заключающийся в том, что:

10

- формируют диапазон допустимых значений путем установления верхних Y_{Bj} и нижних Y_{Hj} контрольных границ для каждого контролируемого параметра Y_j многопараметрического объекта ($j = 1 \dots n$);

15

- измеряют контролируемые параметры многопараметрического объекта и регистрируют результаты измерений $\hat{Y}_j$;

- определяют и регистрируют значения признаков соответствия результатов измерений и допустимых значений δ_j ;

20

- контролируют состояние многопараметрического объекта;
- формируют результаты контроля параметров многопараметрического объекта в виде матрицы состояния объекта, количество и номера элементов которой соответствуют количеству и номерам контролируемых параметров объекта, при этом элементам матрицы присваивают вычисленные значения признаков соответствия, и в виде цветографической формы, представляющей собой сформированную в полярной системе координат фигуру, которую интерпретируют как образ состояния объекта контроля в момент окончания измерений в заданном временном интервале;

25

- отображают результаты контроля параметров многопараметрического объекта в виде цветографических образов;

- определяют тенденции изменения значений параметров многопараметрического объекта для последовательных временных интервалов t_k ,

30

- отличающийся тем, что для каждого контролируемого параметра многопараметрического объекта:

- формируют диапазоны:

- нормальных значений из диапазона допустимых значений путем установления верхней Y_{B1j} и нижней Y_{H1j} предупредительных границ,

35

- предельных значений за пределами диапазона допустимых значений путем введения верхней Y_{B2j} и нижней Y_{H2j} контрольных границ,

40

- запредельных значений за пределами диапазона предельных значений путем введения верхней Y_{B3j} и нижней Y_{H3j} предельных границ,

- определяют и регистрируют значения признаков соответствия результатов измерений и допустимых, предельных и запредельных значений δ_{ij} установленным диапазонам допустимых, предельных и запредельных значений:

45

- для диапазона допустимых значений:

$$\delta_{1j} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_{H1j} \leq \hat{y}_j \leq y_{B1j} \\ 1, \text{ если } \hat{y}_j < y_{H2j} \text{ или } \hat{y}_j > y_{B2j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{B1j}}{y_{B2j} - y_{B1j}}, \text{ если } y_{B1j} < \hat{y}_j \leq y_{B2j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{H1j}}{y_{H2j} - y_{H1j}}, \text{ если } y_{H2j} \leq \hat{y}_j < y_{H1j} \end{cases},$$

- для диапазона предельных значений:

$$\delta_{2j} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_{H2j} \leq \hat{y}_j \leq y_{B2j} \\ 1, \text{ если } \hat{y}_j < y_{H3j} \text{ или } \hat{y}_j > y_{B3j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{B2j}}{y_{B3j} - y_{B2j}}, \text{ если } y_{B2j} < \hat{y}_j \leq y_{B3j} \\ \frac{\hat{y}_j - y_{H2j}}{y_{H3j} - y_{H2j}}, \text{ если } y_{H3j} \leq \hat{y}_j < y_{H2j} \end{cases},$$

- для диапазона запредельных значений:

$$\delta_{3j} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_{H3j} \leq \hat{y}_j \leq y_{B3j} \\ 1, \text{ если } \hat{y}_j < y_{H3j} \text{ или } \hat{y}_j > y_{B3j} \end{cases},$$

- определяют и регистрируют комплексные показатели состояния многопараметрического объекта Δ_1 для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений по формулам:

- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений:

$$\Delta_1 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta_{1j}^2},$$

- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений:

$$\Delta_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta_{2j}^2},$$

- комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запредельных значений:

$$\Delta_3 = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta_{3j}^2},$$

- контролируют комплексные показатели состояния многопараметрического объекта на соответствие диапазонам нормальных, допустимых, предельных и запредельных значений следующим образом:

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений равен нулю, то значения всех параметров многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений больше нуля, то значения не менее чем одного параметра многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона

нормальных значений,

- если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений равен нулю, то все параметры многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных или допустимых значений,

5 - если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных значений больше нуля, то значения не менее чем одного параметра многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона допустимых значений,

10 - если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запредельных значений равен нулю, то все параметры многопараметрического объекта находятся в пределах диапазона нормальных, допустимых или предельных значений,

15 - если комплексный показатель состояния многопараметрического объекта для диапазона запредельных значений больше нуля, то значения не менее чем одного параметра многопараметрического объекта находятся за пределами диапазона предельных значений,

- контролируют многопараметрический объект на соответствие нормальному, допустимому, критическому и аварийному состояниям следующим образом, если:

20 - комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений равны нулю, то состояние многопараметрического объекта является нормальным;

25 - комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых значений больше нуля, комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазона предельных и запредельных значений равны нулю, то состояние многопараметрического объекта является допустимым;

30 - комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазона допустимых и предельных значений больше нуля, комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов запредельных значений равны нулю, то состояние многопараметрического объекта является критическим;

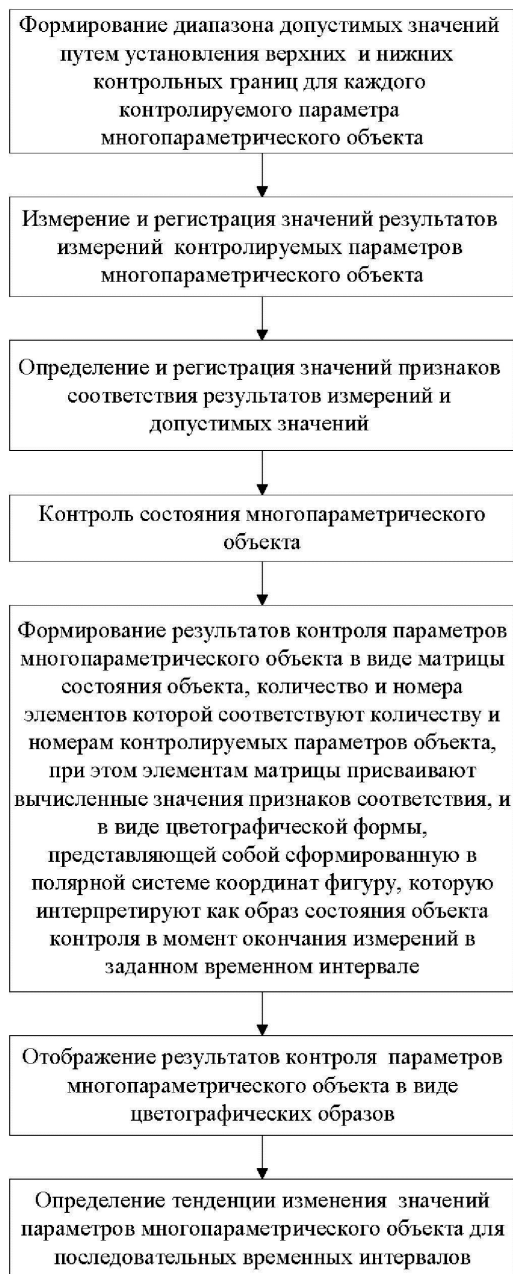
- комплексные показатели состояния многопараметрического объекта для диапазонов допустимых, предельных и запредельных значений больше нуля, то состояние многопараметрического объекта является аварийным;

35 - отображают результаты контроля многопараметрического объекта путем построения графического образа в виде индикатора зеленого, желтого, красного и черного цветов для нормального, допустимого, критического и аварийного состояний многопараметрического объекта соответственно.

40

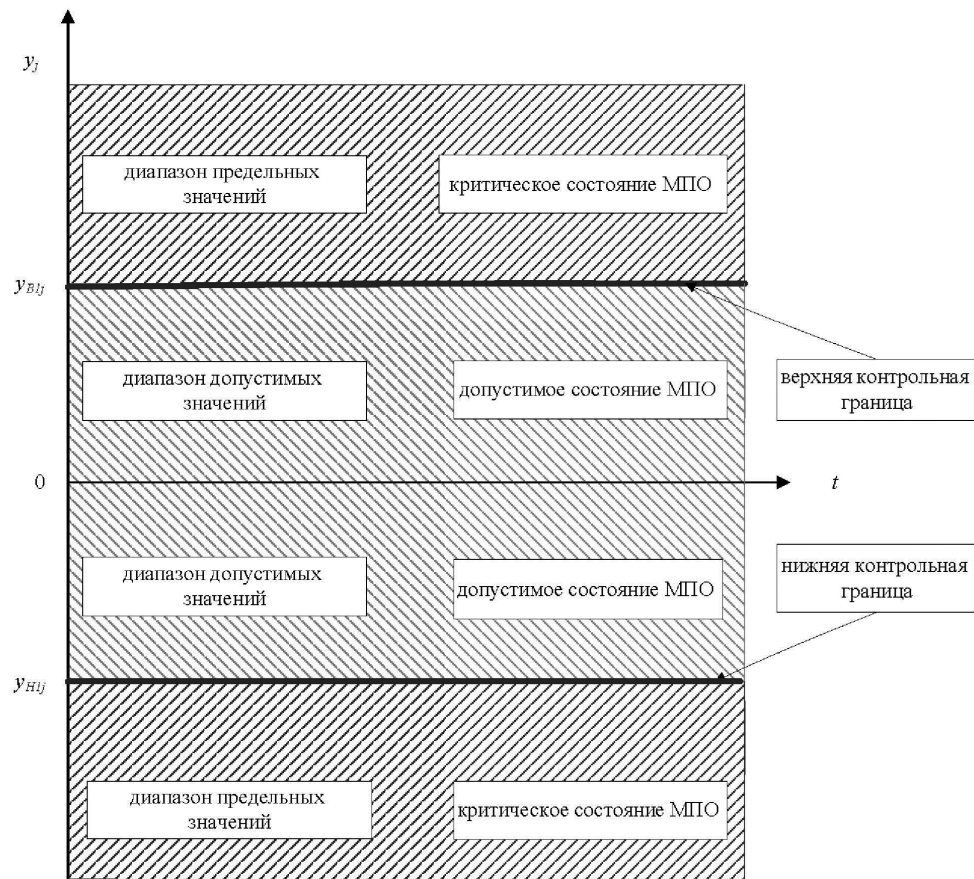
45

1



Фиг. 1

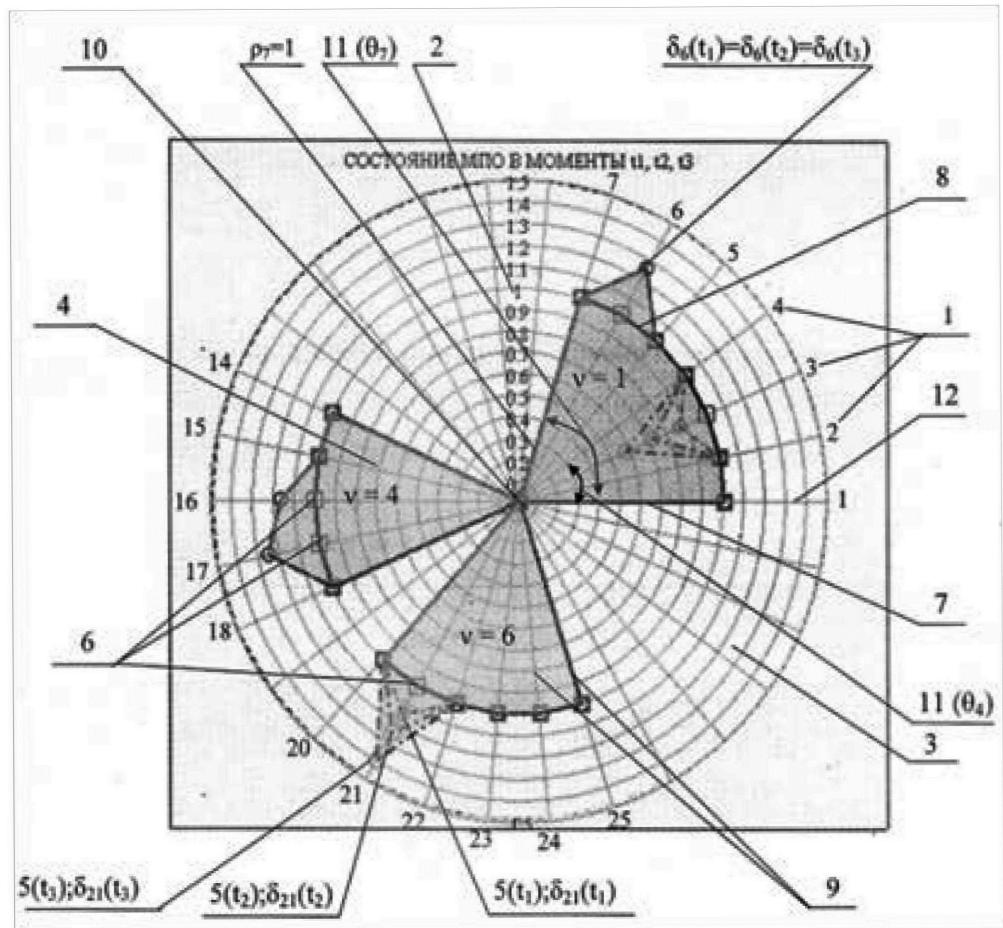
2



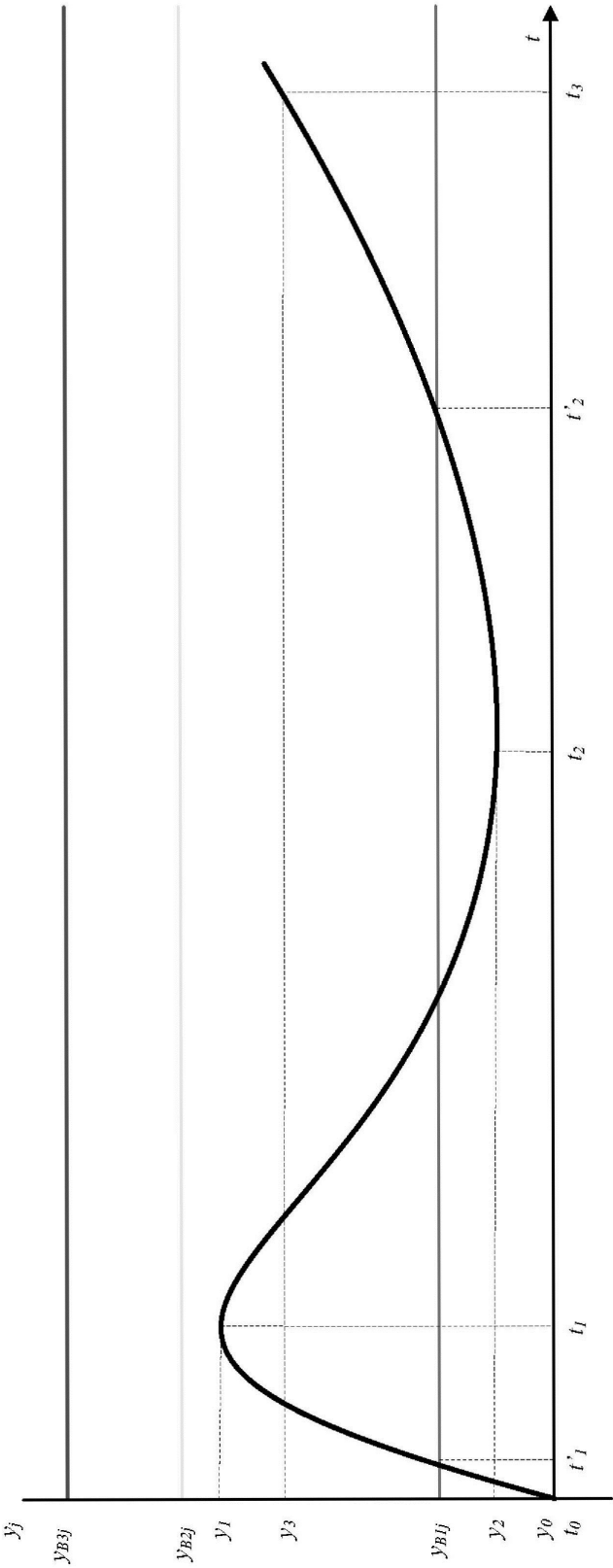
Фиг. 2

δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7	δ_{14}	δ_{15}	δ_{16}	δ_{17}	δ_{18}	δ_{20}	δ_{21}	δ_{22}	δ_{23}	δ_{24}	δ_{25}
1	1	0,875	1	1	1,25	1	1	1	1,167	1,25	1	1	1,15	1	1	1	1

Фиг. 3



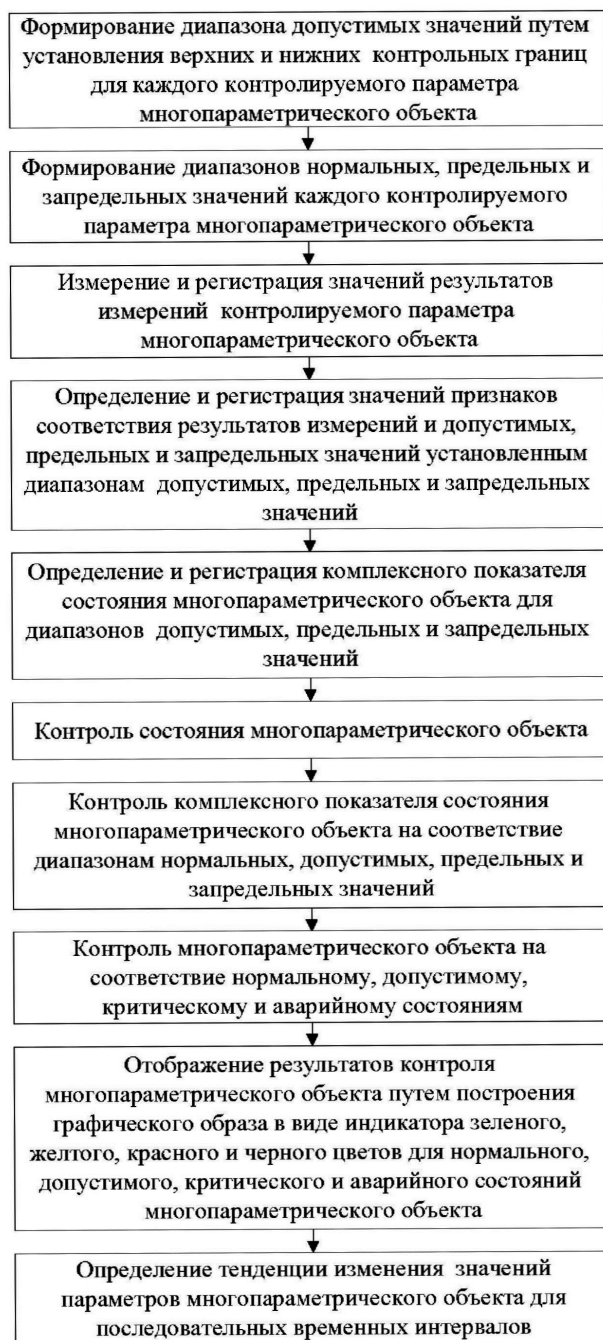
Фиг. 4



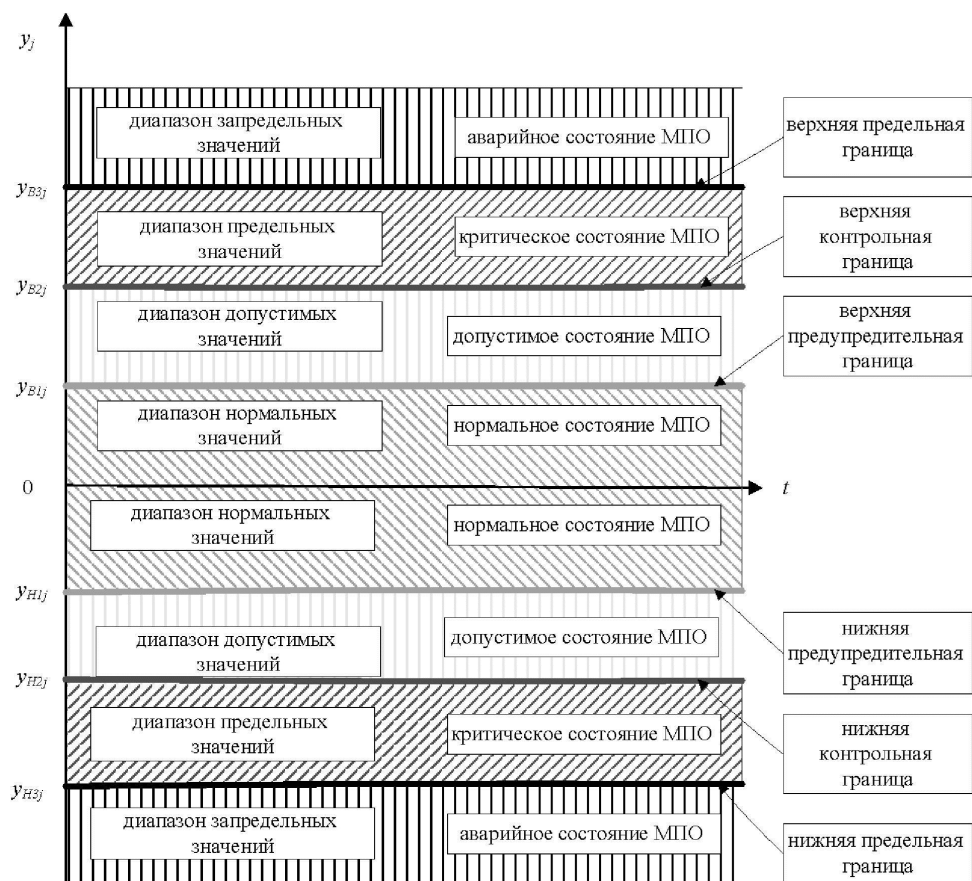
Фиг. 5

Наименования функциональных действий	Вероятность безошибочного выполнения
Прием информации, ее оценка и принятие решения о работоспособности контролируемых подсистем:	
- число воспринимаемых признаков 3-5, задержка во времени их появления 10-12 с	0,8750-0,9950
- число воспринимаемых признаков 5-6, задержка во времени их появления 15-40 с	0,4470-0,7830
- число воспринимаемых признаков 1-2, задержка во времени их появления 10-12 с	0,8550-1,0000

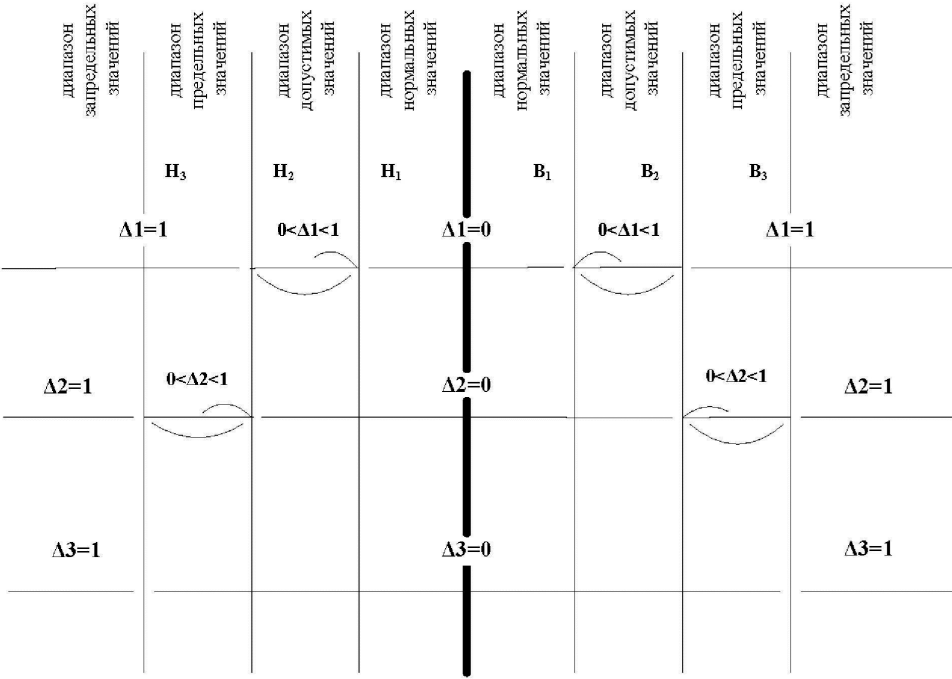
Фиг. 6



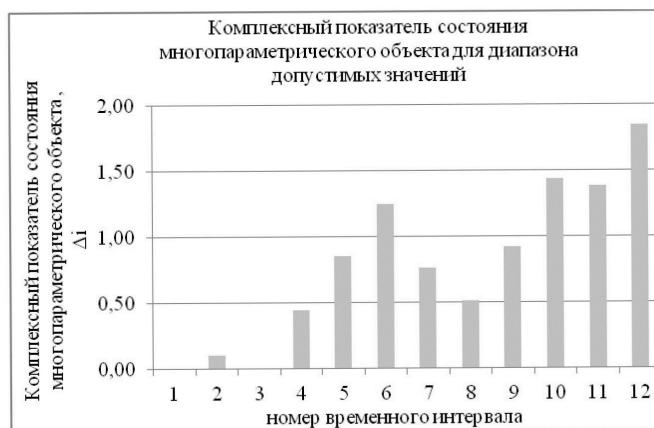
Фиг. 7



Фиг. 8



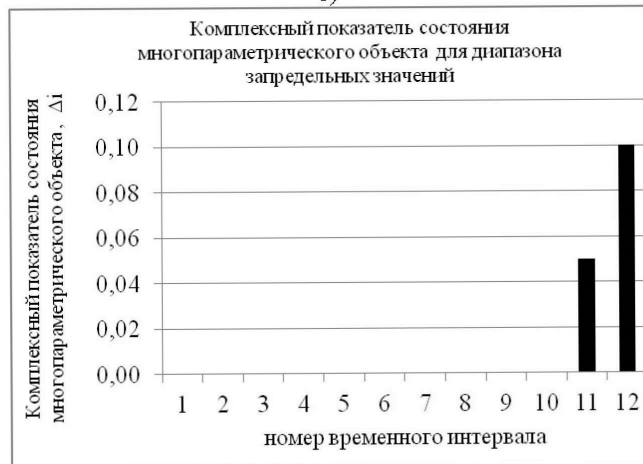
Фиг. 9



а)



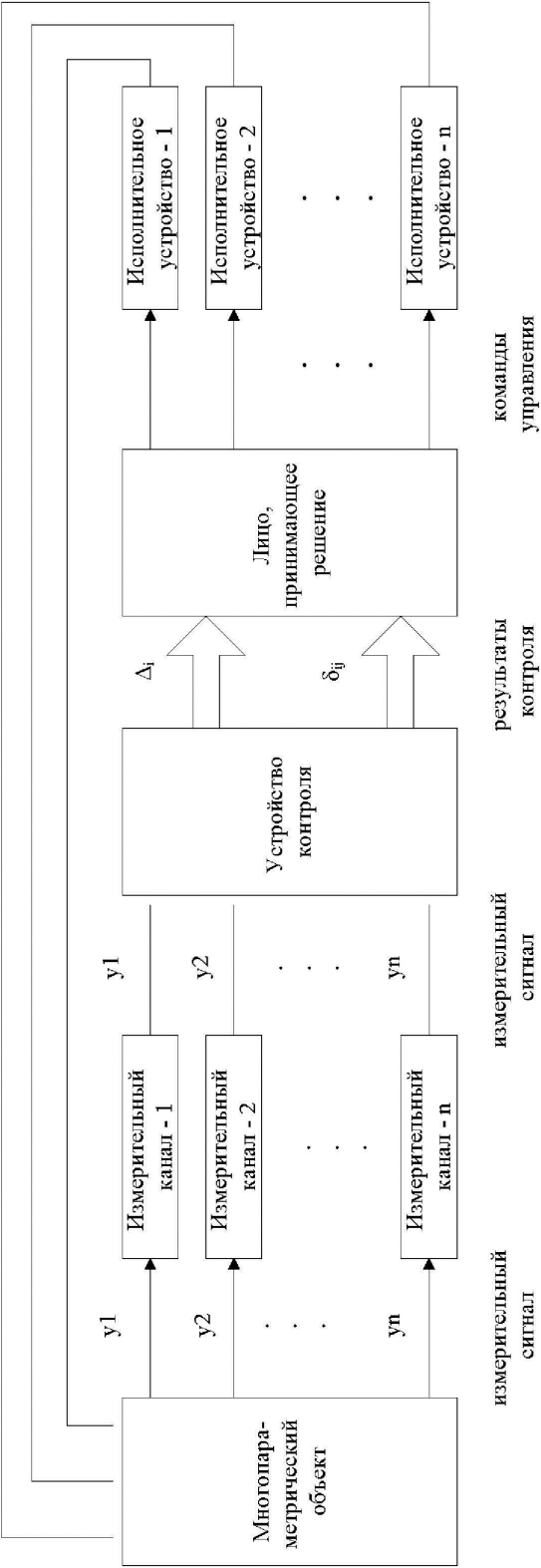
б)



в)

Фиг. 10

управляющие воздействия



Фиг. 11

Границы	нижняя			верхняя		
	предельная	контрольная	предупре- дительная	предупре- дительная	контрольная	предельная
1-ого параметра	2	6	10	20	30	40
2-ого параметра	0	0	0	200	400	800
3-ого параметра	0	2	4	10	10	10
4-ого параметра	-20	-10	-5	5	10	20

Фиг. 12

Результаты измерений	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1-ого параметра	18	22	12	8	6	10	20	25	33	38	42	44
2-ого параметра	50	100	150	280	350	450	350	250	200	150	100	100
3-ого параметра	6	6	5	5	4	4	3,5	2,5	1,5	1	0	-1
4-ого параметра	4	3	2	1	0	-1	-3	-5	-6	-7,5	-9	-12

Фиг. 13

Таблица 1

Показатель соответствия 1-го контролируемого параметра	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
для диапазона допустимых значений δ_{11}	0	0,2	0	0,5	1	0	0	0,5	1	1	1	1
для диапазона предельных значений δ_{21}	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,8	1	1
для диапазона запредельных значений δ_{31}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Таблица 2

Показатель соответствия 2-го контролируемого параметра	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
для диапазона допустимых значений δ_{12}	0	0	0	0,4	0,75	1	0,75	0,25	0	0	0	0
для диапазона предельных значений δ_{22}	0	0	0	0	0	0,15	0	0	0	0	0	0
для диапазона запредельных значений δ_{32}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Показатель соответствия 3-го контролируемого параметра	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
для диапазона допустимых значений δ_{13}	0	0	0	0	0	0	0,25	0,75	1	1	1	1
для диапазона предельных значений δ_{23}	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	1	1
для диапазона запредельных значений δ_{33}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Таблица 4

Показатель соответствия 4-го контролируемого параметра	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
для диапазона допустимых значений δ_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,5	0,8	1
для диапазона предельных значений δ_{24}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
для диапазона запредельных значений δ_{34}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Фиг. 14

Комплексный показатель состояния многопараметрического объекта	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
для диапазона допустимых значений	0	0,2	0	0,64	1,25	1	0,79	0,94	1,43	1,5	1,62	1,73
для диапазона предельных значений	0	0	0	0	0	0,15	0	0	0,39	0,94	1,41	1,43
для диапазона запредельных значений	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,41

Фиг. 15

Состояние многопараметрического объекта	Номер временного интервала											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	норма льное	допуст имое	норма льное	допуст имое	допуст имое	предел ьное	допуст имое	допуст имое	предел ьное	предел ьное	аварий ное	аварий ное

Фиг. 16

Номер временного интервала												Номер контролируемого параметра, значение которого принадлежит
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1		1,2	1,2		2,3	1,2,3	4	4	4		диапазону допустимых значений
					2			1,3	1,3	3	4	диапазону предельных значений
										1	1,3	диапазону запредельных значений

Фиг. 17

Границы Параметр	нижняя			верхняя		
	предельная	контрольная	предупре- дительная	предупре- дительная	контрольная	предельная
Температура тела, °C	26,5	35	35,5	37,4	38,5	42,5
Давление верхнее, мм.рт.ст.	50	70	100	120	140	200
Давление нижнее, мм.рт.ст.	35	40	60	80	89	110
Пульс, уд./мин.	50	60	60	80	100	170

Фиг. 18

Границы, параметр	нижняя			верхняя		
	предельная	контрольная	предупре- дительная	предупре- дительная	контрольная	предельная
Сl, среднесуточная концентрация, мг/м ³	0	0	0	0,007	0,01	300
NH ₃ , среднесуточная концентрация, мг/м ³	0	0	0	0,28	0,4	1500
уровень шума, дБА	0	0	0	42	60	120
напряженность электрического поля, кВ/м	0	0	0	3,5	5	25

Фиг. 19