

## Литература

1. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: ООО «Типография «Береста», 2010. Кн. 1.
2. Зернов С.И. Задачи пожарно-технической экспертизы и методы их решения. М.: ГУ ЭКЦ МВД РФ, 2001.
3. DeHaan Kirk, s J. Fire Investigation. BRADY Prentice Hall, 1997.
4. Шаршанов А.Я. Особенности определения радиуса разлета искр горючих материалов // Проблемы пожарной безопасности: сб. науч. трудов АПБУ. 2010. Вып. 27.
5. McGrattan K. Computational Fluid Dynamics and Fire Modeling, 2001.
6. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990.
7. Quintiere J.G. Principles of Fire Behavior.-Delmar Publishers, 1997.
8. Kevin McGrattan, etc. Fire Dynamics Simulator (version 5).User’s Guide, 2009. 200 с.
9. Kondratyev S.F., Petrova N.V., Voroncova A.A., Kuzmina T.A. Application of informative technologies and calculative methods in the forensic normative expertise and in professional education of forensic experts // IV International scientific conference on safety engineering and XIV International conference on fire and explosion protection. Republic of Serbia, Novi Sad. 2014. С. 110–118.

## МЕТОД СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА В РЕШЕНИИ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ СИНТЕЗА ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ

**К.С. Иванов, кандидат технических наук, доцент;**

**Н.А. Мороз, кандидат технических наук;**

**А.В. Широухов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлен алгоритм поиска оптимальных характеристик виброзащитных элементов, основанный на методе случайного поиска глобального экстремума по наилучшей пробе в направляющем конусе с переменным углом раскрытия. Для повышения эффективности поиска алгоритм дополнен методами статистического градиента, наискорейшего спуска и методикой поиска вдоль граничных поверхностей в параметрическом пространстве.

*Ключевые слова:* оптимизируемый параметр, приращение критерия качества, наилучшая проба, статистический градиент, метод наискорейшего спуска

## THE RANDOM SEARCH METHOD IN THE SOLUTION OF THE OPTIMIZATION PROBLEM OF SYNTHESIS OF VIBRATION ISOLATION SYSTEMS

K.S. Ivanov; N.A. Moroz; A.V. Shiroukhov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article presents an algorithm for ending the optimal characteristics of the vibration isolation elements based on the method of random search for the global optimum at the best sample in the guide cone with a variable opening angle. To improve the efficiency of the search algorithm is supplemented by statistical gradient, steepest descent and the method of searching along the boundary surfaces in parametric space.

*Keywords:* optimize the increment, quality criterion, best sample, statistical, gradient, steepest descent method

Анализ методов оптимизации показывает, что для синтеза виброзащитных систем (ВС) элементов автомобильных базовых шасси (АБШ), колебательные движения которых описываются дифференциальными уравнениями [1], при существующих ограничениях и критериях целесообразно использовать глобальные методы случайного поиска [2] при числе оптимизируемых параметров более трех–четырёх, а при количестве оптимизируемых параметров до четырех целесообразно применить градиентные методы с учетом необходимости проверки найденного решения на глобальность.

При реализации шаговых алгоритмов начальные точки оптимизации определяются, исходя из номинальных значений характеристик ВС штатных АБШ.

Для решения данной задачи предлагается алгоритм, который основан на методе случайного поиска глобального экстремума по наилучшей пробе в направляющем конусе с переменным углом раскрытия. Для повышения эффективности поиска алгоритм был дополнен методами статистического градиента, наискорейшего спуска и методикой поиска вдоль граничных поверхностей.

Переключение алгоритма с одной частной методики на другую и изменение угла раскрытия направляющего конуса осуществляется автоматически в процессе вычислений в зависимости от особенностей пространства оптимизируемых параметров  $U$ .

Блок-схема данного алгоритма представлена на рисунке.

Для определения направления поиска экстремума в  $K$ -й точке пространства  $U_i$  производится « $n$ » случайных проб в соответствии с алгоритмом:

$$U(K)_{пт} = U(K)_i + \delta(K)_{пт} E(K)_{пт}, \quad (1)$$

где  $U(K)_i$  – значения оптимизируемых параметров в  $K$ -й точке и при пробах из  $K$ -й точки;  $E(K)_{пт}$  – координаты случайного вектора, равномерно распределенного в « $m$ »-мерном конусе с вершиной в точке  $K$ ;  $\delta(K)_{пт}$  – приращение пробного шага случайного вектора.

Для обеспечения сравнительно небольших затрат на поиск число проб следует выбирать, исходя из условия:

$$1 < n \leq \frac{m}{2} \leq 5$$

Формирование координат  $E(K)_{пт}$  случайного вектора  $\bar{E}(K)_п$  (рис., блоки 15 и 16) осуществляется в соответствии с разработанными методиками [3] таким образом, чтобы вектор  $\bar{U}(K)_п$  был бы равномерно распределен в « $m$ »-мерном гиперконусе с углом полуоткрытия  $\varphi(K)_0$ . При этом используются зависимости [3]:

$$E(K)_{пт} = N(K)_i \frac{|\Delta \bar{U}(K)_п|}{\sqrt{1 - [N(K)_i + R(K)]^2}} \int_{N(K)_{\min}}^{N(K)_{\max}} \left\{ R(K)_i \sin \left[ \frac{\pi}{2} - \arccos \frac{N(K)_i + R(K)_p}{\sqrt{1 - R(K)_i^2}} \right] - [N(K)_i + R(K)] \sqrt{1 - R(K)_i^2} \right\}^{n-2} dN(K)_i - E_{01}, \quad (2)$$

где  $E_{01}$  – числа псевдослучайной последовательности, равномерно распределенной в интервале 0–1;  $|\Delta \bar{U}(K)_п|$  – модуль вектора рабочего шага в точку « $K$ »;  $N(K)_i$  – полигон проведенных проб в « $m$ »-мерном гиперконусе.

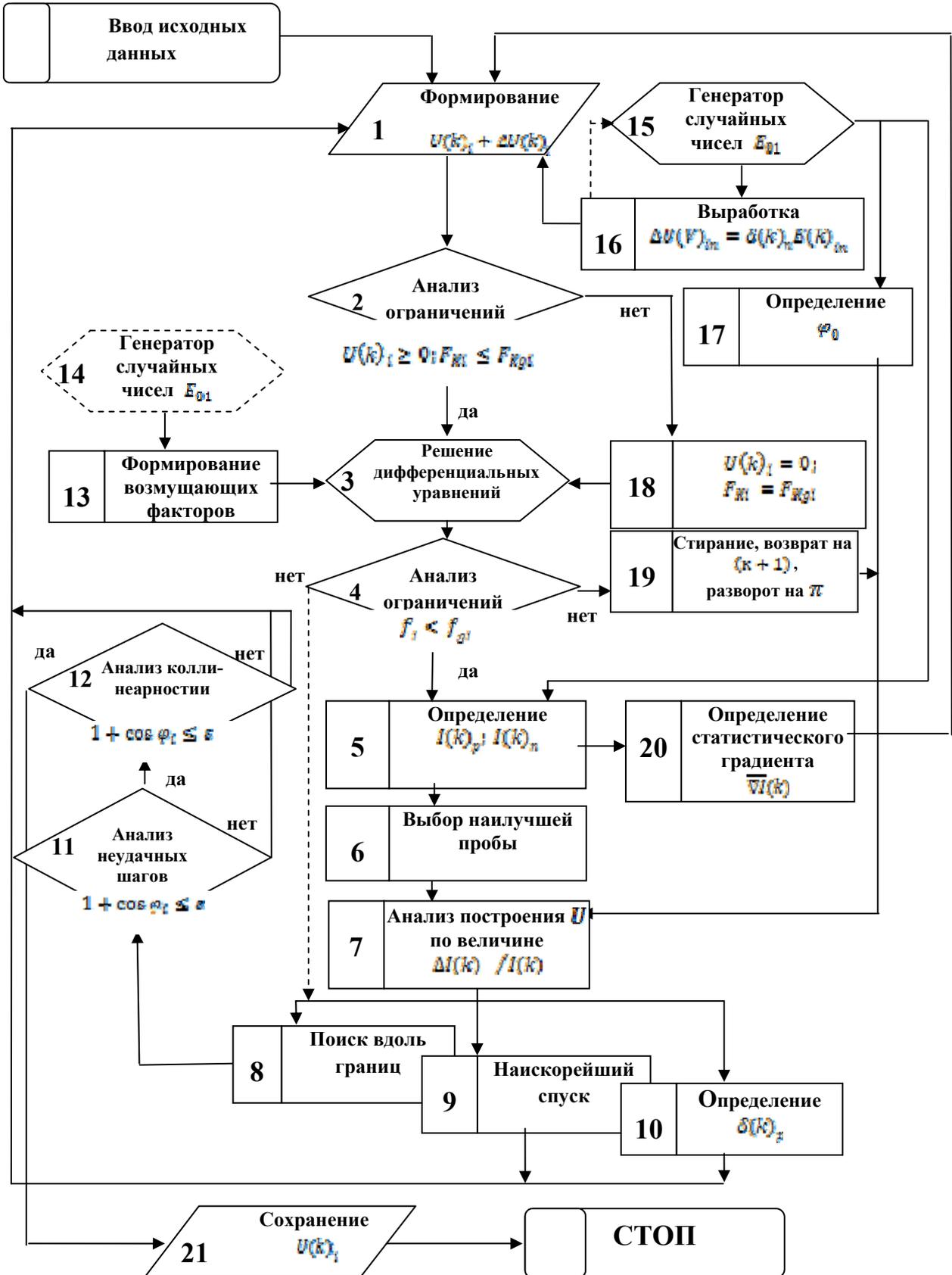


Рис. Блок-схема алгоритма случайного поиска

Решение интеграла (2) производится методом последовательных приближений до соблюдения условия:

$$I_{k+1} - E_{0.1} \leq \varepsilon_1 ; \varepsilon_1 = 0,01,$$

где  $I_{k+1}$  – значение интеграла (2).

После получения (рис., блок 2) в соответствии с зависимостью (1) значений параметров  $U(K)_{пт}$  производится решение дифференциальных уравнений, описывающих движение виброзащитной системы (блок 3) при заданных возмущениях (блок 13), в результате чего вычисляется приращения критерия качества  $\Delta I(K)_{пт}$ :

$$\Delta I(K)_{пт} = I(K)_{пт} - I(K)_p, \quad (3)$$

где  $I(K)_p$  – значения критерия качества в точке «К»;  $I(K)_{пт}$  – значения критерия качества в точке «К» при  $n$  пробе.

На основе анализа величин  $\Delta I(K)_{пт}$  определяется наилучшая проба и запоминаются соответствующие ей значения оптимизируемых параметров  $U(K)_{пт}$ . На базе « $n$ » проб определяется статистический градиент  $\nabla I_G$  (блок 19). Для производства пробы вдоль статистического градиента координаты вектора  $\bar{E}(K)_{пт}$  в выражении (1) вычисляется следующим образом:

$$E(K)_{пт} = \frac{\sum_n \Delta U(K)_{пт} \Delta I(K)_{пт}}{\sqrt{\sum_t (\sum_n \Delta U(K)_{пт} \Delta I(K)_{пт})^2}}$$

Проба по статистическому градиенту сравнивается по величине  $\Delta I(K)_{пт}$  с наилучшей пробой, и последующий  $(K+1)$  рабочий шаг делается в наиболее целесообразном направлении.

При производстве пробных шагов проверяются ограничения, накладываемые на оптимизируемые параметры жесткостных характеристик пассивных упругих элементов и максимальное значение неупругих сил  $F_{gki}$  (блок 2), а также на деформации упругих элементов  $f_i$  (блок 4). В случаях, если  $U(K)_{пт} < 0$  или  $F_{ki} > F_{gki}$ , то принимаются  $U(K)_{пт} = 0$  и  $F_k = F_{kgt}$  (блок 18). При нарушении ограничений на деформации производится стирание неудачной пробы и делается новая проба (блок 19).

Рабочие шаги организовываются в соответствии с зависимостью:

$$U(K+1)_{пт} = U(K)_{пт} + \delta(K)_{пт} E(K)_{пт}^*$$

где  $U(K)_{пт}$ ;  $U(K+1)_{пт}$  – значения оптимизируемых параметров в  $K$  и  $(K+1)$  точках при рабочих шагах;  $E(K)_{пт}^*$  – координаты вектора, соответствующего наилучшей пробе из точки «К» при пробных шагах;  $\delta(K)_{пт}$  – приращение рабочего шага случайного вектора.

При этом величины рабочих шагов  $\delta(K)_p$  определяются в зависимости от эффективности лучшей пробы по выражениям (блок 10):

$$\delta(K)_p = (0,01 - 0,05)U(K)_i$$

В случаях, если рабочие шаги признаются удачными, то есть удовлетворяется условие:

$$\frac{\Delta I(K+1)_p}{I(K+1)_p} < -B$$

$$\Delta I(K+1)_p = I(K+1)_p - I(K)_p; B = 0,1 - 0,2,$$

алгоритм переключается на метод наискорейшего спуска (блок 9), когда движение осуществляется вдоль направления удачного  $K$  рабочего шага, до тех пор пока соблюдается условие:

$$\Delta U(K+1)_{pt} = \Delta U(K)_{pt}. \quad (4)$$

В процессе проведения рабочих шагов также проводится проверка на ограничения по оптимизируемым параметрам (блок 18). Кроме того, проверяются ограничения на деформации упругих элементов, и если они не выполняются, то процесс возвращается в предшествующую точку и алгоритм переключается на поиск вдоль границ.

На последующих шагах поиск вдоль границы организовывается на основе зависимости (4), то есть в направлении  $(K+1)$  шага до тех пор, пока удовлетворяется условие близости процесса оптимизации к граничной поверхности:

$$f_{gt} - \varepsilon_f < f_i < f_{gt} \quad \text{или} \quad \sigma_{f_{gt}} - \sigma_\varepsilon < \sigma_{f_i} < \sigma_{f_{gt}}, \quad (5)$$

где  $f_{gt}; f_i$  – деформация упругого элемента и ее предельное значение;  $\sigma_{f_i}; \sigma_{f_{gt}}$  – среднее квадратическое отклонение деформации упругого элемента и его допустимое значение;  $\varepsilon_f; \sigma_\varepsilon$  – соответствующие нижние пределы граничных коридоров (принималось  $\varepsilon_f = 0,01$  м;  $\sigma_\varepsilon = 0,003$  м).

При нарушении условий (5) вновь производится определение вектора, и поиск продолжается в новом направлении.

Угол полуоткрытия направляющего конуса  $\varphi(K)_0$ , входящий в выражения (2), (3) и ограничивающий пространство пробных шагов в  $K$ -й точке, изменяется в зависимости от успешности предшествующих рабочих шагов:

$$\varphi(K)_0 = \frac{\pi}{2} \quad \text{при} \quad \frac{\Delta I(K)_p}{I(K)} \geq 0,$$

$$\varphi(K)_0 = \pi \left[ c - \frac{(c-e)\Delta I(K)_p}{BI(K)} \right] \quad \text{при} \quad -B < \frac{\Delta I(K)_p}{I(K)} < 0,$$

где  $c; e$  – коэффициенты,  $c = 0,5$ ;  $e = 0,1$ .

Для расширения области поиска наилучшего направления процесса оптимизации в начальной точке угол  $\varphi(K)_0$  выбирается равным  $\pi$ , то есть пробные шаги производятся не в направляющем конусе, а в «т»-мерной гиперсфере. При определении вектора пробы проводятся в направляющем конусе с углом полуоткрытия  $\varphi(K)_0 = \frac{\pi}{2}$ .

При выполнении условий окончания оптимизации (блоки 4, 11, 12) поиск прекращается.

В ряде случаев найденное решение задачи проверяется на оптимум путем организации нового процесса поиска из другой начальной точки и сравнения полученных в обоих случаях результатов.

### **Литература**

1. Иванов К.С., Широухов А.В. Дифференциальные уравнения колебаний элементов базового шасси пожарно-спасательного автомобиля при движении по дорогам // Природные и техногенные риски (физ.-мат. и прикладные аспекты). 2015. № 1 (13). С. 44–52.
2. Иванов К.С. Методы решения многокритериальных задач оптимизации сложных пожарно-технических систем. Отчет о НИР. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2013.
3. Модели и методы векторной оптимизации / С.В. Емельянов [и др.] // Техническая кибернетика. 1973. Т. 5.

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ СПАСАТЕЛЯМИ МЧС РОССИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор,  
заслуженный деятель науки Российской Федерации;  
В.В. Папырин, кандидат юридических наук.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Обсуждается актуальность расширения правового поля по оказанию первой помощи спасателями МЧС России. Систематизированы медицинские и технические инновации в области первой помощи, позволяющие сократить время оказания помощи и сделать ее более щадящей, и обоснована необходимость их введения в медицинские уклады спасателей. Рассматривается перспектива использования беспилотных летательных аппаратов для оптимизации времени и эффективности первой помощи.

*Ключевые слова:* первая помощь, программа доступной дефибрилляции, беспилотные летательные аппараты, спасатели МЧС России

## **INNOVATIVE MEDICAL-TECHNICAL DEVELOPMENTS AND PROMISING WAYS TO USE THEM IN PRACTICE FIRST AID RESCUERS OF EMERCOM OF RUSSIA**

L.A. Konnova; V.V. Papyrin.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Systematized, allowing to reduce the time of rendering medical aid and technical innovations in the field of first aid and make it more gentle. Grounded perspective ways of primary care development, the relevance of the expansion of the legal field of first aid rescuers EMERCOM of Russia, the need to develop innovative medical pilings. The prospects of using drones to optimize time and efficiency of first aid .

*Keywords:* first aid, program affordable defibrillation, unmanned aerial vehicles, rescuers of EMERCOM of Russia