

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ НАДЕЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Г. Б. Диго, Н. Б. Диго

*Лаборатория управления надежностью сложных систем, digo@iacp.dvo.ru;
ФГБУН «Институт автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения РАН», г. Владивосток, Россия*

Ключевые слова: детерминированный критерий; дефицит информации; запас работоспособности; параметрическая коррекция.

Аннотация: Рассмотрены вопросы коррекции параметров технических систем и устройств, обеспечивающих наилучшие или требуемые показатели их надежного и безопасного функционирования. Выявлены ситуации, когда параметрическая коррекция со стохастическим критерием оптимальности не приводит к практически приемлемым результатам. Проанализированы возможности перехода от стохастического критерия оптимальности к некоторым детерминированным, позволяющим получать квазиоптимальные решения, уточняемые разными методами; проблема оптимальной коррекции значений внутренних параметров технической системы по критерию запаса работоспособности. Предложены методы назначения допусков на корректируемые параметры систем и оптимального выбора номинальных значений параметров, а также алгоритмы проведения необходимых профилактических мероприятий.

Введение

Одним из способов управления надежностью и безопасностью многих технических систем, в частности радиоэлектронных устройств и непрерывных технологических процессов, является коррекция их параметров, предотвращающая нежелательные явления в поведении данных объектов [1]. Она позволяет обеспечивать наилучшие или требуемые показатели надежного и безопасного функционирования, но требует решения ряда сложных и трудоемких задач, среди которых выбор совокупности корректируемых параметров, назначение диапазонов их изменения, выбор стратегии коррекции. При этом должны компенсироваться отклонения параметров от расчетных значений, вызванные нестабильностью, технологическими разбросами, изменениями внешних условий. Кроме того, часто приходится решать проблемы поддержания необходимого уровня надежности, исключения возможных отказов, оптимального планирования мероприятий по обслуживанию данных систем. У систем ответственного назначения или уникальных технических систем на первый план выходят вопрос надежности конкретной системы, а не систем данного типа, и не проблема фиксации отказов, а возможность их предотвращения [2, 3].

Параметрические возмущения, вызываемые технологическими, эксплуатационными и другими различными факторами, не всегда учитываются из-за отсутствия необходимой априорной информации о вероятностных характеристиках от-

клонений параметров от расчетных значений или ее недостаточной полнотой. Поэтому в условиях дефицита информации одной из важных и сложных проблем является наличие априорной неопределенности относительно закономерностей дрейфа параметров объектов, условий эксплуатации, ошибок измерения и контроля. В таких условиях методика параметрической коррекции может сводиться к набору стратегий, обеспечивающих получение решения при имеющейся информации, используя принципы адаптации, минимакса, робастности, и переходу к детерминированным критериям, не требующим знания полных вероятностных характеристик случайных величин, описывающих математическую модель системы.

В статье обсуждается проблема оптимальной коррекции значений внутренних параметров технической системы при замене исходного стохастического критерия оптимальности на детерминированный, позволяющий получить квазиоптимальное, в дальнейшем уточняемое решение. В качестве объекта исследований рассматриваются технические системы заданной структуры со случайными параметрами, варьируемыми в заданных пределах. Подразумевается, что коррекция значений параметров позволит не нарушать условия ее работоспособности за заданное время эксплуатации.

Постановка и анализ задачи

Рассматривается техническая система, качество работы которой зависят от значений параметров ее элементов $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$, $\mathbf{x} \in R^n$. Информация о возможных вариациях значений внутренних параметров задана в виде неравенств:

$$x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max}, \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

определяющих область их допустимых изменений.

Заданы условия работоспособности системы

$$a_j \leq y_j(\mathbf{x}) \leq b_j, \quad j = 1, \dots, m; \quad (2)$$

$\mathbf{y} = \{y_j\}_{j=1}^m$ – вектор выходных параметров;

$$y_j = F_j(x_1, \dots, x_n), \quad (3)$$

где $F_j(\cdot)$ – известный оператор, зависящий от топологии исследуемой системы; $a_j, b_j, j = 1, \dots, m$ – ограничения на его компоненты. Зависимости (3) обычно задаются неявно, в алгоритмической форме или в виде численного решения систем уравнений [3].

Предполагается, что в процессе проектирования разрабатываемого объекта, кроме его заданной структуры, рассчитаны номинальные значения параметров элементов $x_{1 \text{ ном}}, x_{2 \text{ ном}}, \dots, x_{n \text{ ном}}$, удовлетворяющие условиям работоспособности.

Реальные значения внутренних параметров имеют отклонения от расчетных данных, возникающие под влиянием различных факторов, действующих в процессе производства, хранения и эксплуатации, и носят случайный характер. Поэтому они являются случайными функциями времени $X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)$, а условия работоспособности (2) могут выполняться лишь с некоторой вероятностью

$$P(T) = P\{A \leq y[X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)] \leq B, \quad \forall t \in [0, T]\}, \quad (4)$$

где T – требуемое время функционирования объекта.

При известных зависимостях (3) на основании (2) можно построить область работоспособности D и представить вероятность безотказной работы (4) в виде

$$P(T) = P\{\mathbf{X}(t) \in D, \forall t \in [0, T]\}. \quad (5)$$

В случае выполнения неравенства $P(T) < P_{\text{тр}}$, где $P_{\text{тр}}$ – требуемое ограничение на вероятность $P(T)$, находятся номинальные значения параметров $x_{1\text{ном}}^0, x_{2\text{ном}}^0, \dots, x_{n\text{ном}}^0$, доставляющие максимум вероятности (5).

Задача оптимальной коррекции номиналов сводится к нахождению вектора $\mathbf{e} = (e_1, e_2, \dots, e_n)$, для которого

$$P\{\mathbf{X}(t) + \mathbf{e} \in D, \forall t \in [0, T]\} = \max P(T).$$

Отсутствие необходимой априорной информации о вероятностных свойствах отклонений параметров от расчетных значений или ее недостаточная полнота приводят к необходимости перехода к детерминированным критериям, например, критерию запаса работоспособности, не требующего знания полных вероятностных характеристик случайных величин, описывающих математическую модель системы. Они, в отличие от статистических критериев, имеют более ясную физическую интерпретацию, но при расчете запаса работоспособности по каждому из внутренних параметров оценка их влияния на выполнение того или иного условия работоспособности системы в целом усложняется.

Любая комбинация внутренних параметров $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ однозначно определяет некоторую совокупность выходных величин $\mathbf{y} = (y_1(\mathbf{x}), y_2(\mathbf{x}), \dots, y_m(\mathbf{x}))$

и, таким образом, некоторую точку $\mathbf{y} \in R^m$ в m -мерном пространстве выходных параметров. При этом обратное отображение не всегда является однозначным: одному и тому же набору значений выходных параметров могут соответствовать несколько различных векторов внутренних параметров.

Запас работоспособности на уровне вектора внутренних параметров позволяет оценить степень его удаленности от границ области работоспособности и, следовательно, пределы возможных вариаций параметров элементов, не нарушающих условия работоспособности. Тогда коррекция сводится к нахождению таких значений корректируемых параметров внутри области работоспособности D , при которых расчетная точка находится на максимальном в смысле выбранного критерия расстоянии от ее границ.

Будем говорить, что совокупность внутренних параметров является решением, удовлетворяющим условиям работоспособности, если соответствующий им вектор выходных параметров лежит в m -мерном полиэдре D_y , задаваемом выходными ограничениями, а обеспечение необходимой параметрической надежности в процессе эксплуатации достигается коррекцией значений внутренних параметров. Их выбор, количество и значения, с которых начинается корректировка, периодичность корректировок определяются выбранной стратегией, гарантирующей требуемый уровень параметрической надежности. Она задает целенаправленное изменение значений корректируемых параметров, которые в свою очередь влияют на характеристики случайных процессов, описывающих эволюцию объекта, позволяя им достигнуть максимальных или заданных значений, решая тем самым один из вариантов задачи параметрической коррекции.

Формирование критерия запаса работоспособности

Согласно [6], детерминированный критерий запаса работоспособности формируется на уровне внутренних или выходных параметров и имеет более ясную физическую интерпретацию, чем стохастические критерии. Это может быть,

например, измеряемое определенным образом расстояние от номинальной точки до границы области работоспособности. При этом в тех ситуациях, когда расчет запаса работоспособности по каждому из внутренних параметров затрудняет оценку их влияния на выполнение того или иного условия работоспособности системы в целом, целесообразен переход к критериям запаса работоспособности относительно выходных, а не внутренних параметров системы, ограничения на которые и составляют заданные условия ее работоспособности. Такой же тип критерия удобно использовать в тех ситуациях, когда область работоспособности D_x неизвестна, выполнение условий работоспособности при выбранных внутренних параметрах проверяется путем вычисления соответствующих значений выходных параметров и их сравнения с требованиями технического задания (принадлежность области допустимых значений выходных параметров D_y). Его формирование и применение подробно описано в [6].

Решение задачи оптимальной коррекции номиналов на уровне выходных параметров представляет определенный практический интерес и обладает тем преимуществом, что пространство выходных параметров имеет, как правило, небольшую размерность (в ряде случаев удается ограничиться рассмотрением одного выходного параметра). Однако управление выходными параметрами осуществляется путем коррекции внутренних, и, следовательно, даже при выбранных оптимально номинальных значениях выходных параметров остается открытым вопрос о номинальных значениях внутренних параметров, доставляющих оптимум на уровне выходных. Кроме того, немаловажен тот факт, что статистические характеристики внутренних параметров (параметров элементов) получить значительно легче, чем аналогичные характеристики системы. Это объясняется тем, что элементы имеют больший «моральный» срок жизни, чем система, и, следовательно, более устойчивые статистические характеристики [7].

В случае применения критерия запаса работоспособности относительно внутренних параметров ищется такой вектор номинальных значений параметров $\mathbf{x}_{\text{НОМ}}$, для которого

$$\mathbf{x}_{\text{НОМ}} = \arg \max_{\mathbf{x}_{\text{НОМ}} \in D_x} \min_{1 \leq j \leq m} S_j(\mathbf{x}_{\text{НОМ}}), \quad (6)$$

а функция $S(\mathbf{x}) = \min S_j(\mathbf{x}_{\text{НОМ}})$ – минимальный запас работоспособности.

Оптимизационная задача (6) является максиминной, заключается в нахождении таких значений внутренних параметров, при которых номинальная точка $\mathbf{x}_{\text{НОМ}} = (x_{1 \text{НОМ}}, \dots, x_{n \text{НОМ}})$ максимально удалена от границ D_x , и преобразуется к виду

$$\max_{\mathbf{x}_{\text{НОМ}} \in D} \min_{j \in [1, m]} S_j(\mathbf{x}_{\text{НОМ}}), \quad (7)$$

где m – количество условий работоспособности. Метод решения задачи (7) приведен в [8].

Выбор оптимальных значений корректируемых параметров

В общем случае выбор оптимальных значений корректируемых параметров, обеспечивающих максимальный запас работоспособности системы, может осуществляться методами поисковой оптимизации.

Одной из стратегий поиска оптимальных значений номиналов параметров в условиях неопределенности является использование набора (веера) методов и алгоритмов, адекватных априорной информации о параметрических возмущениях. При этом в каждой отдельной ситуации оптимальным считается результат,

обеспечивающий максимальный гарантированный уровень работоспособности при данном объеме исходной информации. Другими словами, в условиях неопределенности оптимальность понимается в минимаксном смысле, с точки зрения получения наилучшего результата при наиболее неблагоприятных из множества допустимых параметрических возмущений.

При отсутствии информации о закономерностях отклонений параметров от расчетных значений, о конфигурации и ориентации области работоспособности в пространстве внутренних параметров в общем виде задача не имеет решения, поэтому приходится рассматривать разные случаи, опираясь на некоторые допущения. С учетом того, что в качестве критерия выбран запас работоспособности, представляется целесообразным рассматривать методы оптимизации, связанные с центрированием области работоспособности [7 – 9] путем вложения в данную область компактного (замкнутого и ограниченного) множества. Это могут быть n -мерные куб, шар, эллипсоид с максимально возможными размерами, центры которых будут соответствовать решению оптимизационной задачи [7, 9]. Цель оптимизации достигается совмещением центров областей работоспособности и варьируемых в заданных пределах возможных изменений внутренних параметров (технологических допусков на внутренние параметры). С геометрической точки зрения задача центрирования области работоспособности состоит в нахождении наибольшего замкнутого ограниченного геометрического тела, вложенного в данную область. Для этого используются алгоритм построения вложенных брусов, метод вписанных эллипсоидов [9], алгоритмы вложения гиперсферы наибольшего радиуса [7, 8] и вписывания куба максимального объема [10, 11]. Каждый из них наиболее эффективен при выполнении своих определенных требований. Но поскольку проверка их выполнения в неопределенной среде затруднена или вообще невозможна, для построения геометрического тела максимального объема используется многовариантный подход с применением многовариантных технологий, основанных на параллельной и конвейерной организации расчетов с выбором наилучшего из полученных результатов.

Поскольку оптимальная коррекция призвана отслеживать эволюцию функционирующего объекта, являющуюся многоступенчатым итерационным процессом, состоящим из случайных изменений и последующего отбора, представляется целесообразным использовать оптимизационные методы, основанные на эволюционных вычислениях (ЭВ). Они уточняют неизвестные характеристики, используя накопленную в процессе эволюции информацию, и за приемлемое время находят близкие к оптимальным решения, последовательно преобразуя множество решений [5]. При этом представляется целесообразным применение адаптивных версий эволюционных алгоритмов, учитывающих предысторию поиска и проблемно-ориентированную информацию о допустимых оптимальных решениях.

Анализ некоторых подходов к применению методов ЭВ в задачах оптимальной коррекции параметров технических систем позволяет сделать вывод, что процесс решения ускоряет гибридизация эволюционных или эволюционных и классических алгоритмов.

Одним из вариантов гибридных версий является комбинация ЭВ с методом локального поиска, учитывающего предположение о недифференцируемости целевой функции. Кроме того, в подобных задачах, в зависимости от степени неопределенности имеющейся информации, при гибридизации могут использоваться одинаковые алгоритмы с разными значениями свободных параметров, компенсируя эффективность одного из них слабостью другого.

Известны различные способы гибридизации поисковых алгоритмов оптимизации вообще и эволюционных алгоритмов в частности [12, 13], при этом могут потребоваться специальные подходы к их распараллеливанию. Так, если для базового алгоритма достаточно статической балансировки загрузки, то для соответствующего гибридного алгоритма может потребоваться динамическая балансировка [14].

Заключение

Рассмотрены вопросы коррекции параметров технических систем и устройств, обеспечивающих наилучшие или требуемые показатели их надежного и безопасного функционирования. Выявлены ситуации, когда задача в общем виде не имеет решения и приходится рассматривать разные случаи, опираясь на некоторые допущения.

Проанализированы возможности перехода от стохастического критерия оптимальности к некоторым детерминированным критериям, позволяющим получать квазиоптимальные решения, уточняемые разными методами. Рассмотрены проблемы оптимальной коррекции значений внутренних параметров технической системы по критерию запаса работоспособности, предложены методы назначения допусков на корректируемые параметры и оптимального выбора номинальных значений параметров.

При использовании критерия запаса работоспособности на уровне внутренних параметров задача параметрической коррекции сводится к нахождению точек внутри области работоспособности (выбору номиналов параметров), находящихся на максимальном расстоянии от ее границ, поэтому для ее решения наиболее целесообразно использовать методы оптимизации, связанные с центрированием области работоспособности.

Проведенный анализ проблем, возникающих при решении задач параметрической коррекции, позволяет в условиях неопределенности компенсировать отсутствие универсальных методов оптимизации использованием многовариантного анализа на основе технологий параллельных и распределенных вычислений.

При неэффективности классических методов поисковой оптимизации предложено использовать идеи и методы эволюционных вычислений, поскольку такой подход применим для различных видов оптимизируемой функции, в том числе представленной не в аналитическом виде. Однако необходимо учитывать, что выбор алгоритма должен быть индивидуален для каждой конкретной задачи.

Использование гибридных алгоритмов обеспечивает в реальных условиях для каждой конкретной задачи подбор своей последовательности шагов из разных методов, приводящей к наиболее эффективному поиску. Кроме того, в условиях неполной или недостаточной информации об оптимизируемой функции технология комбинирования алгоритмов на основе многометодной технологии в виде параллельных итерационных процессов с выбором лучшего приближения после выполнения очередной итерации всеми выбранными методами дает возможность модифицировать известные алгоритмы, учитывая специфику рассматриваемого объекта.

Список литературы

1. Абрамов, О. В. К проблеме предотвращения аварий технических объектов ответственного назначения / О. В. Абрамов // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 11 – 16.
2. Абрамов, О. В. Планирование профилактических коррекций параметров технических устройств и систем / О. В. Абрамов // Информатика и системы управления. – 2017. – № 3 (53). – С. 55 – 66. doi: 10.22250/isu.2017.53.55-66
3. Абрамов, О. В. Возможности и перспективы функционально-параметрического направления теории надежности / О. В. Абрамов // Информатика и системы управления. – 2014. – № 4 (42). – С. 64 – 77.
4. Абрамов, О. В. Технология параллельных вычислений в задачах анализа и оптимизации / О. В. Абрамов, Я. В. Катуева // Проблемы управления. – 2003. – № 4. – С. 11 – 15.

5. Диго, Г. Б. Применение эволюционных вычислений при управлении параметрической надежностью аналоговых технических устройств и систем / Г. Б. Диго, Н. Б. Диго // Информатика и системы управления. – 2018. – № 4 (58). – С. 70 – 81. doi: 10.22250/isu.2018.58.70-81

6. Абрамов, О. В. Оптимальный параметрический синтез по критерию запаса работоспособности / О. В. Абрамов, Я. В. Катueva, Д. А. Назаров // Проблемы управления. – 2007. – № 6. – С. 64 – 69.

7. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов / И. П. Норенков. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Е. Баумана, 2000. – 360 с.

8. Диго, Г. Б. Поиск оптимальных значений внутренних параметров технической системы по критерию запаса работоспособности / Г. Б. Диго, Н. Б. Диго // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – Пенза : Информационно-издательский центр ПензГУ, 2009. – Т. 1. – С. 52 – 54.

9. Диго, Г. Б. Задача оптимального параметрического синтеза при дефиците информации о вероятностных характеристиках параметров системы и детерминированных критериях / Г. Б. Диго, Н. Б. Диго // Тр. IV Междунар. конф. «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО 2008, 27 – 29 октября 2008 г., Москва. – М., 2008. – С. 990 – 998.

10. Назаров, Д. А. Реализация критерия запаса работоспособности методом вписывания куба максимального объема / Д. А. Назаров // XXXV Дальневосточная математическая школа-семинар имени академика Е. В. Золотова : сб. докл., 31 августа – 5 сентября 2010 г., Владивосток. – Владивосток, 2010. – С. 772 – 781.

11. Назаров, Д. А. Использование областей работоспособности для оптимального выбора номиналов параметров / Д. А. Назаров // Информатика и системы управления. – 2011. – № 2 (28). – С. 59 – 69.

12. Luke, S. Essentials of Meta-heuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes. – Текст : электронный / S. Luke. – 2009. – URL : <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/> (дата обращения: 20.04.2020).

13. Сулимов, В. Д. Применение гибридных алгоритмов глобальной оптимизации к экстремальным задачам для гидромеханических систем / В. Д. Сулимов, П. М. Шкапов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2013. – № 11. – С. 141 – 158.

14. Карпенко, А. П. Гибридные популяционные алгоритмы параметрической оптимизации проектных решений / А. П. Карпенко // Информационные технологии. – 2013. – № S12. – С. 6 – 15.

Parametric Correction for Reliability Management of Technical Systems

G. B. Digo, N. B. Digo

*Laboratory for Reliability Management of Complex Systems, digo@iacp.dvo.ru;
Institute of Automation and Control Processes of Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

Keywords: deterministic criterion; lack of information; health reserve; parametric correction.

Abstract: The problems of correction of the parameters of technical systems and devices that provide the best or required indicators of their reliable and safe functioning are considered. Situations were revealed when a parametric correction with a stochastic criterion of optimality does not lead to practically acceptable results. The possibilities of

the transition from the stochastic criterion of optimality to some determinate ones are analyzed, which make it possible to obtain quasi-optimal solutions refined by different methods; the problem of optimal correction of the values of the internal parameters of the technical system according to the criterion of operational margin. Methods of assigning tolerances for adjustable parameters of systems and optimal selection of nominal values of parameters, as well as algorithms for the necessary preventive measures are proposed.

References

1. Abramov O.V. [On the problem of preventing accidents of technical objects of critical use], *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system* [Reliability and quality of complex systems], 2013, no. 1, pp. 11-16. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Abramov O.V. [Planning for preventive corrections of the parameters of technical devices and systems], *Informatika i sistemy upravleniya* [Informatics and control systems], 2017, no. 3 (53), pp. 55-66, doi: 10.22250/isu.2017.53.55-66 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Abramov O.V. [Opportunities and prospects of the functional-parametric direction of the theory of reliability], *Informatika i sistemy upravleniya* [Informatics and control systems], 2014, no. 4 (42), pp. 64-77. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Abramov O.V., Katuyeva Ya.V. [Technology of parallel computing in analysis problems and optimization], *Problemy upravleniya* [Management Problems], 2003, no. 4, pp. 11-15. (In Russ.)
5. Digo G.B., Digo N.B. [The use of evolutionary computing in controlling the parametric reliability of analog technical devices and systems], *Informatika i sistemy upravleniya* [Informatics and Control Systems], 2018, no. 4 (58), pp. 70-81, doi: 10.22250/isu.2018.58.70-81 (In Russ., abstract in Eng.)
6. Abramov O.V., Katuyeva Ya.V., Nazarov D.A. [Optimal parametric synthesis according to the criterion of health margin], *Problemy upravleniya* [Control problems], 2007, no. 6, pp. 64-69. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Norenkov I.P. *Osnovy avtomatizirovannogo proyektirovaniya: uchebnik dlya vuzov* [Fundamentals of computer-aided design: a textbook for high schools], Moscow: Izdatel'stvo MGTU im. N. Ye. Baumana, 2000, 360 p. (In Russ.)
8. Digo G.B., Digo N.B. *Nadezhnost' i kachestvo: trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Search for optimal values of the internal parameters of a technical system by the criterion of working capacity], Penza: Informatsionno-izdatel'skiy tsentr PenzGU, 2009, vol. 1, pp. 52-54. (In Russ.)
9. Digo G.B., Digo N.B. *Trudy IV Mezhdunarodnoy konferentsii «Parallel'nyye vychisleniya i zadachi upravleniya» PACO 2008* [Proceedings of the IV International Conference "Parallel Computing and Control Problems" PACO 2008], 27 - 29 October, 2008, Moscow, 2008, pp. 990-998. (In Russ.)
10. Nazarov D.A. *XXXV Dal'nevostochnaya matematicheskaya shkola-seminar imeni akademika Ye. V. Zolotova* [XXXV Far Eastern Mathematical School-Seminar named after Academician E.V. Zolotov], Collection of reports, 31 August – 5 September, 2010, Vladivostok, 2010, pp. 772-781. (In Russ.)
11. Nazarov D.A. [The use of areas of performance for the optimal selection of parameter values], *Informatika i sistemy upravleniya* [Informatics and control systems], 2011, no. 2 (28), pp. 59-69. (In Russ.)
12. <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/> (accessed 20 April 2020).
13. Sulimov V.D., Shkapov P.M. [Application of hybrid algorithms of global optimization to extreme problems for hydromechanical systems], *Nauka i obrazovaniye: nauchnoye izdaniye MGTU im. N. E. Baumana* [Science and education:

scientific publication of MSTU them. N. E. Bauman], 2013, no. 11, pp. 141-158. (In Russ.)

14. Karpenko A.P. [Hybrid population algorithms for parametric optimization of design decisions], *Informatsionnyye tekhnologii* [Information Technologies], 2013, no. S12, pp. 6-15. (In Russ., abstract in Eng.)

Parametrische Korrektur bei der Steuerung der Zuverlässigkeit der technischen Systeme

Zusammenfassung: Es sind die Probleme der Korrektur von Parametern technischer Systeme und Geräte, die die besten oder erforderlichen Indikatoren für ihre zuverlässige und sichere Funktionsweise liefern, betrachtet. Es sind Situationen identifiziert, in denen die parametrische Korrektur mit dem stochastischen Optimalitätskriterium nicht zu praktisch akzeptablen Ergebnissen führt. Es sind analysiert worden: die Möglichkeiten des Übergangs vom stochastischen Optimalitätskriterium zu einigen deterministischen Kriterien, um quasioptimale Lösungen zu erhalten, die durch verschiedene Methoden verfeinert werden; das Problem der optimalen Korrektur der Werte der internen Parameter des technischen Systems nach dem Kriterium des Bestandes der Arbeitsfähigkeit. Es sind Methoden zur Zuweisung von Toleranzen für einstellbare Parameter von Systemen und zur optimalen Auswahl von Nennwerten von Parametern sowie Algorithmen für die erforderlichen vorbeugenden Maßnahmen vorgeschlagen.

Correction paramétrique lors du contrôle de la fiabilité des systèmes techniques

Résumé: Sont examinées les questions de la correction des paramètres des systèmes et dispositifs techniques qui fournissent les indicateurs les plus ou les plus nécessaires de leur fonctionnement fiable et sûr. Sont identifiées les situations quand la correction para-métrique avec le critère d'optimalité stochastique n'aboutit pas à des résultats pratiquement acceptables. Sont analysées les possibilités de passer d'un critère d'optimalité stochastique à certains qui sont déterminés et permettent d'obtenir des solutions quasi optimales, affinées par différentes méthodes; problème de la correction optimale des valeurs des paramètres internes du système technique selon le critère de la réserve du fonctionnement. Sont proposées les méthodes pour attribuer des tolérances aux paramètres corrigés des systèmes et pour sélectionner de la manière optimale les valeurs nominales des paramètres, ainsi que des algorithmes pour effectuer les mesures préventives nécessaires.

Авторы: *Дуго Галина Борисовна* – ведущий инженер-математик лаборатории управления надежностью сложных систем; *Дуго Наталья Борисовна* – ведущий инженер-математик лаборатории управления надежностью сложных систем, ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН», г. Владивосток, Россия.

Рецензент: *Дворецкий Станислав Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.
