

---

**SYSTEM MANAGEMENT BY ELECTROMECHANIC AIR-TIGHT COMPRESSOR OF REFRIGERATION UNIT WITH EXTENDED BY THE RANGE OF ADJUSTING OF THE PRODUCTIVITY AIR-TIGHT ONE-PISTON COMPRESSORS IN THE WAYS AUTOMATED MANAGEMENT**

**O.Y. Karpovych, O.A. Onishchenko**

*The new technique providing expansion of the range of regulation of refrigerating capacity by two-three times with simultaneous decrease in levels of pulsations of frequency of rotation of the compressor is provided, when entering to system of the regulated electric drive of the hermetic compressor of means of adaptive management*

*Keywords: Hermetic One-Piston Compressors, Adaptive system, Controlled electric drive.*

УДК 681.518.54

**В.Ф. Миргород**, д.т.н., доц.

**А.Ю. Сергеев**, к.т.н., доц.

**А.С. Ободовский**, к.т.н., доц.

**Т.М. Могилянец**

*Военная академия (г. Одесса), Украина*

**ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ТРЕНДОВОГО АНАЛИЗА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК**

*Приведены результаты применения диагностических моделей и методов трендового анализа применительно к задаче диагностирования технического состояния газотурбинного двигателя в длительной эксплуатации.*

*Ключевые слова: техническая диагностика, регрессионная модель, методы трендового и сингулярного анализа.*

**Введение.** Проблемным вопросом продления жизненного цикла газотурбинных двигателей (ГТД) является достоверная оценка технического состояния по данным регистрации термогазодинамических и вибропараметров во время эксплуатации. Переход к более совершенной стратегии управления ресурсом ГТД требует решения ряда научных и прикладных задач, важнейшими из которых являются задачи построения адекватных диагностических моделей и методов оценки отклонений от номинального состояния параметров ГТД при эксплуатации.

**1. Постановка проблемы и цель исследования**

Наиболее совершенные диагностические модели ГТД [1, 2, 3, 4] основаны, как правило, на нелинейной полиномиальной аппроксимации его характеристик и имеют высокий уровень соответствия двигателю-эталону. Предлагаемые [4] и используемые [3, 4] методы оценки отклонений параметров ГТД основаны на разнообразных трендовых статистиках [4], в частности, Хальда-Аббе, кумулятивных сумм и других. Наиболее совершенными являются трендовые в виде Ф-критерия [7]. В передовых АСД используются методы нелинейного представления характеристик [2]: полиномиальная регрессионная аппроксимация трендов [3], статистики прогнозирования на основе имитационных моделей [5]. Однако известные диагностические модели недостаточно учитывают индивидуальные различия двигателей, которые могут быть весьма существенными. Наиболее

совершенные диагностические модели, предлагаемые в нормативных документах Разработчика, в частности, в РЭ, являются, как правило, линейными, что существенно ограничивает область их применения. Предлагаемые трендовые статистики потенциально фиксируют лишь факт возникновения тренда, но не его характеристики. Уровень ложных срабатываний, применяемых к выборкам данных трендовых статистик, недопустимо высок, что ставит под сомнение достоверность статистических выводов. Таким образом, имеется необходимость усовершенствования известных диагностических моделей и методик их применения, а также разработки более совершенных методов и алгоритмов оценки отклонений параметров ГТД.

Целью настоящего исследования является усовершенствования методик и диагностических моделей ГТД и разработка метода трендового анализа для оценки технического состояния двигателя в процессе эксплуатации.

## 2. Основные результаты исследований

### 2.1 Объект исследования и методика диагностирования

Объектом исследования являются базы данных регистрации основных термогазодинамических и вибропараметров ряда ГТД в составе авиационных силовых установок и газоперекачивающих агрегатов.

Применяемая методика диагностирования состоит из последовательно реализуемых следующих этапов:

- приведение термогазодинамических параметров ГТД к стандартным атмосферным условиям,
- построение диагностических моделей ГТД в виде нелинейных регрессионных зависимостей [3, 6, 7],
- выделение трендов отклонений с учетом диагностических моделей [7, 8], а также трендов вибропараметров,
- сингулярный и факторный анализ [6, 8],
- применение трендовых статистик [7, 8, 9].

Существенными особенностями предлагаемой методики являются следующие отличия:

- нелинейная регрессионная диагностическая модель ГТД является индивидуализированной применительно к конкретному экземпляру двигателя;
- проводится не только трендовый контроль, но и углубленный трендовый анализ применительно к отклонениям параметров ГТД в процессе его эксплуатации от индивидуальной диагностической модели;
- применяется совокупность методов трендового анализа высокой эффективности, позволяющая разделить исследуемый временной ряд на трендовую, периодическую и стохастическую компоненты.

Для реализации рассматриваемой методики применительно к конкретным задачам диагностирования разработано необходимое алгоритмическое и программное обеспечение.

Результативность и эффективность применяемой методики подтверждена успешным решением ряда прикладных задач диагностирования ГТД в составе авиационных силовых установок и газоперекачивающих агрегатов.

### 2.2 Диагностирование газотурбинного привода по регрессионной модели

Одной из первых задач диагностирования, для которой последовательно реализованы практически все необходимые этапы методики, является задача оценки технического состояния газотурбинного двигателя Д-336 в составе ГТП №336-1-01 в процессе нормальной эксплуатации длительностью ~18 мес. с наработкой 5650 часов [6].

Исходными данными являются базы данных регистрации параметров  $N_{ВД}$ ,  $N_{НД}$ ,  $P_{КВД}$ ,  $T_{ТНД}^*$ ,  $P_{\text{ex}}$ ,  $T_{\text{ex}}^*$ .

Типовая методика диагностирования, согласно РЭ разработчика двигателя, заключается в приведении параметров к стандартным атмосферным условиям (с.а.у.) согласно известным формулам:

$$N_{ВДпр} = N_{ВДизм} \cdot \sqrt{288 / (T_{\text{вх}}^* + 273)}, \quad (1)$$

$$N_{НДпр} = N_{НДизм} \cdot \sqrt{288 / (T_{\text{вх}}^* + 273)}, \quad (2)$$

$$P_{КВДпр} = N_{КВДизм} \cdot \sqrt{760 / (P_{\text{вх}} + 101)}, \quad (3)$$

$$T_{ТНДпр}^* = \left[ (T_{ТНДизм}^* + 273) \cdot \frac{288}{T_{\text{вх}}^* + 273} - 273 \right], \quad (4)$$

с последующим приведением параметров к базовому режиму:

$$\Delta N_{ВДпр} = N_{ВДк} - N_{ВДпр} \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} N_{НДпрк} &= N_{НДпр} - k_{НД} \cdot \Delta N_{ВДпр}, \\ P_{КВДпрк} &= P_{КВДпр} - k_P \cdot \Delta N_{ВДпр}, \\ T_{ТНДпрк}^* &= T_{ТНДпр}^* - k_T \cdot \Delta N_{ВДпр} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

и вычислением отклонений от этого режима:

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_{НДпр} &= N_{НДпрф} - N_{НДпрк}, \\ \Delta P_{КВДпр} &= P_{КВДпрф} - P_{КВДпрк}, \\ \Delta T_{ТНДпр}^* &= T_{ТНДпрф}^* - T_{ТНДпрк}^* \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Весьма важным положительным моментом РЭ является тот факт, что в формулах (6) коэффициенты крутизны характеристик ГТД и формулярные параметры в (7) индивидуализированы применительно к конкретному экземпляру двигателя. Однако эти данные получены на этапе непродолжительных стендовых испытаний, в то время как в процессе эксплуатации двигателя имеется участок приработки, то есть установления параметров.

Контролю подлежит нахождение отклонений (7) в заданных допусках для  $N_{НД}$ ,  $P_{КВД}$  и  $T_{ТНД}$ .

Результаты обработки БД по типовой методике РЭ и их анализ дали основание предположить параметрический отказ измерительного канала (ИК) по  $P_{КВД}$  ввиду наличия значительного числа отклонений вне пределов заданного допуска, причем, по критерию Смирнова, нет основания полагать, что указанные отклонения являются случайными.

Таким образом, следуя типовой методике, можно установить параметрический отказ ИК по  $P_{КВД}$  и, предположительно, ненормальный режим ГТД на интервале (3560...4014) час. Следуя нормативным документам, двигатель подлежал снятию с эксплуатации на осмотр и промывку проточной части.

Несовершенство типовой модели (1)...(7) согласно РЭ заключается в весьма приближенном учете хода дроссельных характеристик реального двигателя, путем их линейной аппроксимации согласно (6), справедливой только при малых отклонениях. Однако это условие не соблюдается для исследуемых БД регистрации.

Реально реализуемая зависимость:

$$P_{КВДпрк} - P_{КВДпр} = f_P(\Delta N_{ВДпр}) \quad (8)$$

имеет, во-первых, существенно нелинейный характер функции (8), и, во-вторых, серию аномальных отклонений от этой зависимости. После исключения указанных аномальных отклонений согласно [10] построена полиномиальная регрессионная модель (8) на основе МНК. Аналогичные модели построены по БД для параметров  $N_{нд}$  и  $T_{нд}$ . После замены в (6) постоянных коэффициентов нелинейными функциями, получены временные ряды отклонений, причем, использование диагностических моделей существенно уменьшает разброс данных [7]. Предположение о ненормальном режиме ГТД, которое следует из типовой методики диагностирования по РЭ, может быть снято, а что касается серии аномальных значений по  $P_{квд}$ , то детальный анализ БД определил их причину в недостоверных значениях  $P_{вх}$  на интервале (5068...5212) час.

Таким образом, использование диагностической регрессионной нелинейной модели позволяет существенно уменьшить дисперсию остаточных отклонений и тем самым повысить надежность результатов диагностики. Появляются возможности идентифицировать аномальные отклонения и установить их причины. Однако регрессионные модели, так как они основаны на МНК, имеют высокую чувствительность к нецензурированным выбросам в исходных данных и требуют их предварительной обработки.

Дальнейшее уменьшение дисперсии остаточных отклонений и идентификация состояния объекта за счет исключения не связанных с его состоянием факторов, достигнуто на основе применения к выборке параметров регистрации методов главных компонент (МГК) и факторного анализа (МФА).

Если полагать, что параметры регистрации образуют вектор:

$$x^{(m)} = col(N_{ВДнр} P_{КВДнр} N_{НДнр} T_{ТНДнр}^* T_{вх}^* P_{вх})$$

а их совокупность – матрицу наблюдений  $X$ , то строки этой матрицы можно полагать признаками объекта, а столбцы – его состояниями. Сингулярное разложение  $m \times n$  матрицы наблюдений имеет вид [6, 8, 11].

$$X = USV^T = \sum_{i=1}^k \sigma_i u_i v_i^T, \quad (9)$$

где  $U, V$  – унитарные  $m \times n$  матрицы,  $S = diag(\sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_n 0 \dots 0)$ , причем  $\sigma_1 > \sigma_2 > \dots > \sigma_k$  – собственные числа матрицы  $XX^T$ , а матрица  $U$  составлена из ортонормированных собственных векторов. Следуя МФА, выполним следующее представление матрицы наблюдений:

$$X = BF + N,$$

где  $F$  – матрица центрированных, независимых и нормированных факторных компонент,

$B$  – матрица факторных нагрузок,

$N$  – вектор остаточных несущественных факторов.

Компоненты матрицы  $F$  отыскиваются из выражения [12]

$$f^{(l)} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i^{(l)} x_i}{\sqrt{\sum_{i,j=1}^m u_i^{(l)} u_j^{(l)} r_{ij}}} \quad (11)$$

где  $r_{ij} = cor(x_i, x_j)$ ,  $u^{(l)} = col(u_1^{(l)} u_2^{(l)} \dots u_m^{(l)})$  – собственный вектор, отвечающий максимальному собственному значению  $\lambda_l$ .

Прямое определение матрицы  $F$  согласно (11) для каждого  $\lambda_l$  приводит к главным компонентам матрицы наблюдений. Идея МФА состоит в таком определении матрицы  $F$ , что первый из общих

факторов определяется из условия, что попарные корреляции между исходными признаками должны быть как можно меньше, если влияние этого фактора учтено [12]. Следующий общий фактор находится из условия максимального ослабления попарных корреляционных связей между исходными признаками, оставшимися после учета влияния первого общего фактора.

Результат применения указанной процедуры МФА к матрице наблюдений, составленной из приведенных согласно (1)...(6) параметров ГТД и параметров  $T_{вх}^*, P_{вх}$ , после учета первых двух факторов, имеющих наибольшие дисперсии это существенное уменьшение остаточной дисперсии, в частности, по параметру  $P_{КВДпр}$  СКО уменьшилось с 48,75 кПа до 11,98 кПа. Распределение остаточного отклонения  $\delta P_{КВД}$  по критерию  $\chi^2$  полагается нормальным с доверительной вероятностью не менее 0,95 (рис. 1) Полученные результаты имеют объяснимую физическую трактовку, поскольку коэффициент взаимокорреляции между первой главной компонентой и  $T_{вх}$  превышает 0,85, следовательно МФА позволяет учесть влияние именно этого фактора на разброс данных регистрации.

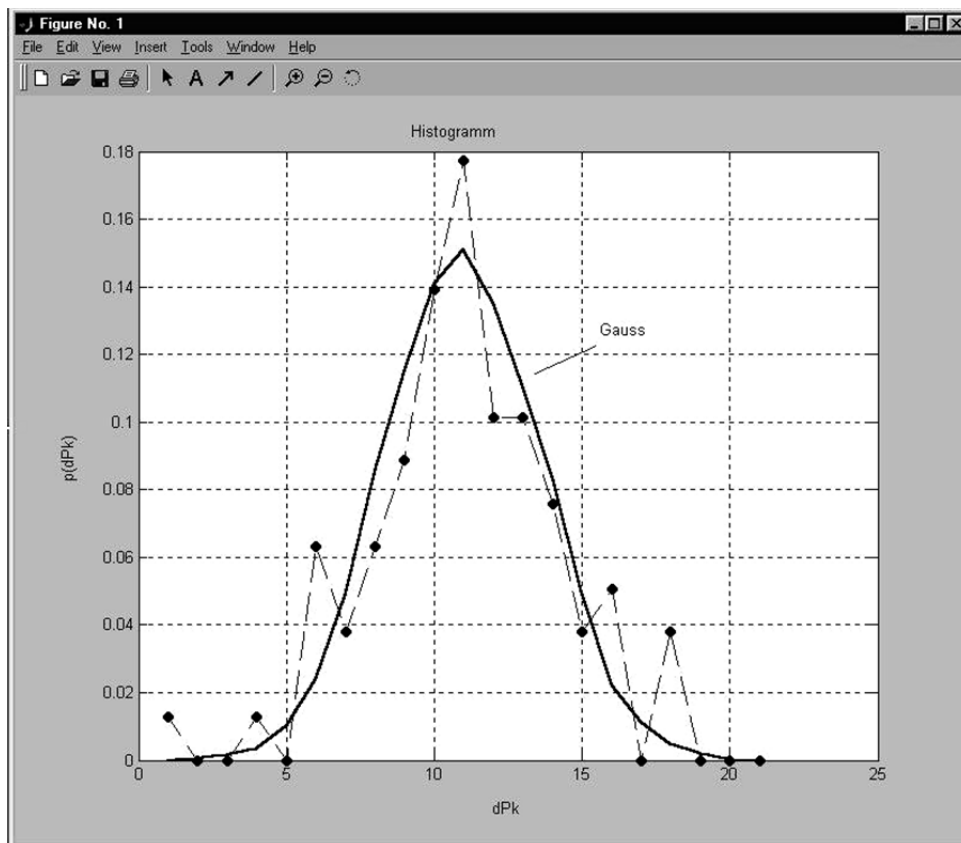


Рис. 1 – Распределение остаточного отклонения

Характерным моментом для наземных силовых установок является наличие в данных регистрации циклических компонент, соответствующих изменениям атмосферных условий и сезонным изменениям.

Следовательно, применение МФА позволяет существенно повысить надежность диагностики состояния ГТД, учесть влияние изменяющихся условий эксплуатации. Отображение данных регистрации в плоскости первых двух факторов позволяет выделить группы аномальных отклонений и тем самым идентифицировать состояние объекта [12]. Вычислительная сложность алгоритмов МГК и МФА в настоящее время не является препятствием для их использования в АСД. Однако

необходимо учитывать тот факт, что такие алгоритмы требуют достаточно представительных выборок ( $m > 80$ ) для получения доверительной вероятности порядка 0,95 [6] и объема параметров ( $p > 5$ ) для корректного решения задач МФА [12].

### 2.3 Диагностирование авиационной силовой установки по данным летной регистрации

Следующей задачей диагностирования, для которой последовательно реализованы все необходимые этапы методики, является задача оценки технического состояния ряда двухвального газотурбинного двигателя тягой 14 (16) т в составе авиационных силовых установок самолетов ВТС типа Ил-76 в процессе летной эксплуатации.

Такая задача была поставлена И.В. Егоровым (ЦИАМ) и решалась под его методическим руководством.

Наиболее представительные выборки содержат около 30 параметров летной регистрации, включая основные термогазодинамические параметры, обороты турбин и вибропараметры, для 350 полетных циклов в трех режимах: взлетный, крейсерский и 0.5 номинала. Эксплуатация двигателя прекращена после помпажа на взлетном режиме, а при осмотре обнаружены серьезные механические повреждения лопаток КВД.

В отличие от ранее рассмотренной задачи диагностирования ГТП, для выделения трендов отклонений от регрессионных моделей использован сингулярный спектральный анализ [8, 13] SSA (Singular Spectrum Analysis), основанный на анализе сингулярного спектра – набора собственных чисел сингулярного разложения траекторной матрицы [13, 14]. Под траекторной матрицей понимается матрица Ганкеля, составленная из элементов временного ряда:

$$X = \begin{bmatrix} y_1 y_2 \dots y_k \\ y_2 y_3 \dots y_{k+1} \\ \dots \\ y_m y_{m+1} \dots y_n \end{bmatrix} = [X_1, X_2, \dots, X_k] \quad (12)$$

где  $m$  – длина окна;  $n$  – число членов ряда,  $k = n - m$ .

Указанное разложение траекторной матрицы (12) позволяет упорядочить ее структуру по собственным числам:

$$X = \sum_{i=1}^S \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T, \quad (13)$$

где  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_S$  – собственные числа матрицы  $XX^T$ ,  $U_i, V_i$  – собственные и факторные векторы.

На этапе восстановления выполняется группировка составляющих (13) на непересекающиеся подмножества и усреднение по специальному алгоритму с целью получения представления ряда в виде:

$$Y = Y_{trend} + Y_{cycle} + Y_{noise},$$

то есть разложения на трендовую, периодические (циклические) составляющие и шум. Если исследуемый ряд является рядом конечной размерности, то в сингулярном разложении траекторной матрицы (13) оказывается только небольшое число ненулевых компонент, причем это число (размерность ряда) не зависит от длины окна при достаточно большом  $m$  и  $n$ . Следовательно, такой ряд относится к классу временных рядов, управляемых линейными рекуррентными формулами, то есть представляется АРСС – моделью. Однако в отличие от методов скользящего среднего в SSA не накладывается жестких ограничений на стационарность, либо аппроксимируемость тренда полиномом заданного вида.

Результаты применения методики диагностирования иллюстрируются рисунками, на которых представлены тренды отклонений по основным внутриводвигательным параметрам, а также рисунок, характеризующий тренд вибропараметров (рис. 2, 3 и 4)

На рисунках (рис. 2, 3) дополнительно обозначены реперные даты и номера полетных циклов, причем последняя точка соответствует аварийной итуации.

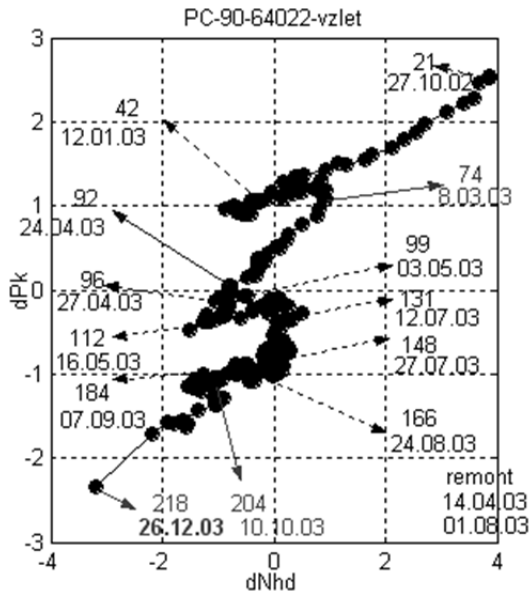


Рис. 2 – Тренд отклонения по давлению

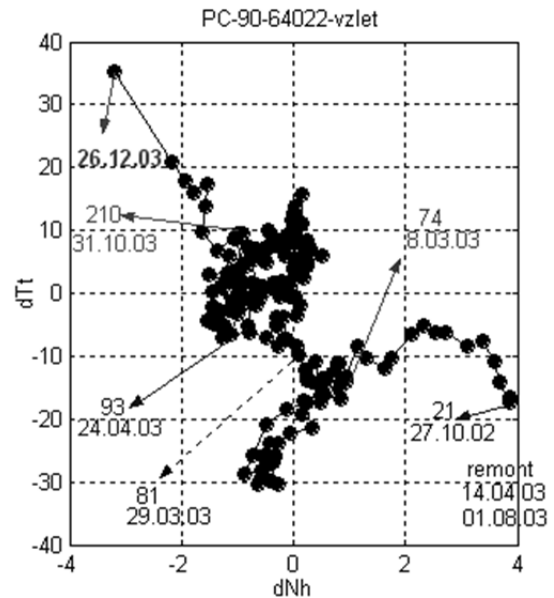


Рис. 3 – Тренд отклонения по температуре

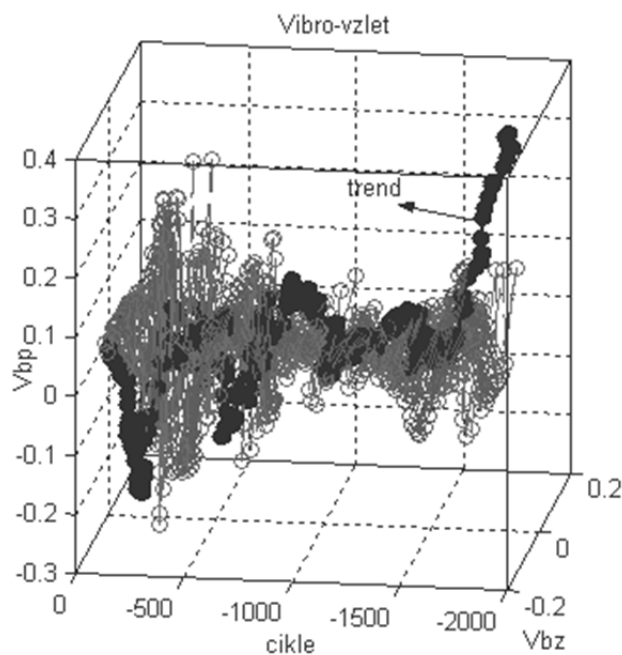


Рис. 4 – Тренд по вибропараметрам

Регрессионные модели построены непосредственно по данным регистрации после процедуры приведения к с.а.у. относительно параметра Nbd, по которому осуществляется регулирование двигателя. Естественно, по этому параметру тренд не имеет установившегося градиента. Для остаточных отклонений выполнено статистическое оценивание характера распределения.

Проведенний согласно методике анализ позволил установить, что эксплуатационный период диагностируемого двигателя может быть разделен на ряд последовательных этапов, а именно:

- установление параметров,
- первый этап снижения режимных параметров,
- второй этап снижения режимных параметров с потерей запасов ГДУ,
- излом трендов отклонений параметров относительно диагностической модели и трендов вибропараметров и развитие предаварийной ситуации.

Известные трендовые статистики, в частности, Хальда-Аббе, применяемые непосредственно к выборкам, имеют низкую эффективность из-за большого числа ложных срабатываний, и напротив, их применение к выделенным трендовым компонентам позволяет установить отрыв трендов на 208 полетном цикле по Рквд и Nвен, то есть задолго до аварии. Для нормализованных вибропараметров срабатывание указанной статистики происходит на 211 цикле (за 24 дня) с доверительной вероятностью 0.99 для  $VkP$ , на 216 цикле (за 21 день) с уровнем 0.95 для  $VbP$ , на 217 цикле с уровнем 0.95 для  $VkZ$ .

Общее заключение состоит в последовательной поэтапной деградации характеристик двигателя, что выражается в предполагаемой потере запасов ГДУ.

Примечательной особенностью условий эксплуатации диагностируемого двигателя является циклический перепад температур в чередующихся полетных циклах с размахом, превышающим 30 градусов.

Тестирование методики диагностирования на данных регистрации двигателей, результат эксплуатации которых известен, не представляется достаточно убедительным. Поэтому весьма важными являются полученные результаты диагностирования трехвального авиационного двигателя тягой 7 т., находящегося в эксплуатации. Достаточно совершенная система бортовой регистрации позволяет получить данные о совокупности параметров ГТД и его систем в динамике их изменения, а не только в виде срезов по полетным циклам, как в ранее рассмотренной задаче. В порядке авторского надзора и сопровождения в эксплуатации установленной на двигателе системы измерения давления разбоки ОАО «Элемент» выполнялся анализ данных полетной регистрации для ряда полетных циклов. В процессе такого анализа, наряду с контролем функционирования собственного изделия, выполнен анализ технического состояния двигателя по приведенной методике. Компьютерная реализация имитационных и диагностических моделей двигателя выполнена на платформе NI и сертифицированных программных продуктов LabVIEW. Результатом такого анализа стало установление факта деградации КВД с образованием S-образного участка на его характеристике и потерей ей запасов ГДУ (рис. 5).

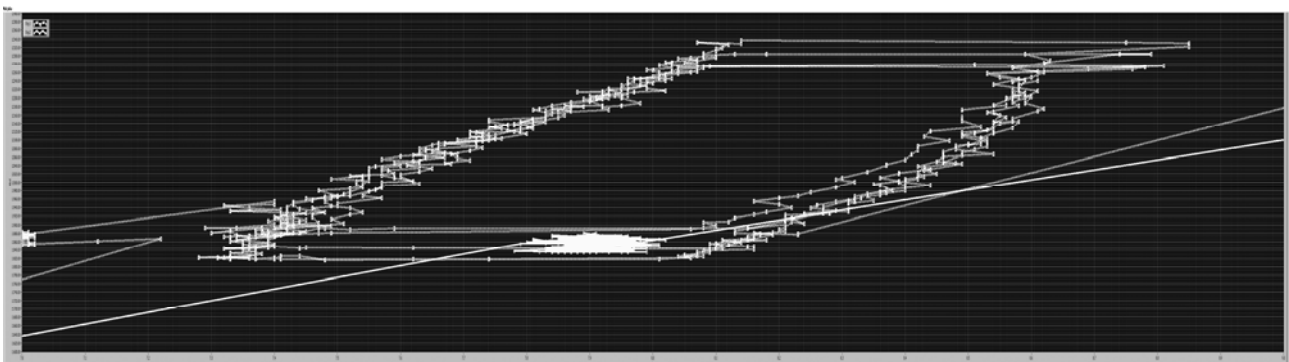


Рис. 5 – Реализация Nbd в функции от пика для двух двигателей на одном борту.



Соответственно, установлен номер полетного цикла, после которого эксплуатацию двигателя следовало бы прекратить, о чем немедленно был информирован Разработчик двигателя. Как и следовало ожидать, мнение разработчика совпало с диагностическим выводом, двигатель был снят с эксплуатации после указанного полетного цикла, а его разборка показала наличие механических повреждений лопаток компрессора.

**Заключение.** Таким образом, в настоящее время имеются все необходимые предпосылки, методическое, алгоритмическое и программное обеспечение, для решения задачи повышения достоверности оценки технического состояния газотурбинных двигателей в составе авиационных и наземных силовых установок. Указанная цель может быть достигнута путем совершенствования применяемых методик диагностирования, в которых необходимо учитывать диагностические модели ГТД, полученные по данным стендовых испытаний и в процессе эксплуатации, а также современные методы трендового анализа. Технические средства АСД позволяют в настоящее время использовать более совершенное алгоритмическое и программное обеспечение на основе универсальных и сертифицированных программных продуктов. Актуальным вопросом является отработка соответствующих методик на экспериментальных данных достаточного объема и создание прикладного ПО, что и определяет перспективы дальнейших исследований.

### Список использованных источников

1. Коротков В.Б., Криволицкий Ю.К., Михнович В.Н. и др. Эксплуатация автоматизированных систем диагностирования АСД-36СТ и АСД-38СТ газотурбинных приводов НК-36СТ и НК-38СТ на компрессорных станциях // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2003 г. – вып. 7 (42). – 105-107 с.
2. Коротков В.Б., Криволицкий Ю.К., Михнович В.Н., Тарасенко Ю.Н. Автоматизированные системы диагностирования газотурбинных двигателей НК – 36СТ и НК-38СТ // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2001. – вып.26. – 219-221 с.
3. Бочкарев С.Г., Мосоулин В.В. Автоматизированная система контроля и прогнозирования технического состояния привода газоперекачивающих агрегатов НК-14СТ // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2002. – вып. 71. –195-196 с.
4. Епифанов С.В. Синтез систем управления и диагностирования газотурбинных двигателей / Епифанов С.В., Кузнецов В.И., Богаенко И.И. и др. // – К.: Техника, 1998. – 312 с.
5. Елисеев Ю.С., Добрянский Г. В., Дема Т.Ф. Статистические методы формирования алгоритмов вычисления в полете тяги и других основных параметров газотурбинного двигателя, критериев и признаков технического состояния его узлов // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2003. – вып. 6(41). – 81-89 с.
6. Миргород В.Ф., Ранченко Г.С. Сравнительный анализ методов диагностирования технического состояния двигателя газотурбинного привода по данным регистрации // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2006. – №2 (28). – 70-74 с.
7. Егоров И.В. Диагностирование технического состояния авиационных двигателей // *Труды ЦИАМ «Научный вклад в создание авиационных двигателей»*. – М.: Машиностроение, 2000. – 651-688 с.
8. Миргород В.Ф., Ранченко Г.С. Сравнительный анализ эффективности критериев тренда в задачах диагностики ГТД // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2005. – №8 (24). – 190-194 с.
9. Миргород В.Ф., Ранченко Г.С. Вероятностные характеристики трендовой статистики Хальда-Аббе при обработке параметров регистрации ГТД // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2005. – №5 (21). – 38-142 с.

10. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений. / П.В. Новицкий, И.А. Зограф-Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
11. Марпл м.л. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. / С.Л. Марпл – М.: Мир, 1990. – 584 с.
12. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
13. Elsner I.B., Tsonis A.A. Singular Spectrum Analysis: A New Tool in Time Series Analysis. – New York, London: Plenum Press, 1996/ – 164 p.
14. Broomhead D., King G. Extracting qualitative from experimental data. // Physica D. – 1986. – V.20 – 217-236 p.

## ДІАГНОСТИЧНІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ ТРЕНДОВОГО АНАЛІЗУ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ У СКЛАДІ СИЛОВИХ УСТАНОВОК

**В.Ф. Миргород, А.Ю. Сергєєв, А.С. Ободовський, Т.М. Могилянец**

*Приведені результати вживання діагностичних моделей і методів трендового аналізу стосовно завдання діагностування технічного стану газотурбінного двигуна в тривалій експлуатації.*

*Ключові слова: технічна діагностика, регресійна модель, методи трендового і сингулярного аналізу.*

## DIAGNOSTIC MODELS AND METHODS OF ТРЕНДОВОГО OF ANALYSIS OF ESTIMATION OF THE TECHNICAL STATE OF TURBO-ENGINES IN COMPOSITION POWER-PLANTS

**V.F. Mirgorod, A.Y. Sergeev, A.S. Obodovskiy, T.M. Mogilyanec**

*The approach to joint trend control and analysis of time series, that formed by parameters of registration of power plants states in their continuous service is offered in this paper. The applied problem of estimation of technical state of aircraft power plant in its continuous service is solved.*

*Keywords: technical diagnostics, regressive model, methods of trend and singular analysis.*

УДК 681.518

**В.В. Чепкій<sup>1</sup>**, к.т.н., доц.

**В.В.Скачков<sup>1</sup>**, д.т.н., проф.

**О.М. Єфимчиков<sup>1</sup>**, к.т.н., доц.

**В.І. Павлович<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Військова академія (м. Одеса), Україна

<sup>2</sup> Одеський Національний Політехнічний Університет, м. Одеса, Україна

## КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СИСТЕМНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ВИЩОГО ВІЙСЬКОВОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

*У статті розглядається можливість застосування загальносистемного підходу для організації єдиного інформаційного середовища вищого військового навчального закладу. У відповідності до такого підходу, реалізуючи ідею «системного ефекту», формується концептуальну модель системної організації*