УДК 62.001.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОСИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПО ПАРАМЕТРАМ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

© 2008 М.А. Ковалев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Статья посвящена развитию теоретической базы метода определения технического состояния гидравлических систем на основе анализа параметров рабочей жидкости. Приведена обобщенная статистическая модель контроля работоспособности гидросистем по параметрам рабочей жидкости. Получена математическая модель состояния рабочей жидкости гидросистем, описывающая динамику изменения параметров жидкости и их взаимное влияние. Обе модели представлены в векторном и тензорном видах. Указана методология построения и алгоритм работы системы контроля технического состояния гидросистем по параметрам рабочей жидкости.

В последнее время большое внимание специалистов уделяется проблеме повышения надежности бортовых систем воздушных судов (ВС). Одной из наиболее важных из них, техническое состояние которой непосредственно влияет на безопасность полетов, является гидравлическая система (ГС).

Для определения технического состояния ГС и их отдельных агрегатов широкое распространение получили методы, основанные на контроле параметров рабочей жидкости (РЖ). Предпосылками для разработки этих методов является то, что параметры РЖ не только определяют работоспособность ГС (основной характеристикой ГС является давление РЖ в линии нагнетания), но и содержат важную диагностическую информацию о техническом состоянии ГС, а также оказывают существенное влияние на долговечность ее агрегатов [1,2].

При определения технического состояния ГС по параметрам РЖ используется допусковый метод контроля. Этот подход предполагает оценивание диагностических признаков и сопоставление полученных оценок с допустимыми значениями.

Допустим, что для определения технического состояния ГС необходимо произвести оценивание m признаков, характеризующих состояние РЖ, которые образуют вектор оцениваемых величин $X=[\, x_1,\ x_2,\ ...,\ x_m]^T$. В общем случае величины x_i являются взаимозависимыми и случайными. Тогда состояние жидкости в любой фиксированный момент времени можно представить совокупностью m случайных величин, характеризующих значения оцениваемых признаков.

Геометрически состояние РЖ в фиксированный момент времени t можно охарактеризовать некоторой точкой в m – мерном пространстве, соответствующей оконечности вектора $X(t)$. Эта точка в процессе эксплуатации занимает различные положения, которые в совокупности представляют область S возможных состояний РЖ. Причем метод контроля технического состояния ГС по параметрам рабочей жидкости предполагает, что работоспособному состоянию ГС будут соответствовать определенные значения признаков x_i. То есть на каждый признак задаются допуски x'_i и (или) x''_i, характеризующие минимальное и (или) максимальное значения, соответствующие работоспособному состоянию ГС. Тогда работоспособному состоянию ГС будут соответствовать определенная область S_p m – мерного пространства значений оцениваемых величин РЖ ($S_p \in S$), ограниченная поверхностью, положение которой задается значениями допусков на эти величины. До тех пор пока рабочая точка находится в пределах этой ограниченной области, ГС может считаться работоспособной.

Иными словами, геометрически в m – мерном пространстве область возможных значений вектора признаков $X(t)$ состоит из двух непересекающихся областей, характеризующих, соответственно, работоспособное и неработоспособное состояния ГС. Причем факт перехода ГС в неработоспособное состояние может быть установлен в случае пересечения кривой, описывающей траекторию рабочей точки и характеризующей состояние РЖ, границ, задаваемых допусками. Тогда работоспособность ГС может быть определена путем решения следующего векторного уравнения

$$X(t) - \alpha = 0, \tag{1}$$

где α – вектор, описывающий поверхность рабочей области S_p.

Уравнение (1) является обобщенной статистической моделью контроля работоспособности ГС на основе анализа параметров РЖ. При построении модели для конкретной системы контроля наиболее важной и сложной является задача оптимизации выбора признаков, составляющих вектор X и подлежащих оцениванию. Предпочтение следует отдавать тем признакам, которые имеют наибольшую диагностическую ценность, позволяют обнаружить неисправности на возможно более ранних стадиях их развития и которые удобно определять, измерять в процессе эксплуатации и обрабатывать при анализе.

Наиболее общий подход к выбору диагностических признаков для оценки технического состояния ГС состоит в анализе потерь информации, связанных с неполнотой контроля параметров. В технической диагностике информацию о техническом состоянии системы определяют как разность энтропии системы до и после получения информации. Методология применения такого подхода к оцениванию информативности параметров хорошо разработана [1]. На основе этого подхода можно сформировать перечень параметров, позволяющих получить информацию, количество которой достаточно для определения технического состояния ГС.

Очевидно, что наименование и количество анализируемых параметров будут определяться спектром задач, решаемых системой контроля. Так способность ГС выполнять свою основную функцию (передача гидроэнергии от источников к приводам), характеризуется такими параметрами РЖ как давление и расход на различных участках ГС, температура жидкости, ее утечки и др. Контроль этих параметров позволяет оценить техническое состояние агрегатов ГС. Однако помимо контроля состояния гидроагрегатов важной задачей является определение состояния самой РЖ, поскольку оно непосредственно влияет на долговечность гидроагрегатов посредством выполнения таких задач как смазка трущихся поверхностей, отвод с них продуктов (частиц) износа, а также снижение рабочей температуры этих поверхностей до номинальных значений. Способность качественно решать эти задачи определяется такими параметрами РЖ как ее вязкость, химический состав, уровень загрязнения и др.

Таким образом, при выборе диагностических признаков необходимо определить круг задач, решаемых системой контроля, и выбрать параметры РЖ, позволяющие их решить с требуемой точностью.

Однако при решении задачи диагностирования технического состояния ГС большое значение имеют не только признаки - параметры РЖ, но и признаки, характеризующие динамику изменения этих параметров. Они позволяют экстраполировать значения этих параметров, а, следовательно, определять остаточный ресурс гидроагрегатов. В некоторых ситуациях такие признаки используются для определения других (косвенных) параметров РЖ, непосредственный контроль которых либо невозможен, либо затруднен. Например, путем определения скорости снижения давления в линии нагнетания после отключения источников гидроэнергии определяют уровень внутренних утечек в ГС, который является важнейшим диагностическим признаком технического состояния ГС.

При выборе диагностических признаков следует обязательно учитывать характеристики взаимных статистических связей признаков, которые отражают взаимосвязи между различными процессами в авиационном гидроприводе. Знание взаимных статистических связей (признаков) позволяет в случае необходимости устанавливать значения одних признаков по значениям других, а также в случае отказа правильно определить его причину. Значение этих признаков можно либо рассчитать теоретическим или опытным путем, либо включить в вектор оцениваемых величин X.

Для исследования динамики изменения параметров РЖ и их взаимного влияния целесообразно построить математическую модель, описывающую состояние РЖ ГС.

Допустим, что для контроля состояния РЖ ГС выбрано n параметров $y_1(t), y_2(t), ..., y_n(t)$, образующих вектор параметров РЖ $Y(t)$. Параметры $y_i(t)$ можно считать случайными процессами. Причем изменение значения одного из параметров в общем случае приводит к изменению значений остальных, т.е. параметры взаимозависимы. Тогда уравнение, описывающее изменение одного из параметров, должно учитывать изменения других параметров, т.е.

$$y_i(t) = f_i(t, y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n). \quad (2)$$

Соответственно вектор параметров $Y(t)$ можно описать выражением

$$Y(t) = \begin{bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ \vdots \\ y_i(t) \\ \vdots \\ y_n(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(t, y_2, y_3, \dots, y_n) \\ f_2(t, y_1, y_3, \dots, y_n) \\ \vdots \\ f_i(t, y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n) \\ \vdots \\ f_n(t, y_1, y_2, \dots, y_{n-1}) \end{bmatrix}$$

или $Y(t)=F(t,Y)$. (3)

Для того чтобы учесть динамику изменения параметров и их взаимное влияние воспользуемся представлением параметров $y_i(t)$ путем их разложения в ряд Тейлора.

Пусть вектор $Y(t)$ содержит лишь один параметр $y(t)$. Тогда значение этого параметра в момент времени t+Дt можно определить на основе выражения

$$y(t+\Delta t) = y(t) + \frac{dy(t)}{dt}\Delta t + \frac{1}{2}\frac{d^2y(t)}{dt^2}\Delta t^2 + \\ + \frac{1}{6}\frac{d^3y(t)}{dt^3}\Delta t^3 + \dots \quad (4)$$

В случае, когда анализу подлежат n параметров РЖ динамика изменения параметра $y_i(t)$ будет описываться уравнением [3]

$$y_i(t+\Delta t) = y_i(t) + df_i + \frac{1}{2}d^2 f_i + \frac{1}{6}d^3 f_i + \dots, \quad (5)$$

где $f_i = f_i(t, y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n)$,

$$d^k f_i = \left(\frac{\partial}{\partial t}\Delta t + \sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\partial}{\partial y_j}\Delta y_j\right)\right)^k f_i \quad (6)$$

– условное обозначение полного дифференциала k – го порядка функции f_i. Его надо понимать так: сначала “возводим в k – тую степень” многочлен $\frac{\partial}{\partial t}\Delta t + \sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\partial}{\partial y_j}\Delta y_j\right)$, так как если бы символы $\partial t, \partial y_i, \partial$ обозначали самостоятельные алгебраические величины. Затем “открываем скобки”, приписывая к каждому символу ∂^k множитель f_i. После этого вкладываем во все символы их истинный смысл. Выражения для определения полного дифференциала первого и второго порядка принимают следующий вид

$$df_i = \frac{\partial f_i}{\partial t}\Delta t + \sum_{j=1}^{n}\frac{\partial f_i}{\partial y_j}\Delta y_j,$$

$$d^2 f_i = \frac{\partial^2 f_i}{\partial t^2}\Delta t^2 + \sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\partial^2 f_i}{\partial y_j^2}\Delta y_j^2\right) + 2\frac{\partial f_i}{\partial t}\Delta t \times \\ \times \sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\partial f_i}{\partial y_j}\Delta y_j\right) + 2\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\partial f_i}{\partial y_j}\Delta y_j \sum_{\substack{l=1 \\ l\neq j}}^{n}\left(\frac{\partial f_i}{\partial y_l}\Delta y_l\right)\right).$$

При этом $\frac{df_i}{dy_i} = 0$ в силу независимости $f_i(t, y_1, y_2, ..., y_{i-1}, y_{i+1}, ... y_n)$ от y_i.

С учетом (3) уравнение (5) можно записать в векторном виде

$$Y(t+\Delta t) = Y(t) + dF(t,Y) + \frac{1}{2}d^2F(t,Y) + \\ + \frac{1}{6}d^3F(t,Y) + \ldots \quad (7)$$

где

$$d^kF = \left[d^kf_1 \quad d^kf_2 \quad \ldots \quad d^kf_n\right]^T. \quad (8)$$

Уравнения (6) – (8) описывают процесс изменения во времени вектора параметров РЖ, а также учитывают взаимное влияние параметров. Однако в правой части выражения (7) присутствует бесконечное число слагаемых. Поэтому следующим шагом при построении математической модели состояния РЖ является определение количества слагаемых для каждого из параметров, образующих вектор *Y*, обеспечивающих решение поставленных задач с заданной точностью. С учетом осуществления этого шага уравнения (6) – (8) можно назвать математической моделью состояния РЖ ГС. На основе ее анализа можно определить величины, характеризующие состояние РЖ и подлежащие оцениванию в ходе контроля технического состояния ГС, т.е. построить вектор оцениваемых признаков *X(t)*. Источниками информации о значениях этих признаков являются датчики. Кроме того, вектор *X(t)* может содержать некоторые бинарные величины, характеризующие наличие или отсутствие сигналов от различного рода сигнализаторов (реле), установленных в ГС. Например, на большинстве самолетов в ГС устанавливаются сигнализаторы давления, срабатывающие при снижении давления в ГС ниже заданного значения, что сигнализирует об отказе ГС.

Таким образом, метод контроля технического состояния ГС по параметрам РЖ с использованием модели (6) – (8) предполагает следующую методику построения и функционирования системы контроля:

- определяем наименование и количество параметров РЖ, подлежащих оцениванию (формируем вектор параметров РЖ *Y*);
- строим математическую модель состояния РЖ на основе уравнений (6) – (8), определив при этом число слагаемых в правой части выражений, описывающих каждый из параметров вектора *Y*;
- формируем вектор оцениваемых величин *X* и с учетом допустимых значений диагностических признаков на основе обобщенной модели (1) синтезируем статистическую модель контроля работоспособности анализируемой ГС;
- рассчитав значения диагностических признаков, устанавливаем работоспособность исследуемой системы.

Для наглядности построим статистическую модель контроля работоспособности одноконтурной ГС, в которой оценивается только давление РЖ в линии нагнетания *p(t)*. Будем считать, что в данной ГС помимо датчика давления РЖ установлен также сигнализатор давления. Такая система контроля работоспособности ГС используется на многих отечественных самолетах. В этом случае математическая модель состояния РЖ ГС будет описываться уравнением (4), в котором *y(t)=p(t)*.

Исходя из условий конкретной задачи и выбрав интервал Д*t<<1*, количество слагаемых в правой части выражения (4) можно существенно сократить, что значительно упростит данное уравнение. Так, например, если ограничиться тремя слагаемыми, то математическая модель изменения давления примет вид приближенного равенства

$$p(t+\Delta t) \approx p(t) + \frac{dp(t)}{dt}\cdot\Delta t + \frac{1}{2}\frac{d^2p(t)}{dt^2}\cdot\Delta t^2. \quad (9)$$

Анализ выражения (15) показывает, что значение давления РЖ ГС в момент времени $t+\Delta t$ будет определяться значением этого параметра в момент времени t, величиной интервала $\Delta = t$, а также значениями скорости $\frac{dp(t)}{dt}$ и ускорения $\frac{d^2p(t)}{dt^2}$ изменения давления.

С учетом выражения (9) статистическая модель контроля работоспособности ГС будет описываться следующей системой уравнений

$$\begin{cases} p_н < p(t) < p_в; \\ p_н' < \dfrac{dp(t)}{dt} < p_в'; \\ p_н'' < \dfrac{d^2p(t)}{dt^2} < p_в''; \\ p_c = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Здесь $p_н$, $p_в$, $p_н'$, $p_в'$, $p_н''$ и $p_в''$ – нижние и верхние допустимые значения (границы) давления, а также скорости и ускорения изменения давление соответственно. Последнее уравнение в системе (10) характеризует ситуацию, когда сигнал на выходе сигнализатора давления отсутствует. При срабатывании сигнализатора $p_c=1$.

Модель (10) предполагает, что объект – ГС – работоспособен, если выполняются все условия, составляющие систему. Если же хотя бы одно из условий не выполняется, то объект неработоспособен.

Уравнения (6) – (8) в векторной форме записи удобны для представления только несложной одноконтурной ГС. Вместе с тем ГС ВС являются многоконтурными и состоят из нескольких отдельных ГС, каждая из которых обслуживает своих потребителей. Например, на тяжелых самолетах используют три или четыре самостоятельные, независимые друг от друга гидросистемы. Это позволяет повысить суммарную мощность бортовой гидросистемы, а также увеличить ее надежность за счет многократного резервирования функциональных подсистем [2]. Причем используются различные схемы резервирования. Они предполагают либо одновременное подключение функциональных подсистем к нескольким отдельным ГС (“горячее” резервирование), либо переключение с отказавшей отдельной ГС на исправную (“холодное” резервирование). Тем самым отдельные ГС, составляющие бортовую ГС, действуя независимо, взаимно дополняют друг друга.

Многоконтурное построение ГС и сложные схемы резервирования значительно усложняют задачу анализа функционирования ГС. Для решения этой задачи целесообразно использовать представление ГС на основе математического аппарата тензорного анализа сетей [4]. Такое представление позволяет описать с необходимым уровнем детализации многоконтурные ГС и учесть резервирование любого типа и уровня сложности. Соответственно при таком описании ГС и математическая модель состояния РЖ (6) – (8) также должна быть представлена в тензорном виде. Для решения этой задачи воспользуемся индексами и обозначениями, применяемыми в тензорном анализе [4]. Тогда математическая модель состояния РЖ ГС будет иметь следующий вид

$$y^i(t+\Delta t) = y^i(t) + S_t^{ij}\cdot\Delta y_j' + M_t^{ijk}\cdot\Delta y_j'\cdot\Delta y_k' + D_t^{ijkl}\cdot\Delta y_j'\cdot\Delta y_k'\cdot\Delta y_l' + \ldots, \tag{11}$$

где $i = 1\ldots n;\ j,k,l = 0\ldots n;\ y^i$ – тензор валентности один (вектор) параметров РЖ; $y' = \begin{bmatrix} t & y_1 & \ldots & y_n \end{bmatrix}^T$ – расширенный тензор (вектор) параметров, в котором роль нулевого члена выполняет время t; $\Delta y' = \begin{bmatrix} \Delta t & \Delta y_1 & \ldots & \Delta y_n \end{bmatrix}^T$ – расширенный тензор (вектор) приращений параметров; S, M, D – тензоры.

Тензор валентности два (матрица)

$$S_t^{ij} = \frac{\partial y^i}{\partial y_j'},\ i = 1\ldots n;\ j = 0\ldots n, \tag{12}$$

содержит $n\cdot(n+1)$ элементов. Для параметра с номером a (столбец S_t^{ij}) он описывается вектором

$$S_t^{aj} = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial y^a}{\partial t} & \dfrac{\partial y^a}{\partial y_1} & \ldots & \dfrac{\partial y^a}{\partial y_n} \end{bmatrix}^T .$$

Тензор валентности три (геометрический эквивалент – параллелепипед)

$$M_t^{ijk} = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 y^i}{\partial y_j'\partial y_k'},\ i = 1\ldots n;\ j,k = 0\ldots n, \tag{13}$$

содержит n матриц с числом элементов $(n+1)^2$. Тензор M_t^{ijk} для параметра с номером a - это матрица вида

$$M_t^{ajk} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial t\partial t} & \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial t\partial y_1} & \cdots & \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial t\partial y_n} \\ \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial y_1\partial t} & \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial y_1\partial y_1} & \cdots & \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial y_1\partial y_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial y_n\partial t} & \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial y_n\partial y_1} & \cdots & \dfrac{\partial^2 y^a}{\partial y_n\partial y_n} \end{bmatrix}.$$

Тензор валентности четыре

$$D_t^{ijkl} = \frac{1}{6}\frac{\partial^3 y^i}{\partial y_j'\partial y_k'\partial y_l'},\ i = 1\ldots n;\ j,k,l = 0\ldots n, \tag{14}$$

содержит $n\cdot(n+1)^3$ элементов.

Таким образом, уравнения (11) - (14) описывают математическую модель состояния РЖ ГС в тензорном виде. В рассмотренном варианте записи полученные уравнения также как и выражения (6) - (8) можно применить для описания параметров РЖ несложной одноконтурной ГС. Математическая модель состояния РЖ сложной ГС, состоящей из w отдельных ГС, должна описывать n параметров каждой из w систем. Получить такую модель можно, если в выражении (11) каждый параметр y^i в тензоре y^i, $i=1...n$, заменить тензором (вектором), описывающим значение этого параметра во всех w отдельных ГС. Такой тензор, элементами которого являются также тензоры, называют мультитензором [4]. Обозначим его как y^{ih}. Здесь $i=1...n$ – номер параметра, $h = 1...w$ – номер отдельной ГС в составе сложной ГС.

Если допустить, что параметры РЖ одной из ГС не влияют на параметры РЖ другой ГС, то мультитензорное представление ГС не приведет к существенному усложнению математической модели. Тогда в правой части выражения (11) вектор (тензор) $\Delta y'$ необходимо заменить матрицей (мультитензором валентности два) $\Delta y^{h}{}'$, столбцами которой являются векторы $\Delta y'$, составленные для каждой из отдельных ГС, а S, M и D – мультитензорами третьей, четвертой и пятой валентности соответственно, т.е. выражение (11) примет следующий вид:

$$y^{ih}(t+\Delta t) = y^{ih}(t) + S_t^{ijh} \cdot \Delta y_j^{h}{}' + M_t^{ijkh} \times \\ \times \Delta y_j^{h}{}' \cdot \Delta y_k^{h}{}' + D_t^{ijklh} \cdot \Delta y_j^{h}{}' \cdot \Delta y_k^{h}{}' \cdot \Delta y_l^{h}{}' + \ldots \qquad (15)$$

При этом в случае анализа отдельной ГС с номером a необходимо в уравнении (15) переменную h заменить на постоянную a, что можно рассматривать как понижение размерности всех тензоров в этом уравнении. Тогда валентность величин в уравнении (15) будет равна размерности аналогичных величин выражения (11), а вычислительная сложность задачи при переходе к мультитензорам не изменится. Фактически для того, чтобы описать состояние РЖ сложной ГС необходимо решить задачу (11) - (14) для каждой из отдельных ГС.

Попытка учесть взаимную зависимость параметров различных ГС приведет к существенному усложнению модели (11) – (14), поскольку при этом значительно возрастет валентность тензоров в правой части уравнения (11), а, следовательно, и вычислительная сложность задачи.

Следует отметить, что в реальных ГС параметры РЖ отдельных ГС можно считать независимыми. Поэтому выражение (15) с достаточной степенью достоверности описывает состояние РЖ многоконтурной ГС.

С учетом выражения (1) обобщенную статистическую модель контроля работоспособности многоконтурной ГС по параметрам РЖ можно описать следующим уравнением

$$x^{ih} - \boldsymbol{\alpha} = 0, \qquad (16)$$

где $i=1...m$, $h=1...w$; x^{ih} и $\boldsymbol{\alpha}$ – мультитензоры одинаковой размерности и валентности.

Таким образом, статистическая модель (16) позволяет описать процесс контроля работоспособности сложных ГС по параметрам РЖ. Эта модель предполагает следующую методику построения системы контроля.

1. Путем анализа информационных свойств параметров с учетом заданного уровня достоверности решения задачи формируется список параметров РЖ, подлежащих анализу с целью установления работоспособности исследуемой ГС.

2. Для выбранных параметров РЖ синтезируется математическая модель, описывающая состояния РЖ ГС. Для этого используются выражения в векторной (6) – (8) или тензорной (11) – (15) формах записи, в которых исходя из требуемой точности решения задачи определяется количество слагаемых в правой части каждого из уравнений.

3. На основе математической модели состояния РЖ формируется вектор (тензор) величин, подлежащих оцениванию в ходе определения работоспособности ГС. Этот вектор (тензор) будет содержать параметры РЖ и производные от них величины, характеризующие динамику изменения параметров и их взаимное влияние.

4. Используя выражения (1) в векторной или (16) в тензорной формах записи строится статистическая модель контроля работоспособности анализируемой ГС по параметрам РЖ, в основе которой лежит допусковый принцип. Она определяет алгоритм работы и структуру системы контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Башта Т.М., Бабанская В.Д., Головко Ю.С. и др*. Надежность гидравлических систем воздушных судов / Под ред. *Т.М.Башты*. М.: Транспорт, 1986.
2. *Акопов М.Г., Бекасов В.И., Долгушев В.Г. и др.* Системы оборудования летательных аппаратов: / Под ред. *Матвеенко А.М., Бекасова В.И.* М.: Машиностроение, 2005.
3. *Выгодский М.Я.* Справочник по высшей математике. М.: Астрель; АСТ, 2002.
4. *Крон Г.* Тензорный анализ сетей / Под редакцией *Л.Т.Кузина, П.Г.Кузнецова.* М.: Советское радио, 1978.

SOFTWARE OF THE QUALITY MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF HYDROSYSTEMS OF AIR COURTS ON PARAMETERS OF THE WORKING LIQUID

© 2008 M.A. Kovalev

Samara State Aerospace University

Article is devoted to development of theoretical base of a method of definition of a technical condition of hydraulic systems on the basis of the analysis of parameters of a working liquid. The generalized statistical model of the control of serviceability of hydrosystems on parameters of a working liquid is resulted. The mathematical model of a condition of a working liquid of the hydrosystems, describing dynamics of change of parameters of a liquid and their mutual influence is received. Both models are submitted in vector and tensor kinds. The methodology of construction and algorithm of work of the monitoring system of a technical condition of hydrosystems on parameters of a working liquid is specified.