

УДК 629.7.036.4

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА “К-СРЕДНИЕ”

И.Д. БУРАЙМАХ

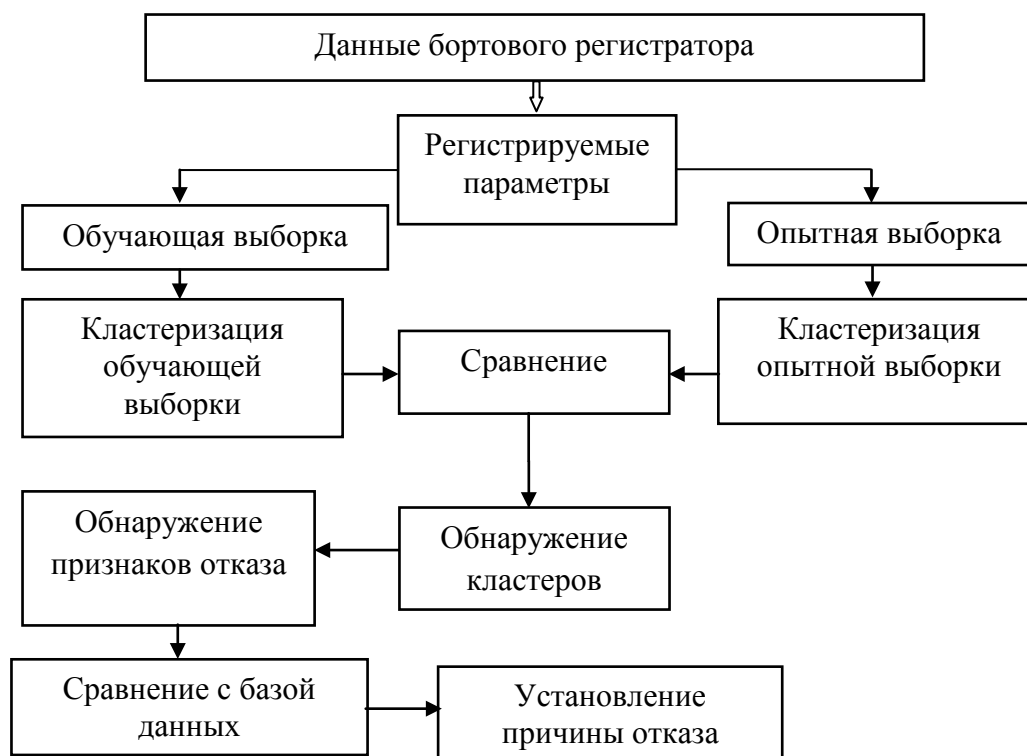
Статья представлена доктором технических наук, профессором Чичковым Б.А.

В статье приведены результаты, полученные в ходе разработки способов повышения эффективности диагностического анализа параметров, регистрируемых в процессе эксплуатации ТРДД с использованием К-средних.

**Ключевые слова:** параметрическое диагностирование, К-средние.

Авиационные двигатели работают в разных эксплуатационных режимах, и датчики, которые установлены на них, отправляют сигналы в кабину экипажа и на бортовые самописцы. Чтобы оценить тесноту связей между параметрами, можно использовать корреляционный критерий.

Для оценки технического состояния двигателей необходимо располагать алгоритмами, позволяющими отличить тенденции в изменении параметров неисправных двигателей в отличие от исправных (рис. 1). Представляется перспективным использовать для этих целей один из методов кластеризации так называемый метод К-средних [2].



**Рис. 1.** Блок-схема возможной организации процедур диагностирования технического состояния с использованием метода К-средних

Блок-схема алгоритма оценки К-средних представлена на рис. 1, 2.

В дальнейших примерах используем данные, полученные в крейсерском режиме по параметрам “обороты роторов двигателя” (N1 и N2).

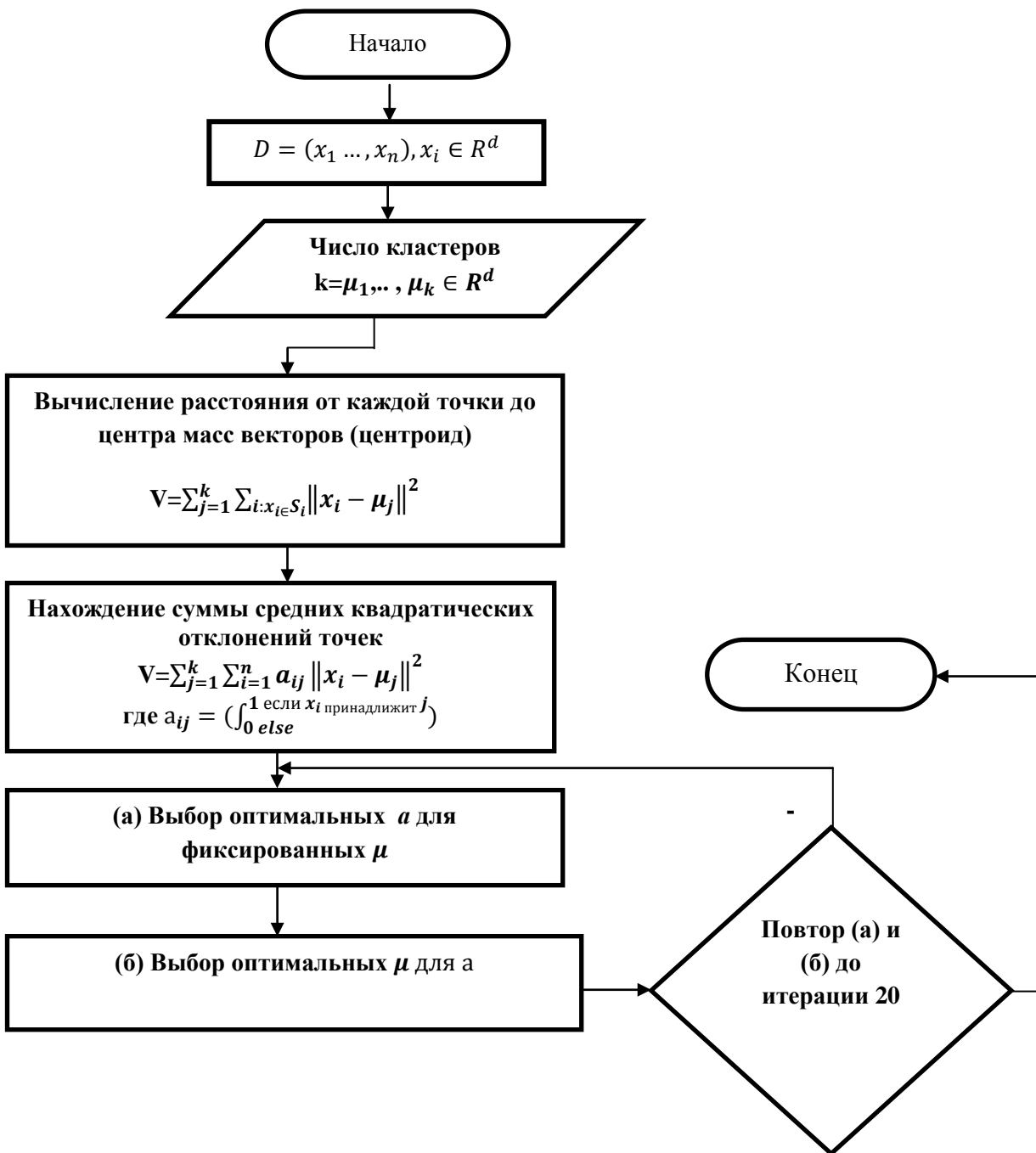
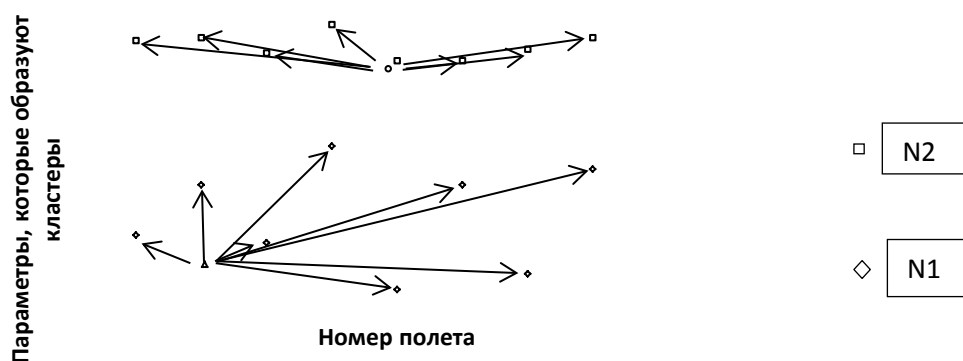


Рис. 2. Блок-схема алгоритма оценки К-средних

$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$  – минимальное суммарное квадратическое отклонение, где

$k$  – число кластеров;  $S_i$  – полученные кластеры,  $i = 1, 2, \dots, k$  и  $\mu_i$  – центры масс векторов  $x_j \in S_i$ .

Перейдем к описанию примера. Сначала выбираем любые предварительные значения для координат центроид. Пусть начальные центры масс будут – центроид № 1 ( $x, y = 5.98, 92$ ) и центроид № 2 ( $x, y = 2.21, 98$ ). С помощью предварительных координат можно вычислить расстояния от каждой эмпирической точки до центра масс кластера, которому они принадлежат (рис. 3). Алгоритм К-средних минимизирует сумму расстояний до ближайших центров масс кластера. Минимизация осуществляется с помощью "Solver" программы MS Excel.

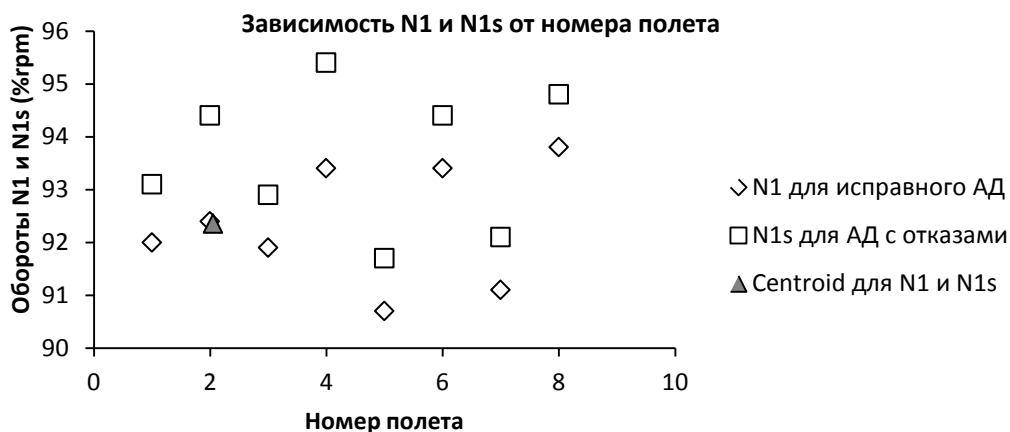


**Рис. 3.** Векторы между центроидами и точками кластеров

Находим минимальное суммарное квадратическое отклонение точек кластеров от центров масс этих кластеров и действительные координаты этих центроидов. Получим минимальное суммарное квадратическое отклонение точек кластеров.

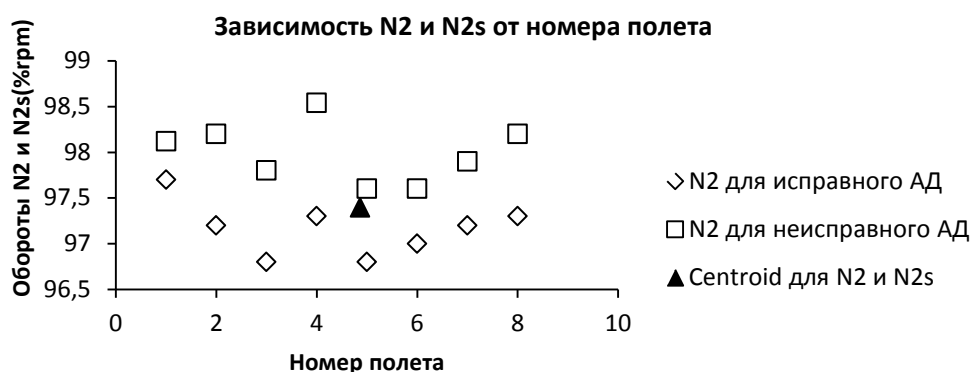
После того, как установлены действительные координаты центроиды для исправного двигателя, отклонение от установленных точек (центроидов) будет означать, что анализируемые параметры отклонились от значений, типичных для исправного состояния двигателя, что проявляется в повышении суммарного квадратичного отклонения [3].

Пример таких различий показан на рис. 4.



$\Sigma$  квт от 9,1965 (суммарное квадратическое отклонение)

**Рис. 4.** Зависимости оборотов (N1 и N1s) от номера полета



$\Sigma$  квт от = 13,30472 (суммарное квадратическое отклонение)

**Рис. 5.** Зависимости оборотов (N2 и N2s) от номера полета

### Заключение

Метод К-средних может быть использован для совершенствования диагностических моделей авиационных двигателей. При этом в качестве диагностического признака используется сумма квадратических отклонений эмпирических (зарегистрированных в эксплуатации) значений диагностических параметров от центриды этих параметров для исправного состояния двигателя. В практическом плане сейчас ведется работа по формированию массивов значений указанных отклонений для типичного перечня неисправностей ТРДД.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Aravind H., Rajgopal C., Soman K.P. A Simple Approach to Clustering in Excel // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). - Vol. 11. - No. 7. - December 2010.
2. Krishnapuram R., Keller J. The Possibilities C-Mean Algorithm; Insight and Recommendations. IEEE Transaction on Fuzzy Systems, 1996. - Vol. 4. - Pp. 385-393.
3. Frank P., Patton R., Clark R. Fault Diagnosis in Dynamic Systems: Theory and Application. - NJ: Prentice Hall, 1989.

### IMPROVING DIAGNOSIS MODEL OF AIRCRAFT ENGINE USING "K-MEANS"

**Buraimah I.J.**

This article deals with, results which are shown using K-Means as a tool for diagnosis of Aircraft engine condition.

**Keywords:** parametric diagnosis, K-Means.

### Сведения об авторе

**Бураймах Игбафе Джубрил**, 1982 г.р., окончил МГТУ ГА (2011), аспирант МГТУ ГА, автор 5 научных работ, область научных интересов – параметрическая диагностика авиационных двигателей в эксплуатации.