

# **Лекция № 8**

## **Тема 2.2. Бортовые системы контроля и индикации работы авиадвигателей**

**2.2.1. Бортовая система контроля работы авиадвигателей БСКД-90: назначение, состав, основные технические данные**

**2.2.2. Схема связи БСКД-90 с системами самолета**

**2.2.3. Электрическая структурная схема БСКД-90**

## **2.2.1. Бортовая система контроля работы авиадвигателей БСКД-90: назначение, состав, основные технические данные**

В настоящее время отдельные приборы и системы контроля работы двигателя (манометры, тахометры, термометры, измерители вибрации) объединяют в единый комплекс контроля работы двигателя. При этом обработка информации ведется в цифровом виде с помощью специализированной БЦВМ.

К такому комплексу контроля работы двигателя можно отнести бортовую систему контроля двигателя БСКД-90, которая устанавливается на самолете Ту-204-300.

КИСС – комплексная информационная система сигнализации

МСРП – магнитная система регистрации параметров полета

РЭД – регулятор электронный двигателя

АСК – автоматизированная система контроля

САС – система аварийной сигнализации

ЧР - режим повышенной тяги двигателя

ВНА - входной направляющий аппарат компрессора

КПВ КВД - промежуточный корпус компрессора высокого давления

ЗПВ ПС – положение заслонок подпорных ступеней компрессора

ИЦС5-1 – индикатор уровня масла

## Назначение и основные технические данные БСКД-90

Бортовая система контроля двигателя БСКД-90 предназначена для выполнения следующих функций:

- прием информации с датчиков, сигнализаторов и систем, установленных на двигателе и самолете;
- нормализацию и преобразование аналоговой и дискретной информации в цифровой код;
- обработку полученной от датчиков информации по заданным алгоритмам;
- выдачу информации в системы самолета.

БСКД-90 имеет основной и резервный каналы.

Основной канал формирует и выдает в самолетные системы информацию по контролю двигателя в полном объеме.

Резервный канал осуществляет дублирование контроля основных параметров ( $n_B$ ,  $n_{КВД}$  и  $T_G$ ) и обеспечивает выдачу этих параметров и параметров вибрации, а также сигналов «Т ГАЗА ВЕЛИКА» и «ОБОРОТЫ ПРЕДЕЛ» на средства сигнализации и регистрации при отказе основного канала, в том числе и на аварийном электропитании.

## Назначение и основные технические данные БСКД-90

БСКД имеет встроенные средства контроля, которые обеспечивают:

- отключение неисправных каналов информации;
- переключение на прием и использование информации от РЭД;
- предполетный контроль системы на земле от кнопки БСКД КОНТР, расположенной на щитке контроля РЭД;
- выдачу в системы КИСС, МСРП сигналов об отказавшем элементе системы или взаимодействующего датчика.

## Назначение и основные технические данные БСКД-90

БСКД обеспечивает выполнение следующих основных функций по контролю двигателя и его систем:

- допусковый контроль измеренных параметров и выдачу в КИСС, МСРП, АСК и САС сигналов неисправности при достижении параметрами предельных значений;
- контроль работы механизации компрессора (ВНА, КПВ КВД, ЗПВ ПС);
- контроль работы системы охлаждения турбины;
- формирование сигнала на выключение двигателя и выдачу его в САС на табло красного цвета **ВЫКЛЮЧИ ДВ1(2)** на пульте пилотов среднем и в КИСС в кадры ДВ/СИГН, СИГН в виде текста **ДВ1(2) ВЫКЛЮЧИ ДВИГАТЕЛЬ** красного цвета;
- формирование и выдачу сигнала желтого цвета **ДВ1(2) ПЕРЕГРЕВ** в кадры ДВ/СИГН КИСС и ДВ1(2) ПЕРЕГР на табло на щитке ПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА;

## Назначение и основные технические данные БСКД-90

- контроль уровней вибрации в узлах подвески двигателя в районе разделительного корпуса (РК) и задней подвески (ЗП) по ротору вентилятора и ротору КВД, формирование и выдачу сигналов:
  - желтого цвета **ВИБР ВЕЛИКА** на табло САС и **ДВ1(2) ВИБР ВЕЛИКА** в КИСС в кадры ДВ/СИГН, СИГН при уровнях вибрации РК и/или ЗП 60 мм/с по ротору вентилятора и 50 мм/с по ротору КВД;
  - красного цвета **ДВ1(2) ВИБР ОПАСНАЯ** в КИСС в кадры ДВ/СИГН, СИГН при уровнях вибрации РК и/или ЗП 90 мм/с по ротору вентилятора и 70 мм/с по ротору КВД;
- контроль положений и исправности реверсивного устройства;
- подсчет времени работы двигателя на режиме ЧР;
- контроль часового расхода масла за полет;
- подсчет времени запуска и контроль времени выбега роторов двигателя;

## Назначение и основные технические данные БСКД-90

- подсчет наработки двигателя и выдачу результатов подсчета в МСРП после окончания полета;
- формирование признаков работающего и неработающего двигателя и выдачу их (сигналы напряжением +27 В) в системы самолета: в гидросистему (для ВД, НС), в СЭС, а также в КИСС и в РИ (речевой информатор) сигнала ДВ1(2) **НЕ РАБОТАЕТ**;
- выдачу информации от РЭД о параметрах двигателя и отказах РЭД в КИСС, МСРП;
- формирование дискретного сигнала ЧР по информации от РЭД и выдачу его в РИ;
- анализ тенденций изменения основных параметров двигателя в течение полета;
- контроль уровня масла при заправке.

На самолете установлены два автономных комплекта БСКД.

## **Состав БСКД-90: БППД2-1, БППД3-1, ЦВМ80-401, МВ-06-1, БЭ-45, ИЦС5-1, ДРТ5-3А, ДМКЗ-2, УПС4-1, ДКТ1-1**

Каждый комплект системы включает агрегаты, установленные на двигателе и самолете.

**На двигателе установлены:**

- блок БППД2-1 преобразования параметров двигателя ;
- ДМКЗ-2 - датчик уровня масла в баке;
- ДРТ5 - датчик расхода топлива через камеры сгорания;
- МВ-06 - два датчика вибрации разделительного корпуса и задней подвески по вертикальной оси.

**На самолете в техотсеке №3 установлены:**

- блок БППД3-1 преобразования параметров двигателя (резервного канала БСКД) ;
- ЦВМ80-401М - цифровая вычислительная машина;
- БЭ-45 - электронный блок аппаратуры вибрации;
- ДКТ1-1 - термокомпенсационная колодка;
- УПС-4 - блок подгрузки сигнализаторов.

## 2.2.2. Схема связи БСКД-90 с системами самолета

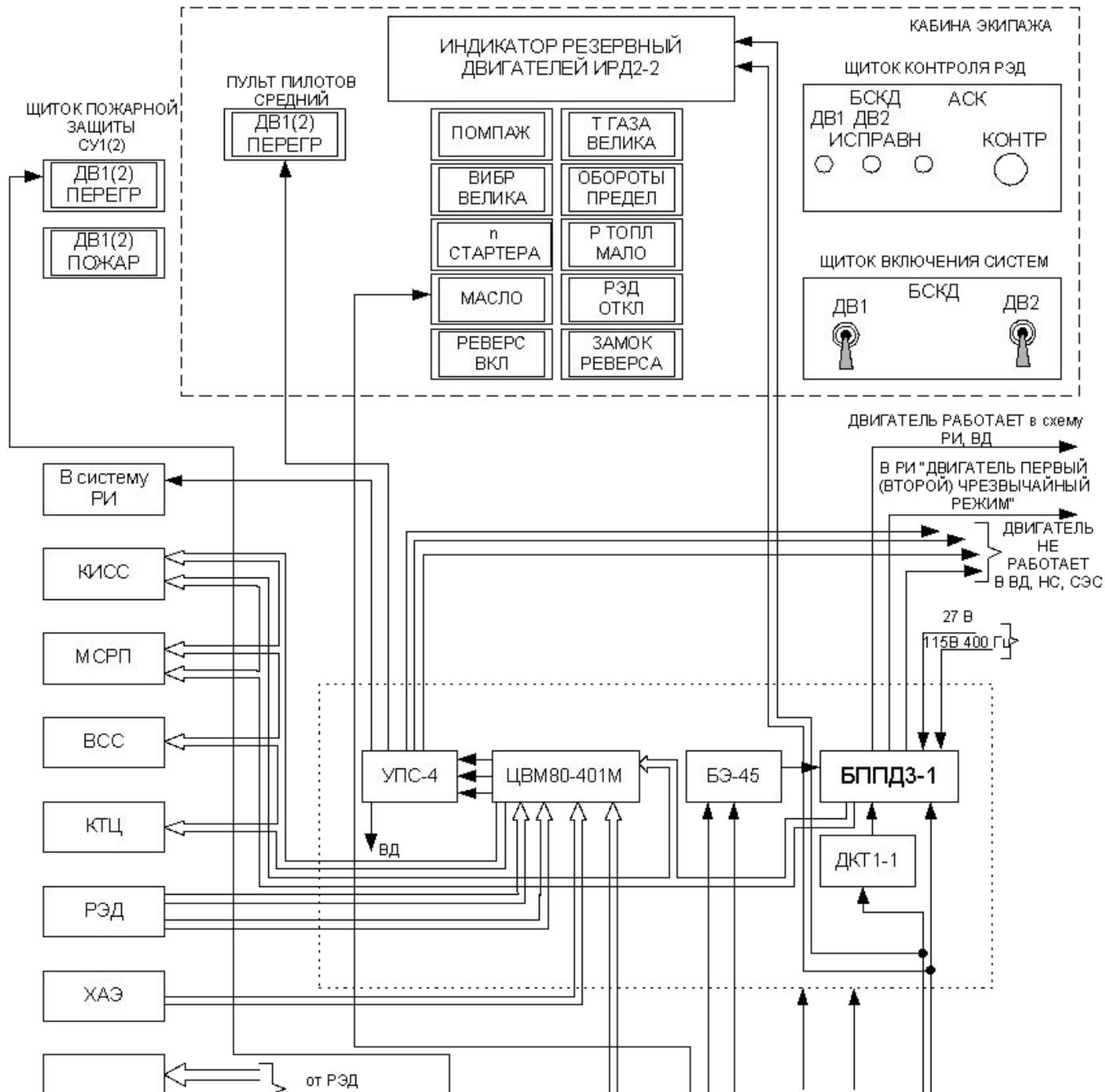
Взаимосвязь блоков БСКД с системами самолета осуществляется следующим образом.

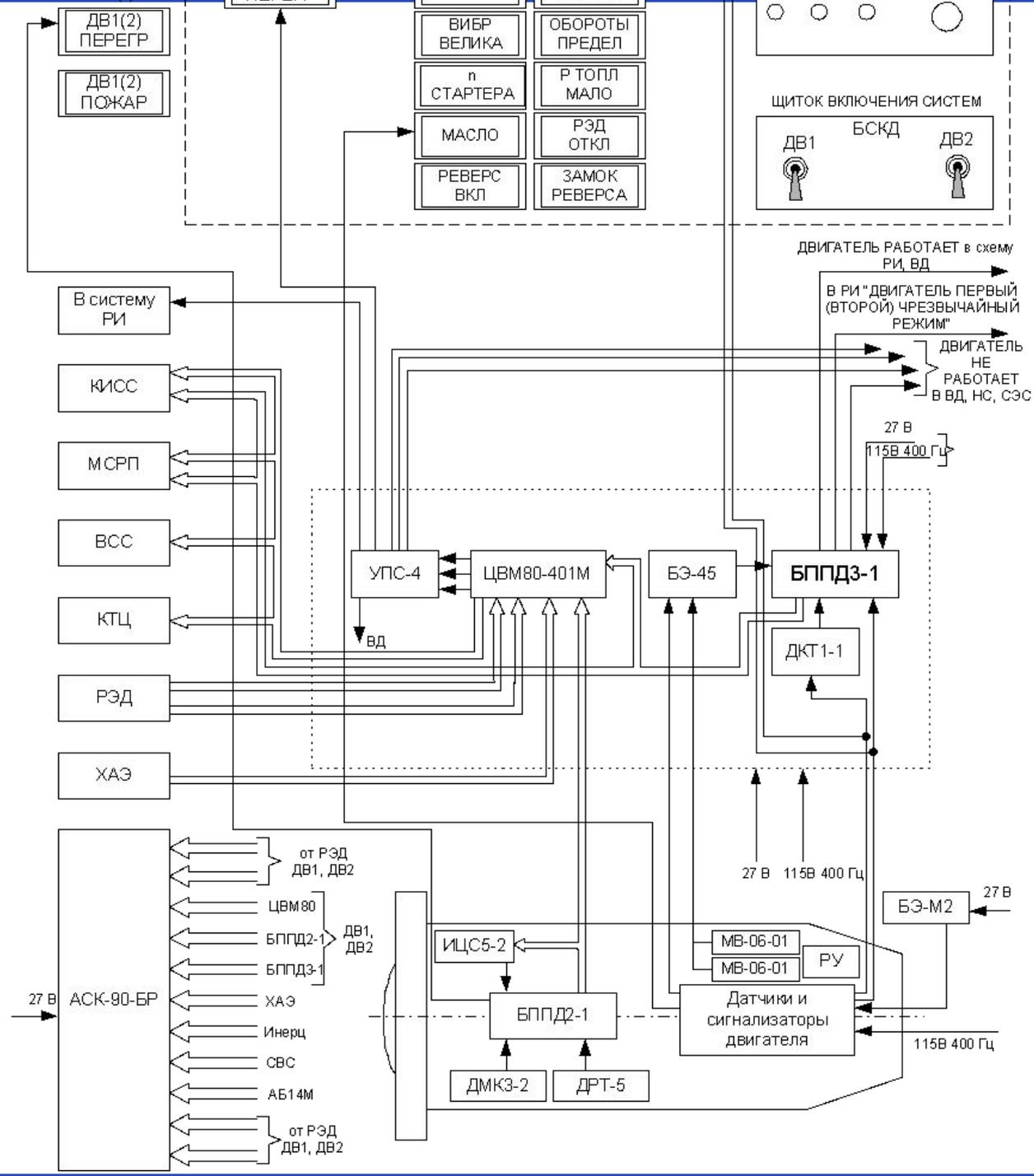
ЦВМ80-401М принимает информацию от РЭД-90 и выдает информацию о работе двигателя в системы КИСС, МСРП, КТЦ и ВСС (данные о расходе топлива), РИ, ВД, НС, СЭС, САС (на табло ВЫКЛЮЧИ ДВ1(2)), а также выдает дискретный сигнал о включении ЧР (чрезвычайного режима) в блок БППД3-1.

БППД3-1 получает сигналы :

- "Опора обжата" от системы шасси,
- "ПОС в/з включена" – от противообледенительной системы,
- сигнал запуска – от системы запуска,
- сигнал "ЧР"– от ЦВМ80-401М

и выдает сигналы напряжением +27 В на табло САС **Т ГАЗА ВЕЛИКА, ОБОРОТЫ ПРЕДЕЛ**, в РИ для формирования речевого сообщения **"ДВИГАТЕЛЬ ПЕРВЫЙ (ВТОРОЙ) ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЙ РЕЖИМ"**.





## 2.2.2. Схема связи БСКД-90 с системами самолета

Взаимосвязь элементов внутри БСКД осуществляется следующим образом.

Блок преобразования параметров двигателя БППД2-1 получает информацию от датчиков, установленных на двигателе, преобразует ее в код и выдает в ЦВМ80-401М. Блок БППД3-1 получает информацию от отдельных датчиков, установленных на двигателе, и от блока БЭ-45, преобразует в код и выдает в ЦВМ80-401М.

Блок БЭ-45 получает информацию от датчиков вибрации, установленных на двигателе, преобразует и выдает в БППД3-1.

БСКД включается выключателем БСКД ДВ1 (ДВ2), расположенным на щитке включения систем в кабине экипажа. При этом включается непрерывный контроль системы от ВСК. При неработающем двигателе проверяются только те датчики, параметры которых находятся в рабочем диапазоне. Контроль остальных датчиков начинается при запуске двигателя.

При отказе ЦВМ80-401М информация в самолетные системы КИСС, МСРП, на табло выдается с блока БППД3-1, а выдача информации в КТЦ и ВСС прекращается.

## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

Основной канал БСКД принимает, использует в обработке и передает в системы самолета информацию о текущих значениях параметров  $n_{в}$ ,  $n_{вд}$ ,  $T_{г}$ ,  $P_{вх}$ ,  $P_{к}$ ,  $T_{вх}$ ,  $\alpha_{руд}$ ,  $\phi_{вна}$ , полученных в кодовом виде от основного и (при отказе основного) дублирующего канала РЭД-90. При отсутствии или недостоверности информации, полученной от РЭД, основной канал БСКД переключается на прием информации от блока БППД2-1 по параметрам  $n_{в}$ ,  $n_{вд}$ ,  $T_{г}$ ,  $P_{вх}$ ,  $T_{вх}$ .

Кроме датчиков уровня масла – ДМК-3, расхода топлива – ДРТ5, вибрации МВ-06 и температуры – ДКТ1-1 информацию о параметрах работы двигателя в БППД2-1 предоставляют:

- датчик температуры газа за турбиной низкого давления Т-99;
- датчики частоты вращения роторов вентилятора и КВД;
- датчик давления топлива на входе в насос-регулятор  $P_{вх}$ ;
- датчик температуры топлива на входе в насос-регулятор  $T_{вх}$ .

## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

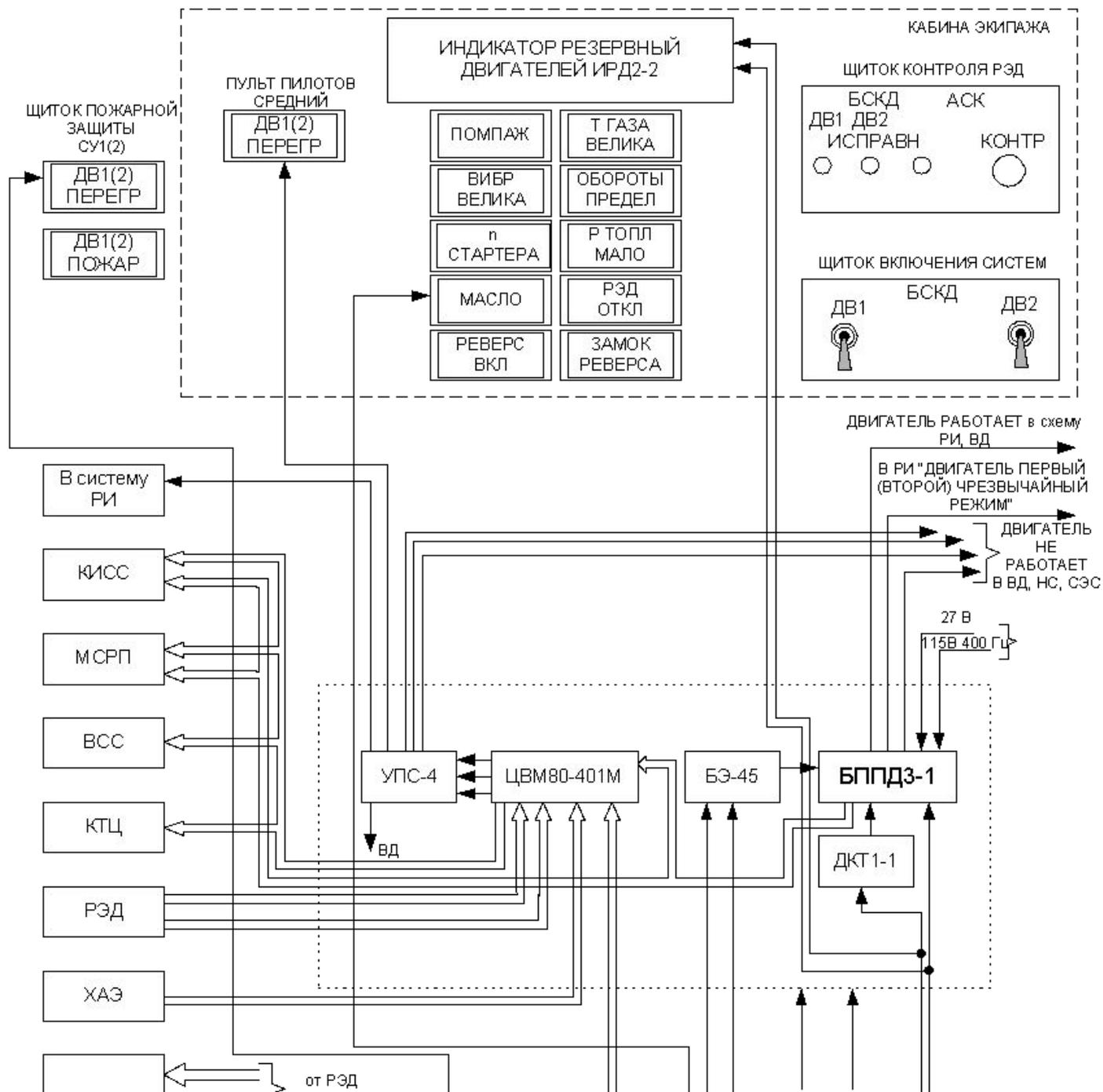
### Светосигнальные табло:

- **ПОМПАЖ** загорается при помпаже двигателя, выдается из РЭД.
- **ВИБР ВЕЛИКА** при уровнях вибрации РК и/или ЗП 60 мм/с по ротору вентилятора и 50 мм/с по ротору КВД, выдается из блока БЭ-45;
  - **Т ГАЗА ВЕЛИКА** загорается при температуре газа за турбиной низкого давления, равной или большей 660°C, на всех режимах работы двигателя, кроме режима ЧР, на режиме ЧР – при значении равном или большем 720°C, выдается из блока БППДЗ-1;
  - **ОБОРОТЫ ПРЕДЕЛ** загорается при частоте вращения ротора КВД, равной или большей 12240 об/мин (98%), или частоте вращения ротора вентилятора, равной или большей 4700 об/мин (100,2%), на всех режимах работы двигателя, кроме ЧР, на режиме ЧР – при  $n_2 \geq 12540$  об/мин (100,4%) или  $n_1 \geq 4840$  об/мин (103,2%), выдается из блока БППДЗ-1;

**Помпáж** (фр. pompage) — срывной режим) — срывной режим работы авиационного турбореактивного двигателя, нарушение газодинамической устойчивости его работы, сопровождающийся хлопками в воздухозаборнике из-за противотока газов, дымлением выхлопа двигателя, резким падением тяги и мощной вибрацией, которая способна разрушить двигатель. Воздушный поток, обтекающий лопатки рабочего колеса, резко меняет направление, и внутри турбины возникают турбулентные завихрения, а давление на входе компрессора становится равным или бóльшим, чем на его выходе.

В зависимости от типа компрессора помпаж может возникать вследствие мощных срывов потоков. В зависимости от типа компрессора помпаж может возникать вследствие мощных срывов потоков воздуха с передних кромок лопаток рабочего колеса и лопаточного диффузора или же срыва потока с лопаток рабочего колеса и спрямляющего аппарата.

Одним из первых термин «помпаж» по отношению к реактивному двигателю применил академик Б. С. Стечкин в 1946 году<sup>[1]</sup>.



## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

### Светосигнальные табло:

- **МАСЛО** загорается при срабатывании сигнализаторов в случае:
  - при давлении масла в нагнетающей магистрали равном или меньшем  $(1,6 \pm 0,3)$  кгс/см<sup>2</sup>;
  - при давлении в суфлирующих полостях равном или большем  $(0,6 \pm 0,2)$  кгс/см<sup>2</sup>;
  - при уровне масла в маслобаке равном или меньшем 5 л;
  - при наличии стружки в масле;
- **Р ТОПЛИВА МАЛО** загорается при давлении топлива перед НР-90 (насосы-регуляторы) равном или меньшем  $(2,8 \pm 0,25)$  кгс/см<sup>2</sup> по сигналу с сигнализатора;
- **n СТАРТЕР** загорается при частоте вращения  $n_2 = (56,8 \pm 2,8)\%$ , сигнал выдается из САУ-90;
- **ЗАМОК РЕВЕРСА** загорается при открытии замка реверса по сигналу с сигнализатора;
- **РЕВЕРС ВКЛ** загорается при установке створок реверса в положение «ОБРАТНАЯ ТЯГА» по сигналу с сигнализатора;

Суфлеры предназначены для выпуска воздуха и газов из масляных полостей двигателя в атмосферу, для отделения от потока воздуха и газа частичек масла и для поддержания заданного избыточного давления в суфлируемых полостях.

Избыточное давление в суфлируемых полостях поддерживается тарельчатым клапаном в пределах 0,01–0,03МПа. При увеличении давления сверх допустимого этот клапан открывается и перепускает воздух в атмосферу.

Конструктивно центробежный суфлер представляет собой вращающуюся с большой скоростью крыльчатку, расположенную в корпусе. При работе двигателя в полость крыльчатки поступает воздух, содержащий небольшое количество паров и мелких капель масла. Под действием центробежных сил частички масла отбрасываются на стенку корпуса, откуда по специальным канавкам накопившееся масло сливается в картер двигателя. При этом уменьшаются безвозвратные потери масла. Воздух, очищенный от масла, через полый вал крыльчатки выводится в атмосферу.

Вращающаяся крыльчатка имеет определенное гидросопротивление, благодаря чему в суфлируемых полостях создается избыточное давление, обеспечивающее нормальную работу откачивающих насосов и уплотнений масляных полостей опор ротора двигателя.

## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

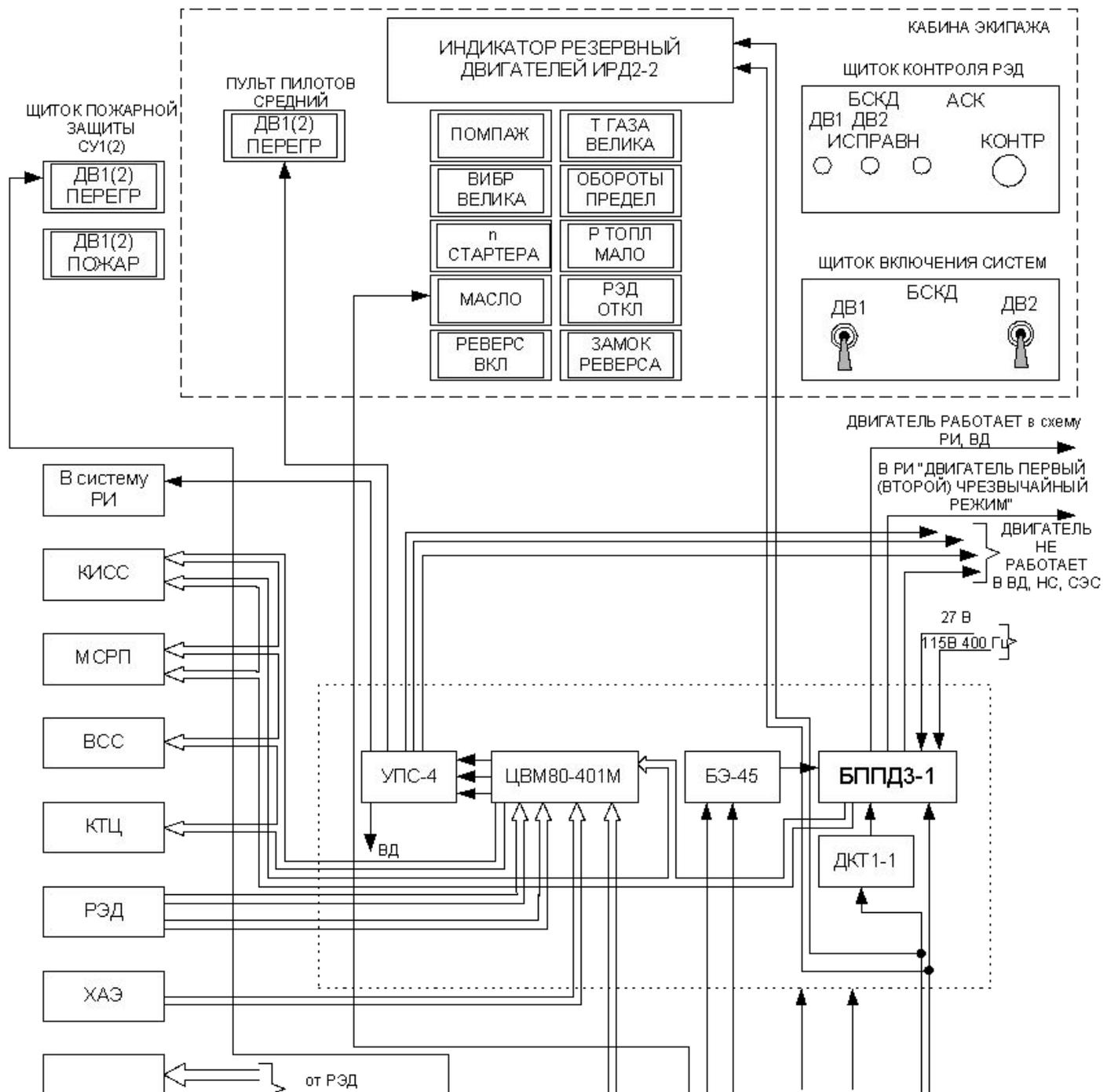
### Светосигнальные табло:

- **ВЫКЛЮЧИ ДВИГАТЕЛЬ** загорается при формировании в ЦВМ80 интегрального сигнала неисправности двигателя по следующим комбинациям сигналов:

- «Вибрация велика» и «Стружка в масле»;
- «Давление масла мало» и «Масла мало»;
- «Стружка в масле» и «Давление масла мало»;
- «Вибрация велика» и «Опасная температура газа»;
- «Помпаж» и «Вибрация велика»;
- «Предельная температура масла на входе» и «Стружка в масле»;
- «Предельная температура масла на выходе» и «Повышенная вибрация»;
- «Стружка в масле» и «Масла мало».

Выдается из УПС4-1. Табло загорается также при наличии сигнала «Пожар» и при срабатывании СЗРТ.

Светодиод 3Л314Г исправности БСКД.



## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

### Сигнализаторы.

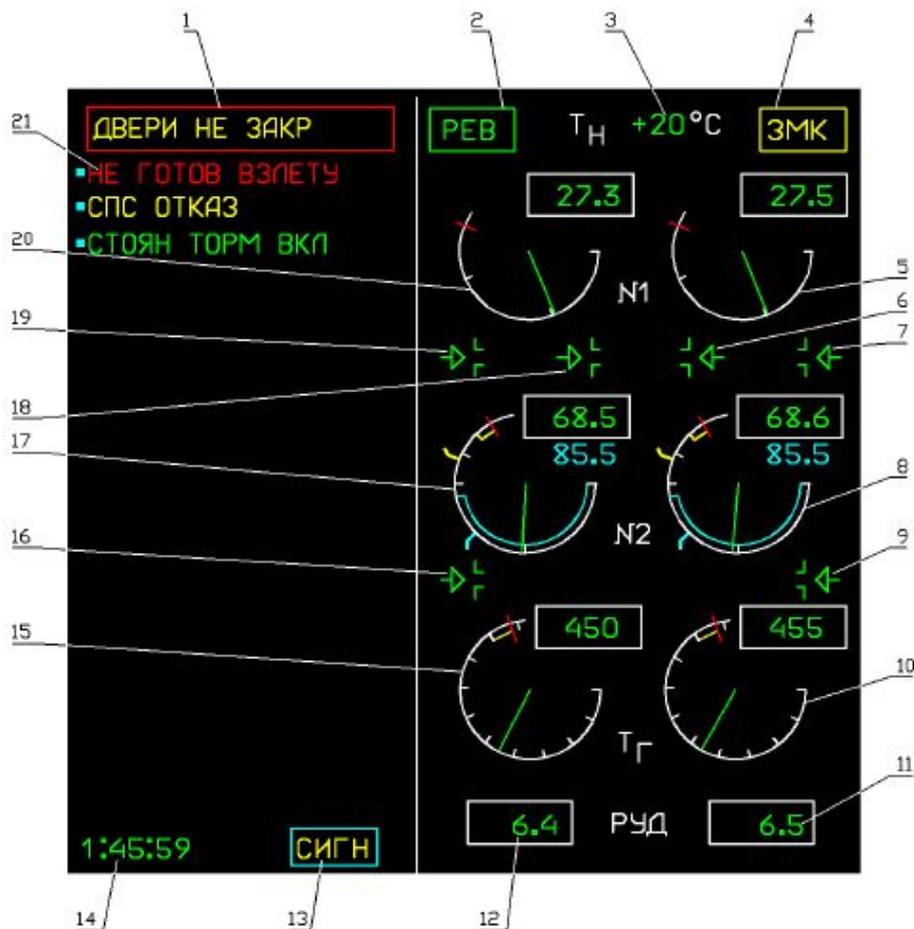
*Сигнализатор давления МСТ-100А* предназначен для выдачи сигнала при повышении давления более  $100 \text{ кгс/см}^2$  в гидросистеме за краном управления реверсом КР-90 после перевода рычага крана КР-90 в положение обратной тяги.

Система сигнализации положения РУ состоит из двух сигнализаторов положения замка и двух сигнализаторов обратной тяги типа ПКТ-6М. Сигнализаторы замка установлены на корпусе замка, сигнализаторы обратной тяги установлены на неподвижном силовом корпусе РУ двигателя. Один сигнализатор замка и один сигнализатор обратной тяги выдают сигналы в бортовую систему контроля двигателя БСКД-90, которая выдает в КИСС на экран информацию о положении элементов РУ и их неисправности.

Второй сигнализатор замка выдает сигналы в электрическую систему управления реверсом тяги, в систему САС на табло «ЗАМОК РЕВЕРСА».

Второй сигнализатор обратной тяги выдает сигнал в САС на табло «РЕВЕРС ВКЛ».

# Отображение информации на ИМ (кадр ДВ/СИГН)



ЗПВ ПС – положение заслонок подпорных ступеней компрессора

- 1 Рамка для отображения сигналов, формирующих интегральный сигнал НЕ ГОТОВ ВЗЛЕТУ.
- 2 Сигнализация о включении реверса двигателя №1 или открытом положении замка реверса двигателя №1.
- 3 Счетчик температуры наружного воздуха TН .
- 4 Сигнализация о включении реверса двигателя №2 или открытом положении замка реверса двигателя №2.
- 5 Шкала оборотов N1 двигателя №2.
- 6 Сигнализация ЗПВ ПС 2 группы двигателя №2.
- 7 Сигнализация положения клапана перепуска КП1 двигателя №2.
- 8 Шкала оборотов N2 двигателя №2.
- 9 Сигнализация положения клапана перепуска КП2 двигателя №2.
- 10 Шкала температуры выходящих газов ТГ двигателя №2.
- 11 Счетчик положения РЧД двигателя №2.
- 12 Счетчик положения РЧД двигателя №1.
- 13 Рамка – признак наличия подсказки к сигналу (сигналам),отображаемым в кадре ДВ/СИГН.
- 14 Счетчик таймера, формируемый КИСС



## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

Контроль состояния двигателя в процессе эксплуатации производится:

- визуально по информации о параметрах, выдаваемой на экраны КИСС, резервный индикатор, сигнальные табло и светосигнализаторы;
- путем послеполетной обработки информации, регистрируемой на МСРП и АСК-90.

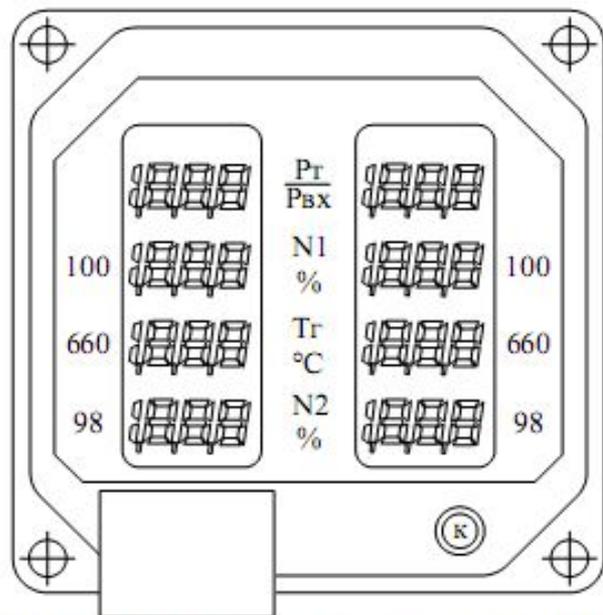


Рис.1. Лицевая панель индикатора резервного двигателей ИРД2-2

Индикатор ИРД2-2 предназначен для контроля и отображения основных параметров двух двигателей ПС-90А самолета, в дополнение к основным средствам контроля, контролируемых на всех этапах его эксплуатации экипажем и наземным персоналом.

На самолете установлен один индикатор ИРД2-2 для двух двигателей.

## Взаимодействующие датчики и сигнализаторы

**Резервный индикатор** параметров двигателей ИРД2-2 осуществляет прием, обработку и отображение информации об основных параметрах двух двигателей ПС-90А:

- частот вращения роторов вентилятора - N1, и КВД – N2;
- температуры газов за турбиной низкого давления Тг;
- верхнее табло, предназначено для отображения параметра, характеризующего тягу двигателя, не используется.

Индикатор представляет собой моноблок с микропроцессорными устройствами, имеющий два жидкокристаллических модуля индикации. ИРД2-2 имеет два независимых канала измерения: для левого и правого двигателей и общий блок питания.

К датчикам параметров N1, N2 и Тг двигателей индикатор подключен параллельно с системой БСКД. Отображение параметров N1, N2 и Тг на жидкокристаллических индикаторах - в цифровом виде.

## 2.29. Электрическая структурная схема БСКД-90



БСКД включается выключателем БСКД ДВ1 (ДВ2), расположенным на щитке включения систем в кабине экипажа. При этом включается непрерывный контроль системы от ВСК. Основной канал БСКД получает электропитание от основных шин переменного тока и от отключаемых шин постоянного тока.

Резервный канал БСКД подключен к аварийным шинам переменного тока, которые питаются от ПТС.

По постоянному току резервный канал запитывается от шин, подключенных к аккумуляторам.

Аппаратура вибрации получает электропитание от основных шин переменного тока и от шин постоянного тока, подключенным к аккумуляторам.

Потребляемая мощность БСКД от самолетной бортсети переменного тока 115В 400Гц – не более 15ВА, из них от аварийного источника – не более 50ВА. От сети постоянного тока 27 В – не более 115 Вт.

Мощность, потребляемая БСКД от аккумуляторных шин в аварийном режиме – не более 45 Вт.

## 2.2.3. Электрическая структурная схема БСКД-90

При неработающем двигателе проверяются только те датчики, параметры которых находятся в рабочем диапазоне.

Контроль остальных датчиков начинается при запуске двигателя.

При отказе ЦВМ80-401М информация в самолетные системы КИСС, МСРП, на табло выдается с блока БППДЗ-1, а выдача информации в КТЦ и ВСС прекращается.

При переходе электропитания борта на аварийное питание система обеспечивает выдачу информации только в КИСС.

Информация об отказе системы выдается в КИСС в виде сигнала БСКД ДВ1 (ДВ2) **ОТКАЗ** сразу после возникновения отказа.

При поиске неисправного элемента на земле при нажатии кнопки БЛОКИ на пульте ПУИ1 КИСС на экран выдается код неисправного элемента.