

Диагностика технического состояния ГТД по регистрируемым параметрам

Определения

1. Диагностика-отрасль знаний, включающая в себя теорию и методы организации процессов диагноза, а так же принципы построения средств диагноза.
2. Техническая диагностика-наука о распознавании состояния технической системы (объекта - АД).
3. Техническое диагностирование-процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью.
4. Техническое состояние-совокупность подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств объекта, характеризующихся в определенный момент признаками, установленными технической документацией на этот объект.
5. Объект технического диагностирования-изделие или его составные части, техническое состояние которых подлежит определению.
6. Состояние объекта диагностирования-выраженная через определенные параметры степень его работоспособности в данный момент времени.
7. Контроль технического состояния-определение вида технического состояния.
8. Контролепригодность-свойство изделия, характеризующее его приспособленность к проведению контроля заданными средствами по заданным технологиям.

Определения

9. Система технического диагностирования-совокупность средств, объекта диагностирования, а также персонала, обеспечивающего процесс диагностирования.
10. Средство технического диагностирования-совокупность устройств и предписаний для проведения диагностирования.
11. Прогнозирование технического состояния-процесс определения технического состояния на предстоящий интервал времени.
12. Алгоритм технического диагностирования-совокупность предписаний о проведении диагностирования.
13. Метод технического диагностирования-определенное физическое или математическое толкование принципа формирования алгоритма диагностирования технической системы (объекта).
14. Способ оценки состояния-сформированное в виде алгоритма правило отнесения состояния объекта диагностики к определенной категории.
15. Диагноз-результат процесса диагностирования системы (объекта) с позиции оценки ее (его) состояния.
16. Параметры состояния-величины, характеризующие способность объекта диагностирования выполнять свои функциональные свойства.
17. Признаки состояния-величины, функционально или вероятно связанные с параметрами состояния.
18. Пространство состояний-множество, образованное совокупностью параметров состояния.
19. Пространство признаков состояния-множество, образованное совокупностью признаков состояния.

Определения

20. Информативность признаков состояния-величина, количественно характеризующая значимость признака состояния в оценке самого состояния.
21. Класс состояний-совокупность состояний, объединенная по одному или нескольким признакам.
22. Классификация состояний-разделение множества состояний на классы состояний.
23. Параметр изделия-характеристика изделия, отображающая физическую величину.
24. Контроль параметра изделия-процесс определения соответствия значения параметра требованиям, установленным НТД.
25. Диагностический признак (параметр)-признак (параметр) объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения технического состояния.
26. Математическая модель-функция, связывающая вектор параметров с варьируемыми параметрами (параметрами состояний), внешними и начальными условиями.
27. Расчетная модель АД-модель, соответствующая расчетным данным АД.
28. Индивидуальная модель АД-модель со значениями параметров индивидуального АД.
29. Среднестатистическая модель-модель со значениями параметров, равными среднестатистическим для данного типа двигателей.
30. Идентификация модели-определение значений параметров, входящих в математическую модель по результатам измерений, содержащих случайные ошибки из условия наилучшего совпадения результатов расчета и измерений.
31. Диагностическая модель АД-математическое описание взаимосвязи между параметрами, характеризующими состояние двигателя или его отдельных элементов с признаками этого состояния.
32. Эффективность диагностики-степень объективности принятия решения о состоянии объекта диагностики при условии минимума потерь.

Ошибка 1 и 2 рода

Предполагаемое состояние АД	Истинное состояние АД
не исправен	исправен

Ошибка 1 рода

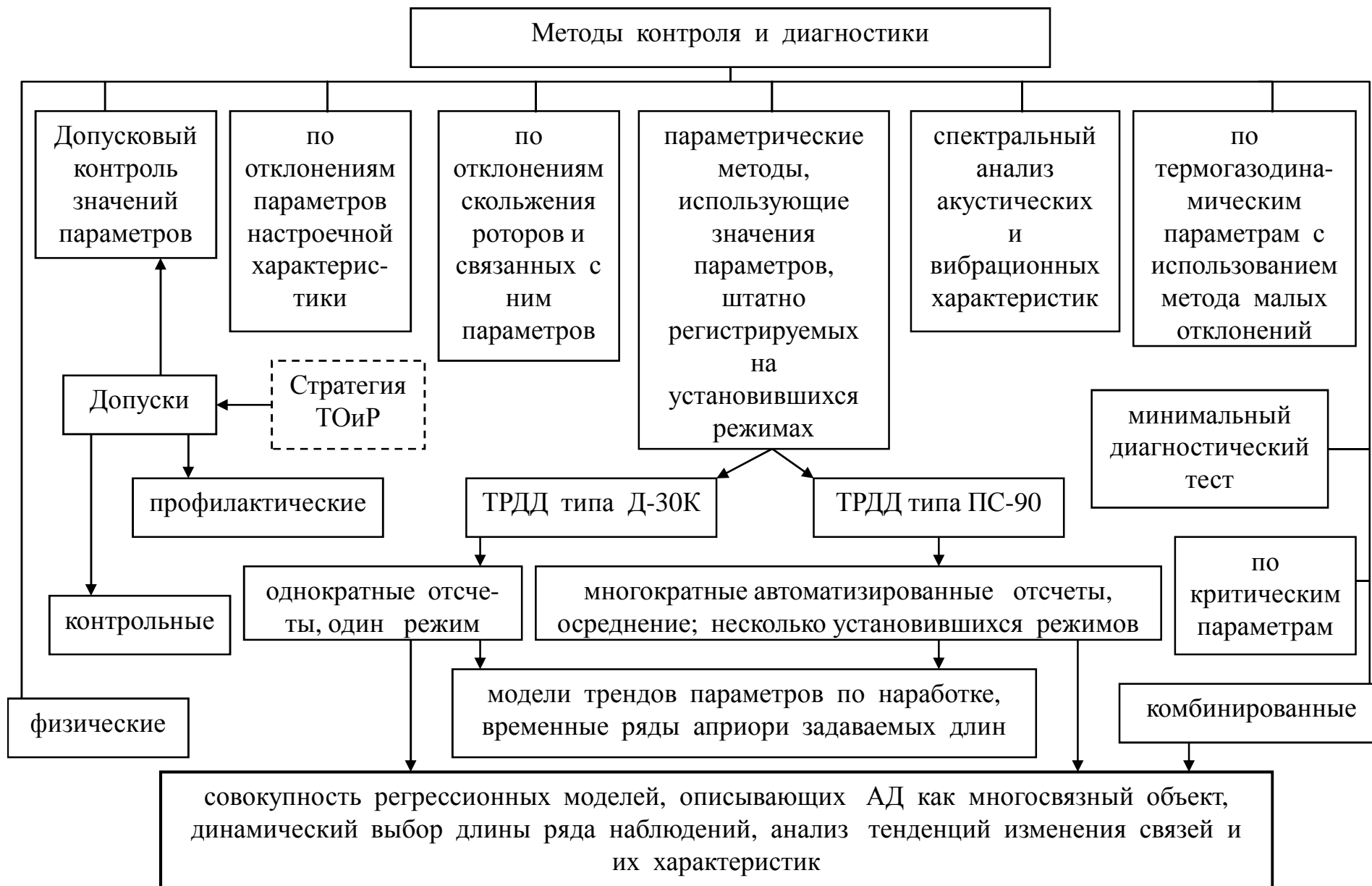
К понятию ошибки 1 рода

Предполагаемое состояние АД	Истинное состояние АД
исправен	не исправен

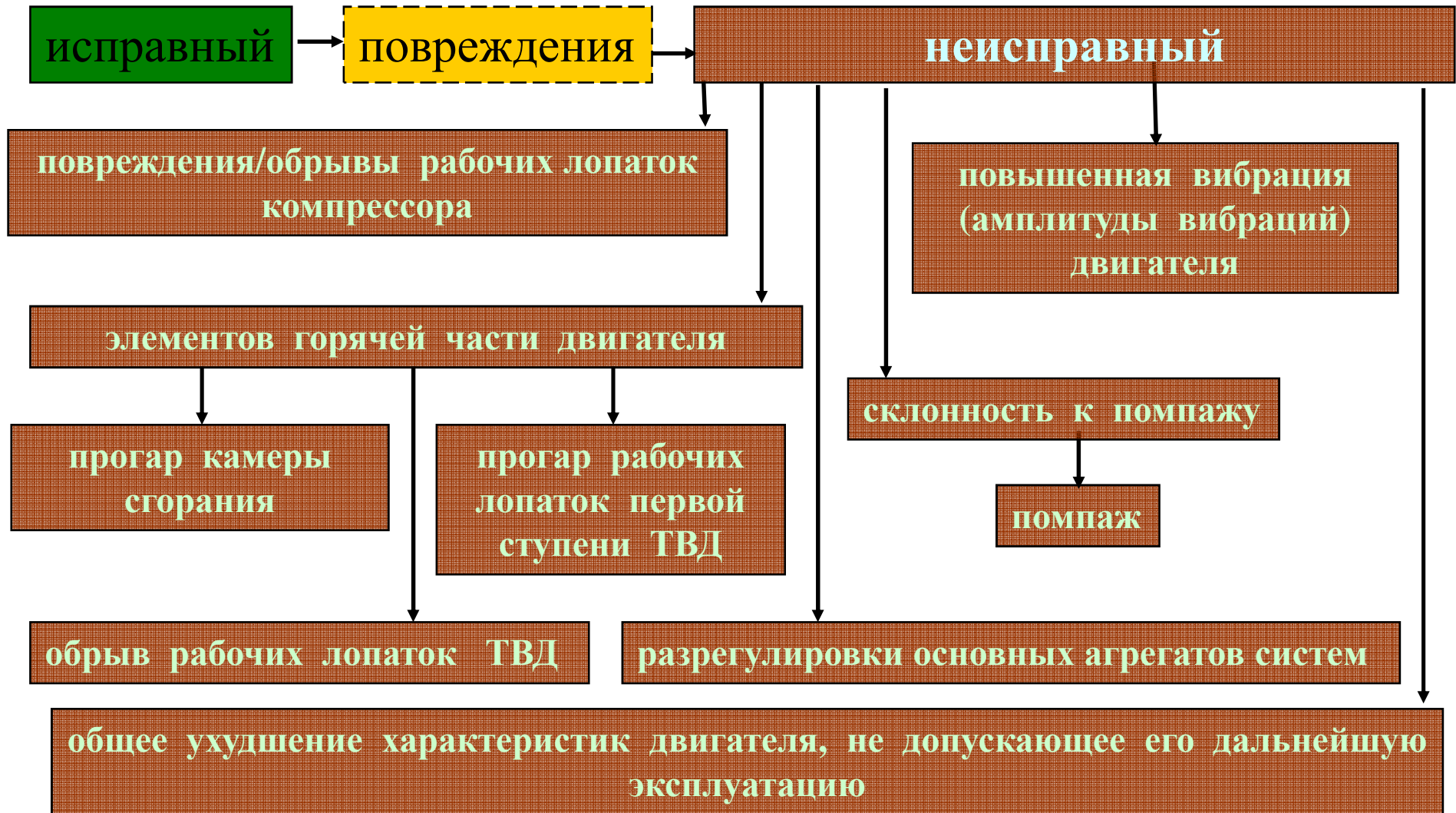
Ошибка 2 рода

К понятию ошибки 2 рода

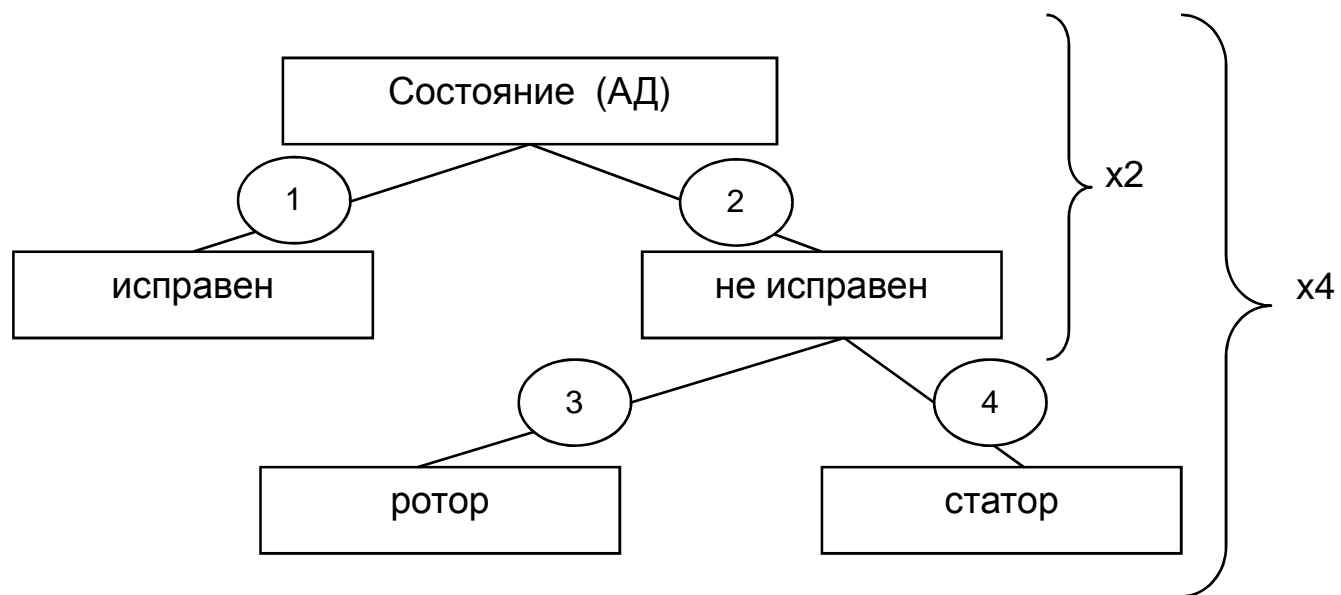
Некоторые методы диагностирования АД и особенности моделей, исходной штатно регистрируемой параметрической диагностической информации



Основные состояния

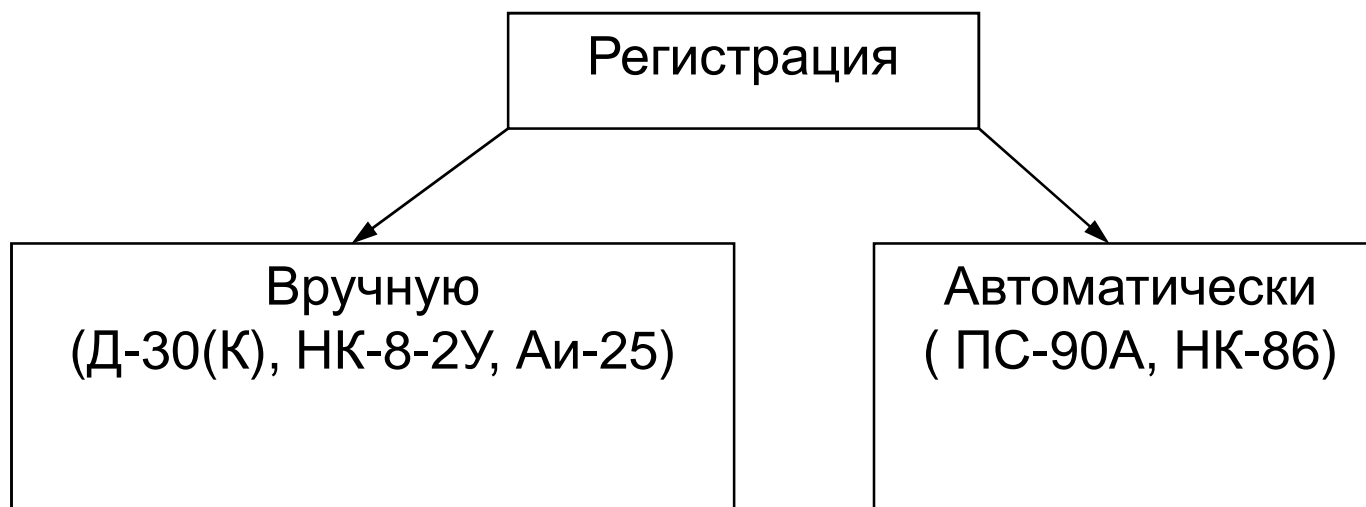


К понятию глубины диагностирования

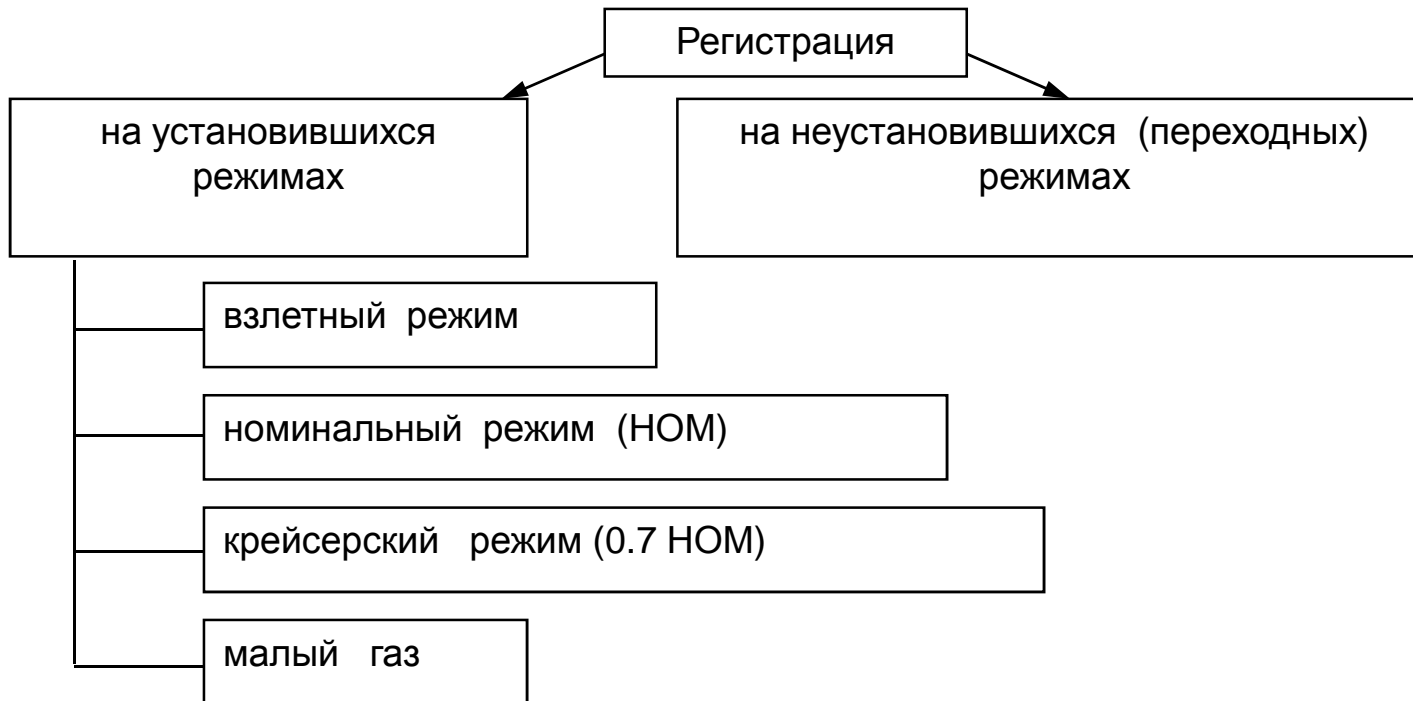


и т.д.

Способы регистрации диагностической информации



Режимы регистрации диагностической информации



Группы регистрируемых параметров

1) **термогазодинамические параметры**: температура воздуха на входе в двигатель, температура воздуха на выходе из компрессора (ВД), температура газов (перед) за турбиной (-ами), давление воздуха на входе в двигатель, давление воздуха на выходе из компрессора, обороты роторов всех каскадов, углы установки РВНА;

2) **масла** : давление масла на входе в двигатель, температура масла на входе в двигатель, температура масла отводимого от опор двигателя (как правило, - только от задней опоры КВД, опор турбин), сигнализация минимального давления масла, стружки в масле;

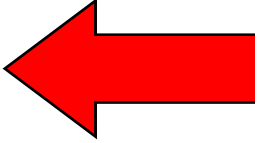
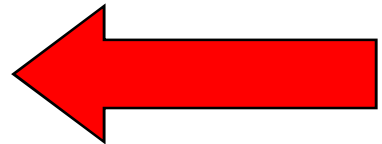
3) **топлива** : давление топлива за подкачивающим и основным насосами, сигнализация минимального давления топлива, сигнализация перепада давления на топливном фильтре;

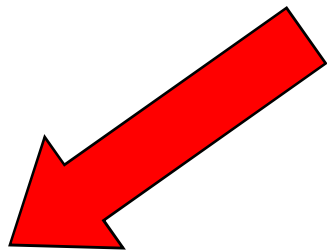
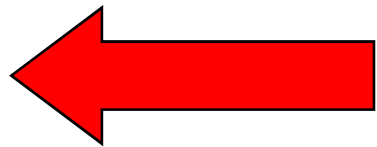
4) **вибрации** - по узлам подвески, опорам, в районе коробок приводов.

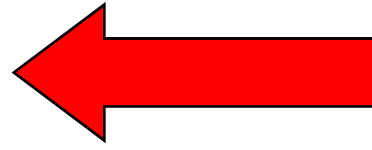
Перечень контролируемых и регистрируемых параметров

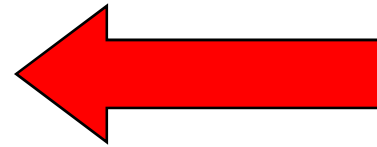
Перечень контролируемых и регистрируемых параметров

Перечень контролируемых и регистрируемых параметров









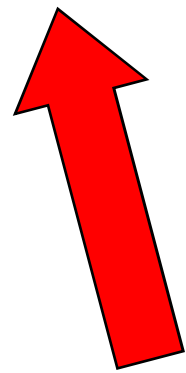
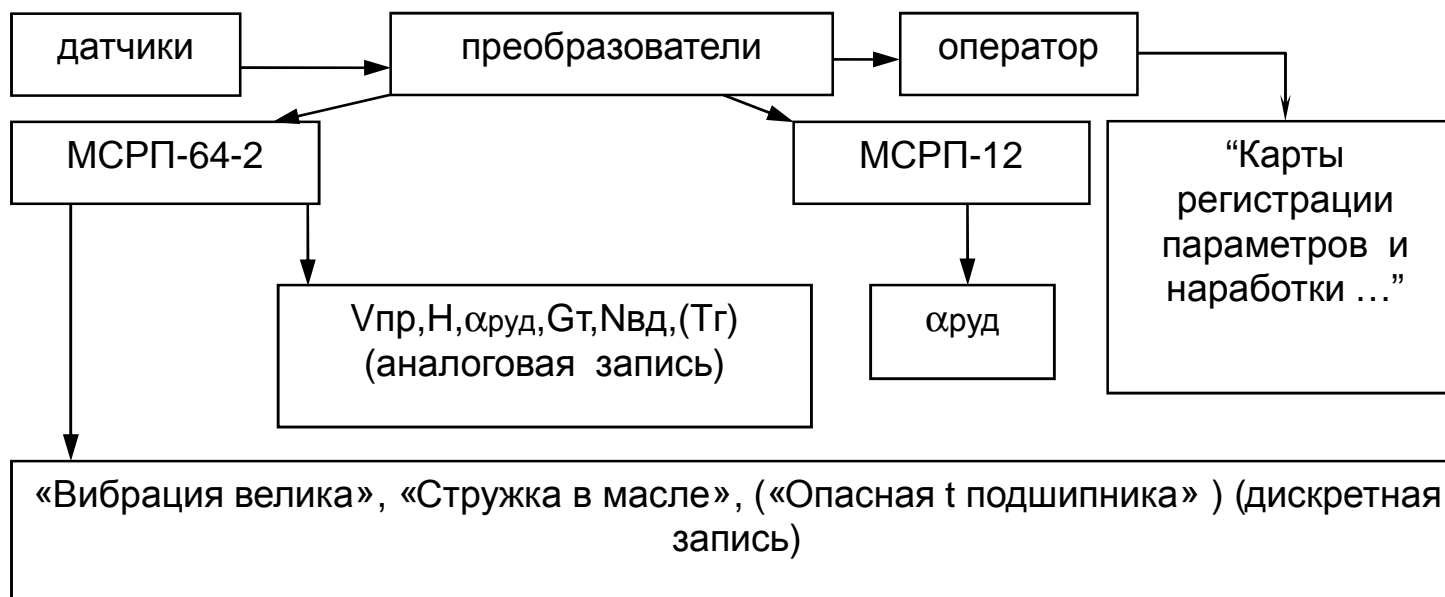




Схема регистрации параметров ТРДД Д-30КУ



КАРТА
 регистрации значений параметров и наработки двухконтурных
 двигателей при выполнении рейсов

1.Режим регистрации

Тип двигателя	Диапазон высот, м	n _{квд} %
Д-30	8000-12000	90
Д-30КУ	8000-12000	88
НК-8-2	8000-12000	89
НК-8-4	8000-12000	88

2.Сведения о рейсе

Тип самолета	
Бортовой номер самолета	
Дата	
Номер рейса	

3.Учет наработки

N N СУ	Номер двигателя	Наработка перед рейсом, ч	
		СНЭ	ППР
1			
2			
3			
4			

4.Условия взлета

N по лета	Время вылета (моск)	P _н , мм.рт.ст.	t _н , С метео
1			
2			
3			
4			

5.Регистрация параметров полета

Время замера парам. (моск)	H, м	V _{пр} испр, км/ч	V _{ист} испр, км/ч	M _{пол}	t _м ,С	
					по прибору	с поправ

6.Регистрация наработки

Наработка за полет		
Всего ч.мин	Взл мин	Ном мин

7. Регистрация параметров двигателей

NN СУ	ALFA РУД, град	Наличие отбора воздуха	n КВД, %	n КНД, %	t ₆ , С	t ₅ , С	P _т , кгс/2 см	P _{тп} , кгс/2 см	P _{м2} , кгс/см	t _м , С	G _т , кг/ч	Уровень вибрации		Уровень масла		
												п.о.	з.о	перед взл.	после пос	
1																
2																
3																
4																
1																
2																
3																
4																
1																
2																
3																
4																

Внимание:

0	Отсутствие отбора воздуха
1	Отбор на кондиционирование
2	Отбор на противообледенение

Замечания по работе двигателей

--

КАРТА

регистрации значений параметров и наработки двухконтурных двигателей при выполнении рейсов

1.Режим регистрации

Тип двигателя	Диапазон высот, м	$n_{квд}$ %
Д-30	8000-12000	90
Д-30КУ	8000-12000	88
НК-8-2	8000-12000	89
НК-8-4	8000-12000	88

2.Сведения о рейсе

Тип самолета	
Бортовой номер самолета	
Дата	
Номер рейса	

3.Учет наработки

N N СУ	Номер двигателя	Наработка перед рейсом, ч	
		СНЭ	ППР
1			
2			
3			
4			

4.Условия взлета

N полета	Время вылета (моск)	P_n , мм.рт.ст.	t_n , С метео
1			
2			
3			
4			

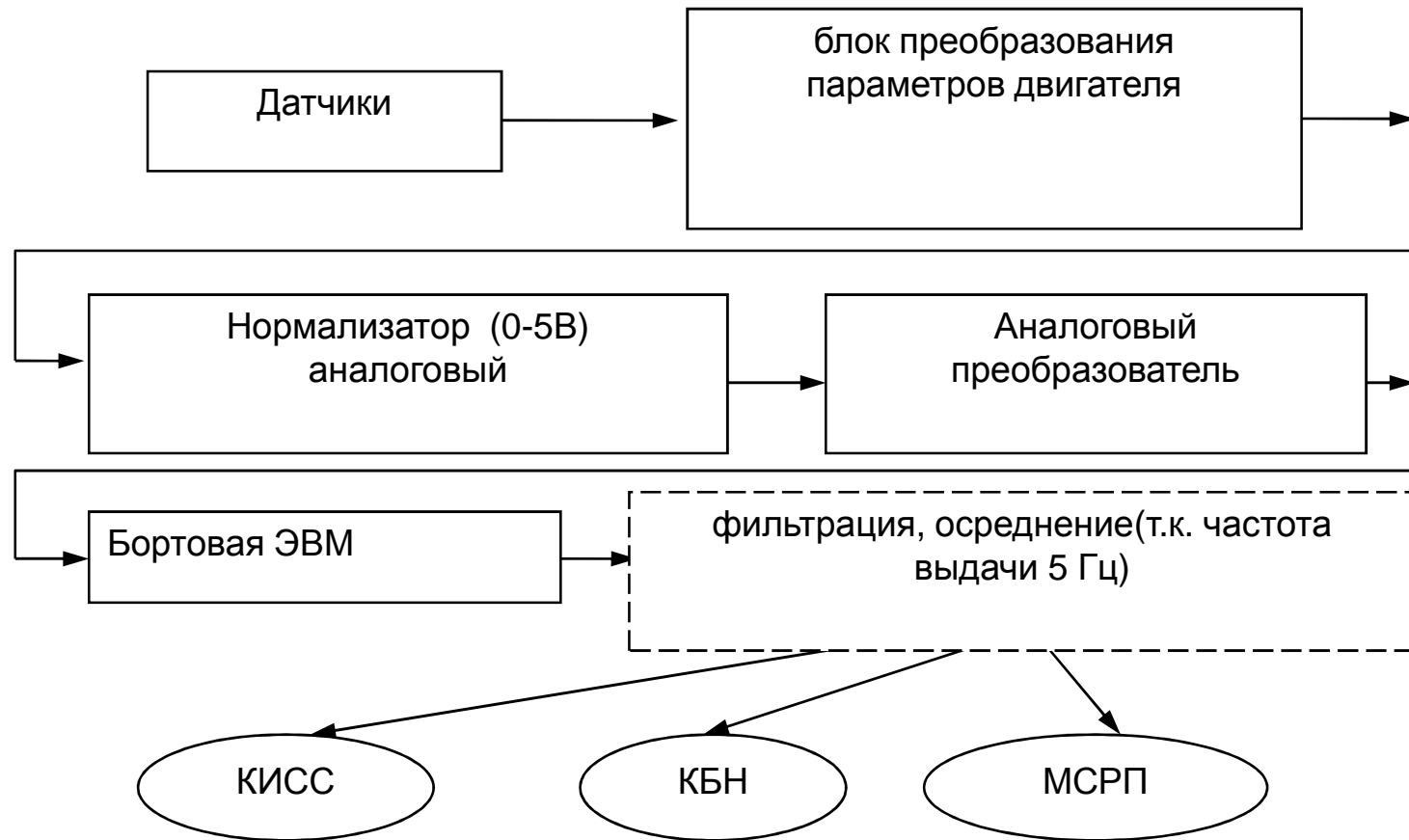
5.Регистрация параметров полета

Время замера парам. (моск)	Н, м	Vпр испр, км/ч	Vист испр, км/ч	Mпол	tм,С	
					по прибору	с поправ

6.Регистрация наработки

Наработка за полет		
Всего ч.мин	Взл мин	Ном мин

Схема регистрации параметров ТРДД XXXXX



» На двигателе xxxx бортовая система контроля двигателя xxxxxx выполняет функции приема, преобразования сигналов, допускового контроля по фиксированным и плавающим пределам, выделения установившихся режимов, контроля механизации компрессора и реверсивного устройства, расчета и хранение информации о наработке, анализа тенденций внутрисполетного изменения параметров.

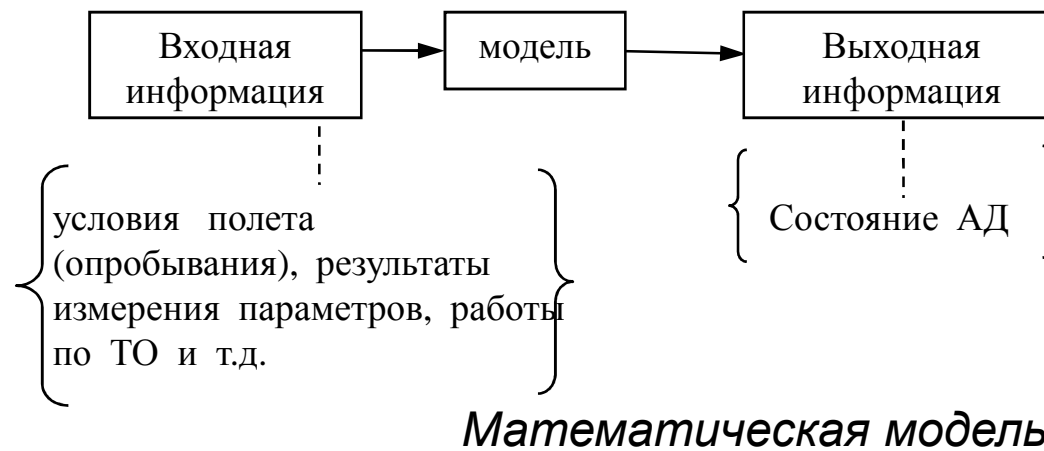
О приведении параметров

Массивы параметров, полученные для разных режимов и условий эксплуатации, не могут быть сразу использованы в диагнозе.

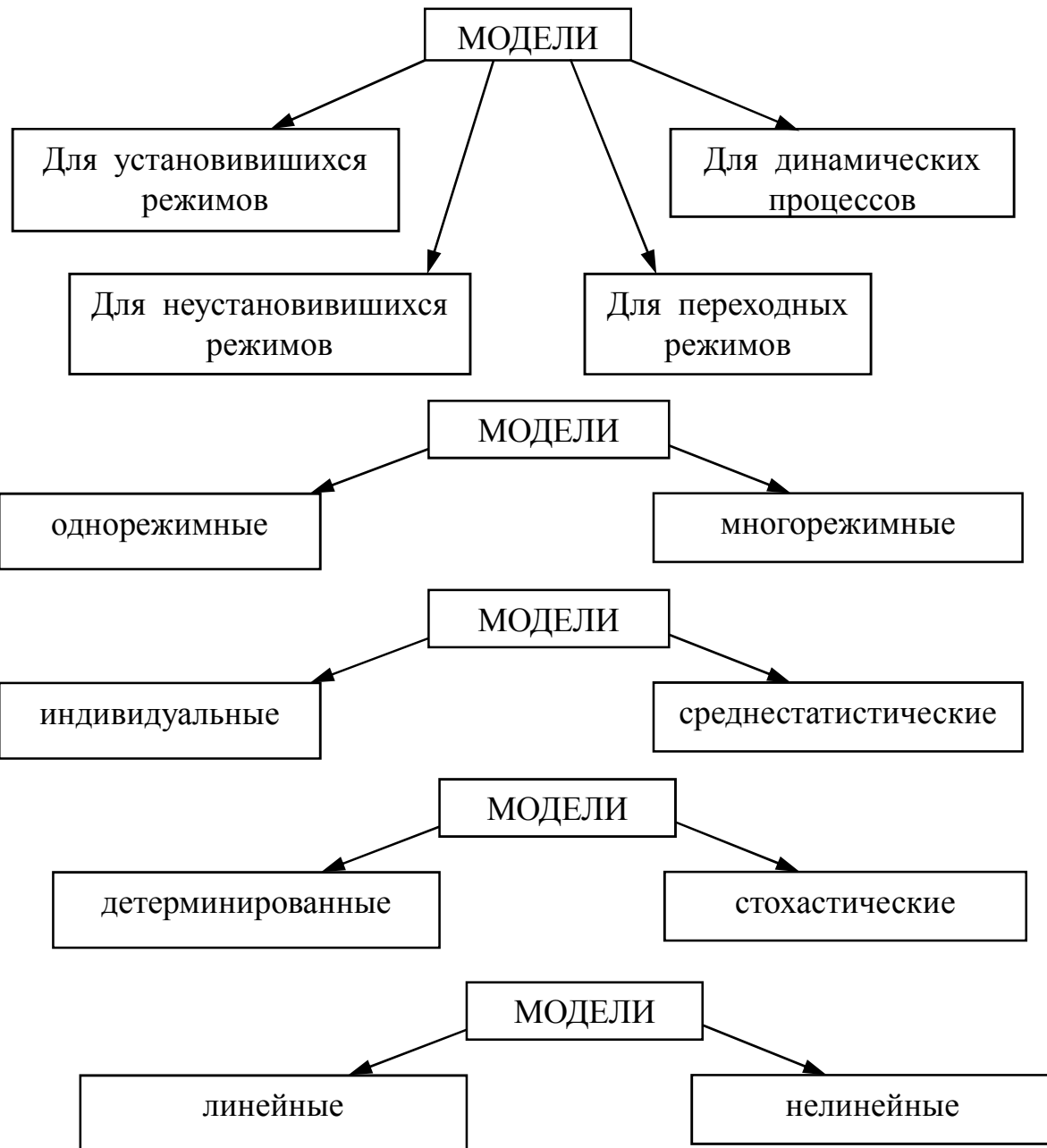
Для совместной обработки результатов отсчетов параметров, полученных при различных условиях полета, необходимо приведение их к САУ и одному режиму работы; приведение к стандартным атмосферным условиям осуществляется с помощью формул теории подобия (обеспечивает нахождение приведенных значений параметров на одной линии дроссельной характеристики двигателя); к одному режиму работы - с использованием коэффициентов экстраполяции (что позволяет получить значения параметров при постоянном заданном значении выбранного параметра режима; коэффициент экстраполяции - отношение нормального значения (за нормальное значение принимают значение параметра на рассматриваемом режиме при САУ) параметра к приведенному по формулам теории подобия значению параметра (для газодинамических параметров осуществляется с использованием дроссельных характеристик на H , M) или отношение нормального значения параметра к измеренному значению (для прочих параметров, зависящих от режима работы)).

Как правило, не приводятся значения параметров : давления топлива и вибрации.

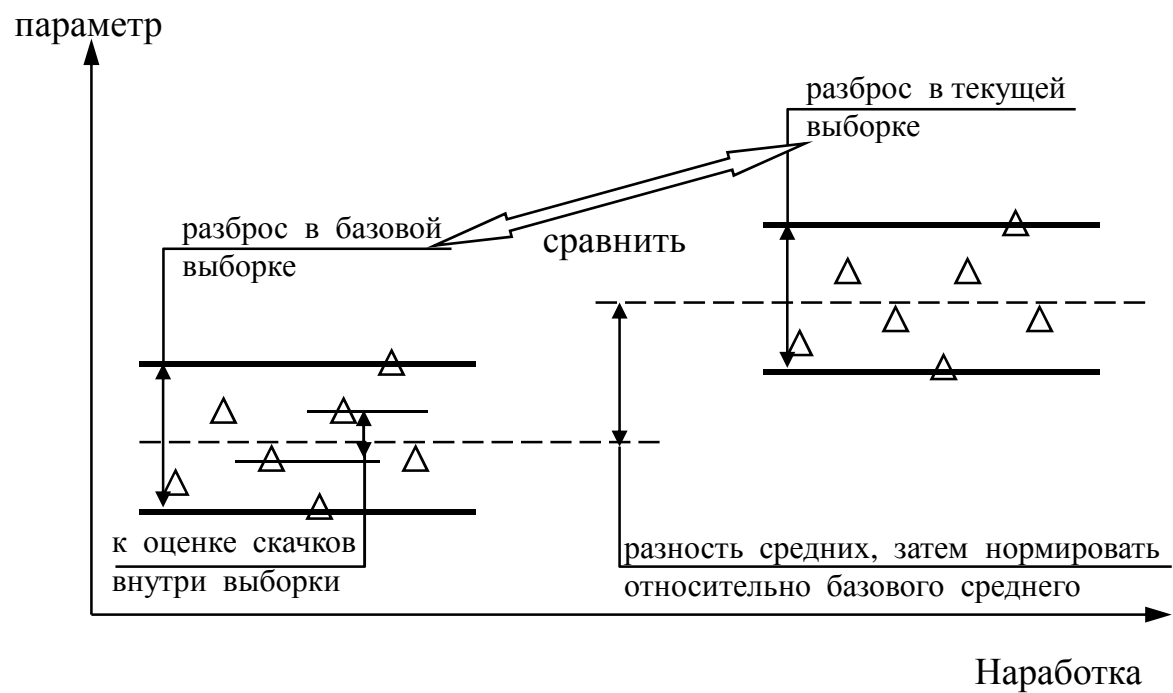
К понятию математической и диагностической модели АД



К классификации моделей



К анализу скачков и разброса



Метод диагностики по уровню значений параметров (метод допускового контроля)

В том или ином виде данный метод применяется в большинстве методов параметрической диагностики.

Метод допускового контроля состоит в следующем .
Если параметр А имеет текущее значение y , то при условии нахождения его в пределах

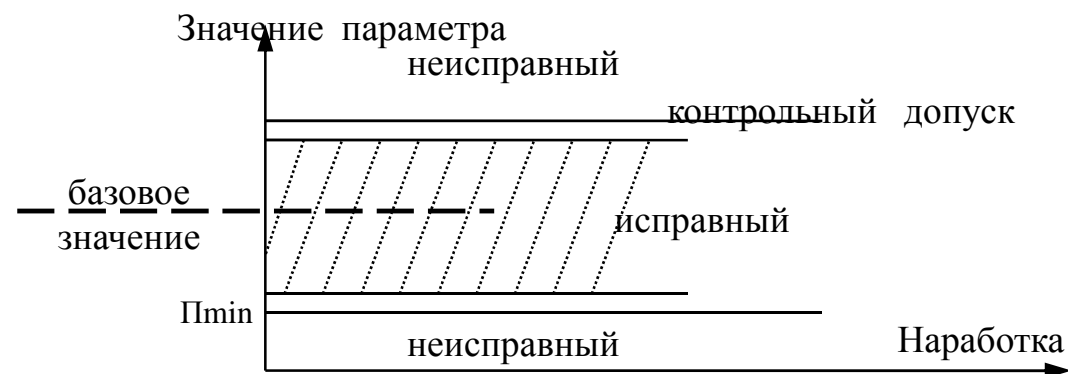
$$Ун < y < Ув ,$$

где

$Ун$ -нижняя граница поля допусков, $Ув$ -верхняя граница поля допусков объект считается исправным, а при нарушении этого условия– неисправным.

Допуск может быть и односторонним (например, параметра “вибрация”).

Различают следующие допуски: арбитражные, производственные, эксплуатационные и ремонтные.



Виды допусков

Арбитражные допуски указываются в проектно-конструкторской документации и назначаются из условия правильного функционирования объекта. Они определяются на стадии проектирования и уточняются при опытной доводке. Эти допуски могут дифференцироваться по условиям эксплуатации, например, по климатическим зонам, территориям с повышенной запыленностью или загрязненностью атмосферного воздуха и т.д.

Производственные допуски приводятся в технологической производственной документации и назначаются из условия обеспечения арбитражных допусков. Они должны предусматривать запасы значений параметров на неучтенные эксплуатационные факторы. Например, такими факторами могут быть колебания температур и давлений, повышенная влажность, колебания напряжений питания и т. п.

Эксплуатационные допуски указываются в эксплуатационной НТД и назначаются только для параметров, контролируемых в эксплуатации. Они должны обеспечивать заданные показатели надежности и правильности функционирования объекта. Устанавливаются эти допуски из условия, что если в данный момент времени t_0 параметр не вышел за пределы допусков, указанных в неравенстве (48), то объект с вероятностью $P > P_{t_0}$ будет правильно функционировать в течение заданного времени $t_0 + Dt$.

В практике контроля параметров и диагностирования различают *эксплуатационные профилактические и контрольные допуски*, причем последние всегда больше первых.

Профилактическая проверка параметров производится в соответствии с регламентом ТО (или при обнаружении неисправности) с периодичностью $D_{тп}$, а контроль параметров – с периодичностью $D_{тк} < D_{тп}$. Потребность в профилактическом регулировании параметра возникает тогда, когда он в некоторый момент времени $Dt < D_{тп}$ вышел за пределы профилактического поля допусков, но сохранился в пределах контрольного поля.

Ремонтные допуски указываются в ремонтной технологической НТД и назначаются с учетом технологии и организации ремонта. Обычно они равны эксплуатационным профилактическим или меньше их.

Диагностирование АД с использованием диагностических матриц (метод малых отклонений)

Задача диагностики по этому методу - определить отклонения независимых параметров состояния узлов от базовых значений по результатам контроля зависимых параметров.



Вид математической модели, используемой в общем случае:

$$F(Y, B) = 0,$$

где

Y - вектор зависимых переменных;

B - вектор независимых переменных.

После линеаризации получают систему алгебраических уравнений в отклонениях

$$\delta y_i = A \cdot \delta b_j,$$

где

δy_i - вектор отклонения от базовых значений контролируемых параметров;

δb_i - вектор отклонения параметров состояния;

A - матрица коэффициентов влияния.

Линейная модель АД представляется обычно в виде системы уравнений:

равенство работ компрессора и турбины

$$K1.\delta p_k - \delta \eta_k = \delta T_{\Gamma} + K3.\delta p_{\Gamma} + \delta \eta_{\Gamma} ,$$

соотношение давлений по тракту:

$$\delta p_c = \delta p_k - \delta p_{\Gamma} ,$$

уравнение процесса сжатия в компрессоре:

$$\delta T_k = K1.K2.\delta p_k - K2.\delta \eta_k ,$$

уравнение процесса расширения в турбине:

$$\delta T_{\Gamma} = \delta T_{\Gamma} - K3.K4.\delta p_{\Gamma} - K4.\delta \eta_k ,$$

уравнение неразрывности между входом в компрессор и критическим сечением соплового аппарата турбины:

$$\delta G_{\Gamma} = \delta p_k + \delta F_{ca} - 0.5.\delta T_{\Gamma} ,$$

уравнение неразрывности между сопловым аппаратом турбины и реактивным соплом:

$$\delta p_{\Gamma} - 0.5.\delta T_{\Gamma} + \delta F_{ca} = -0.5.\delta T_{\Gamma} + K6.\delta p_c ,$$

уравнения, описывающие характеристики компрессора:

$$\delta G_{\Gamma} = K_m.\delta n + K10.\delta p_k ,$$

$$\delta \eta_k = K11.\delta p_k - K_n.\delta n ,$$

уравнение подвода тепла:

$$\delta G_{\Gamma} = \delta G_{\Gamma} + K5.\delta T_{\Gamma} - (K5-1) .\delta T_k ,$$

уравнение реактивной тяги:

$$\delta P = K7.\delta p_c .$$

Сглаживание временных рядов осреднением

Способ сглаживания - осреднение по заданному количеству точек в стационарных группах - с технической точки зрения указанный способ сводится к укрупнению рассматриваемых интервалов динамических рядов. При этом первоначальный ряд динамики преобразуется и заменяется другим, уровни которого относятся к большим по продолжительности периодам времени. Вновь образованный ряд содержит средние величины. Возможные разновидности простого осреднения - линейное и нелинейное сглаживание.

Линейные способы осреднения: простое осреднение по трем(пяти) точкам проводится для смежных групп параметров количеством 3 и 5; нелинейное сглаживание по семи точкам обеспечивает усреднение на основе применения полинома третьей степени.

Способ сглаживания - с использованием скользящего среднего по заданному количеству точек - искомая величина получается путем осреднения нескольких значений (в рассматриваемых нами случаях трех, пяти или десяти), непосредственно примыкающих к "центральному" значению текущей группы. Группы получают постепенно, с шагом, равным единице, сдвигаясь от начального значения; группа (интервал сглаживания) поэтому как бы скользит по ряду с шагом, равным единице. Скользящее среднее иногда называют "фильтром низких частот"; это означает, что скользящее среднее сглаживает периодические составляющие высокой частоты (с малой длиной волны) и оставляет относительно нетронутыми низкие частоты.

В самом общем случае любое скользящее среднее искажает циклическую, краткосрочную и случайную компоненты ряда. Выбор скользящего среднего достаточно субъективен и окончательное решение относительно него должно приниматься после анализа результатов, полученных с использованием нескольких скользящих средних, исходя из цели исследования.

Однофакторные модели диагностических параметров.

Регрессионные модели. Тренд-анализ

Суть задачи построения регрессии состоит в том, чтобы в декартовой системе координат найти уравнение кривой (в частном случае-прямой), которая в некотором смысле наилучшим образом проходит через некоторое множество точек плоскости.

Предполагается, что имеем N пар наблюдений $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$, представимых при помощи множества точек в декартовой системе координат. Один из возможных путей подбора кривой, проходящей через эти точки, - минимизация среднего расстояния между точками, соответствующими наблюдениям, и этой кривой. Очевидно, расстояние между точкой и кривой может быть определено различными способами.

Одним из способов состоит в определении и оценке абсолютных величин разностей между ординатами точек наблюдений и ординатами точек, получаемыми с использованием выравнивающей кривой (эмпирического уравнения регрессии). В этом случае приходим к методу наименьших модулей (МНМ). МНМ несет ряд вычислительных трудностей.

Другой способ определения среднего расстояния весьма удобен для практических приложений. Он заключается в рассмотрении квадрата алгебраического расстояния между точками и подбираемой кривой. Данный способ используется в методе наименьших квадратов (МНК) и основан на минимизации суммы указанных квадратов.

Минимальный аппарат регрессии

Для линейной зависимости

$$y = A + B \cdot x$$

свободный член :

$$A = \frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{i=1}^N Y_i - B \cdot \sum_{i=1}^N X_i \right),$$

где

B - коэффициент при факторном признаке (угловой коэффициент) :

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i - N \cdot \sum_{i=1}^N X_i \cdot Y_i}{\left(\sum_{i=1}^N X_i \right)^2 - N \cdot \sum_{i=1}^N X_i^2} .$$

Размерность:

- а) свободного члена есть размерность результативного признака;
- б) углового коэффициента есть размерность результативного признака, деленная на размерность факторного признака.

Минимальная оценка математической адекватности регрессионных моделей. **Корреляция**

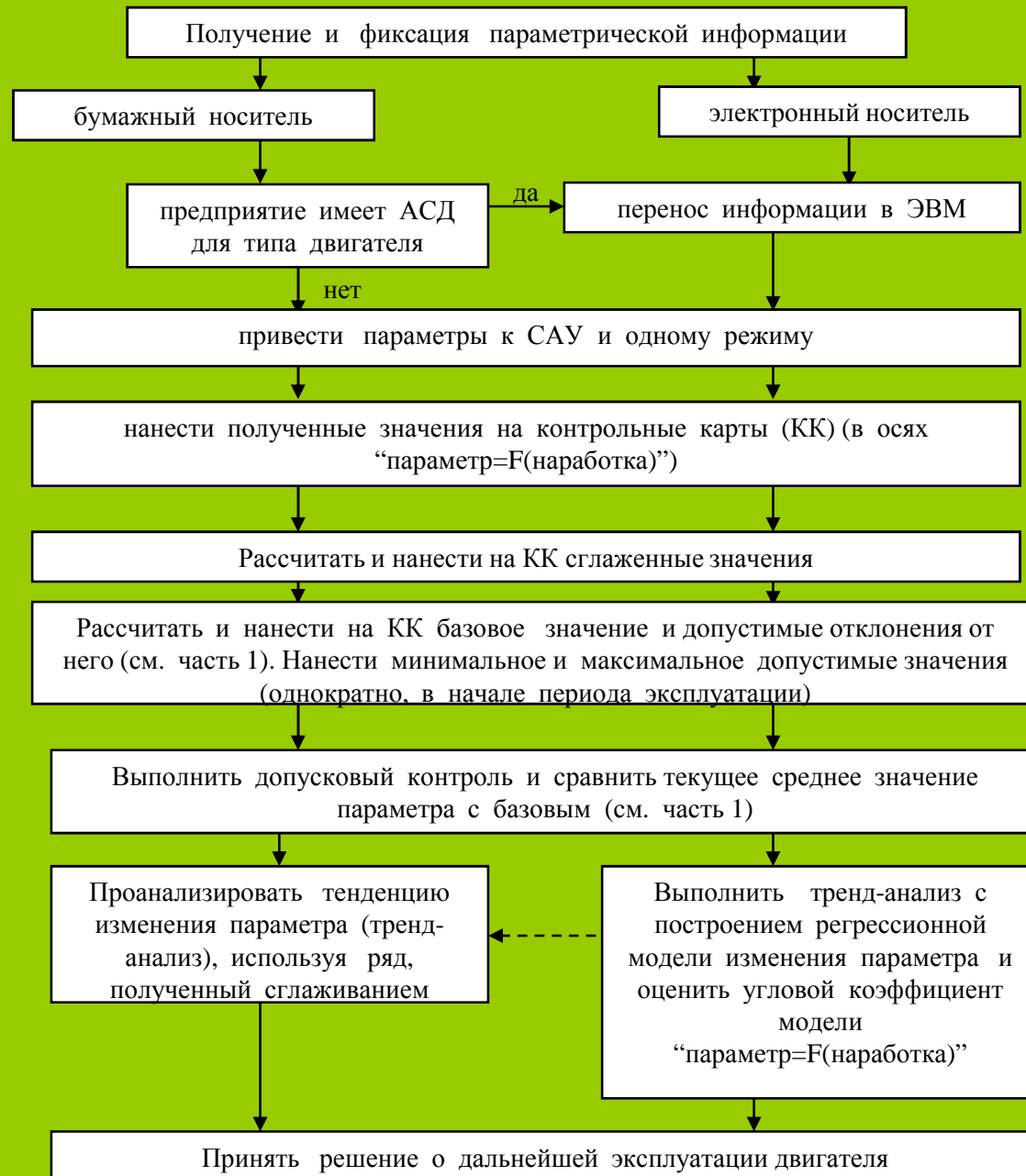
Корреляционная связь является частным случаем стохастической связи. Отсутствие стохастической связи означает отсутствие корреляционной связи, но обратное утверждение не всегда верно (отсутствие корреляционной связи может быть объяснено, например, неадекватным видом выбранной априори связи)

Коэффициент парной корреляции:

Расчетный коэффициент корреляции признается значимым в случае, если его значение не меньше значения из таблицы значимых коэффициентов корреляции Фишера (эффективно при серийных расчетах); иначе может быть использован критерий Фишера для проверки гипотезы об отсутствии корреляционной связи для малых выборок

Минимальная оценка математической адекватности регрессионных моделей. Дисперсия

Особенности существующей организации параметрического диагностирования



ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ на ОСНОВАНИИ ТРЕНД-АНАЛИЗА по Бюллетеню N xxxxxx-xxxx

3.4. Должен быть выполнен анализ по критерию Хальда (оценка корреляции)

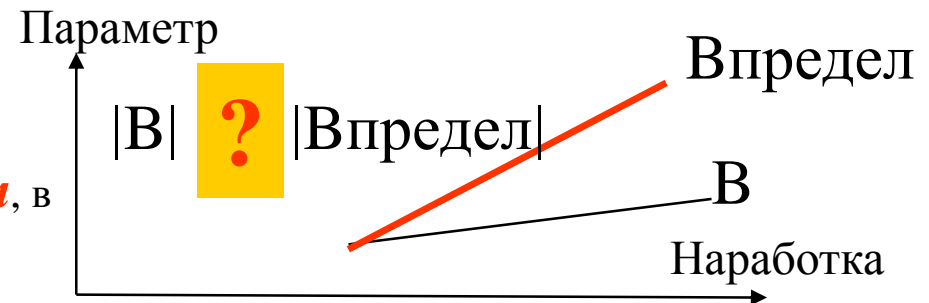
R

3.5. Должен быть выполнен анализ по критерию Кокса-Стьюарта (оценка дисперсии)

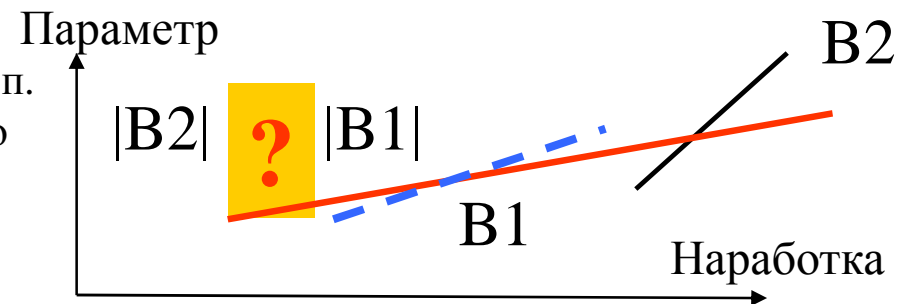
F

3.6. Если тренд признан значимым по обоим критериям, то *по выборке значений отклонений параметра от базового значения* должны быть рассчитаны коэффициенты линии регрессии

3.7. Полученная по выборке скорость тренда должна быть сравнена с предельной скоростью тренда. При превышении предельной скорости тренда тренд параметра признается *значимым*, в этом случае необходимо принять решение о дальнейшей эксплуатации двигателя.



3.8. Тренд считается опасным, если для двух последовательных выборок выполняется условие п. 3.7., а также скорость тренда во второй выборке по абсолютной величине больше скорости тренда в первой выборке, при этом скорости тренда в разных выборках имеют один знак. В этом случае необходимо принять решение о дальнейшей эксплуатации двигателя.



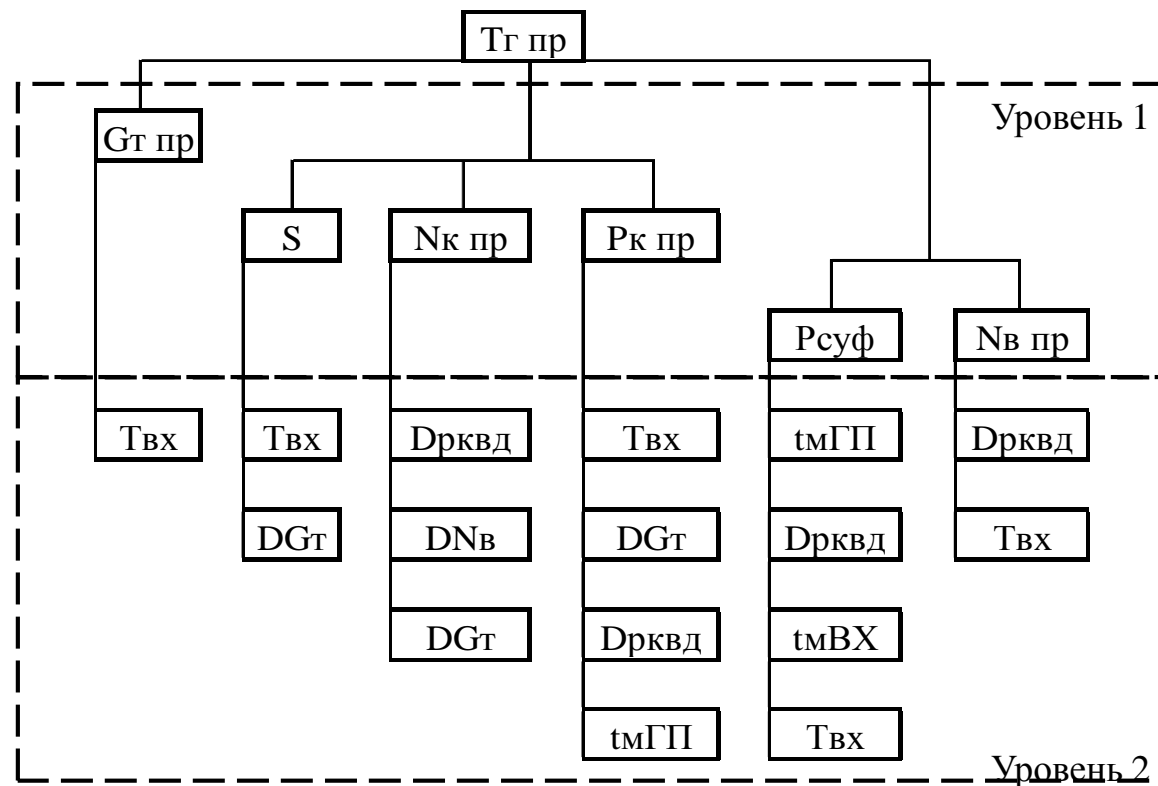
**К СУТИ ПРОБЛЕМЫ АПРИОРНОГО ЗАДАНИЯ ДЛИНЫ СЕГМЕНТА
РЯДА НАБЛЮДЕНИЙ (ОБЪЕМА ВЫБОРКИ) ДЛЯ
ТРЕНД-АНАЛИЗА**

**К СУТИ ПРОБЛЕМЫ АПРИОРНОГО ЗАДАНИЯ ДЛИНЫ СЕГМЕНТА
РЯДА НАБЛЮДЕНИЙ (ОБЪЕМА ВЫБОРКИ) ДЛЯ
ТРЕНД-АНАЛИЗА В ЛИНЕЙНОЙ ДИСКРИМИНАТНОЙ МОДЕЛИ**

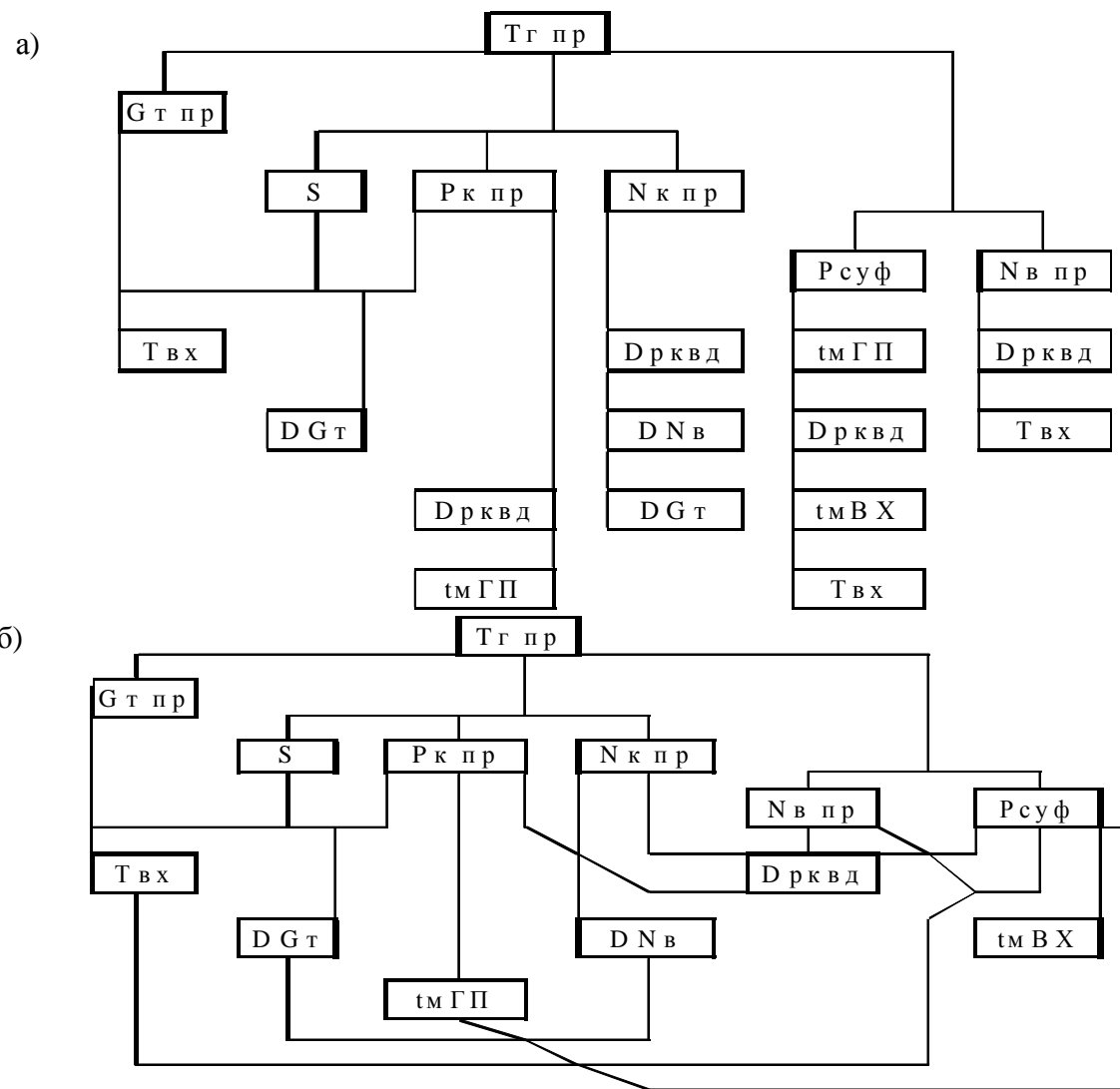
Матрица нормированных корреляций по первым 10 полетам (фрагмент).

	Нараб	A_РУД	A_ВНА	N_КВД	N_ВЕН	T_ТНД
Нараб	1					
A_РУД		1	1,489	1,522		1,19
A_ВНА		1,489	1	1,55		1,221
N_КВД		1,522	1,55	1		1,147
N_ВЕН					1	
T_ТНД		1,19	1,221	1,147		1
РТ/РВХ		1,3	1,272	1,242		1,421
Р_КВД						
T_КВД		1,259	1,326	1,313		1,409
РТ_НР		1,136				
РТ_1к		1,552	1,495	1,539		1,144
ТВ_ГГ		1,158				
РМ_В						1,408
Р_суф		1,058				
ТМ_ВХ						1,02

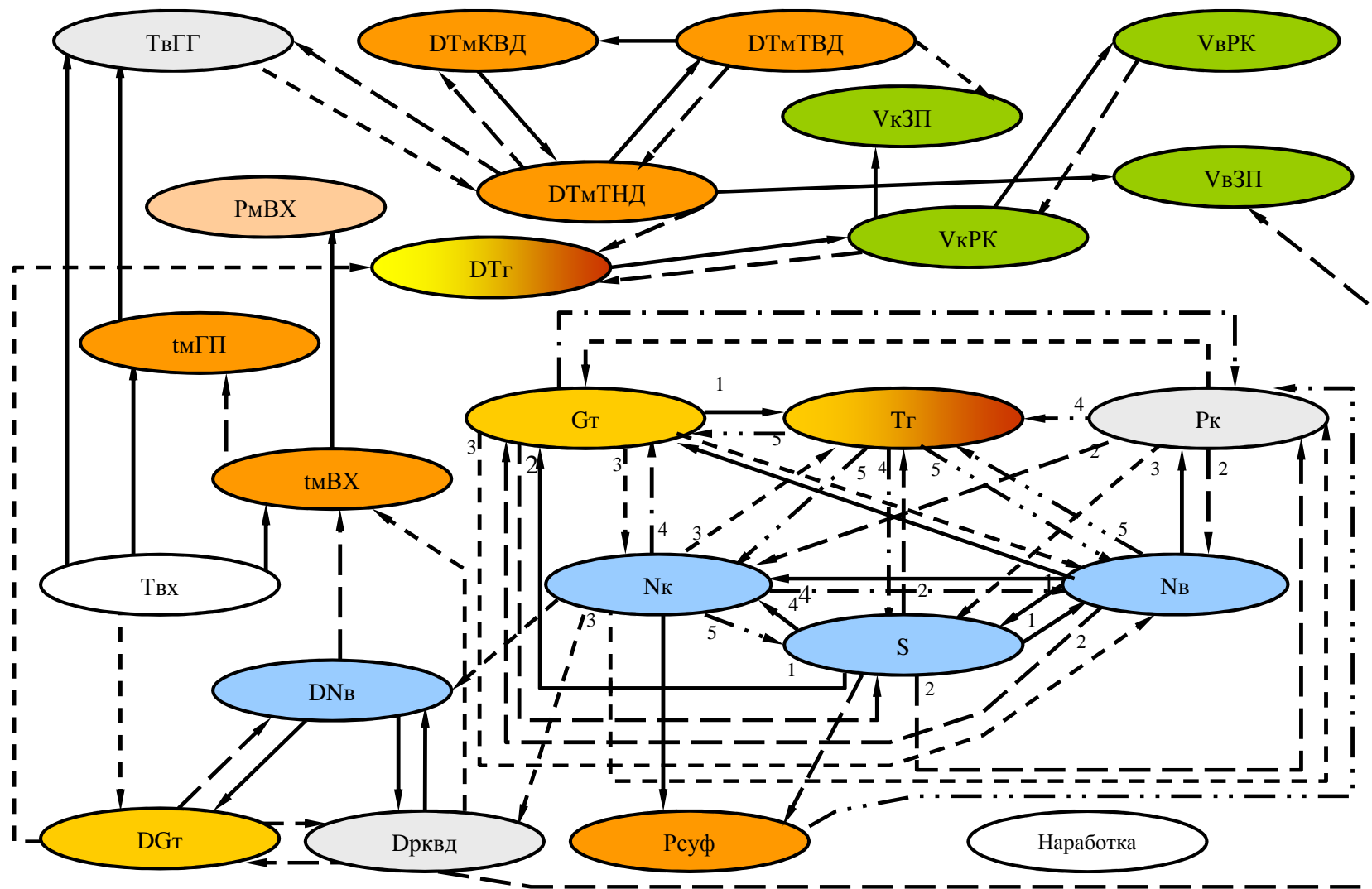
Примеры представления иерархий



Пример двухуровневой иерархии (в целях минимизации места не указан режим - максимальный). Длины линий связи показаны условно, без учета истинной величины КУрИ



Пример к возможному преобразованию иерархии при ООП
 а-ранжировка по критерию КУрИ сохранена, без последовательного
 исключения параметров; б-ранжировка по критерию КУрИ не
 учитывается, без последовательного исключения параметров



Пример фрагмента графа связей диагностических параметров, регистрируемых на максимальном режиме работы ТРДД типа xxxx

*Неисправность: разрушение/повреждения лопаток компрессора
без развития склонности к помпажу*

Неисправность: склонность к помпажу, помпаж

Неисправность: склонность к помпажу, помпаж

*Неисправность: прогары жаровых труб и корпуса камеры сгорания,
трещины на жаровых трубах*

*Неисправность: прогары жаровых труб и корпуса камеры сгорания,
трещины на жаровых трубах*

*Неисправность: разрушение лопаток ТВД, прогар рабочих лопаток
ТВД*

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И МЕТОДИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Исходные, среднее, регрессионная модель по всем полетам, регрессионные модели по последним 10 полетам и последним с 11 по 20 полет (с конца ряда), по последним 5 и 20 полетам, результаты поиска ОД(С)РН для моделей вида $\text{Параметр}_i = F(\text{Наработка})$ (частота вращения ротора вентилятора = $F(\text{Наработка})$)

- Состояние двигателя по результатам осмотра проточной части: ***прогар рабочих лопаток первой ступени турбины высокого давления***. Неисправность не обнаружена в результате применения методических положений [1] и обнаруживается с использованием модели на ОД(С)РН.

Неисправность: (общее) ухудшение параметров, не допускающее дальнейшей эксплуатации

Обнаруживается по результатам тренд-анализа (контроля угловых коэффициентов регрессионных моделей) основных диагностических параметров с использованием моделей ОД(С)РН-МНК.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И МЕТОДИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК *

Регрессионные модели вида “температура газов= F (наработка)”

для случая неисправности “*прогар камеры сгорания*”

- * 1. Бюллетень N 94148-БЭ-Г . Изделие: Двигатель ПС-90А. По вопросу: Внедрения в эксплуатацию 2-й очереди наземной автоматизированной системы диагностирования "АСД-Диагноз-90" двигателя ПС-90А на самолете ИЛ-96-300.- М.,Пермь,1996.-71 с.
2. Методика 41-00-815ПМ117-2. "Двигатели семейства Д30. Диагностическая обработка параметров, измеряемых в эксплуатации".- М.: ГосНИИГА,1988.-43 с.
3. Сборник типовых алгоритмов автоматизированной обработки диагностической информации ГТД.-М.: ЦИАМ, 1987. -112 с.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И МЕТОДИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК *

Регрессионные модели вида “температура газов= F (наработка)”
для случая неисправности “*прогар камеры сгорания*” (Д-30КУ)

- * 1. Методика 41-00-815ПМ117-2. "Двигатели семейства Д30. Диагностическая обработка параметров, измеряемых в эксплуатации".- М.: ГосНИИГА,1988.-43 с.
2. Сборник типовых алгоритмов автоматизированной обработки диагностической информации ГТД.-М.: ЦИАМ, 1987. -112 с.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И МЕТОДИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Регрессионные модели вида “параметр тяги =F(наработка)”
для случая неисправности “*прогар камеры сгорания*”

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИК И МЕТОДИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Регрессионные модели вида “обороты ротора НД =F(наработка)”
для случая неисправности “*прогар камеры сгорания*” (Д-30КУ)

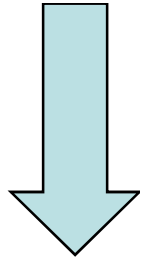
Выделение множества параметров, существенно меняющихся с наработкой двигателя

Для оптимального решения задачи по выделению множества параметров, существенно меняющихся с наработкой двигателя, необходимо выполнить построение иерархии при результативном признаке “наработка двигателя”. Для исправного двигателя, в идеальном случае, это множество - пустое.

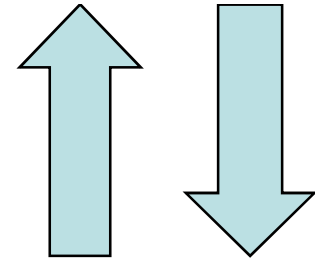
Выделение множества параметров, существенно
меняющихся с наработкой двигателя

Неисправность: разрушение элементов КВД

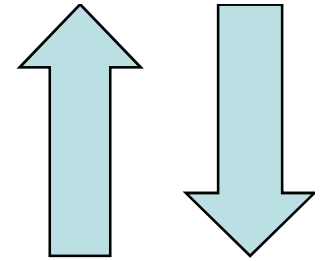
**За 3 полета перед полетом, в котором вероятно произошло значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.
Накопление повреждений**



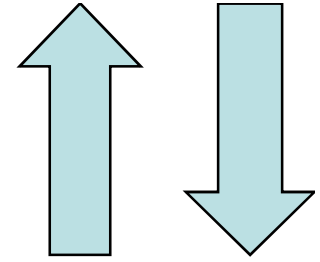
За 2 полета перед полетом, в котором вероятно произошло значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.
Накопление повреждений



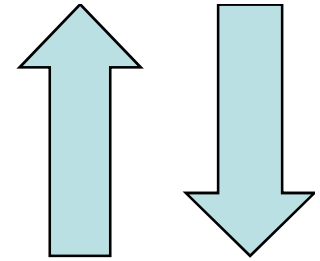
**Перед полетом, в котором вероятно произошло значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.
Накопление повреждений**



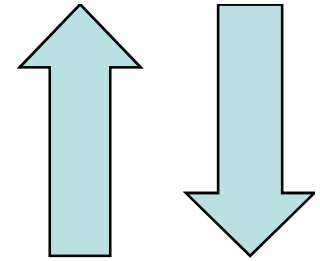
После полета, в котором вероятно произошло значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.



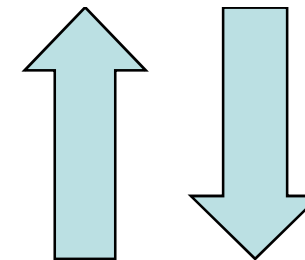
**Через 1 полет по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



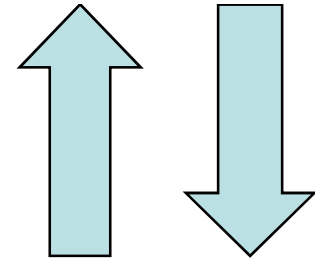
**Через 2 полета по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



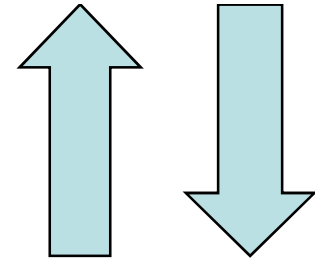
**Через 3 полета по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



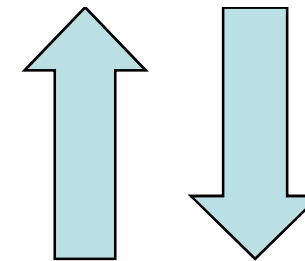
**Через 4 полета по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



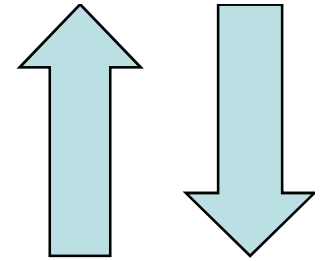
**Через 5 полетов по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



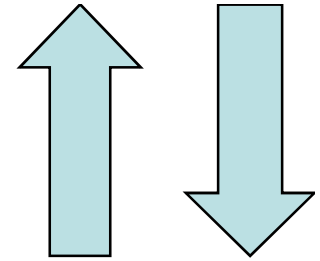
**Через 6 полетов по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



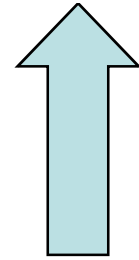
**Через 7 полетов по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



**Через 8 полетов по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.**



Через 9 полетов по отношению к полету,
в котором вероятно произошло
значимое повреждение (разрушение) элементов КВД.
Обнаружены повреждения (при осмотре КВД)



Под сценарием в общем случае понимается то, как будет изменяться выходная переменная при том или ином внешнем воздействии. Сценарий “Статус-Кво” получается в результате пошагового прогноза и отвечает на вопрос: что будет в ближайшее время, если никаких специальных мер по управлению объектом (в случае диагностирования – по управлению техническим состоянием объекта) не будет принято. Сценарий служит доказательством необходимости управления процессом или принятия каких-либо других решений.

1- модель по последним полетам без решения задачи оптимизации- неинформативна, 2- оптимизированная модель с параметрами A, B ; 3- оптимизированная модель (критическая) с параметрами A_{min}, B_{max} ; И- модели исправного двигателя

Возможные причины увеличения скольжения (на примере для ТРДД типа Д-30КУ в компоновке самолета Ил-62М) - условия реализации сценария:

влияние соседнего двигателя (при большей скорости истечения газов из него, например, при увеличении режима) или прочих причин, связанных с условиями полета (например, известно, что уменьшение температуры воздуха на входе в ТРДД, приводит к увеличению оборотов ротора НД и скольжения; действительно, экипаж отмечает, что срабатывание сигнализации происходит при увеличении высоты полета).

Различие в прогностической способности методов

Неисправность: “помпаж”

Неисправность: “помпаж”

Неисправность: “прогар камеры сгорания”

*Неисправность: “прогар рабочих лопаток ТВД”, “обрыв
рабочих лопаток
первой ступени ТВД”, “оплавление рабочих лопаток ТВД”*

Неисправность: “ухудшение параметров двигателя”

Разрушение КВД