

Электронные приборные системы

Тема 1. Электрооборудование воздушных
судов

Лекция 1

Классификация систем электроснабжения. Структурные схемы систем электроснабжения. Системы распределения электрической энергии. Общие сведения об авиационных аккумуляторных батареях. Свинцовые аккумуляторные батареи. Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи. Особенности технической эксплуатации авиационных аккумуляторных батарей. Принцип действия и конструкция генератора постоянного тока. Привод генератора постоянного тока. Аппаратура защиты и управления генератора постоянного тока. Стартер-генераторы. Принцип действия и конструкция генератора переменного тока. Привод постоянной частоты вращения. Назначение и классификация авиационных преобразователей электрической энергии. Электромашинные преобразователи. Статические преобразователи.

Назначение и принцип действия приборов контроля работы силовых установок: измерителей температуры выходящих газов и вибрации, авиационных тахометров, манометров, измерителей количества масла. Электрооборудование топливных систем: топливомеры, расходомеры. Электрические системы зажигания и запуска авиационных двигателей. Особенности технической эксплуатации приборов и систем контроля работы силовых установок.

Противообледенительные системы: обледенение ВС и условия его возникновения, влияние процесса обледенения на полет ВС, классификация противообледенительных систем. Датчики и сигнализаторы обледенения. Исполнительные элементы типовых электрических противообледенительных систем. Электрооборудование пожарных систем: датчики пожарных систем, управляющие и исполнительные устройства систем пожаротушения. Светотехническое и светосигнальное оборудование воздушных судов.

Системы кондиционирования воздуха гермокабин. Кислородное оборудование воздушных судов. Особенности технической эксплуатации систем обеспечения жизнедеятельности экипажей и пассажиров воздушных судов.

- **Целью** изучения дисциплины является формирование знаний о физических основах работы, назначении, принципах действия, устройстве, конструкциях и схемах, а также особенностях технической эксплуатации электронных приборных систем.

Предметом дисциплины являются системы электроснабжения и системы распределения электрической энергии, авиационные аккумуляторные батареи, генераторы постоянного и переменного тока, авиационные преобразователи, противообледенительные и противопожарные системы, приборы и системы контроля силовой установки, аэрметрические и гироскопические приборы и системы, курсовые приборы и системы, системы обеспечения жизнедеятельности экипажей и пассажиров воздушных судов.

Семестр	Всего часов	Всего часов аудиторных занятий	В том числе по видам учебных занятий					Время, отводимое для самостоятельной работы	Виды отчетности	Формы текущего контроля	Формы итогового контроля
			Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Курсовые работы (проекты)				
	72	8	4			4		64	КР		Зачет

Литература

- **а) основная литература:**

- Чигвинцев А.А.Авиационное и радиоэлектронное оборудование – Иркутск: МГТУ ГА ИФ, 2012.
- Попов В.М., Чигвинцев А.А., Устинов В.В. Авиационные приборы и информационно-измерительные системы. - Иркутск: МГТУ ГА ИФ, 2011.

- **б) учебно-методическая литература для выполнения лабораторных работ:**

- Попов В.М., Романов О.П. Авиационные приборы. Пособие к лабораторным работам по разделу «Приборы и системы контроля работы двигателей, высотного и кислородного оборудования». – Иркутск: МГТУ ГА ИФ, 2015.
- Попов В.М. Авиационные приборы. Пособие к лабораторным работам по разделу «Приборное оборудование аналоговых комплексов пилотажно-навигационного оборудования». – Иркутск: МГТУ ГА ИФ, 2015.

- **в) учебно-методическая литература для практических занятий:**

- Попов В.М. Авиационные приборы и информационно-измерительные системы. Пособие к практическим занятиям - Иркутск: МГТУ ГА ИФ, 2014.

В результате проведения занятия обучающийся должен:

Знать:

- назначение, принцип действия, устройство, основные конструктивные и схемные особенности, а также методы технической эксплуатации электрооборудования ВС.

Уметь:

- проводить техническое обслуживание летательного аппарата и двигателя с использованием электрооборудования ВС.

Электрооборудование (электрифицированное оборудование) - совокупность устройств, агрегатов и систем, обеспечивающих получение, распределение и использование электрической энергии на борту

К электрооборудованию относятся:

- системы электроснабжения;
- автоматизированный и автоматический электропривод;
- электрические системы зажигания и запуска авиационных двигателей;
- электронные системы управления режимами работы двигателей;
- электрооборудование топливных систем, включая электропривод и электроавтоматику топливных насосов и кранов;
- электрооборудование противообледенительных и противопожарных систем и устройств;
- светотехническое и светосигнальное оборудование.

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Бортовая система электроснабжения самолета (вертолета) (СЭС) предназначена для **выработки электрической энергии, ее распределения и транспортировки** до конечных потребителей.

Классификация систем электроснабжения

По **назначению** СЭС делятся:

- на **основные**, обеспечивающие питание всех или большинства приемников в течение всего времени полета;
- **вспомогательные** (резервные), у которых источники электроэнергии питают ограниченное число приемников при неработающих авиадвигателях на земле и в воздухе (например, генераторы, приводимые во вращение вспомогательной силовой установкой ВСУ);
- **аварийные**, предназначенные для питания ограниченного числа жизненно важных приемников при отказе основных и резервных источников электроэнергии.

По виду источника энергии СЭС делятся:

- на **первичные** СЭС, генераторы которых приводятся во вращение двигателями самолета, редуктором несущего винта или ВСУ;
- вторичные** СЭС, преобразующие электроэнергию первичных СЭС.

По виду генерируемой энергии СЭС делятся:

- на СЭС **постоянного тока**;
 - СЭС **переменного тока переменной частоты**;
 - СЭС **переменного тока постоянной частоты**.
- СЭС переменного тока подразделяются на СЭС **однофазные** и **трехфазные**

По **уровню напряжения**, исходя из принятой шкалы номинальных напряжений генераторов, СЭС делятся на системы с напряжением: **28,5; 37; 120; 208 В**.

По **числу проводов**, используемых для передачи электроэнергии в бортовой электрической сети, СЭС различают **однопроводные**, **двухпроводные** и **трехпроводные**.

Согласно ГОСТ 19705-89 все приемники электроэнергии на ВС условно разбиваются на три группы:

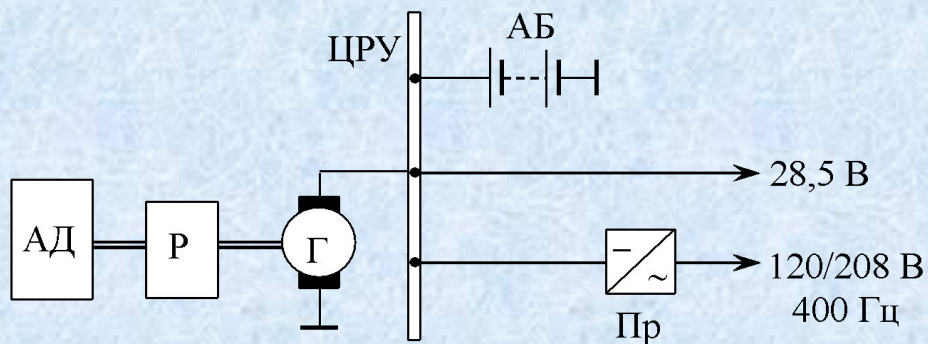
- **приемники 1-й категории**, необходимые для завершения полета и безопасной посадки (жизненно важные потребители, подключаются к специальным аварийным шинам);
- **приемники 2-й категории**, обеспечивающие безопасное продолжение полета, выполнение задания и посадку;
- **приемники 3-й категории**, отказ которых не влияет на безопасность полета.

Режимы работы СЭС:

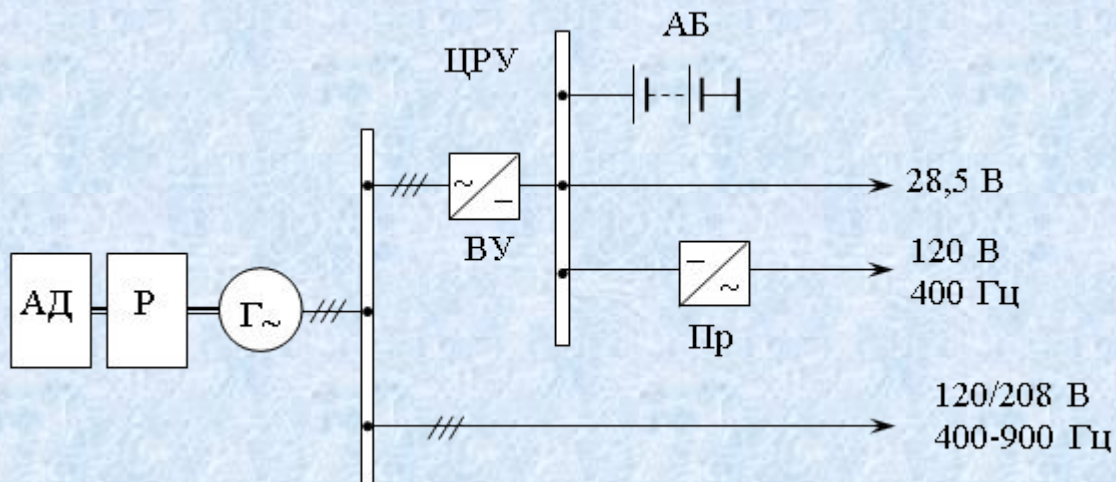
- **нормальный;**
- **частичный;**
- **аварийный;**
- **ненормальный.**

- **Нормальная работа СЭС** - ее элементы исправны и обеспечивается электроснабжение всех приемников, необходимых для выполнения полета.
- **Частичная работа СЭС** - система не в состоянии отдавать необходимую мощность; вследствие этого происходит отключение части приемников, а питание остальных продолжается от исправных источников.
- **Аварийный режим работы СЭС** обусловлен отказами, приводящими к отключению всех каналов и переходу к электроснабжению от аварийных источников электроэнергии только приемников 1-й категории.
- **Ненормальная работа системы** - кратковременный режим работы, возникающий из-за внезапных отказов в системе (короткие замыкания, отказы аппаратов управления и регулирования, отключение части источников и др.). Ненормальный режим работы прекращается в случае отключения отказавших элементов. При этом обычно восстанавливается нормальная или частичная работа системы.

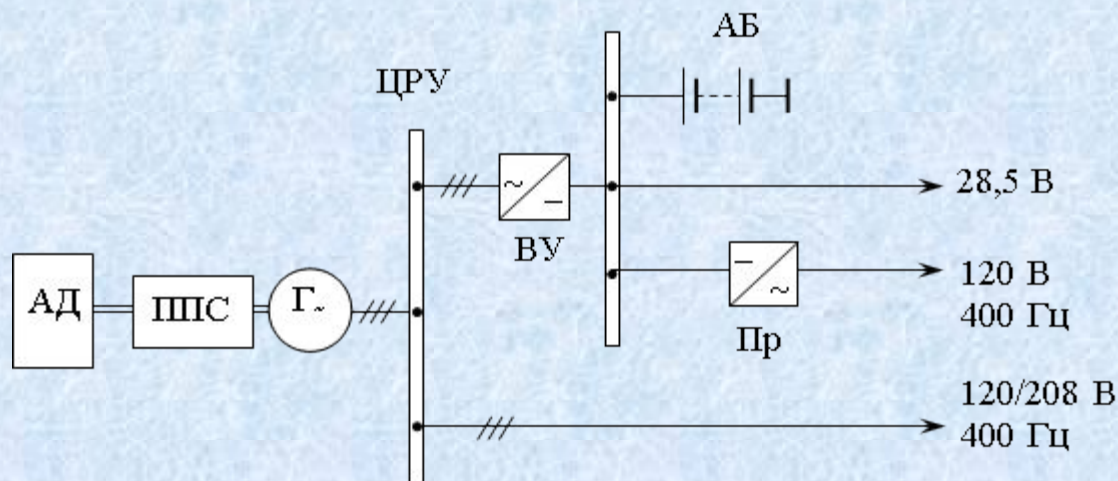
Упрощенная схема СЭС постоянного тока



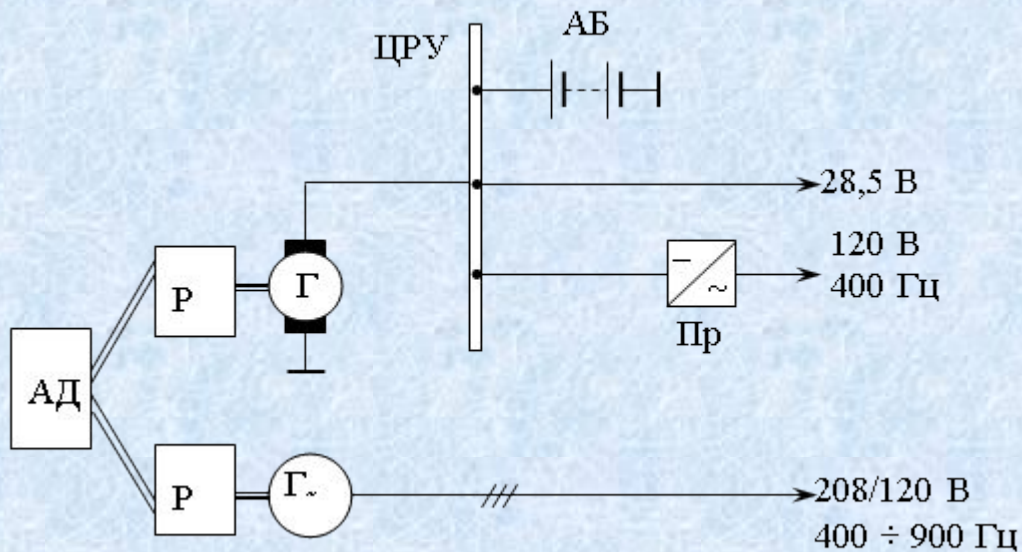
Упрощенная схема СЭС переменного тока переменной частоты



Упрощенная схема СЭС переменного тока постоянной частоты



Упрощенная схема СЭС смешанного типа



Система распределения электроэнергии

Совокупность устройств, передающих электрическую энергию от системы генерирования к приемникам, называется системой распределения.

Состав:

- **электрическая сеть** для передачи электроэнергии от источников питания к приемникам (провода, жгуты, шины);
- **коммутационная аппаратура** (реле, контакторы, выключатели, переключатели, кнопки);
- **защитная аппаратура** (автоматы защиты, предохранители);
- **приборы контроля** качества электроэнергии (вольтметры, амперметры, частотомеры и т.п.);
- **устройства защиты** от помех радиоприему и наводок (фильтры, экранировка, металлизация и т.п.);
- **монтажное и установочное оборудование** (распределительные устройства, коробки, пульты управления, соединители, детали крепления проводов и жгутов).

На ВС электрическая энергия от источников вначале подводится к шинам центральных распределительных устройств (**ЦРУ**)

РУ конструктивно выполняются в виде панелей и щитков, имеющих закрытый корпус. В них размещаются токоведущие элементы (распределительные шины), коммутационные и защитные аппараты.

Под **шинами** подразумеваются прямоугольные провода в виде полос меди или алюминия.

Фидер – это участок распределительной сети, включающей в себя один приемник или группу приемников, питаемых через общий аппарат защиты.

АВИАЦИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Аккумуляторами называются химические источники тока, принцип работы которых основан на использовании обратимых электрохимических реакций: химическая энергия заложенных в них активных веществ в процессе электрохимических реакций преобразуется в электрическую энергию и наоборот.

Аккумулятор состоит из **двух электродов** – положительного и отрицательного, разделенных слоем **электролита**.

Несколько аккумуляторов в едином конструктивном исполнении и электрически соединенных между собой называют **батареей**.

Процесс превращения химической энергии активных веществ электродов в электрическую энергию с использованием ее во внешней цепи называется **разрядом**.

Процесс восстановления активных веществ аккумулятора за счет энергии другого источника называется **зарядом**.

Заряд аккумулятора с последующим разрядом называется **циклом**.

По виду электролита АБ делятся на **кислотные** и **щелочные**.

К первой группе относятся **свинцовые АБ**, ко второй – **серебряно-цинковые** и **никель-кадмиевые АБ**.

Тип аккумулятора	Тип электролита	Электрохимическая система	Э.д.с., В
Свинцовый	кислотный	$PbO_2^+ H_2SO_4 Pb^-$	2,1
Серебряно-цинковый	щелочной	$AgO^+ KOH Zn^-$	1,85
Никель-кадмиевый		$NiOOH^+ KOH Cd^-$	1,36

Совокупность активных веществ, использованных для создания аккумулятора, называется электрохимической системой.

Для обозначения электрохимической системы принято между двумя вертикальными чертами писать химическую формулу электролита, а слева и справа соответственно – химические формулы активных веществ положительного и отрицательного электродов.

Бортовые АБ устанавливаются на летательных аппаратах и предназначены:

- для питания жизненно важных потребителей электроэнергии постоянного тока при выходе из строя основных источников до момента включения резервных источников постоянного тока или до совершения вынужденной посадки;

- для автономного запуска авиадвигателей на земле и в воздухе;

- для снятия пиков токовых нагрузок при включении мощных потребителей.

Аэродромные АБ предназначены для питания агрегатов и аппаратуры, работающих при запуске авиадвигателей и для проверок оборудования на земле.

**Основные параметры аккумуляторов:
электродвижущая сила,
внутреннее сопротивление,
напряжение на зажимах под нагрузкой,
емкость (разрядная, номинальная, удельная),
удельная энергия,
саморазряд,
срок службы.**

**Электродвижущая сила (ЭДС) аккумулятора E –
это напряжение между его выводами при
разомкнутой внешней цепи.**

**Величина ЭДС аккумулятора определяется только
его электрохимической системой и плотностью
электролита.**

Внутреннее сопротивление аккумулятора R представляет собой сумму **омического сопротивления** и **сопротивления поляризации**.

Омическое сопротивление представляет собой сумму сопротивлений электролита, электродов, соединительных элементов и переходного сопротивления электрод – электролит.

Основную долю составляет сопротивление электролита, значение которого зависит от плотности электролита и температуры.

Сопротивление поляризации обусловлено изменением электродных потенциалов при протекании тока.

Напряжением аккумулятора U под нагрузкой называется разность потенциалов, измеренная на электродах аккумулятора при прохождении через него электрического тока (зарядного или разрядного). Оно отличается от ЭДС падением напряжения на внутреннем сопротивлении.

Разрядной емкостью аккумулятора называют то количество электричества в ампер-часах, которое он отдает при разряде до наименьшего допустимого напряжения.

Номинальная емкость Q_n – это емкость аккумулятора, которую он должен отдавать при разряде номинальным током при оговоренных в техническом описании нормальных условиях.

12-САМ-28 - 28 А·ч.

Удельная емкость – это отношение емкости аккумулятора (или АБ) к его полной массе.

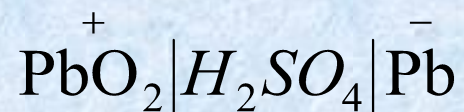
Удельная энергия – это отношение энергии, отдаваемой аккумулятором во внешнюю цепь при разряде, к его полной массе.

Саморазрядом АБ называется самопроизвольная потеря емкости при разомкнутой внешней цепи. Основной причиной саморазряда является протекание реакций окисления электродов в электролите.

Срок службы – это время работы, в течение которого АБ сохраняет свои характеристики в допустимых пределах.

Срок службы бортовых АБ исчисляется календарным временем эксплуатации и хранения, аэродромных – числом циклов заряд-разряд.

Свинцовые аккумуляторные батареи



Активным веществом положительного электрода является диоксид свинца PbO_2 , а отрицательного – губчатый свинец Pb . Электролитом служит раствор серной кислоты H_2SO_4 в дистиллированной воде плотностью $1,285 \text{ г/см}^3$.

При разряде аккумулятора активные вещества обоих электродов превращаются в сульфат свинца, плотность электролита понижается вследствие расходования кислоты и выделения воды.

На отрицательном электроде в результате окислительной реакции образуются свободные электроны. Эти электроны при разряде аккумулятора уходят в цепь. На положительном же электроде для восстановительной реакции наоборот необходимы электроны, которые поступают через цепь от отрицательного электрода.

При заряде аккумулятора от внешнего источника происходит обратная реакция, в результате которой сульфат свинца на положительном электроде превращается в диоксид свинца PbO_2 , а сульфат свинца на отрицательном электроде – в губчатый свинец Pb . Процесс заряда сопровождается постепенным повышением плотности электролита вследствие образования серной кислоты.

Свинцовая аккумуляторная батарея состоит из 12 аккумуляторов, соединенных последовательно при помощи межэлементных соединений.

Бортовые: 12-А-30, 12-САМ-28, 12-САМ-55, 12-АСАМ-23.

Аэродромные – 12-АО-50, 12-АСА-140.

А – авиационная, САМ – стартерная авиационная моноблочная, АСАМ – авиационная стартерная с абсорбированным электролитом, АО – аэродромного обслуживания, АСА – аэродромный стартерный аккумулятор.

При хранении авиационных АБ применяют глухие пробки, а при эксплуатации – рабочие.

Глухие пробки препятствуют поступлению воздуха внутрь аккумулятора и предохраняют активные вещества от окисления. Верхняя часть глухих пробок окрашивается в красный цвет.

Рабочие пробки обеспечивают отвод газов, образующихся при работе аккумуляторов, и предохраняют электролит от выливания при эволюциях летательного аппарата.

Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи



Первичным активным веществом положительного электрода является моногидрат окиси никеля NiOOH, а активным веществом отрицательного электрода – губчатый кадмий Cd. В качестве электролита используется водный раствор едкого калия плотностью 1,2 г/см³.

Электролит не вступает в реакцию с активными веществами электродов и плотность его не зависит от степени разряженности аккумуляторов

Молекул гидроксида никеля участвует в реакции в два раза больше, чем молекул кадмия, поэтому масса активного вещества положительных пластин должна быть больше массы активного вещества отрицательных пластин.

ЭДС заряженного аккумулятора сразу после заряда составляет 1,4 В.

За несколько суток хранения ЭДС уменьшается до 1,25-1,3 В.

20НКБН-25 20НКБН-45

20 – количество последовательно соединенных аккумуляторов; НКБН – никель-кадмиевые безламельные намазные; 25 (45) – номинальная емкость в ампер-часах.

Контроль технического состояния свинцовых АБ

Проверка внешнего состояния, напряжения аккумуляторов, напряжения батареи, уровня и плотности электролита, определяется степень разряженности батареи.

Полуразряженная АБ может не обеспечить автономного запуска авиадвигателя.

Сильно разряженная АБ не успевает подзарядиться в полете.

Степень разряженности АБ на ВС определяется по напряжению, путем подключения к батарее нагрузки, соответствующей ее удвоенному номинальному току. Чтобы не разрядить АБ, потребители включают не более чем на 3...5 сек, в течение которых по вольтметру фиксируется ее напряжение. Если оно окажется ниже 24 В (разряжена более чем на 25 %), батарею снимают с ВС и отправляют на зарядную аккумуляторную станцию (ЗАС). Степень разряженности бортовых свинцовых АБ следует определять после каждого полета.

Определение степени разряженности АБ, снятой с ВС, производится по напряжению каждого аккумулятора, измеренному с помощью аккумуляторного пробника (Румянцева), а также по плотности электролита – с помощью ареометра

С помощью аккумуляторного пробника

Для измерения напряжения аккумулятора в пробник ввинчивают нагрузочное сопротивление, рассчитанное на двойной номинальный ток батареи. Ножки пробника устанавливают на клеммы аккумулятора соответствующей полярности и, нажимая на кнопку, фиксируют показание вольтметра. Кнопку не следует держать нажатой более 3...5 сек, чтобы существенно не разрядить аккумулятор и не допустить перегорания сопротивления. Степень разряженности всей батареи определяется по аккумулятору с наименьшим напряжением.

Определение степени разряженности свинцовых АБ по **плотности электролита** основан на изменении ее в процессе разряда и заряда.

Плотность электролита измеряют ареометром. При измерении трубку ареометра погружают в аккумулятор и резиновой грушей засасывают электролит до всплытия поплавка. Отсчет делается по шкале поплавка. Если температура электролита отличается от +25 °С, необходимо ввести поправку: на каждый превышающий градус надо прибавить к показаниям ареометра 0,0007 г/см³, а на каждый недостающий градус – вычесть 0,0007 г/см³.

Уровень электролита определяют с помощью стеклянной трубки. Он должен быть на 6...8 мм выше предохранительного щитка. Перед проверкой уровня электролита батарею 2...3 раза покачивают для удаления газов.

Моноблоки и мастика не должны иметь трещин и повреждений. Болты и гайки у выводов должны быть смазаны и иметь исправную резьбу, наконечники токоотводных шин должны быть очищены от окислов. Рабочие пробки не должны иметь засоренности отверстий.

Свинцовые аккумуляторные батареи обычно выпускаются в сухозаряженном виде, без электролита

Сухозаряженные батареи сохраняют заряд в течение нескольких лет при условии полного отсутствия влаги в элементах. Для этого сосуды элементов герметически закрываются глухими пробками.

Батареи, уже находившиеся в эксплуатации, рекомендуется хранить в заряженном состоянии с электролитом. В этом случае срок хранения не должен превышать 6 месяцев, при условии обязательного ежемесячного их подзаряда. Аккумуляторы можно хранить в помещениях при температуре 5...30 °С.

Техническое обслуживание АБ осуществляется на зарядных аккумуляторных станциях (ЗАС)

Батареям, находящимся в эксплуатации, необходимо проводить глубокий заряд с периодичностью 1 раз в месяц. КТЦ на АБ проводятся через каждые 3 месяца.

Основные неисправности свинцовых аккумуляторных батарей

Внешние неисправности:

трещины моноблока, поломка или ослабление выводных клемм, трещины или оплавление мастики, поломка или засорение рабочих пробок.

Внутренние неисправности:

крупнокристаллическая сульфатация пластин, короткое замыкание, изменение полярности (переполюсовка), ускоренный саморазряд, обрыв электрической цепи, слипание пластин с сепараторами, повышенный износ пластин и другие.

Вредная сульфатация пластин заключается в том, что мелкокристаллический сульфат свинца, образующийся при разряде, переходит постепенно в крупнокристаллический, который при последующих зарядах батарей растворяется крайне плохо, поэтому активная масса восстанавливается плохо.

Возникает в результате неправильной эксплуатации батарей (не своевременный заряд свинцовых АБ).

Очень важно доводить заряд до конца, иначе мелкие кристаллы сульфата свинца, оставшиеся после неполного заряда, перерастут в крупные.

Признаками появления вредной сульфатации

являются: повышенное напряжение в начале заряда и резкое падение напряжения при разряде, медленное повышение плотности электролита при заряде, быстрое повышение температуры электролита и преждевременное начало газовыделения при заряде.

Систематические глубокие заряды и КТЦ преследуют цель преобразования всего сульфата свинца в первоначальные активные вещества, для чего батарее сообщается большее количество электричества, чем при нормальном заряде. Незначительная вредная сульфатация батареи может быть устранена путем заряда ее малым током с электролитом низкой плотности.

Короткое замыкание аккумуляторов происходит в результате повреждения, износа или сдвига сепараторов, а также накопления шлама на дне сосуда или попадания в аккумулятор постороннего токопроводящего предмета.

Признаки короткого замыкания :

- плотность электролита при заряде почти не повышается, а в конце заряда величина ее значительно ниже, чем в других одновременно заряжаемых элементах;
- плотность электролита от цикла к циклу уменьшается, несмотря на то, что батарея получает нормальный заряд и плотность электролита в других аккумуляторах нормальная;
- напряжение у неисправных аккумуляторов ниже, чем у исправных, а при отключении батареи напряжение неисправного аккумулятора резко падает.

Изменение полярности (переполюсовка) батарей вызывается неправильным включением их в зарядную цепь. При этом батарея сначала полностью разряжается, а затем заряжается, изменяя свою полярность.

Изменение полярности отдельных аккумуляторов возможно и при глубоких разрядах батареи, когда их напряжение падает до нуля. При этом разрядный ток более «сильных» аккумуляторов, проходя через полностью разряженные аккумуляторы, заряжает последние с другой полярностью.

Устраняется переполюсовка проведением двух–трех контрольно-тренировочных циклов, однако емкость и срок службы батареи после переполюсовки значительно снижаются.

Ускоренный саморазряд происходит из-за наличия на поверхности батареи пролитого электролита, а также вследствие загрязнения электролита вредными примесями.

Характерные признаки:

быстрая потеря емкости и уменьшение напряжения и плотности электролита при бездействии батареи.

Обрыв электрической цепи батареи может происходить при расплавлении борнов вследствие короткого замыкания во внешней цепи или разряда батареи током, превышающим допустимую величину. Обрыв цепи определяется по отсутствию напряжения на зажимах батареи и на поврежденных аккумуляторах при наличии его на всех других аккумуляторах.

Повышенный износ пластин происходит при систематических зарядах батарей большими токами при повышенной температуре электролита (выше 45 °С), что приводит к обильному газовыделению, вызывающему разрушение активной массы пластин.

Повышенный износ пластин определяется по быстрому увеличению плотности электролита до нормальной величины при заряде, по малой емкости, отдаваемой батареей при разряде, а также по коричневому цвету электролита.

Контроль технического состояния никель-кадмиевых аккумуляторных батарей

Никель-кадмиевые АБ поставляются в разряженном состоянии, залитые электролитом.

Контроль технического состояния включает:

проверку внешнего состояния, ЭДС каждого аккумулятора, ЭДС батареи, уровня электролита и сопротивления изоляции.

Батарея не должна иметь загрязнений, электролита на поверхности аккумуляторов, следов перегрева, почернения и позеленения никелевых деталей. Контактные соединения должны быть надежно затянуты.

Уровень электролита в никель-кадмиевых аккумуляторах должен быть в пределах окон для контроля уровня электролита. Допускается корректировка уровня электролита дистиллированной водой.

Напряжение батарей под нагрузкой током 85...100 А в течение 5 сек должно быть не ниже 24,0 В.

ЭДС батареи должна быть не ниже 26 В.

ЭДС каждого аккумулятора должно быть не менее 1,27 В.

Остаточная емкость, ниже которой АБ к дальнейшей эксплуатации не допускаются - 21 А·ч.

Сопротивление изоляции между контейнером батареи и положительным выводом розетки, между контейнером батареи и корпусом ЛА должно быть не менее 20 кОм.

Регламентные работы на гарантийных АБ проводятся 1 раз в 3 месяца, со сменой электролита – 1 раз в 6 месяцев.

Основные неисправности никель-кадмиевых АБ

- короткие замыкания между аккумуляторами и внутри аккумулятора;**
- выпадение карбонатов;**
- наличие трещин, сколов на пластмассовом корпусе, неисправность пробок, высокий уровень электролита приводит к течи электролита;**
- тепловой разгон.**

Тепловой разгон – это самоускоряющееся возрастание тока при заряде АБ от источника постоянного напряжения, сопровождающееся повышением температуры батареи.

Признаками того, что АБ входила в режим теплового разгона, являются: выкипание электролита (уровень электролита существенно ниже обычного, оставшаяся часть электролита имеет темный цвет), наличие следов местного перегрева выводов, деформация отдельных аккумуляторов.

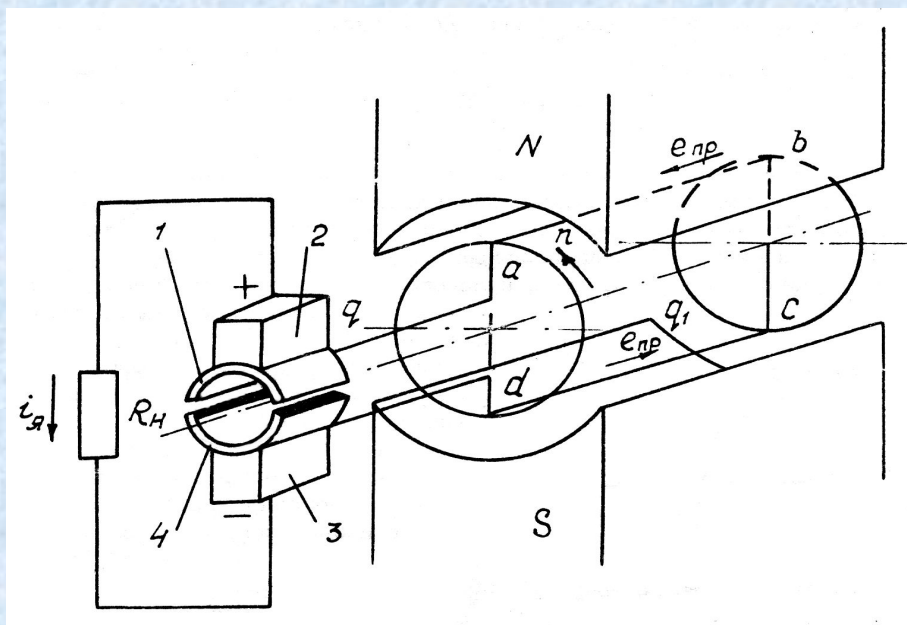
Признаки возникновения теплового разгона можно обнаружить в полете. Для этого периодически контролируется ток заряда батарей по бортовому амперметру. Если, например, ток заряда одной батареи больше 10 А, а суммарный ток заряда четырех батарей более 20 А, то батарею с повышенным током заряда следует отключить от бортовой сети.

Возникновению процесса теплового разгона никель-кадмиевых АБ способствует:

- недостаток электролита в аккумуляторах;
- повышенное напряжение бортовой сети (свыше 30 В);
- повышенная температура окружающей среды;
- ухудшение состояния сепараторов и активных масс;
- значительное различие по емкости аккумуляторов, входящих в состав батареи.

ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА И ИХ ПРИВОД

Генератор - электрическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую энергию с требуемыми характеристиками.

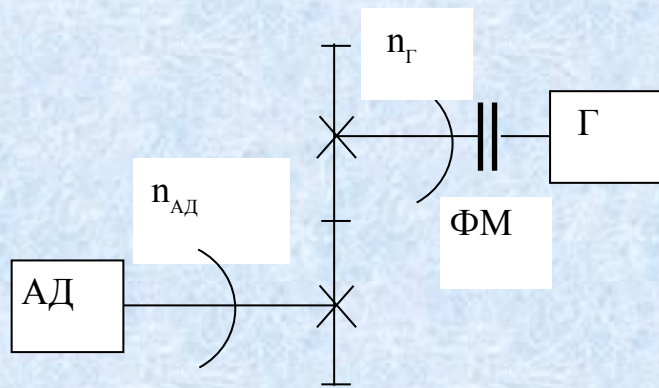


$e_{пр} = B_{\delta} l v$,
где B_{δ} – магнитная индукция в воздушном зазоре между полюсами, в месте расположения проводника;

l – активная длина проводника в зоне действия магнитной индукции;

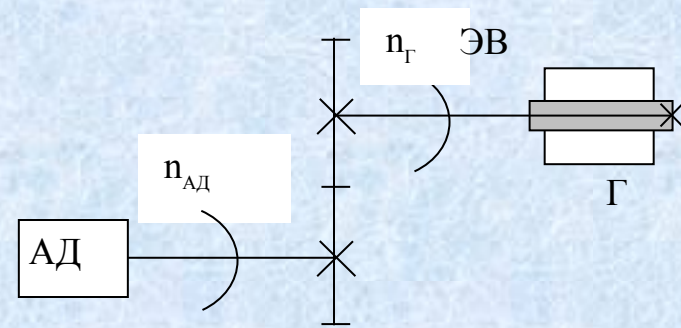
v – скорость движения проводника.

$$e_B = 2B_{\delta} l v.$$



Использование фрикционной муфты

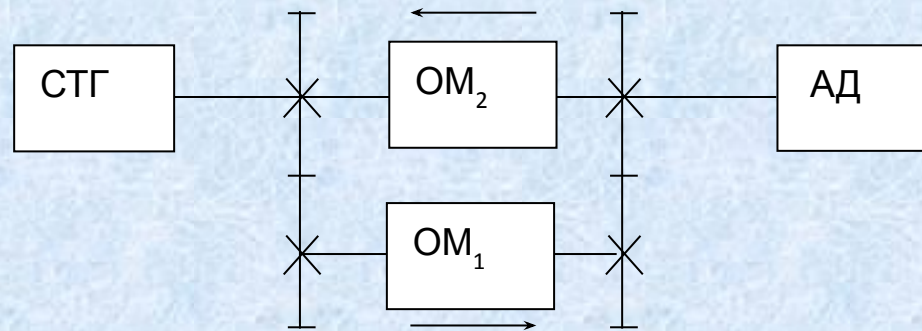
Фрикционная муфта состоит из комплекта стальных и бронзовых дисков, которые поочередно укреплены на ведомом и ведущем валах и сжимаются между собой пружинами. Затяжка пружины муфты регулируется обычно на трех-, четырехкратный номинальный момент генератора. При моментах, превышающих эту величину, муфта проскальзывает и предохраняет вал генератора от срезания.



Использование гибкого вала

Эластичный валик помещается внутри жесткого полого вала якоря и одним концом сочленяется с последним с помощью шлицев или шпонки. Другой конец валика снабжен шлицами и соединяется с редуктором привода. Эластичный валик обеспечивает упругую связь между якорем генератора и приводом, уменьшая амплитуду пульсаций угловой скорости якоря генератора.

Особенность приводов стартеров-генераторов



Использование обгонной муфты

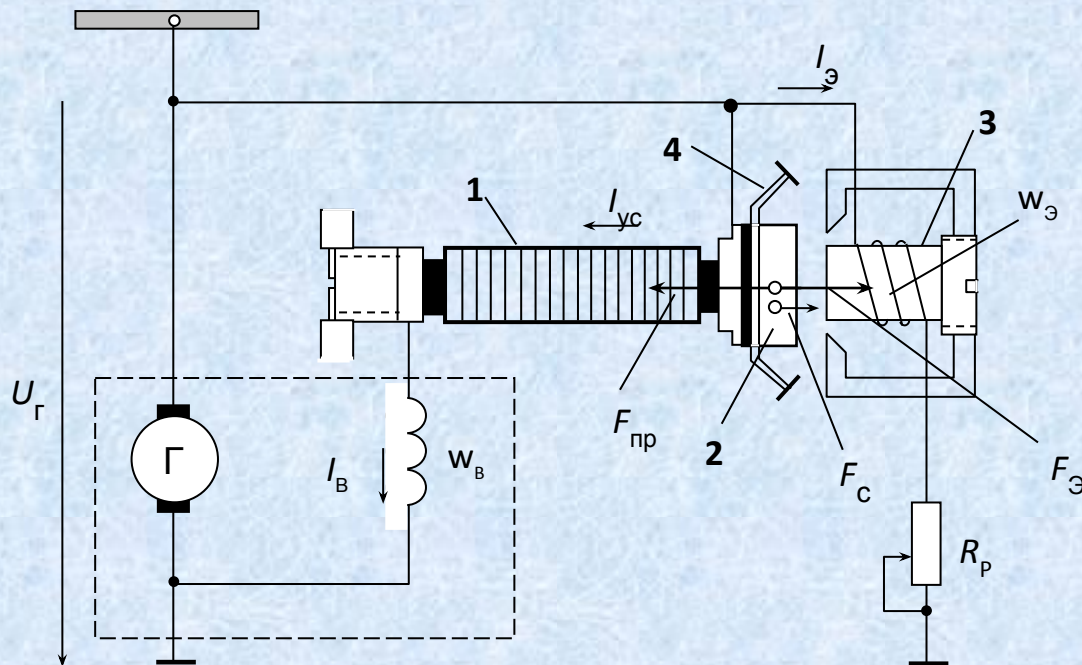
Использование одной и той же машины в генераторном и стартерном режимах, требует применения редуктора с автоматически изменяющимся передаточным числом при переходе из одного режима в другой. Таким редуктором может быть обычный редуктор, снабженный обгонными муфтами: храповой $ОМ_1$ и роликовой $ОМ_2$

Особенность обгонных муфт в том, что они передают вращающий момент только в одном направлении.

Аппаратура защиты и управления генератора постоянного тока

Угольный регулятор напряжения

Угольные регуляторы основаны на использовании свойства угольного столба, изменять свое сопротивление при изменении силы сжатия.



генератор

угольный столб 1,
электромагнит с
сердечником 3,
подвижный якорь 2,
прижимается
пружиной 4 к
угольному столбу.

Электромагнит является
измерительным элементом.

Угольный столб включается последовательно с обмоткой возбуждения генератора и является исполнительным элементом. Он составлен из большого числа угольных шайб (40...50 шт.).

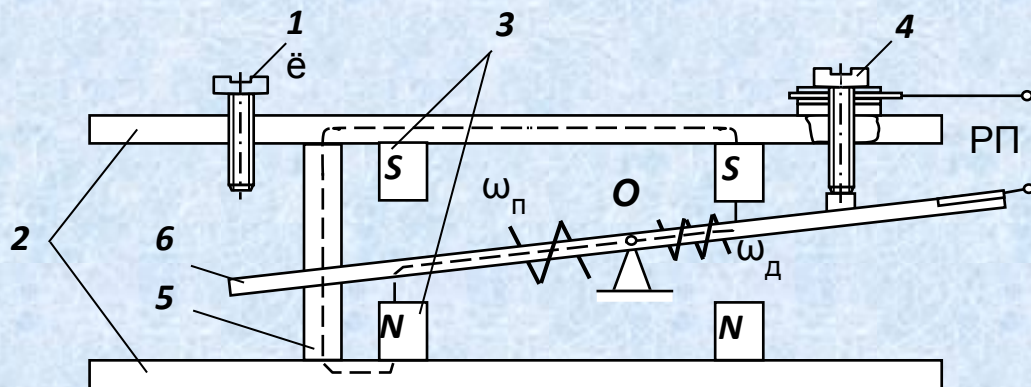
Дифференциально-минимальное реле

В системах электроснабжения с генераторами постоянного тока операции управления и сигнализации о включении и отключении генератора выполняются дифференциально-минимальным реле (ДМР). Кроме того, ДМР выполняет и некоторые функции аппаратов защиты, автоматически отключая генератор при возникновении ряда ненормальных режимов.

ДМР обеспечивает:

- автоматическое подключение генератора к шинам ЦРУ при условии, что его напряжение превышает напряжение сети на 0,2...1,0 В;
- автоматическое отключение генератора от шин ЦРУ при протекании «обратного» тока от сети в пределах 25...50 А;
- автоматическое отключение генератора от шин ЦРУ в случае обрыва проводов на участке «генератор – ДМР»;
- невозможность подключения генератора с неправильной полярностью к сети;
- сигнализацию членам экипажа при отключении генератора.

с генератором мощностью 12 кВт включают ДМР-400Т, а с генератором мощностью 18 кВт – ДМР-600Т



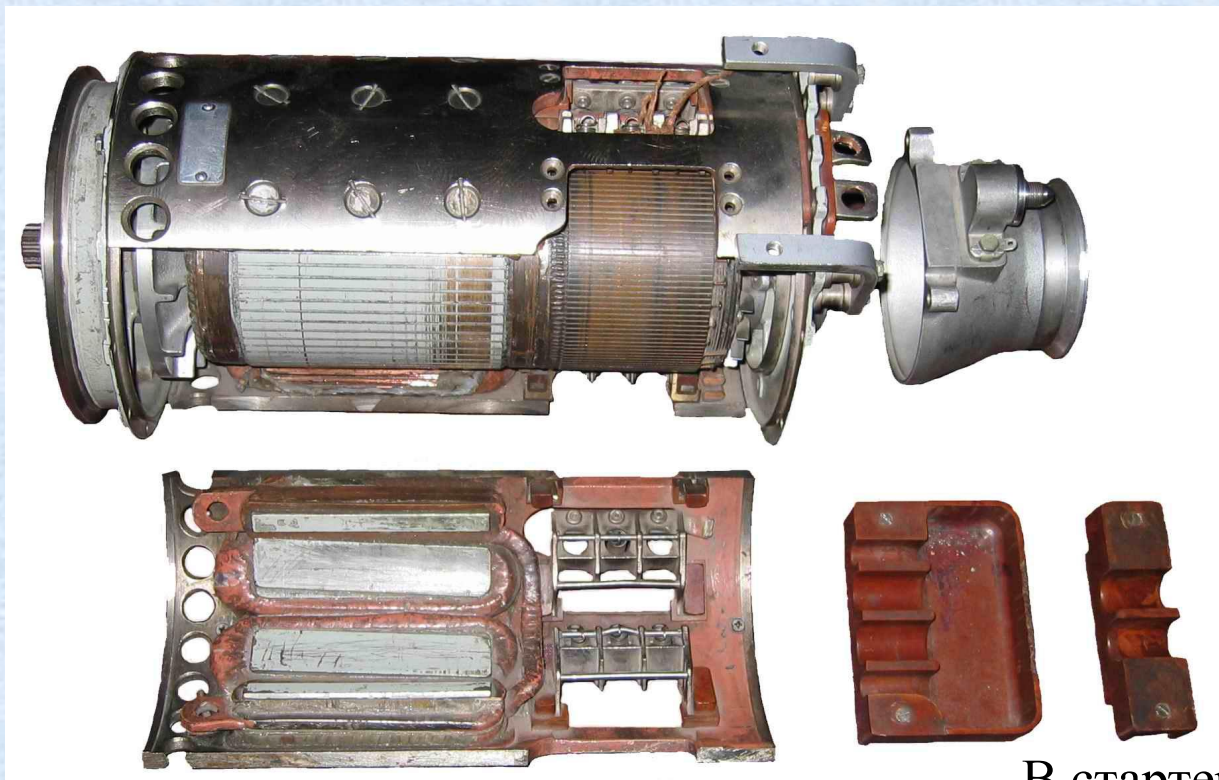
винт 1 - устанавливается величина разности напряжений генератора и бортовой сети, при которой замыкаются контакты РП, винт 4 регулируется величина обратного тока, протекающего по обмотке $\omega_{\text{п}}$, при которой эти контакты размыкаются.

Если по дифференциальной обмотке $\omega_{\text{п}}$ пропускать ток в направлении, указанном стрелкой, то якорь намагнитится так, что северный полюс у него будет справа, а южный – слева (магнитный поток замыкается по цепи, показанной пунктирной линией). В результате якорь повернется против хода часовой стрелки и контакты РП замкнутся.

При обратном направлении тока в последовательной обмотке $\omega_{\text{п}}$ полярность магнитного потока в якоря изменится и он повернется по ходу часовой стрелки. Контакты РП разомкнутся.

Так как противодействующая пружина у якоря 6 поляризованного реле отсутствует, то он поворачивается только при протекании тока в обмотках ОУ и $\omega_{\text{п}}$ в том или ином направлении.

Разрез starter-генератора ГСР-СТ-12/40Б



Режим работы – повторно-кратковременный: 5 циклов по 30сек с перерывами между ними не менее 2 мин, затем полное охлаждение или работа в генераторном режиме.

Основные технические данные:

В генераторном режиме
Напряжение,
В.....28,5;
Номинальный ток нагрузки, А 400;
Частота вращения, об/мин...4 000...9
000;
Масса, кг.....не более 32;

В стартерном режиме
Напряжение,
В.....24,5±1,5;
Потребляемый ток, А.....не более
750;
Частота вращения, об/мин....не
менее 850;
Момент на валу, Н·мне
менее 50

Можно отметить ряд существенных недостатков низковольтной СЭС постоянного тока:

- бóльшая масса низковольтных машин постоянного тока (как генераторов, так и двигателей);
- большое количество коллекторных машин постоянного тока, требующих особого ухода в процессе эксплуатации;
- большие потери мощности на коллекторах низковольтных машин и обусловленные этим трудности охлаждения машин данного типа, особенно в продолжительном режиме работы.

ГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И ИХ ПРИВОД

В настоящее время применяются, как правило, синхронные генераторы, у которых частота вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки якоря, равна частоте вращения ротора.

Авиационные синхронные генераторы классифицируют :

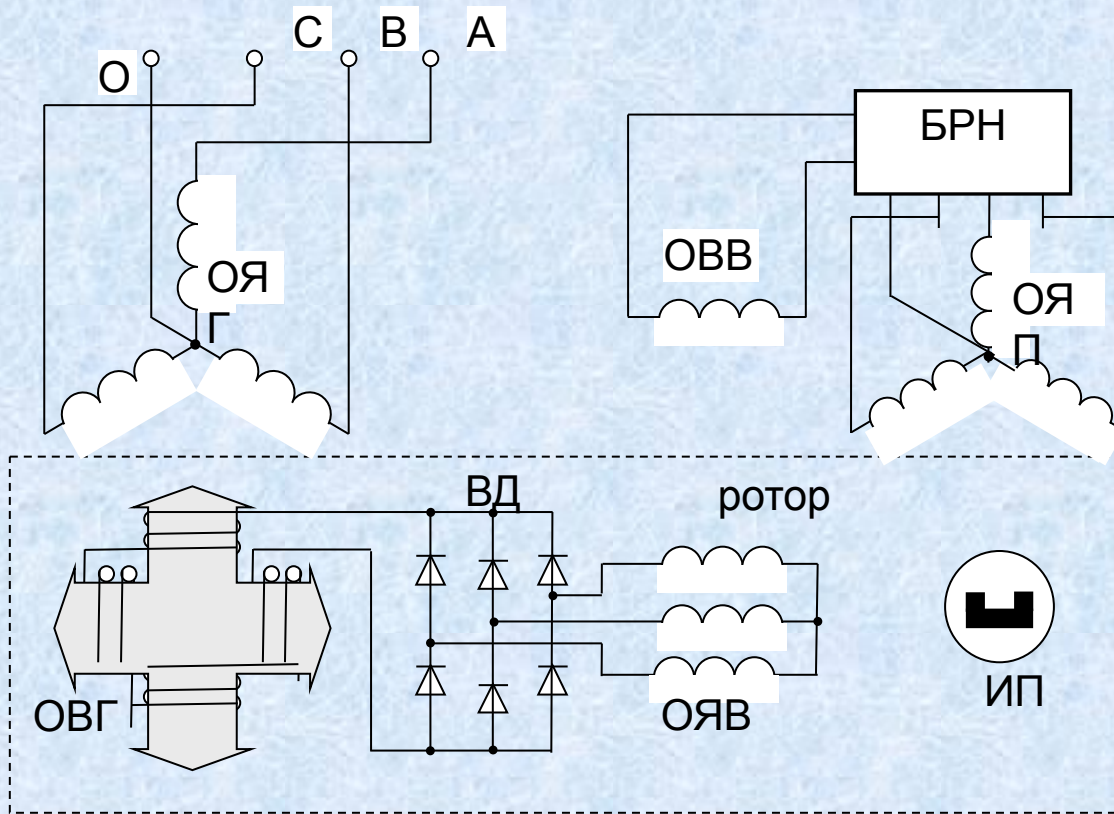
- по частоте вращения – различают переменной и постоянной частоты;
- по числу фаз – могут быть однофазными, трехфазными;
- по величине напряжения – для однофазных установлено напряжение 120 В, для трехфазных фазное напряжение также равно 120 В, а линейное напряжение – 208 В;
- по способу возбуждения – с электромагнитным возбуждением и с возбуждением от постоянных магнитов;
- по конструктивному исполнению – со скользящим контактом типа «кольцо-щетка» и бесконтактные;
- по способу охлаждения – с воздушным охлаждением скоростным напором, с жидкостным непосредственным охлаждением, с жидкостным циркуляционным охлаждением, с испарительным охлаждением и др.

Маркировка:

- буквы ГТ означают – генератор трехфазный;
- цифры после этих букв – мощность генератора в кВ·А;
- набор букв после цифр означает: П – воздушное охлаждение (продув скоростным напором), НЖ – охлаждение нагнетаемой жидкостью, В – водяное испарительное охлаждение;
- буква Ч – частота 400 Гц;
- цифры 6, 8 или 12 – частота вращения ротора генератора соответственно 6000, 8000 или 12000 об/мин;
- последующие цифры и буквы означают конструктивную модификацию.

Устройство генератора типа ГТ

Представляет собой трехмашинный агрегат, состоящий из трех синхронных генераторов: подвозбудителя с возбуждением от постоянных магнитов, возбудителя и основного генератора



На якоре:

ИП – индуктор подвозбудителя (постоянные магниты, по схеме «звездочка»); ОЯВ – обмотка якоря возбудителя (укладывается в пазы пакета стали якоря возбудителя); ВД – вращающиеся диоды; ОВГ – обмотка возбуждения основного генератора (укладывается на полюсах)

На статоре:

ОЯП – обмотка якоря подвозбудителя (укладывается в пазы пакета стали якоря); ОВВ – обмотка возбуждения возбудителя (размещается на обычных или когтеобразных полюсах); ОЯГ – обмотка якоря основного генератора (укладывается в пазы пакета стали якоря)

Привод постоянной частоты вращения

В системах электроснабжения переменного тока постоянной частоты

синхронные генераторы приводятся во вращение от авиадвигателей через специальное промежуточное устройство, выходной вал которого независимо от изменения частоты вращения входного вала, т.е. вала АД, вращается с постоянной угловой скоростью. Поэтому частота тока таких синхронных генераторов составляет 400 Гц. Такие устройства получили название **приводов постоянной скорости ППС**

По виду промежуточной энергии ППС делятся на:

гидравлические;

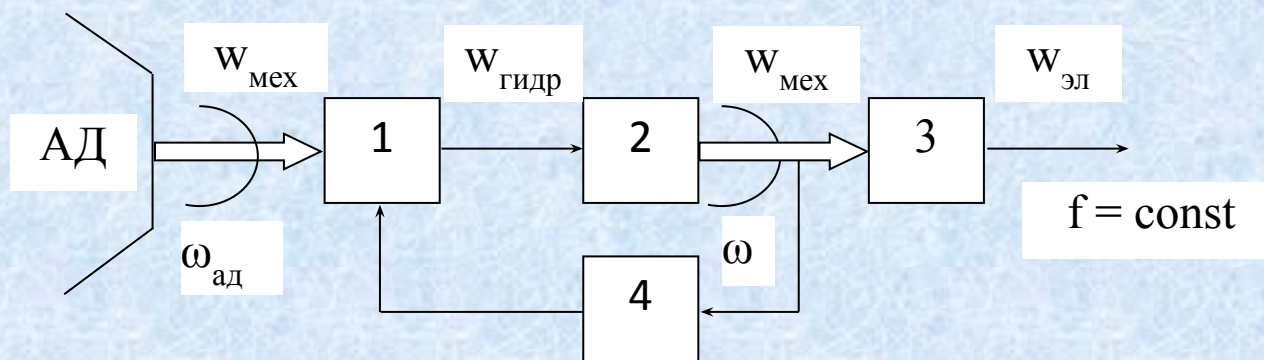
пневматические;

электромеханические;

механические.

По доли энергии, подвергаемой преобразованию, ППС делятся на приводы с полным преобразованием энергии (приводы с прямым потоком энергии) и приводы с частичным преобразованием энергии (приводы дифференциального типа)

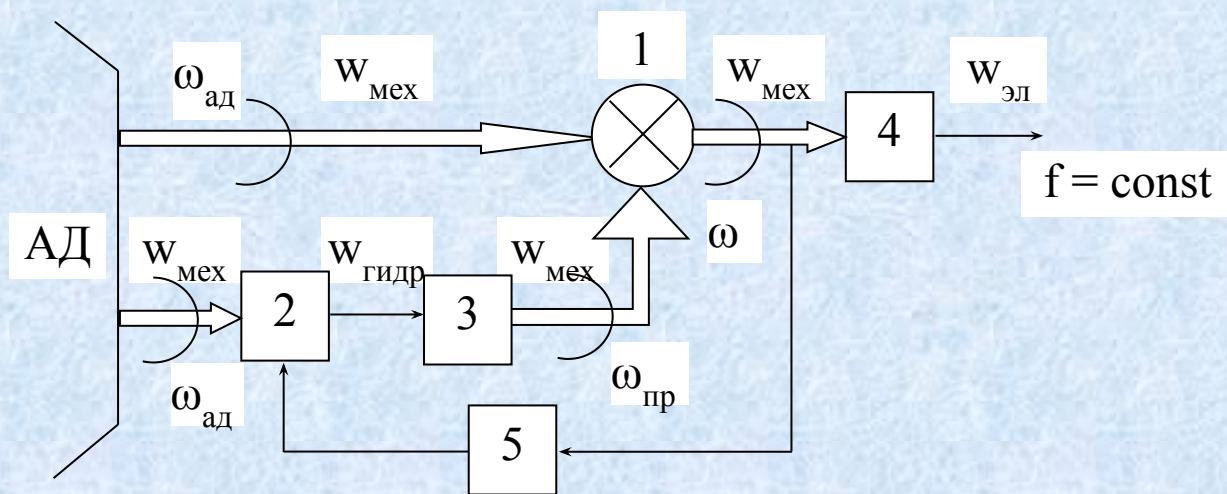
В приводах с полным преобразованием энергии вся отбираемая от авиационного двигателя механическая энергия предварительно трансформируется в другой вид энергии, а затем эта промежуточная энергия преобразуется в механическую.



Функциональная схема гидравлического привода с полным преобразованием энергии

Здесь вся механическая энергия, отбираемая от АД, при помощи гидронасоса 1 преобразуется в гидравлическую, а гидравлическая энергия, посредством гидродвигателя 2, приводящего во вращение генератор 3, снова трансформируется в механическую. Постоянство частоты вращения генератора осуществляется путем регулирования производительности гидронасоса 1 по сигналам устройства управления 4 (например, центробежного датчика)

В дифференциальных приводах преобразованию подвергается лишь часть энергии, отбираемой от АД, а другая часть, обычно большая, без преобразования передается через дифференциальный редуктор на генератор. Такие приводы по сравнению прямыми сложнее, но имеют более высокий КПД и лучшие массогабаритные характеристики. Поэтому они широко используются в системах электроснабжения переменного тока ЛА.



Функциональная
схема
гидравлического
привода с
частичным
преобразованием
энергии

Дифференциальным механизмом привода является планетарный редуктор 1. Один из входных валов планетарного редуктора жестко связан с редуктором АД, а второй – приводится во вращение гидравлической передачей, состоящей из гидронасоса 2 и гидродвигателя 3. Производительность гидронасоса регулируется устройством управления 5.

АВИАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ РОДА ТОКА

По виду преобразования рода тока преобразователи делятся на:

- преобразователи постоянного тока в переменный ток;
- преобразователи переменного тока в постоянный ток.

Преобразователи постоянного тока в переменный ток делятся на однофазные и трехфазные.

Все преобразователи делятся на две группы:

- электромашинные,
- статические.

Электромашинные преобразователи

Электромашинный преобразователь состоит из двигателя постоянного тока и синхронного генератора (одного или двух). Принцип действия электромашинного преобразователя основан на двойном преобразовании энергии: вначале электрическая энергия постоянного тока двигателем преобразуется в механическую энергию, а затем в генераторе механическая энергия преобразуется в электрическую энергию переменного тока. Поэтому КПД электромашинных преобразователей невысок (до 55 %)

Статические преобразователи

Статическими преобразователями принято называть вторичные источники электроэнергии, в которых преобразование электрической энергии осуществляется без промежуточного преобразования ее в механическую энергию.

Электромашинные преобразователи используют как **источники переменного тока стабильной частоты.**

На ВС, где применяется первичная система электроснабжения переменного тока стабильной частоты, электромашинный преобразователь **служит аварийным источником**, включаемым при отказе первичной СЭС.

Статические преобразователи также как и электромашинные являются **вторичными источниками электроэнергии.**

В настоящее время наибольшее распространение получили преобразователи следующих типов:

- типа ПО – преобразователи однофазные,
- типа ПТ – трехфазные,
- типа ПТО – комбинированные преобразователи, генерирующие одновременно трех и однофазный переменный ток.

Преобразователи выполняются на мощности до 6000 ВА.

**ПО-750 – преобразователь однофазный,
номинальная полная мощность синхронного
генератора 750 ВА**

Электромашинные преобразователи типа ПО преобразуют постоянный ток напряжением 27 В в однофазный переменный ток напряжением 115 В частотой 400 Гц.

Преобразователи типа ПТ преобразуют постоянный ток напряжением 27 В в трехфазный переменный ток линейным напряжением 36 В частотой 400 Гц.

Принцип действия статических преобразователей

основан на свойствах полупроводниковых приборов – диодов и транзисторов.

По сравнению с электромашинными преобразователями статические преобразователи имеют ряд **преимуществ**:

- более высокий КПД;
- меньшие удельную массу и трудозатраты на обслуживание;
- отсутствие подвижных контактов;
- долговечность.

Статические преобразователи рода тока делятся на:

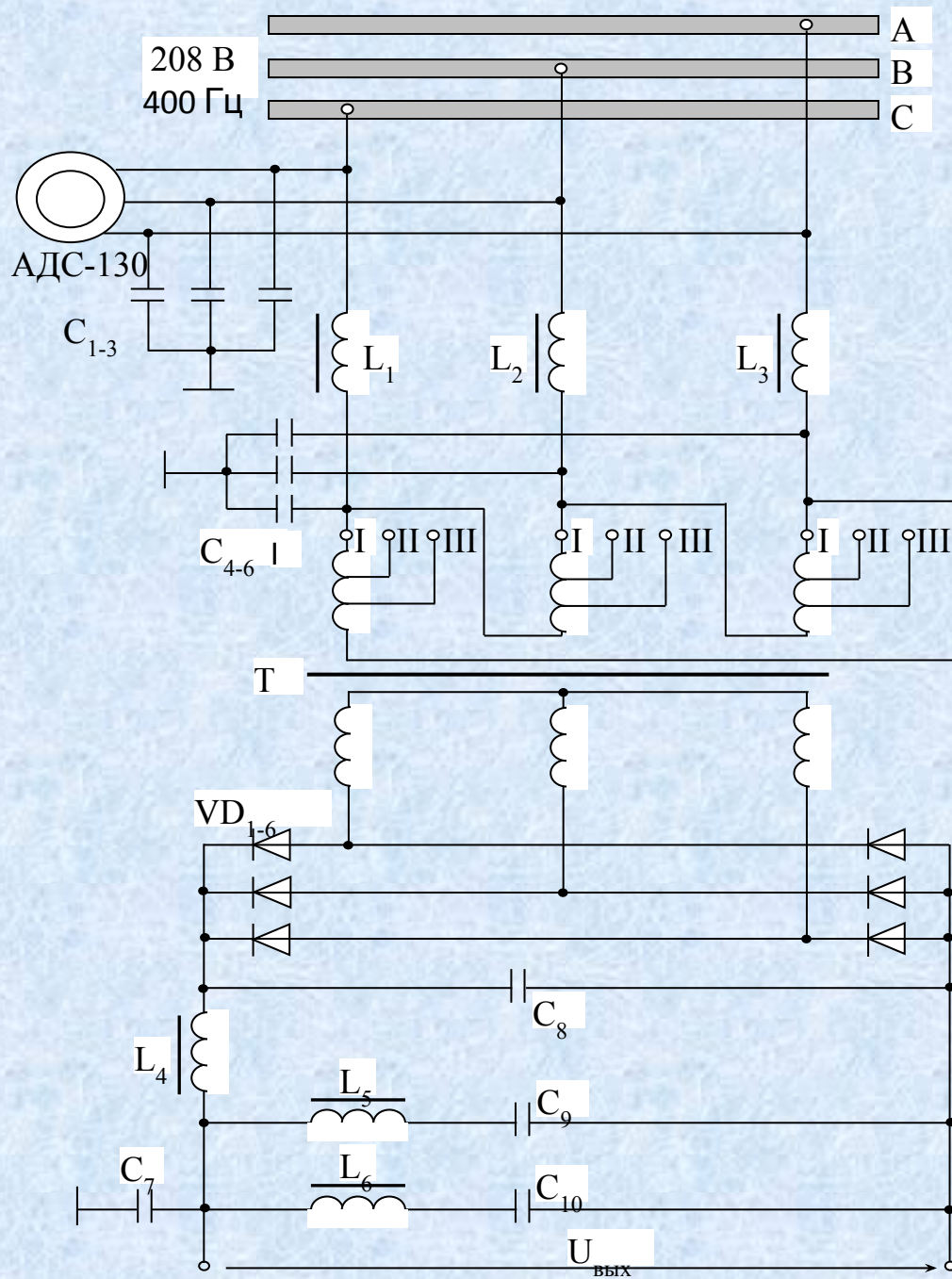
- преобразователи переменного тока в постоянный ток (выпрямительные устройства);
- преобразователи постоянного тока в переменный ток (инверторы).

Если на ВС в качестве первичной СЭС применяется система трехфазного переменного тока постоянной частоты, то для питания потребителей постоянным током напряжением 27 В применяются вторичные источники электроэнергии – выпрямительные устройства (ВУ).

Основной частью **выпрямительного устройства** являются **трехфазный трансформатор** и **выпрямитель**.

Трансформатор снижает уровень напряжения до заданного значения, а диоды, включенные по схеме Ларионова, выпрямляют переменный ток в постоянный ток.

ВУ-6А



состоит из понижающего трансформатора Т, блока выпрямителей VD_{1-6} , электродвигателя АДС-130 с двумя вентиляторами и электрических фильтров.

Первичная обмотка трехфазного понижающего трансформатора соединена по схеме «треугольник», а вторичная – по схеме «звезда».

Для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения используется фильтр: на дросселях L_4 , L_5 , L_6 и конденсаторах C_8 , C_9 , C_{10} .

Основным элементом силовой части **статического преобразователя постоянного тока в переменный ток** является **транзисторный инвертор**, преобразующий постоянное напряжение в прямоугольные импульсы.

– преобразователь однофазный ПОС преобразует постоянное напряжение 27 В в однофазное напряжение 120 В частотой 400 Гц.

– преобразователь трехфазный ПТС преобразует постоянное напряжение 27 В в трехфазное напряжение 120 В либо 37 В частотой 400 Гц.

Число после букв (ПОС-1000) указывает номинальную мощность в ВА (1000 ВА).

Авиационные тахометры

Тахометры – приборы, измеряющие частоту вращения (от греч. tachos – быстрота, скорость)

По принципу действия ЧЭ различают следующие типы тахометров:

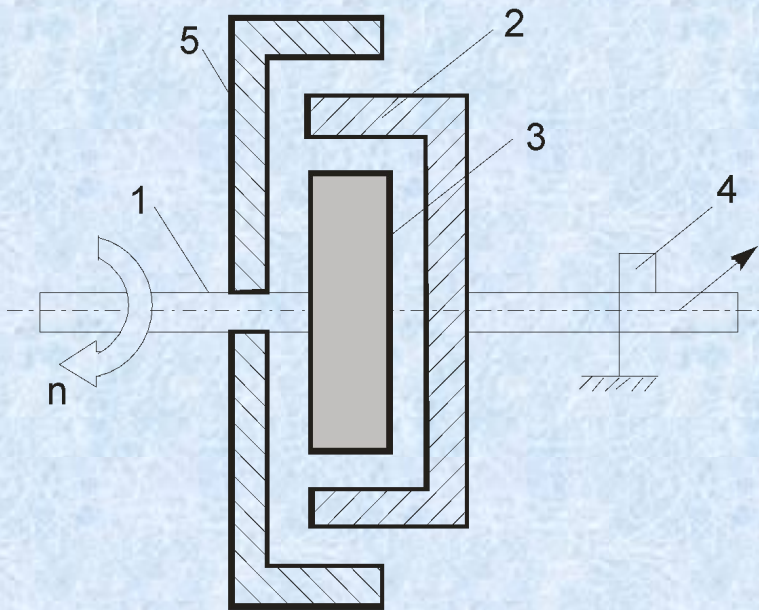
- **центробежные**, в которых используется зависимость центробежных сил инерции неуравновешенных масс от частоты вращения вала. В них центробежные силы инерции уравновешиваются силой упругой деформации пружины;

- **генераторные**, основанные на зависимости величины генерируемой в обмотке ЭДС от частоты вращения индуктора, связанного с валом. К этой группе относятся тахогенераторы постоянного и переменного токов;

- **магнитоиндукционные**, основанные на зависимости момента увлечения электропроводящего диска (цилиндра) полем постоянного магнита, вращаемого с измеряемой угловой скоростью;

- **частотно-импульсные**, в которых используется зависимость частоты ЭДС синхронного генератора, связанного с валом, от частоты его вращения.

Магнитоиндукционный тахометр



1 – ось измеряемого вращения; 2 – чувствительный элемент;
3– магнит; 4 – пружина; 5 – экран

Принцип действия основан на явлении наведения вихревых токов в ЧЭ полем вращающегося постоянного магнита. ЧЭ может выполняться в виде тонкостенного электропроводящего полого цилиндра 2, помещенного в зазоре между вращающимся магнитом 3 и экраном 5.

Вихревые токи, возникающие в ЧЭ, создают магнитное поле, которое взаимодействует с вращающимся магнитным полем постоянного магнита. При этом возникает вращающий момент $M_{вр}$, увлекающий цилиндр вслед за вращающимся магнитом. Этому препятствует пружина 4, создающая противодействующий момент $M_{пр}$. Величина угла ϕ поворота ЧЭ на оси со стрелкой определяется равновесием моментов $M_{вр} = M_{пр}$.

Авиационные манометры

Манометры – приборы для измерения давления жидкостей и газов. В системе СИ за единицу давления принят Паскаль ($1\text{Па} = 1\text{ Н/м}^2$)

$$1\text{ кгс/см}^2 = 753,563\text{ мм рт. ст.} = 10^4\text{ мм вод. ст.} = 9,8066 \times 10^4\text{ Па}$$

В зависимости от метода измерения манометры подразделяются на три типа:

- **механические;**
- **электромеханические;**
- **электрические.**

К **механическим манометрам** относятся **жидкостные, грузопоршневые** и **манометры с упругими чувствительными элементами (УЧЭ).**

В **жидкостных** манометрах измеряемое давление уравнивается весом столба жидкости.

В **грузопоршневых** манометрах измеряемое давление уравнивается весом поршня и грузов.

В **механических манометрах с УЧЭ** измеряемое давление определяется по деформации УЧЭ.

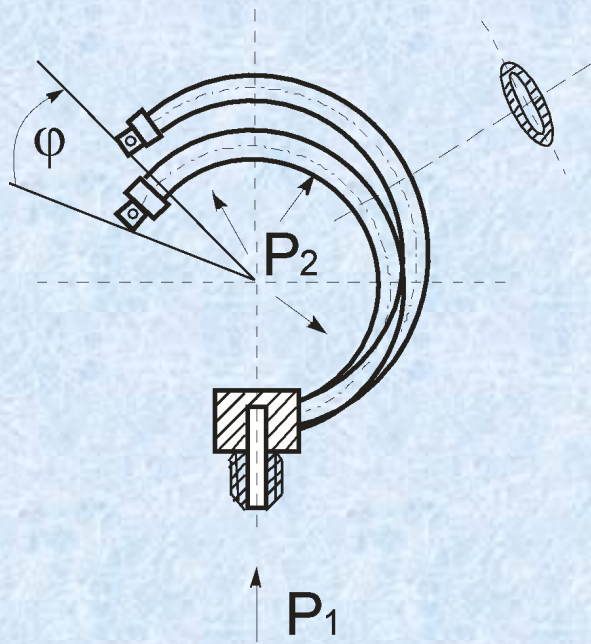
Упругие чувствительные элементы служат для преобразования измеряемого давления или силы в какие-либо механические перемещения и применяются в качестве воспринимающих, противодействующих и компенсирующих устройств в различных авиационных приборах, в том числе в манометрах.

К **электромеханическим** манометрам относятся манометры, в которых деформация УЧЭ преобразуется в электрический сигнал. В качестве преобразователей в электромеханических манометрах широкое применение получили **потенциометрические и индуктивные преобразователи**.

В **электрических** манометрах используется зависимость электрических параметров ЧЭ от приложенного давления.

Наибольшее применение на борту ВС получили электромеханические и механические манометры с УЧЭ

К **УЧЭ** относятся **пружины** (плоские, спиральные, винтовые), **мембраны** и **мембранные коробки**, **биметаллические пружины**, **манометрические трубки**, **сильфоны**.



Манометрическую трубку наиболее часто выполняют в виде тонкостенной трубки вытянутого поперечного сечения и изогнутую по дуге окружности

Один конец трубки запаян, а другой закреплен в жестком основании, сообщенном с источником давления. При отсутствии давления трубка неподвижна. При подаче давления во внутреннюю полость трубки ее поперечное сечение деформируется, стремясь принять форму окружности.

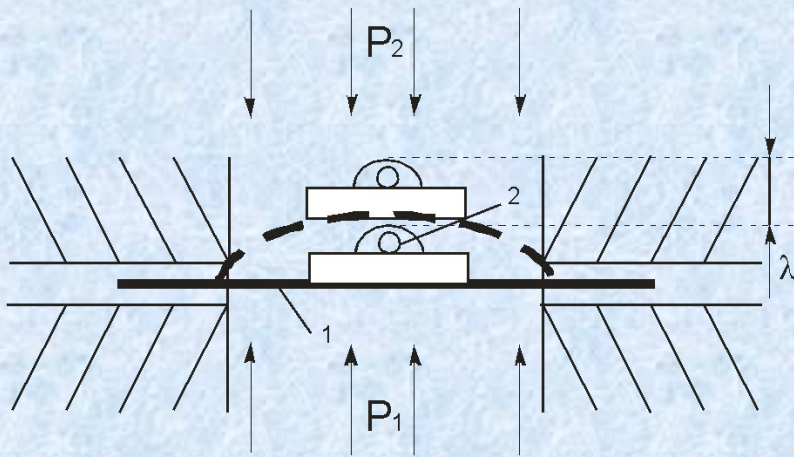
В трубке появляются растягивающие и сжимающие напряжения, стремящиеся распрямить трубку, и ее свободный конец перемещается на некоторый угол. Чем больше разность давлений внутри и вне трубки, тем больший ход имеет ее свободный конец. Этот ход используется для передачи движения через передаточный механизм на стрелку.

Мембраны

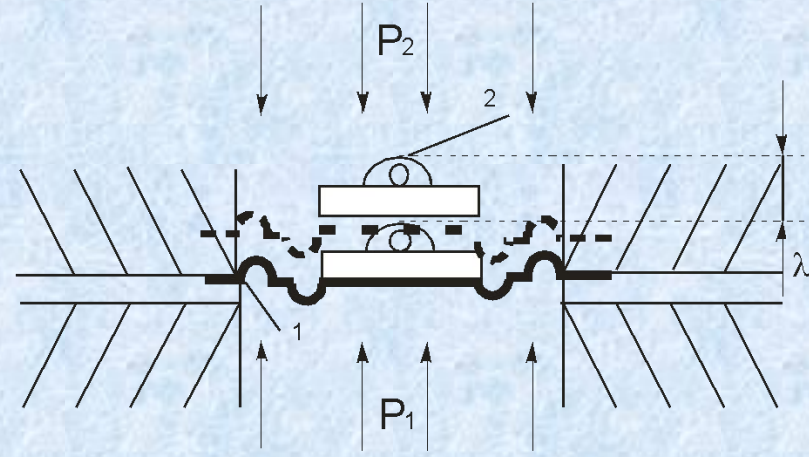
Мембраной называется тонкая круговая пластинка, закрепленная по наружному контуру.

Мембраны делят на плоские и гофрированные, имеющие на своей поверхности концентрические волнообразные складки, называемые **гофрами**

1 – мембрана; 2 – жесткий центр



плоская



гофрированная

Под действием разности давлений над мембраной P_2 и под мембраной P_1 центр мембраны перемещается на величину λ , по которой судят о разности давлений.

Мембранные коробки.

Для увеличения перемещения λ жесткого центра гофрированные мембраны соединяют в коробки и блоки.

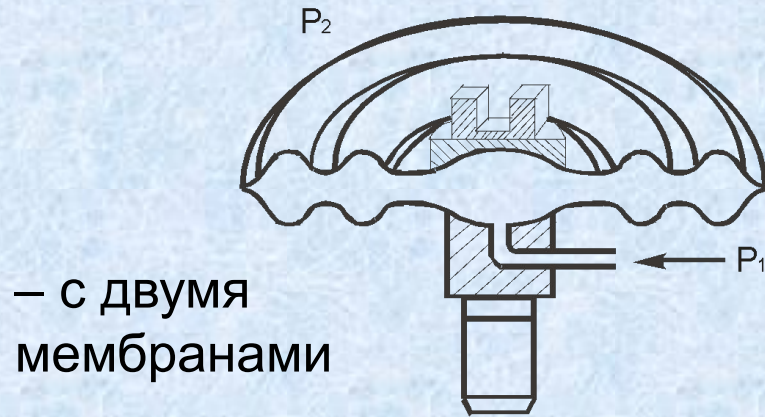
Мембранная коробка представляет собой замкнутую металлическую полость, образованную двумя спаянными между собой по краям круглыми гофрированными мембранами.

В центральной части коробка имеет жесткие центры, из которых один подвижный, а другой неподвижный. Вследствие этого подвижный центр мембранной коробки делает двойной ход

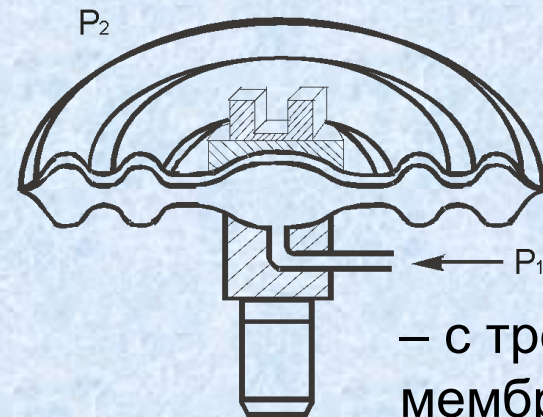
Мембранные коробки применяются при измерении малых и средних давлений величиной от нескольких миллиметров водяного столба до $3-5 \text{ кг/см}^2$ Применение мембранных коробок для измерения больших давлений затруднено из-за сложности обеспечения достаточной механической прочности спая.

Мембранные коробки делят на манометрические, anerоидные

Манометрическая коробка



– с двумя мембранами



– с тремя мембранами

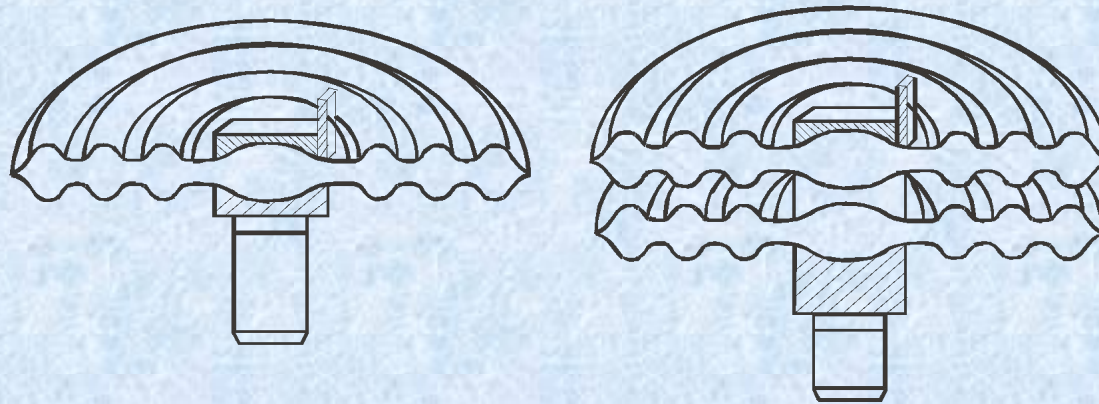
В манометрической коробке внутренняя полость сообщается через штуцер с той средой, давление P_1 которой требуется измерить. Измеряет разность давлений $P_1 - P_2$, где P_2 – давление снаружи коробки.

При подаче давления внутрь коробки верхняя свободная мембрана делает двойной ход. Через передаточный механизм движение верхнего центра передается на стрелку. Деформация верхней мембраны происходит до тех пор, пока сила упругости мембраны не уравновесит разность давлений внутри коробки и вне нее.

Для увеличения чувствительности применяются **блоки манометрических коробок**, внутренние полости которых соединены между собой.

Анероидная коробка

Анероидная коробка представляет собой герметичную коробку, из внутренней полости которой выкачан воздух (до 0,2–0,3 мм рт. ст.). Анероидная коробка прикреплена своим неподвижным жестким центром к основанию или корпусу прибора, а подвижный центр через передающий механизм соединен со стрелкой. Для измерения давления анероидная коробка помещается в герметический корпус, имеющий штуцер, соединяемый с измеряемой средой.



Для увеличения хода подвижного центра применяются **блоки анероидных коробок**

Механические манометры применяются на борту ВС для измерения давления воздуха, кислорода, жидкостей и т.д.

Основными недостатками механических манометров являются:

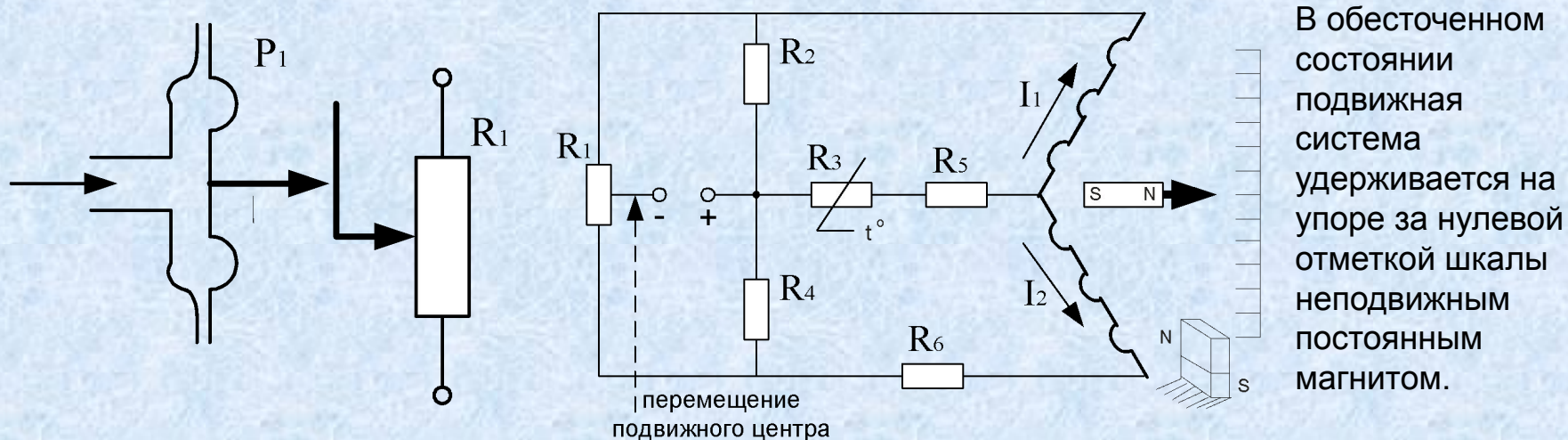
1. Низкая чувствительность (так как часть измеряемого давления расходуется на преодоление сил сопротивления передаточно-множительного механизма прибора).

2. Необходимость подвода среды, давление которой необходимо измерить, с помощью соединительных линий (рост массы оборудования, снижение надежности).

Для решения задачи дистанционного измерения давления с высокой чувствительностью, точностью используются электромеханические дистанционные манометры.

Манометры серии ЭДМУ

Электрические дистанционные манометры унифицированного типа ЭДМУ выпускаются с диапазонами измерений от 0...0,098 МПа (0...1 кгс/см²) до 0...14,7 МПа (0...150 кгс/см²)



Под действием давления $P = P_2 - P_1$, чувствительный элемент прогибается и через передаточный механизм перемещает подвижный контакт потенциометра R1. В результате дифференциально изменяются величины электрических сопротивлений мостовой схемы. В качестве указателя применен логометр с подвижным магнитом. Его катушки подключены свободными концами к диагонали моста, а общей точкой – к полудиagonали. Одна катушка находится внутри другой, и их оси расположены под углом 120° друг к другу, что и определяет размах шкалы. Отклонение подвижной системы логометра является функцией отношения токов I_1 и I_2 в его катушках, токи, в свою очередь, зависят от отношения сопротивлений плеч X и Y потенциометра R1.

Авиационные термометры

Термометрами называются приборы, измеряющие температуру среды (от греч. therme – “тепло, жар”)

Измерение производится в градусах по шкале Цельсия или по шкале Кельвина. Связь между температурами t по Цельсию и T по Кельвину устанавливается соотношением $t \text{ } ^\circ\text{C} = (T \text{ } ^\circ\text{K} - 273,15)$

Авиационные термометры предназначены для измерения температуры газов газотурбинных двигателей (до $1500 \text{ } ^\circ\text{C}$), температуры в камерах сгорания реактивных двигателей (до $3000 \text{ } ^\circ\text{C}$), температуры масла и охлаждающей жидкости (до $150 \text{ } ^\circ\text{C}$), температуры наружного воздуха и кабины самолета ($\pm 60 \text{ } ^\circ\text{C}$) и др.

По принципу действия ЧЭ можно выделить:

- термометры, основанные на **тепловом расширении жидкостей, твердых тел (жидкостные, биметаллические)**;
- **электрические** термометры сопротивления;
- **термоэлектрические** термометры.

Термометры расширения используют зависимость удельного объема вещества от температуры.

Из **жидкостных термометров** наибольшее распространение имеют **ртутные термометры**.

Биметаллические термометры содержат датчики, представляющие собой биметаллические пластины или пружины, меняющие свои геометрические размеры при изменении температуры.

Термометры сопротивления используют зависимость электрического сопротивления проводников и полупроводников от температуры.

В **термоэлектрических термометрах** берется за основу зависимость термоэлектродвижущей силы термометра от температуры.

Термометры сопротивления - для измерения температуры в сравнительно небольшом диапазоне (например, масла, наружного воздуха), термоэлектрические термометры - для измерения температуры газов газотурбинных реактивных двигателей, а также температуры турбостартеров и головок цилиндров поршневых двигателей. Биметаллические механические термометры -- для измерения температуры воздуха в кабинах, в качестве датчиков систем автоматики силовых установок и герметических кабин (характеризуются большой инерционностью (до 5...6 мин) и погрешностями порядка $\pm(1...3)^{\circ}\text{C}$).

Термометры сопротивления

Измерение температуры в таких термометрах сводится к измерению сопротивления ЧЭ – металлических или полупроводниковых термосопротивлений.

Для проводников (металлов) принимается линейная зависимость сопротивления R от температуры T , справедливая в широком диапазоне температур:

$$R = R_0[1 + \alpha (T - T_0)]$$

$$R_0 = R|_{T = T_0} \quad \alpha = \frac{dR}{R_0 dT} \quad \text{– температурный коэффициент сопротивления (величина положительная);}$$

T_0 – начальное значение температуры
(обычно 20°C)

Для **полупроводниковых** термосопротивлений (**термисторов**) характерна нелинейная зависимость сопротивления от температуры, аппроксимируемая функцией вида

$$R = A e^{\frac{B}{T}}$$

постоянная B зависит от материала полупроводника, а постоянная A находится из условия

$$R_0 = A e^{\frac{B}{T_0}}$$

$$\alpha = \frac{dR}{R_0 dT} = -\frac{B}{T^2} \quad \text{- температурный коэффициент термистора}$$

отрицателен и уменьшается по абсолютной величине с ростом температуры

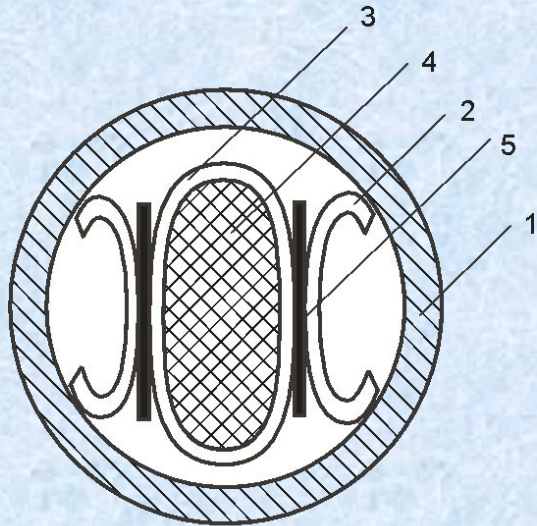
Термисторы находят широкое использование в электрических измерительных схемах для компенсации температурных инструментальных погрешностей, так как $|\alpha|$

термисторов примерно на порядок больше чем у металлов

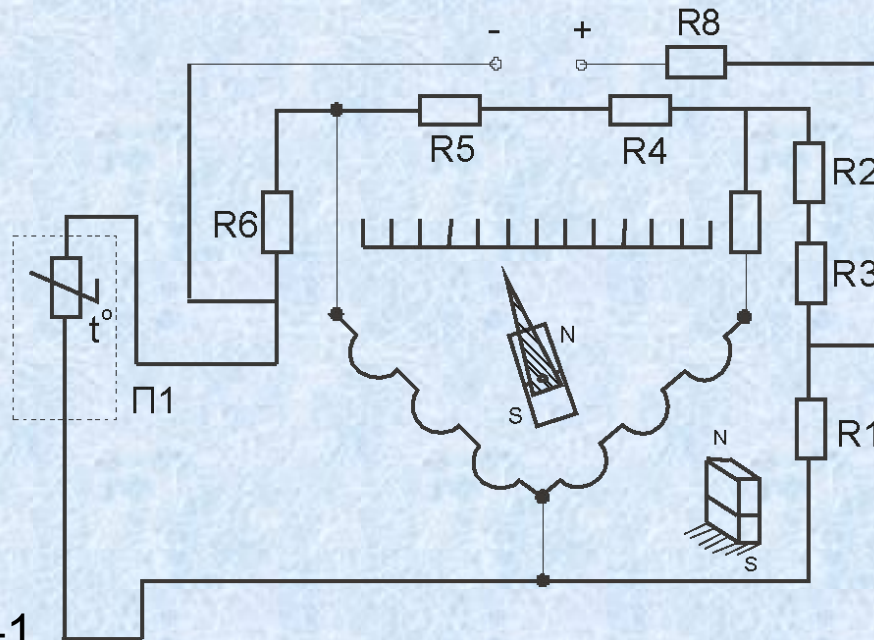
унифицированный термометр ТУЭ-48

предназначен для измерения температуры масла, а также наружного воздуха

В комплект входят приемник температуры типа П-1 и указатель.



поперечное сечение
приемника температуры П-1

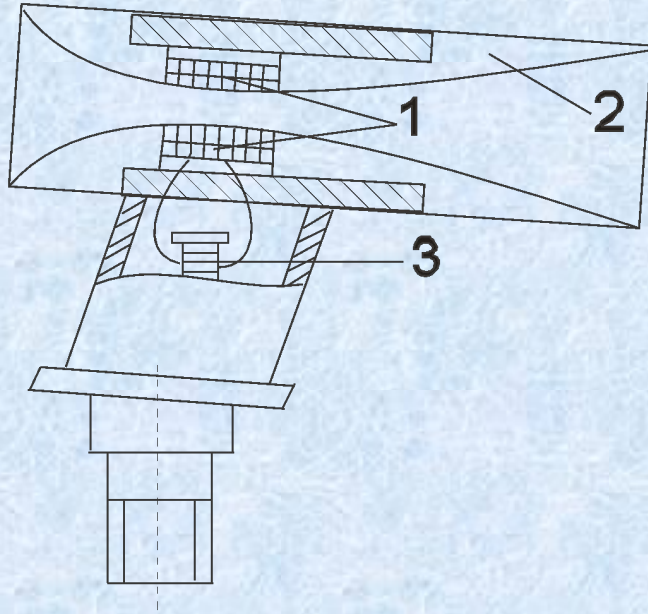


- 1 – корпус;
- 2 – серебряные пластины;
- 3 – никелевая проволока;
- 4 – каркас;
- 5 – слюдяные прокладки

Теплочувствительным элементом служит никелевая проволока 3, намотанная на каркас 4 (пластину из слюды). Изоляция проволоки с внешней стороны осуществляется тонкими слюдяными прокладками 5. Для улучшения теплообмена чувствительного элемента с окружающей средой служат серебряные пластины 2.

термометр ТНВ-15

для измерения температуры наружного воздуха



1 – термочувствительный элемент;
2 – сопло Лавалья; 3 – резистор

$$T_H = \frac{T_э}{0,978 (1 + 0,2M^2)}$$

Стабилизация скорости в сопле Лавалья позволяет уменьшить влияние скорости потока на результат измерений.

Преобразователь П-5 термометра ТНВ-15 имеет термочувствительный элемент 1, размещенный в корпусе 2 с внутренним каналом в форме сопла Лавалья. В корпусе также располагается резистор 3 из манганина, уменьшающий влияние примесей в материале элемента 1. На борту ВС термоприемник П-5 устанавливается так, чтобы продольная ось его корпуса совпадала с направлением набегающего потока воздуха. В узком сечении сопла при $M \geq 0,5$ устанавливается скорость воздушного потока, равная местной скорости звука в воздушной среде.

Термоэлектрические термометры

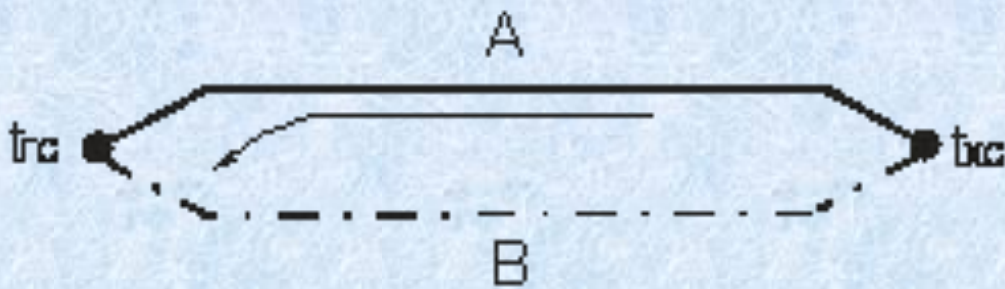
Принцип действия термоэлектрического термометра основан на использовании термоэлектрического эффекта, заключающегося в возникновении термоэлектродвижущей силы (термоЭДС) в спае двух проводников из двух разнородных токопроводящих материалов при наличии разности температур места соединения проводников и их свободных концов.

Такая цепь, составленная из двух разнородных металлов, называется **термопарой**.

Проводники, из которых состоит термопара, называются **термоэлектродами**.

Одну точку соединения термоэлектродов называют рабочим концом (**горячим спаем**), а другую – свободным концом (**холодным спаем**).

Наиболее широкое применение в авиационных термометрах получили термопары: хромель-копелевая (хромель – сплав из 89 % Ni, 9,8 % Cr, 1 % Fe, 0,2 % Mn; копель – сплав из 45 % Ni, 55 % Cu), хромель-алюмелевая (алюмель – сплав из 94 % Ni, 0,5 % Fe, 2 % Al, 2,5 % Mn и 1 % Si), железокопелевая, медькопелевая, медьконстантановая и др. В обозначениях градуировок первым указывается положительный термоэлектрод, вторым – отрицательный.



Если спаять между собой концы двух разнородных проводников А и В, то при одинаковой температуре обоих спаев тока в цепи не будет. При нагреве одного из спаев до температуры $t_{гс}$ электроны на горячем конце приобретут более высокие энергии и скорости, чем на холодном. Возникающие в результате потоки электронов и связанные с ними накопления зарядов приводят к тому, что контактная разность потенциалов в нагретом спае увеличивается, а в холодном остается прежней. В результате возникает термоЭДС, зависящая от разности температур горячего и холодного спаев ($t_{гс} - t_{хс}$), в общем случае равная:

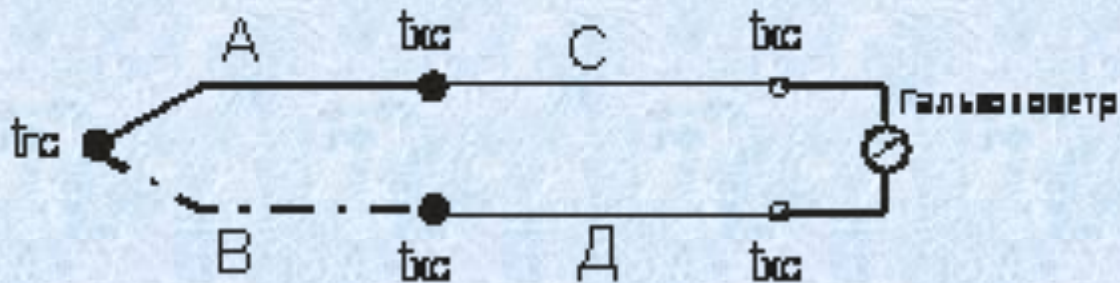
$$e = f(t_{гс}) - f(t_{хс})$$

где $f(t_{гс}) = e_{гс}$ и $f(t_{хс}) = e_{хс}$ – контактные ЭДС соответственно горячего и холодного спаев.

Измерение термоЭДС может быть выполнено с помощью гальванометра или компенсационным методом.

Метод измерения с помощью гальванометра основан на измерении силы тока, протекающего в замкнутой цепи, составленной из последовательно соединенных термопары и чувствительного гальванометра.

Показания измерителя будут соответствовать температуре измеряемой среды только в случае обеспечения условия постоянства температуры свободных концов термопары или учета ее изменения. Для этого свободные концы термопары с помощью соединительных проводов вынесены в зону небольших колебаний температуры (на приборную доску).



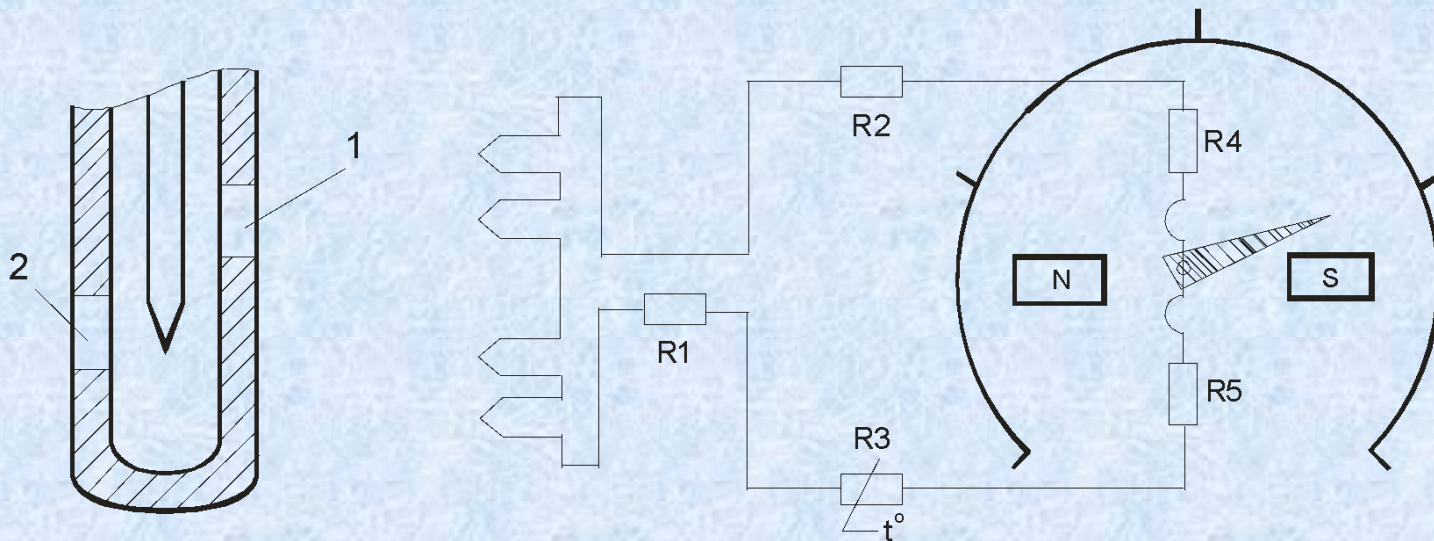
К термоэлектрическим термометрам, измеряющим термоЭДС прямым методом (с помощью гальванометра), относятся термометры типа ТВГ, ИТГ, ТСТ, ТЦТ.

При компенсационном методе измерения встречно с термоЭДС термопар включается компенсирующее напряжение, снимаемое со специальной мостовой схемы.

Термоэлектрический термометр ТВГ-11Т

для измерения температуры выходящих газов ГТД

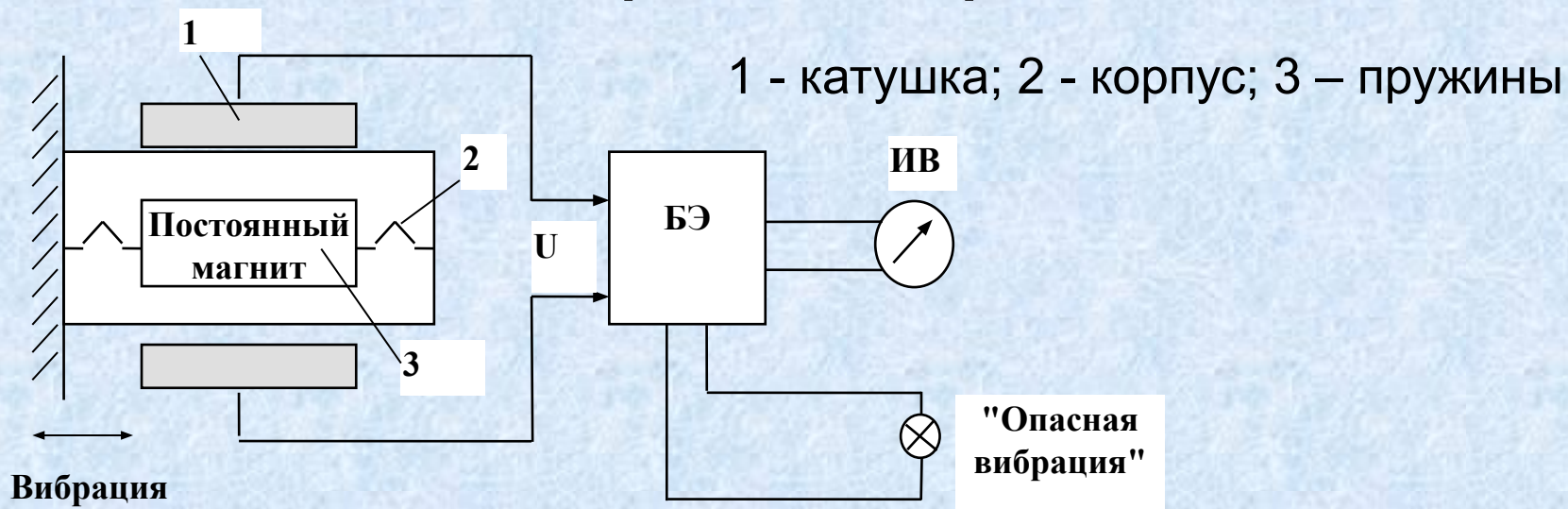
термопара



1 – выходное калиброванное отверстие; 2 – входное окно

В комплект термометра входят указатель и блок последовательно соединенных термопар Т-1 типа НК-СА, располагаемых симметрично в одном сечении реактивного сопла. Диапазон шкалы прибора от 300 до 900 °С

Измерители вибрации



Датчик вибраций (ДВ) - постоянный магнит ПМ, помещенный внутри катушки К, закрепленной в корпусе прибора. Магнит с помощью пружин центрируется на оси измерения датчика. При наличии вибраций корпус датчика с катушкой совершает колебания относительно постоянного магнита, который практически остается в покое. При пересечении полем постоянного магнита в катушке, жестко связанной с корпусом датчика, индуцируется ЭДС, величина которой пропорциональна скорости перемещения магнита относительно катушки, т.е. скорости вибрации.

Полученное на выходе катушки напряжение усиливается в электронном блоке (БЭ) и поступает на указатель измерителя вибраций. В БЭ формируется также сигнал о достижении предельно допустимого уровня вибраций, обеспечивающих включение сигнализации.

Аппаратура ИВ-200

Конструктивно в состав аппаратуры входят:

- датчик вибрации МВ;
- показывающий прибор ИВ-200;
- электронный блок БЭ.

ИВ-200А, ИВ-200Б, ИВ-200В, ИВ-200Г, ИВ-200Д и ИВ-200К, отличаются пределом измерения и количеством элементов

Основные технические данные аппаратуры ИВ-200:

1. Диапазон частот, контролируемый аппаратурой:

ИВ-200А – 30-180 Гц;

ИВ-200Б – 30-150 Гц;

ИВ-200В – 45-200 Гц;

ИВ-200Г – 40-195 Гц;

ИВ-200Д – 90-150 Гц;

ИВ-200Е – 50-200 Гц;

2. Предел измерения виброскорости:

ИВ-200А, ИВ-200Б, ИВ-200Г (I канал), ИВ-200К - 100 мм/сек;

ИВ-200В, ИВ-200Д - 150 мм/сек; ИВ-200Г (II канал) - 200 мм/сек.

Топливомеры

Методы измерения запаса жидкости, основанные на измерении его уровня:

- **поплавковый**, основанный на определении уровня с помощью поплавка, плавающего на поверхности жидкости в баке.

- **электроемкостной**, который реализует зависимость электрической емкости преобразователя конденсатора от уровня жидкости в баке.

Поплавковые измерители

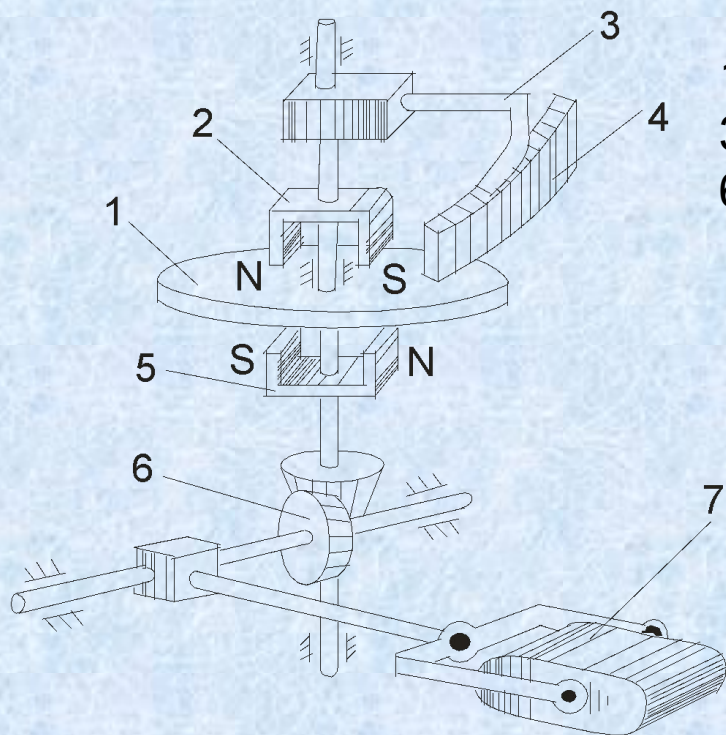
На современных ВС поплавковый метод используется в основном для измерения количества масла

Применяются следующие типы электромеханических поплавковых топливомеров (масломеров): БЭС, КЭС, МЭС, СБЭС

Б – бензин, К – керосин, М – масло. С в начале обозначения указывает, что топливомер суммирующий, в конце, – что имеется сигнализация критического остатка топлива или масла. ТПР - рычажно-поплавковые топливомеры

Принцип действия поплавковых топливомеров (масломеров) основан на преобразовании неэлектрической величины – переменной высоты уровня жидкости – в электрическую – переменное активное сопротивление, меняющееся в соответствии с изменением уровня жидкости.

При изменении уровня топлива (масла) в баке поплавков, находящийся на поверхности, следует за изменением уровня и через систему рычагов в конечном итоге перемещает ползунок потенциометра, расположенного в корпусе датчика.



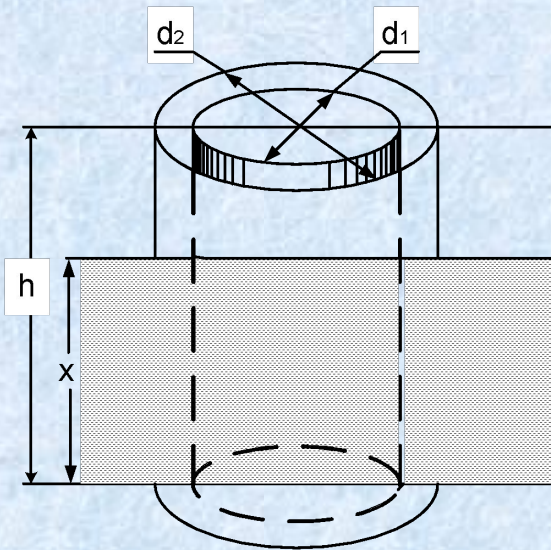
1 – немагнитная стенка; 2,5 – магниты;
3 – щетка потенциометра; 4 – потенциометр;
6 – конические зубчатые колеса; 7 – поплавок

для обеспечения герметичности передачи перемещения через стенку бака применена магнитная муфта

недостатки: наличие подвижных частей в датчике (в баке), громоздкость датчиков больших баков и трудности их использования в баках сложной формы.

Емкостные топливомеры

Принцип действия емкостного топливомера основан на измерении емкости специального конденсатора, функционально связанной с уровнем, а следовательно, с объемом и массой топлива в баке



Цилиндрический конденсатор (емкостной датчик -чувствительный элемент топливомера, в простейшем случае состоит из двух concentрических труб диаметром d_1 и d_2

Емкость нижней части конденсатора, погруженной в топливо

$$C_1 = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_1}{\ln \frac{d_2}{d_1}} x$$

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная;

ϵ_1 – относительная диэлектрическая проницаемость топлива

Емкость верхней части конденсатора

$$C_2 = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_2}{\ln \frac{d_2}{d_1}} (h - x)$$

Полная емкость датчика

$$C = C_1 + C_2 = \frac{[h\epsilon_2 + x(\epsilon_1 - \epsilon_2)]2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{d_2}{d_1}}$$

C является линейной функцией уровня топлива, т.е. измерение уровня можно свести к измерению емкости датчика

Расходомеры

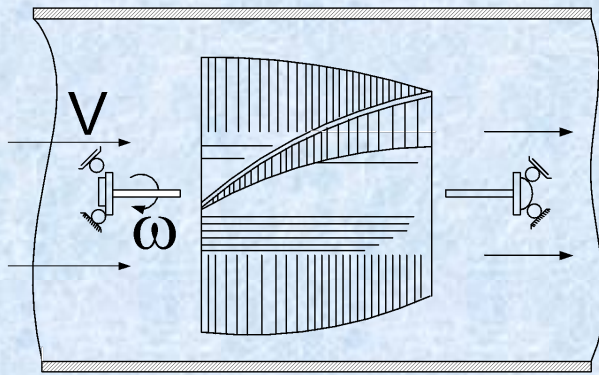
Расходомерами называются системы для измерения мгновенного или суммарного (за определенный промежуток времени) расхода жидкостей и газов.

Для измерения мгновенного расхода применяется скоростной метод, когда о расходе судят по скорости потока жидкости или газа.

Измерение суммарного расхода достигается интегрированием данных о мгновенном расходе

Суммирующие расходомеры в большинстве случаев показывают не израсходованное, а остающееся количество топлива (для этого необходима также информация о начальных условиях, т.е. о запасе топлива перед полетом)

Принцип действия скоростного расходомера основан на использовании зависимости скорости вращения ω крыльчатки, помещенной в поток жидкости, от скорости потока V , а следовательно, от мгновенного расхода



$$\omega = k_k V$$

k_k - коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрии крыльчатки

$$\dot{V} = SV \quad \text{мгновенный объемный расход}$$

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho SV \quad \text{мгновенный массовый расход}$$

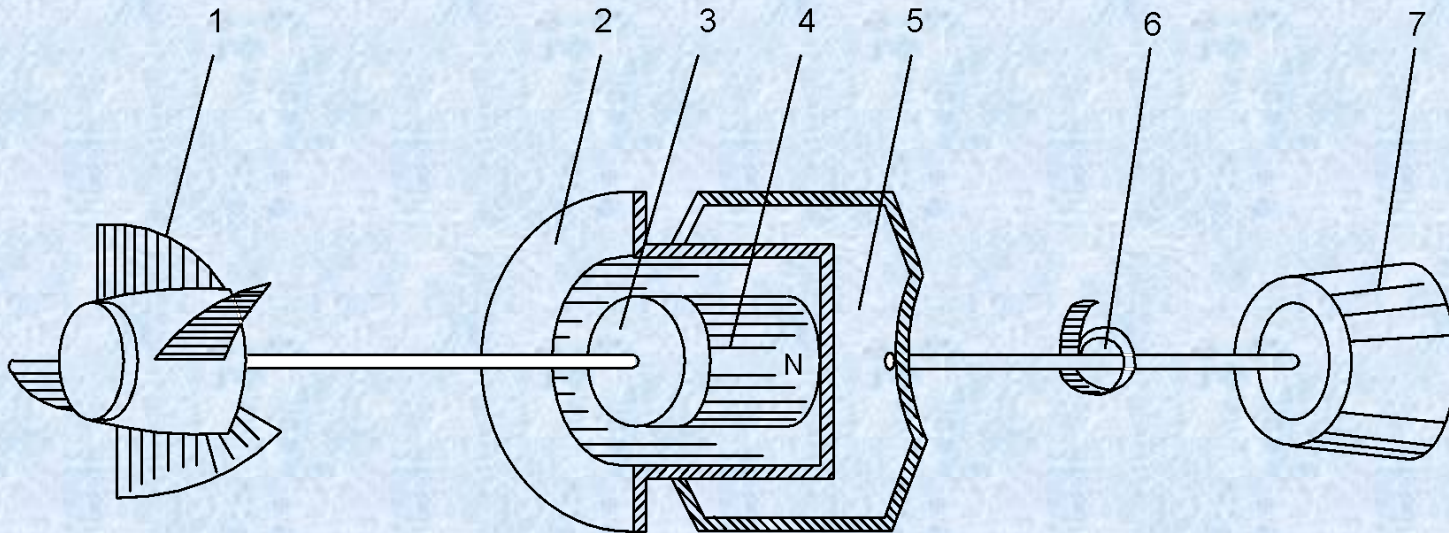
$$\omega = \frac{k_k}{S} \dot{V} = k \dot{V}$$

$$\omega = \frac{k}{\rho} \dot{m}$$

$$k = \frac{k_k}{S} \quad \text{- постоянный коэффициент}$$

Таким образом, измерение мгновенного расхода сводится к измерению скорости вращения крыльчатки. Для измерения мгновенного массового расхода, непосредственно характеризующего мощность (тягу) двигателя, следует также измерять плотность топлива

Кинематическая схема датчика мгновенного расхода

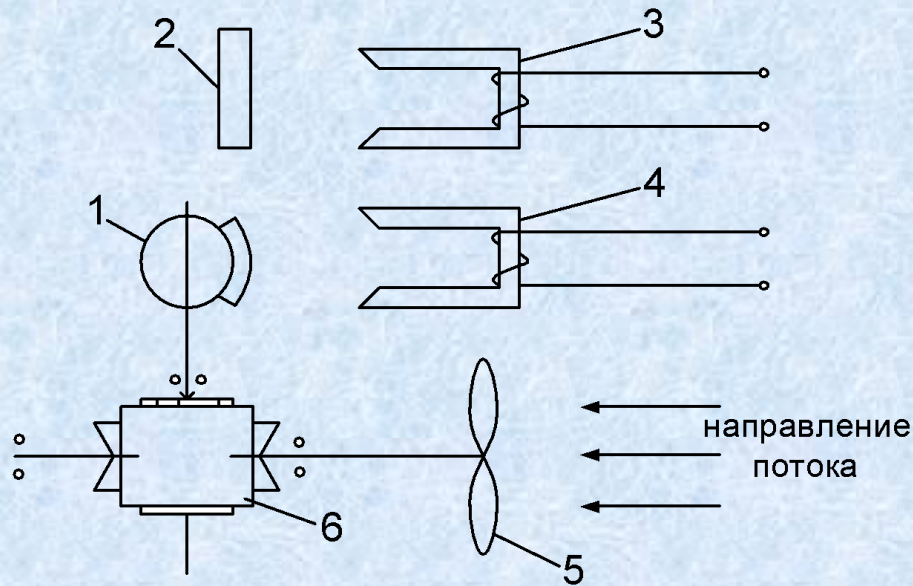


1 - крыльчатка; 2 - диамагнитный кожух; 3 - термомагнитный шунт; 4 - постоянный магнит; 5 - стакан (чувствительный элемент); 6 - пружина; 7 - сельсин датчик

Крыльчатка 1 приводит во вращение постоянный магнит 4 с термомагнитным шунтом 3. Герметичность датчика обеспечивается диамагнитным кожухом 2. Вращение магнита приводит к повороту стакана 5 из-за взаимодействия полей магнита и вихревых токов в стакане. Соответственно поворачивается связанный осью со стаканом ротор сельсина датчика 7. Угол поворота, ограничиваемый пружиной 6, будет пропорционален мгновенному объемному расходу топлива. Передача этого угла на указатель осуществляется сельсинной системой, работающей в индикаторном режиме.

Операция интегрирования может быть дискретной. Это особенно целесообразно при использовании датчиков мгновенного расхода с импульсным выходом, частота импульсов которых пропорциональна скорости вращения крыльчатки. В таком случае интегрирование сводится к подсчету импульсов, что легко осуществляется шаговыми моторами

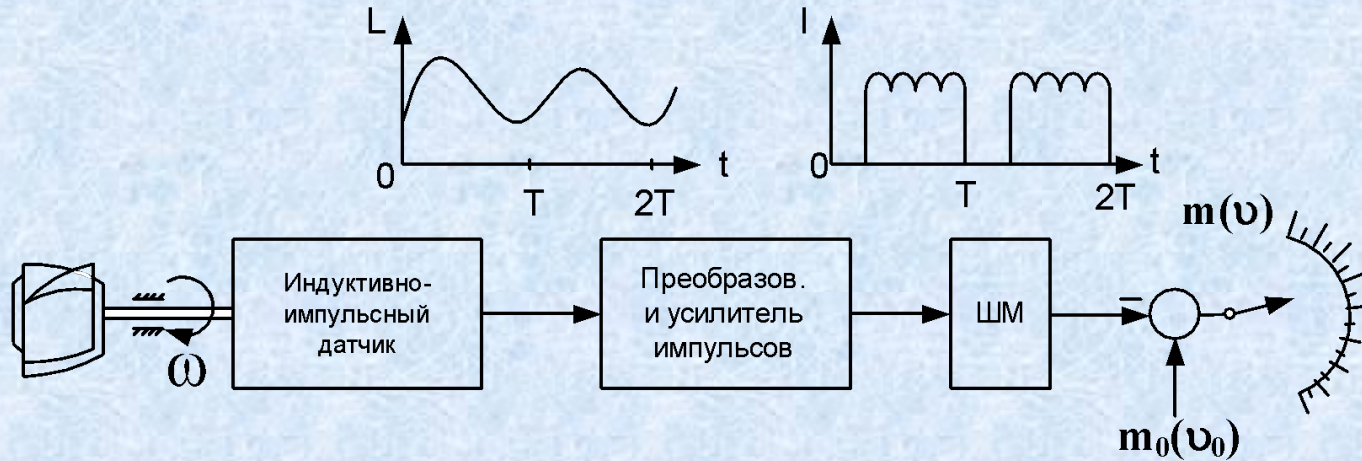
Кинематическая схема датчика суммирующего расходомера



1 – втулка со стальным сердечником; 2 – магнитный шунт; 3 – катушка постоянной индуктивности; 4 – катушка переменной индуктивности; 5 – крыльчатка; 6 – червячная передача

Крыльчатка 5 через червячную передачу 6 вращает втулку со стальным сердечником 1, являющимся звеном в магнитной цепи катушки переменной индуктивности 4. Последняя совместно с катушкой постоянной индуктивности 3 составляет схему индуктивного моста. За определенное число оборотов крыльчатки датчика индуктивный мост выходит из равновесия за счет изменения индуктивности катушки 4

Таким образом, индуктивно-импульсный датчик можно рассматривать как устройство, преобразующее вращение крыльчатки в переменную индуктивность L , изменяющуюся с частотой, пропорциональной скорости вращения крыльчатки, а значит мгновенному объёмному расходу топлива.



Преобразование изменений L в сигналы тока (напряжения) и их усиление выполняется импульсным полупроводниковым усилителем. Выходные импульсы преобразователя приводят к перемещению стрелки указателя (или изменению показаний счетчика) шаговым двигателем (мотором) ШМ (обычно шаговым электромагнитом). “Цена” одного шага составляет обычно несколько л (кг)

СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Назначение системы зажигания - воспламенение топливовоздушной смеси в основной камере сгорания (КС) ГТД

Воспламенение топливовоздушной смеси в КС необходимо производить в трех случаях:

- при запуске двигателя на земле;
- при запуске на режиме авторотации в случае самовыключения двигателя в полете;
- при встречном запуске двигателя в полете.

Воспламенение топливовоздушной смеси в электрических системах зажигания осуществляется за счет **энергии электрических разрядов между электродами специального разрядника, называемого запальной свечой.**

Энергия, выделяемая в электрическом разряде на свече, предварительно **накапливается** либо в электрическом поле специального накопительного **конденсатора**, либо в электромагнитном поле **индукционной катушки.**

Системы зажигания по типу используемого накопителя подразделяются на:

- емкостные системы зажигания;
- индуктивные системы зажигания;
- комбинированные системы зажигания.

Надежность воспламенения топливовоздушной смеси зависит от **величины энергии**, выделяемой в каждом электрическом разряде, **времени выделения этой энергии**, т.е. от мощности в электрическом импульсе (чем меньше время выделения одного и того же количества энергии, тем выше воспламеняющая способность разряда), и от **внешних условий**, при которых осуществляется воспламенение топливовоздушной смеси.

Внешние условия: температура и давление, а также **скорость газа в КС**

Наиболее благоприятны условия запуска ГТД на земле - **0,01 Дж**

На режиме авторотации - **не менее 0,1 Дж**

Наиболее тяжелые условия воспламенения соответствуют встречному запуску двигателя - **не менее 1 Дж**

Энергия 1-2 Дж

Время разряда зависит от параметров системы зажигания, но всегда **в емкостном разряде оно меньше**, чем в индуктивном разряде.

В емкостном разряде время разряда измеряется долями или единицами микросекунды.

При индуктивном разряде время выделения энергии может быть на три порядка больше времени емкостного разряда, что соответственно снижает мощность в импульсе.

Для осуществления электрического разряда между электродами свечи, иначе говоря - **пробоя свечи**, к электродам необходимо приложить довольно высокое напряжение.

Напряжение, при котором происходит пробой свечи, называется пробивным напряжением $U_{пр}$.

Величина $U_{пр}$ существенно зависит от свойств физической среды между электродами свечи, в которой и происходит электрический разряд.

Типы свечей, различающихся по виду среды:

искровые, полупроводниковые и эрозионные свечи.

В **искровых свечах** электрический разряд осуществляется в газовой среде между электродами свечи.

Величина пробивного напряжения свечи $U_{пр}$ зависит от рода газа, его плотности и расстояния между электродами.

Для систем зажигания с искровыми свечами требуется источник высокого напряжения. Таким источником служит **индукционная катушка**, выходное напряжение которой может составлять **10...20кВ**

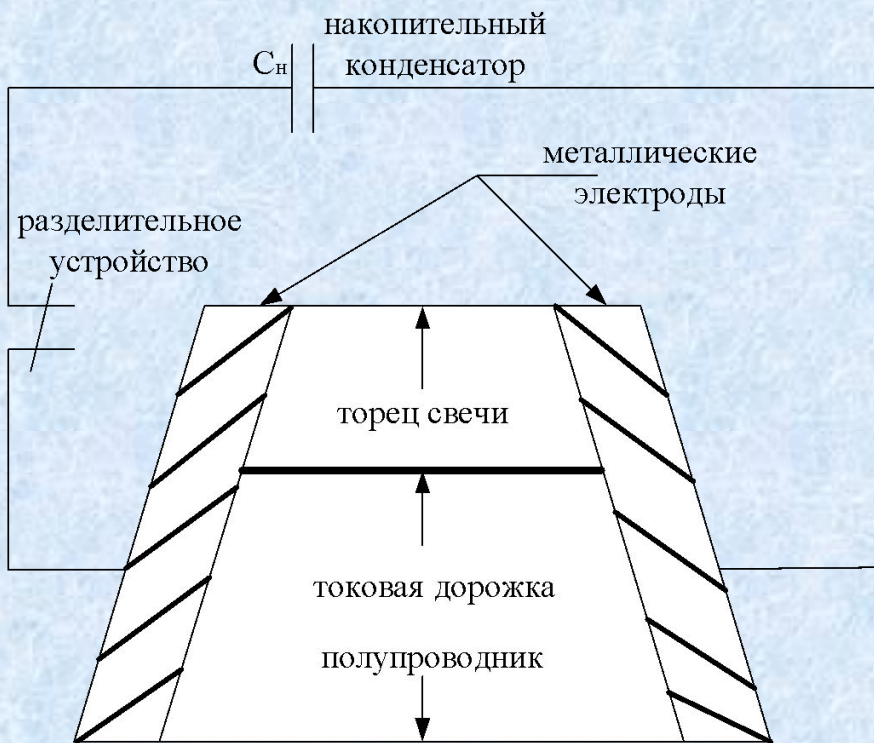


схема образования разряда вдоль поверхности полупроводника

В **полупроводниковой свече** разряд происходит **вдоль поверхности полупроводника, помещенного между двумя металлическими электродами.** В качестве полупроводника обычно используется керамический материал на основе двуокиси титана, подвергнутого частичному восстановлению в водороде. **Рабочее напряжение в пределах 2...3 кВ, не зависит от условий внешней среды.**

В **эрозионной свече** серебряные электроды разделены керамическим изолятором, на поверхности которого напылены мельчайшие частицы серебра. При подводе напряжения к электродам свечи происходит пробой между отдельными частицами серебра, что значительно снижает величину общего напряжения пробоя.

Напряжение пробоя эрозионных свеч, как правило, ниже, чем у полупроводниковых свечей, но физические свойства эрозионного слоя менее стабильны, чем у полупроводниковой керамики.

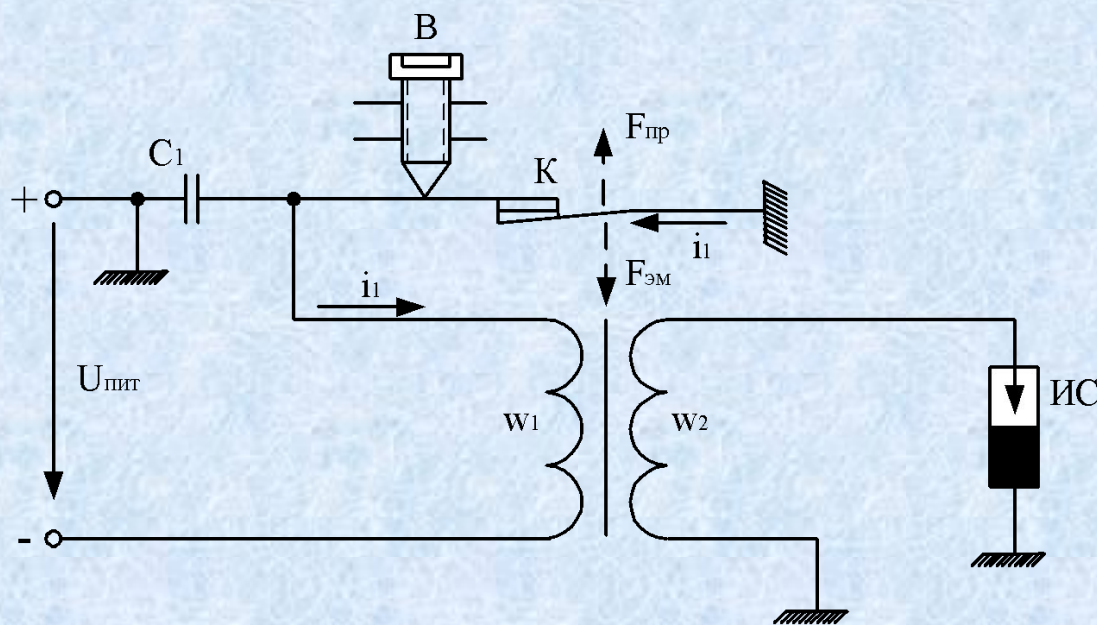
Классификация систем зажигания ГТД по виду используемых свечей и уровню рабочего напряжения:

- высоковольтные системы зажигания с искровыми свечами и с рабочим напряжением 10... 20 кВ;
- низковольтные системы зажигания с полупроводниковыми свечами и рабочим напряжением 2... 3 кВ;
- низковольтные системы зажигания с эрозионными свечами и с рабочим напряжением 0,5... 1,5 кВ.

Основными элементами электрической системы зажигания являются **источник высокого напряжения, запальные свечи и соединяющие их высоковольтные экранированные провода.**

В качестве источников высокого напряжения используются либо индукционные катушки, либо высоковольтные трансформаторы.

Индукционная катушка (ИК) используется как источник высокого напряжения в высоковольтных системах зажигания, Она **преобразует постоянный ток низкого напряжения** ($U_{\text{ПИТ}}=27 \text{ В}$) в **импульсы высокого напряжения** (10...20кВ)



Индукционная катушка состоит из ферромагнитного сердечника, на котором расположены две обмотки: первичная с числом витков $w_1=150... 300$ и вторичная - $w_2=7000... 10000$

Достоинство высоковольтных искровых систем зажигания с индукционной катушкой состоит в их **конструктивной простоте и надежности**.

Недостатки:

- малая величина энергии, выделяемой на искровой свече – менее 1Дж;
- влияние условий полета на эффективность искрового разряда;
- необходимость периодического удаления нагарообразования на искровых свечах, усложняющую техническую эксплуатацию подобных систем зажигания;
- высокое рабочее напряжение (15... 20 кВ), являющееся источником повышенной опасности.

В системах запуска ГТД широко применяются низковольтные системы зажигания с полупроводниковыми свечами

ПРОТИВООБЛЕДИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Обледенение может возникать только лишь при дозвуковом полете ВС, когда температура воздуха на высоте полета меньше 0°C , а влажность больше 75 %.

взлет, набор высоты, снижение на посадку, посадка, полет на дозвуковых скоростях на малых и средних высотах

Обледенение ВС связано с наличием в атмосфере так называемой переохлажденной воды, т.е. воды в капельно - жидком состоянии при отрицательных температурах.

У самолета обледенению подвергаются:

- передние кромки крыла, хвостового оперения и переднего горизонтального оперения;
- воздухозаборники и входные направляющие аппараты двигателей силовой установки;
- остекление кабин;
- приемники системы воздушных сигналов;
- антенны.

У турбовинтовых самолетов и вертолетов обледенению подвержены также винты, причем образование льда начинается со втулки или обтекателя втулки винта.

У самолетов обледенение вызывает:

- ухудшение аэродинамических характеристик;
- снижение устойчивости и управляемости;
- нарушение работы двигателей силовой установки, вплоть до их отказа;
- отказы агрегатов и бортовых систем.

Требования к противообледенительным системам :

- работоспособность в любых внешних условиях, в том числе при влажности воздуха до 85... 100% и во всем диапазоне возможных отрицательных температур;
- постоянная готовность к действию, достаточная быстрота реакции на обледенение ВС с возможностью автоматического включения и выключения;
- экономичность.

По принципу действия различают противообледенительные системы:

- жидкостные;
- пневматические;
- электроимпульсные;
- воздушно-тепловые;
- электротермические.

В настоящее время в авиации в подавляющем большинстве случаев применяются тепловые противообледенительные системы электрического (электротермического) или воздушно-теплого типа.

Применяются противообледенительные системы, как с ручным, так и с автоматическим управлением

Датчики и сигнализаторы обледенения

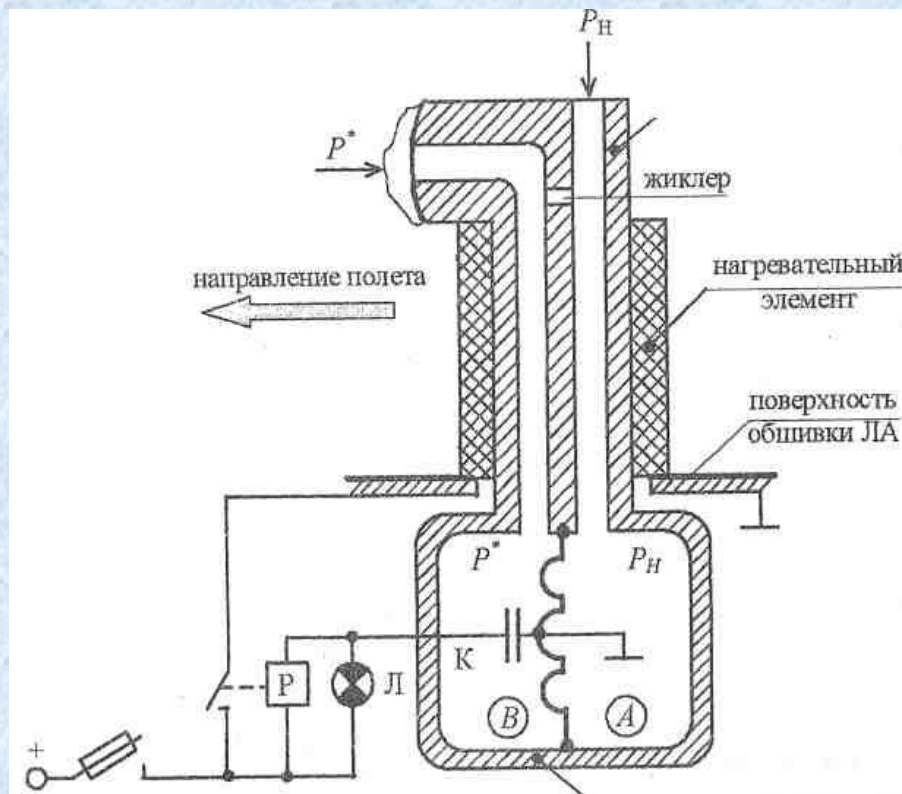
Сигнализаторы обледенения - это устройства, состоящие из датчиков льдообразования и средств сигнализации, информирующих экипажи о начале и об окончании процесса обледенения.

Как датчики, так и сигнализаторы обледенения могут быть прямого или косвенного действия.

Устройства прямого действия реагируют на непосредственное образования льда, в то время как устройства косвенного действия контролируют возникновение условий, способствующих процессу обледенения ВС.

датчики и сигнализаторы обледенения прямого действия. подразделяются на **пневматические, радиоизотопные и электропроводные.**

Пневматический сигнализатор обледенения в качестве чувствительного элемента содержит дифференциальный манометр.



При входе ВС в зону обледенения на головной части приемника образуется лед, вследствие чего канал полного давления перекрывается. В результате наличия между каналами перепускного отверстия - жиклера давление в камере выравнивается. Контакты К замыкаются

Камеры А и В дифференциального манометра разделены упругой гофрированной мембраной. При равенстве давлений в камерах А и В под действием силы упругости мембраны контакты К находятся в замкнутом состоянии.

В камеру А с приемника давлений поступает воздух статического давления P_H на высоте полета H . В камеру В поступает воздушный поток, полное давление которого P^* больше статического давления. Под действием разности давлений $(P^* - P_H)$ мембрана манометра прогибается и размыкает контакты К.

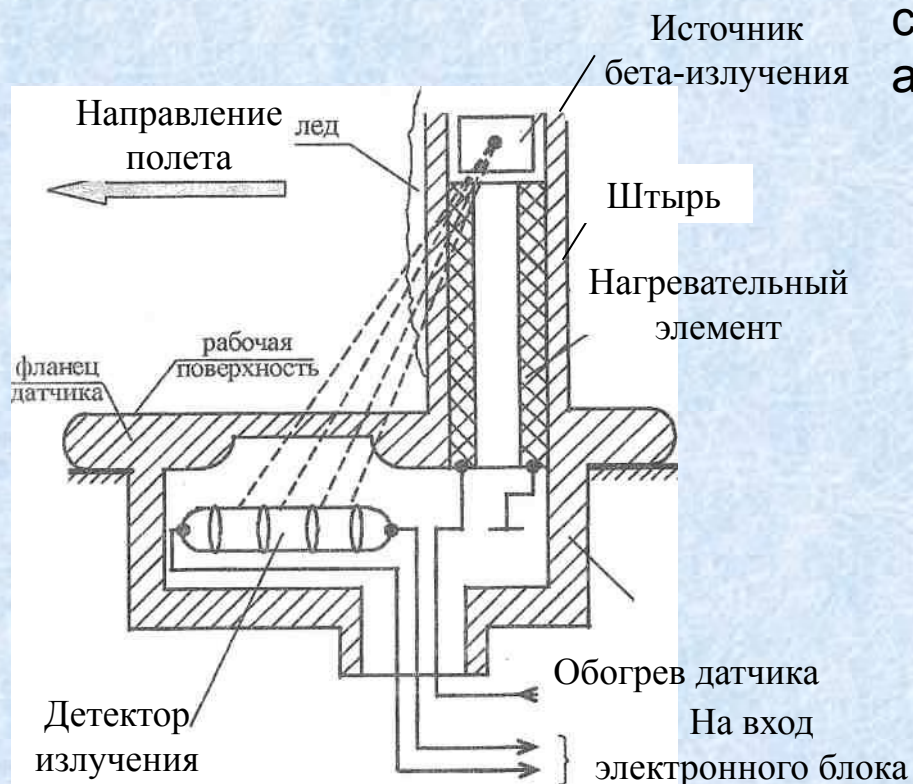
Таким образом при полете вне зоны обледенения сигнальная лампа Л и исполнительное реле Р находятся в обесточенном состоянии.

Радиоизотопный сигнализатор обледенения предназначен для подачи сигнала о начале обледенения, непрерывной сигнализации при нахождении ВС в зоне обледенения и автоматического включения его противообледенительной системы.

После выхода из зоны обледенения прибор прекращает подачу сигналов, выключение системы производится экипажем вручную.

Сигнализатор состоит из датчика сигналов, электронного блока и исполнительных реле, входящих в состав электронного блока.

Источник стронций-90 плюс иттрий-90 активностью 5 мКюри



Принцип действия прибора основан на эффекте ослабления бета - излучения радиоактивного изотопа слоем льда, образующимся при полете в зоне обледенения на чувствительной поверхности датчика.

Датчик типа ДСЛ-40Т.

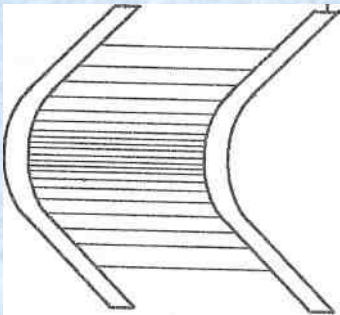
Принцип действия этого сигнализатора основан на зависимости частоты выходного сигнала датчика от толщины пленки льда на его чувствительном элементе - мембране.

При включении питания сигнализатора мембрана датчика начинает совершать колебания, частота которых определяется ее жесткостью. Возбуждение колебаний мембраны производится с помощью усилителя переменного тока, который находится в преобразователе и электромагнитной системе возбуждения, расположенной в корпусе датчика.

При оседании льда на мембране ее жесткость повышается, что приводит к увеличению частоты колебаний. При толщине льда 0,3 мм, определяемой чувствительностью сигнализатора, частота колебаний достигает такой величины, при которой срабатывает сигнализатор.

Исполнительные элементы тепловых электрических противообледенительных систем

Исполнительными элементами электрических тепловых противообледенительных систем служат нагревательные элементы, изготавливаемые из тонкой проволоки диаметром 0,2...0,5 мм с высоким удельным сопротивлением (константан, нихром и т д)



Нагревательный элемент представляет собой две токопроводящие шины соединяемые между собой отрезками тонкой проволоки. Густота расположения проволок по длине нагревательного элемента переменная с тем, чтобы при неравномерной теплоотдаче участка защищаемой поверхности обеспечить его равномерный нагрев.

К шинам нагревательного элемента в зависимости от типа противообледенительной системы может подводиться как постоянное, так и переменное напряжение бортовой силовой электросети.

С целью электрической и тепловой изоляции от корпуса самолета нагревательные элементы с двух сторон оклеиваются несколькими слоями стеклоткани и размещаются между внешней и внутренней обшивками носка защищаемой поверхности.

Нагревательные элементы собираются в секции. Секции крыла и горизонтального оперения объединяются в пары.

Режим работы секций может быть либо постоянный, либо периодический (циклический)

Часть секций противообледенительной системы, работающих постоянно, предотвращает образование льда на защищаемых участках поверхности. Эти секции носят название тепловых ножей и потребляют удельную мощность порядка 2...3 Вт/см.

Остальные секции противообледенительной системы работают периодически и при своем включении обеспечивают лишь подтаивание льда на защищаемой поверхности. Подтаявший лед, разрезанный на участки с помощью тепловых ножей, срывается и уносится с поверхности летательного аппарата набегающим воздушным потоком.

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Возникновение пожара на ВС связано с повреждениями или отказами:

- двигателей основной силовой установки;
- вспомогательной силовой установки;
- топливной системы;
- распределительных электрических устройств.

Средства пожарной защиты включают в себя системы пожарной сигнализации и системы пожаротушения.

Требования, предъявляемые к системам пожарной защиты :

- высокая достоверность информации о пожаре;
- достаточная точность указания места возникновения очага пожара;
- высокое быстродействие средств пожаротушения при максимальной автоматизации приведения их в действие;
- надежность и высокая эффективность;
- дистанционность управления.

Предотвращение пожара обеспечивается **пассивными средствами**, а локализация и ликвидация очага пожара **активными средствами** пожарной защиты.

Пассивные средства пожарной защиты:

- установка противопожарных перегородок,
- размещение двигателей силовой установки на подвесных пилонах с возможностью их отделения в случае возгорания,
- надежная герметизация всех видов магистралей,
- использование системы нейтральных газов и др.

Нейтральный газ может храниться на борту в сжатом состоянии в специальных баллонах или вырабатываться в генераторах нейтрального газа при сжигании в них основного топлива.

По мере выработки топлива из топливных баков освобождающееся в них пространство заполняется нейтральным газом, что исключает возможность накопления и взрыва в баках паров топлива.

Активные средства пожаротушения - это системы, состоящие из датчиков и сигнализаторов пожара, управляющих и исполнительных устройств пожаротушения.

Датчики противопожарных систем

Требования к датчикам обнаружения пожара:

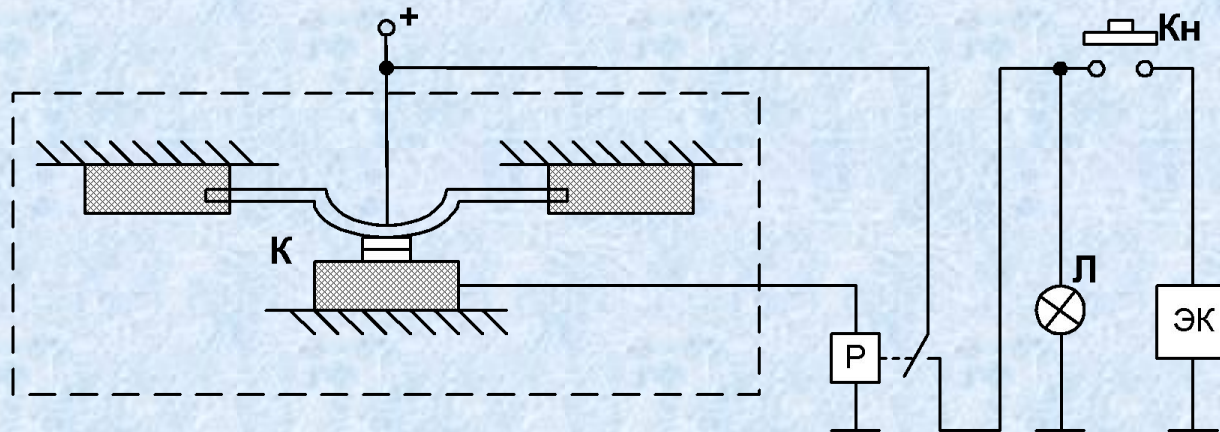
- датчики пожара должны обнаруживать пожар **в пожароопасных отсеках**, таких, например, как мотогондолы двигателей, не позднее чем через **3 с** после его возникновения;
- **в грузовых и технических отсеках** сигнал о появлении дыма при возникновении тлеющего очага пожара должен выдаваться не позднее, чем через **100 с** после его возникновения;
- **инерционность** датчиков температуры не должна превышать **30 с**;
датчики **в пожароопасных отсеках** должны сохранять работоспособность при температуре пламени до **1100°C** в течение не менее **5 минут**.

Датчики пожара подразделяются на **тепловые, ионизационные и фотоэлектрические.**

Тепловые датчики бывают двух типов:

- датчики максимального действия;
- датчики дифференциального действия.

Тепловой датчик максимального действия с биметаллической мембраной в качестве чувствительного элемента



В случае **возникновения пожара** биметаллическая мембрана начинает деформироваться, произойдет размыкание контактов К, реле Р обесточится, и контакты реле замкнутся, сигнальной лампа Л загорается. Кнопкой Кн экипаж приводит в действие электрокран ЭК и систему пожаротушения.

При **отсутствии пожара** биметаллическая мембрана удерживает контакты датчика К в замкнутом состоянии. Сигнальное реле Р находится под током, и разомкнуто.

Недостатки тепловых датчиков максимального действия:

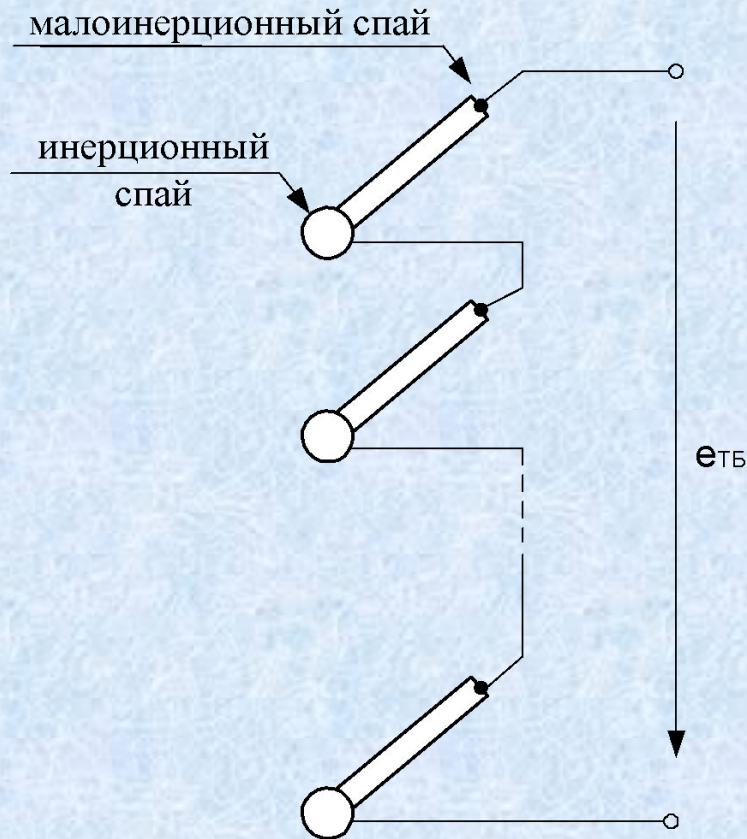
- большая инерционность;
- зависимость времени срабатывания от температуры в очаге пожара;
- возможность ложных срабатываний при тряске и вибрациях в месте установки датчика.

Дифференциальные тепловые датчики

Дифференциальные тепловые датчики в отличие от датчиков максимального действия реагируют не на температуру окружающей среды, а на **скорость ее изменения**

Дифференциальный тепловой датчик представляет собой батарею, состоящую из нескольких термоэлектрических элементов, соединенных последовательно

Батарея термоэлектрических элементов дифференциального теплового датчика



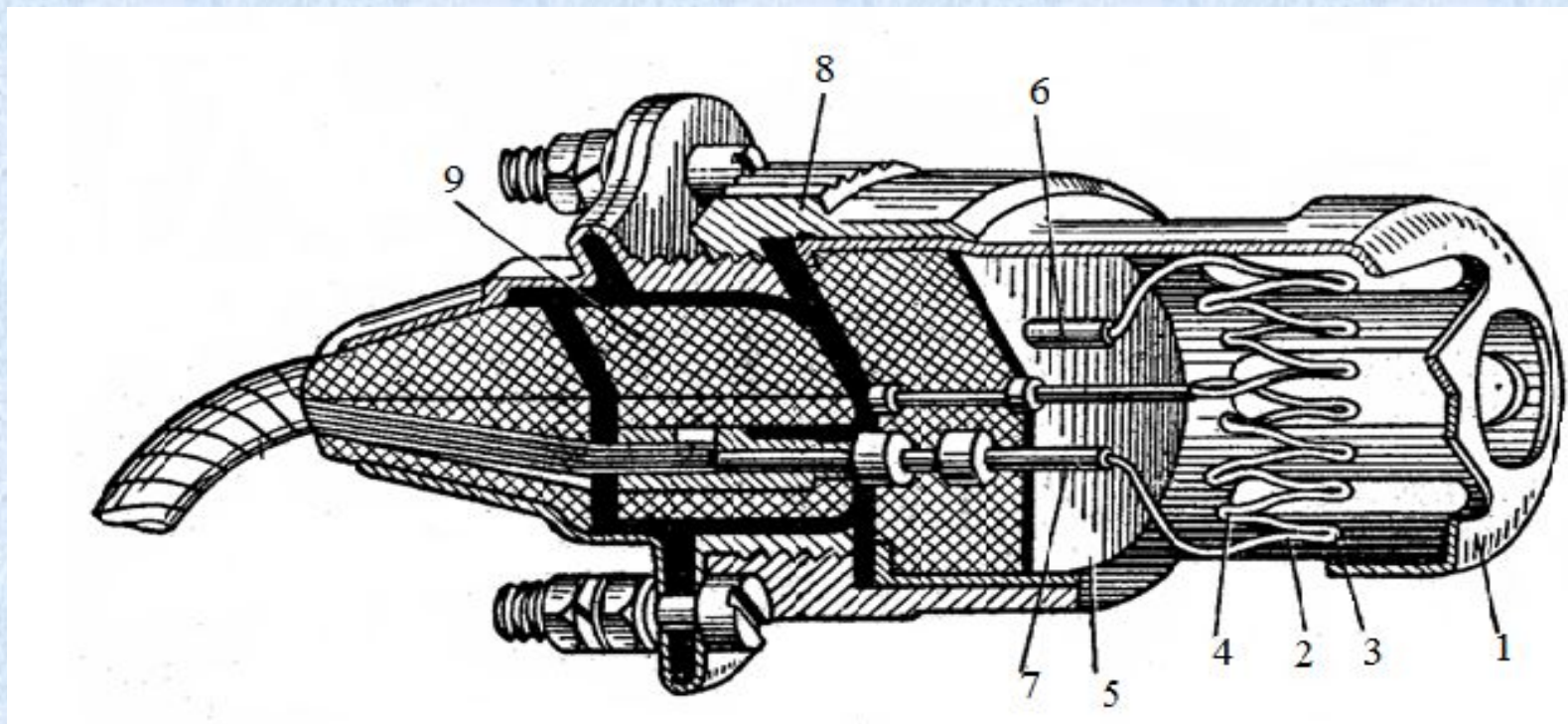
Каждый термоэлектрический элемент имеет два спая: **малоинерционный спай** в виде тонких дисков и **инерционный спай**, образованный утолщением в виде шарика.

Принцип действия: при быстром повышении температуры малоинерционные спаи нагреваются быстрее инерционных спаев и на выходе датчика появляется термоэдс. Величина этой термоэдс зависит от скорости нарастания температуры.

время срабатывания существующих термодатчиков данного типа лежит в пределах 0,5... 1,0 с

Конструкция датчика ДПС-1АГ

Чувствительным элементом датчика является дифференциальная термобатарея, собранная из восьми хромель-копелевых термопар, соединенных последовательно

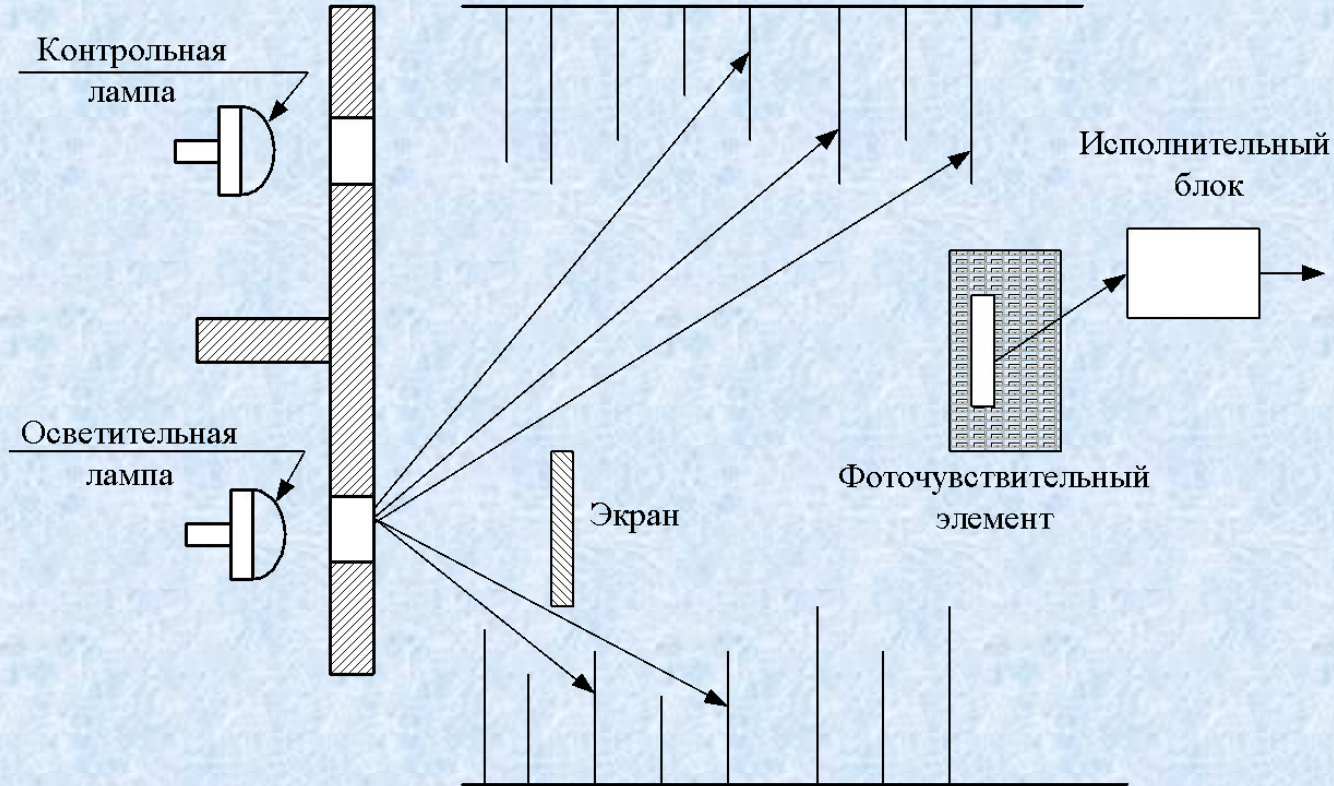


1-кожух; 2-термобатарея; 3-малоинерционный спай; 4-инерционный спай; 5-пластмассовое основание; 6,7-контактные штыри; 8-датчик

Сигнализатор дыма типа ДС

предназначен для выдачи электрических сигналов при появлении: в контролируемом отсеке дыма в концентрациях, превышающих заданный уровень

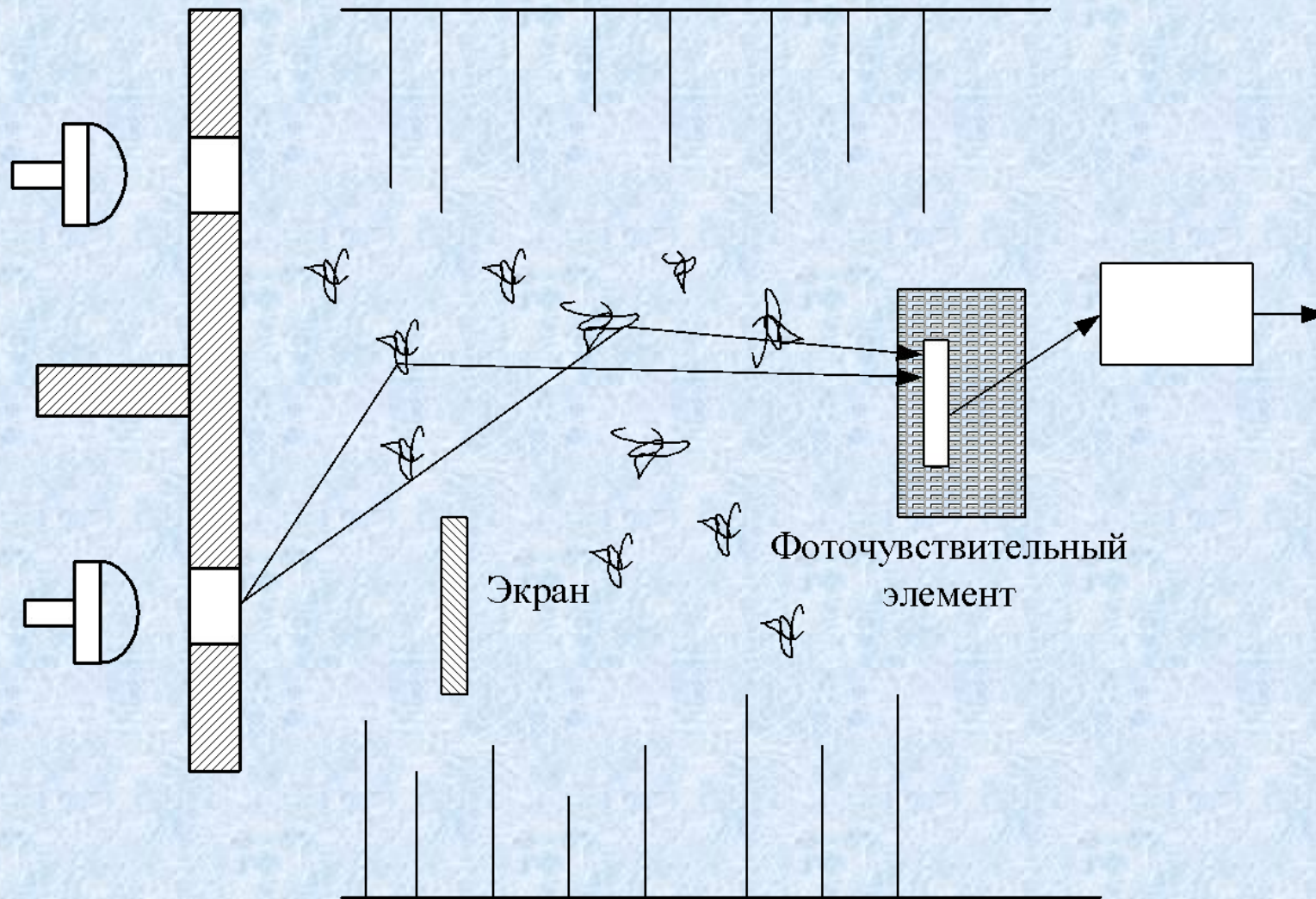
Сигнализатор ДС-3М



Функционально - блок, в котором смонтированы чувствительный элемент (фоторезистор), усилительная схема на транзисторах и устройство контроля работоспособности сигнализатора.

исходное положение

Сигнализатор ДС-3М - рабочее положение



Принцип действия сигнализатора ДС-3М

Конструктивно фоторезистор предохранен от прямого попадания лучей осветительной лампы специальным экраном. Ток, возникающий в цепи фоторезистора, недостаточен для срабатывания сигнализатора.

Когда в пространстве между экраном и фоторезистором появится дым, лучи осветительной лампы, отражаясь от частиц дыма, увеличат освещенность фоторезистора. Сопротивление фоторезистора уменьшится, а ток в его цепи возрастет, произойдет срабатывание сигнализатора.

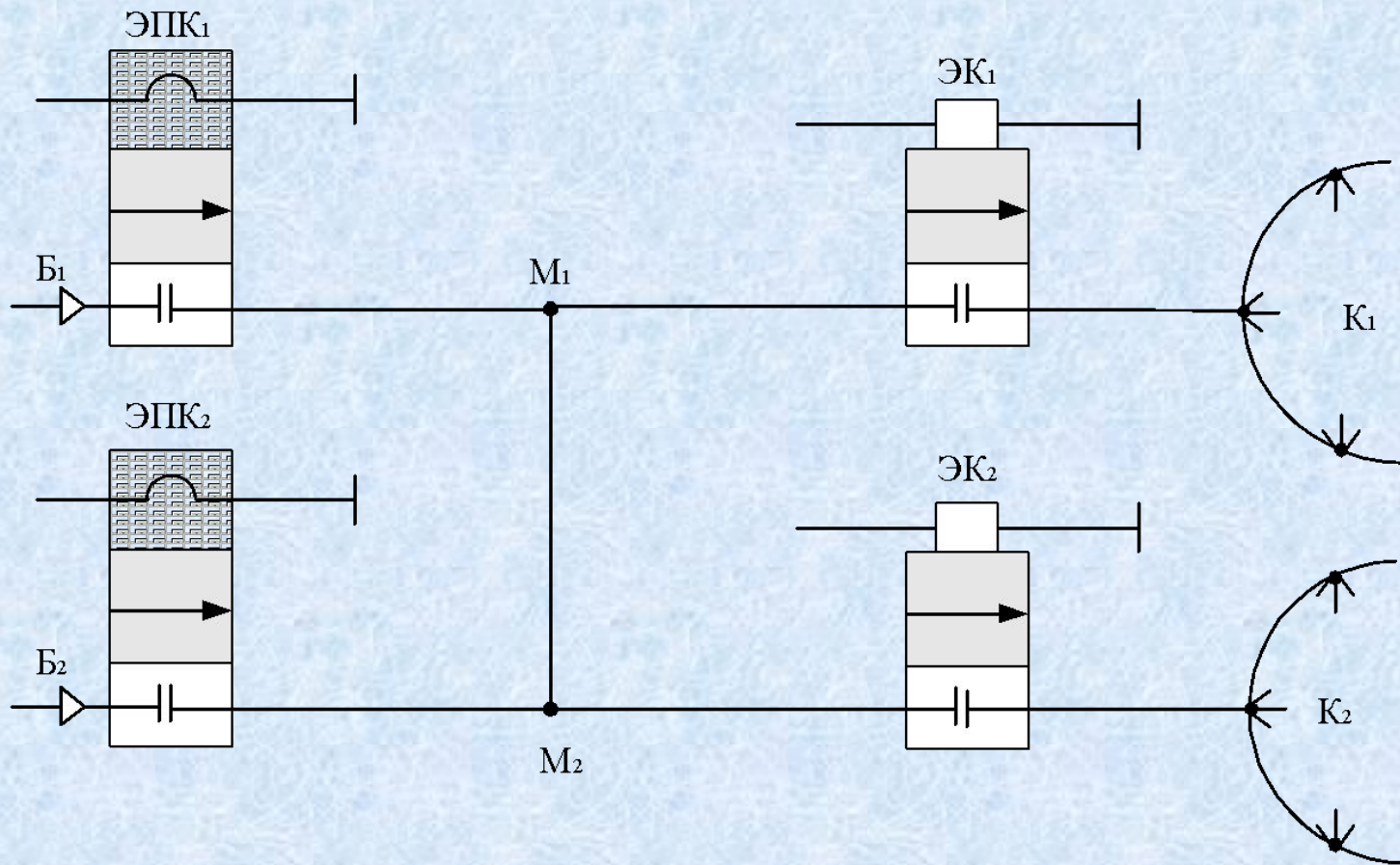
Сигнал с выхода сигнализатора поступает на обмотку реле включения сигнализации дыма. Последнее срабатывает и, встав на самоблокировку, замкнет цепи включения сигнального табло и канала сигнализации в системе речевой информации.

Управляющие и исполнительные устройства систем пожаротушения

Исполнительные устройства систем пожаротушения включают в себя:

- баллоны (Б) с огнегасящей жидкостью или чаще нейтральными газами, такими как азот, гелий или углекислота, находящимися под давлением 100... 150 кПа;
- магистрали (М) с коллекторами (К), имеющими большое число отверстий для разбрызгивания огнегасящего состава или подачи нейтрального газа;
- краны разгерметизации баллонов с электропиротехническими приводами (ЭПК);
- магистральные краны с электромагнитными приводами (ЭК), обеспечивающими подачу газа к нужному для гашения данного очага пожара коллектору.

Схема управления подачей огнегасящего состава



Управление исполнительными элементами противопожарных систем может быть ручным или автоматическим с возможностью перехода на ручное управление в случае отказа автоматики.

**Системы обеспечения
жизнедеятельности экипажей и
пассажиров воздушных судов**

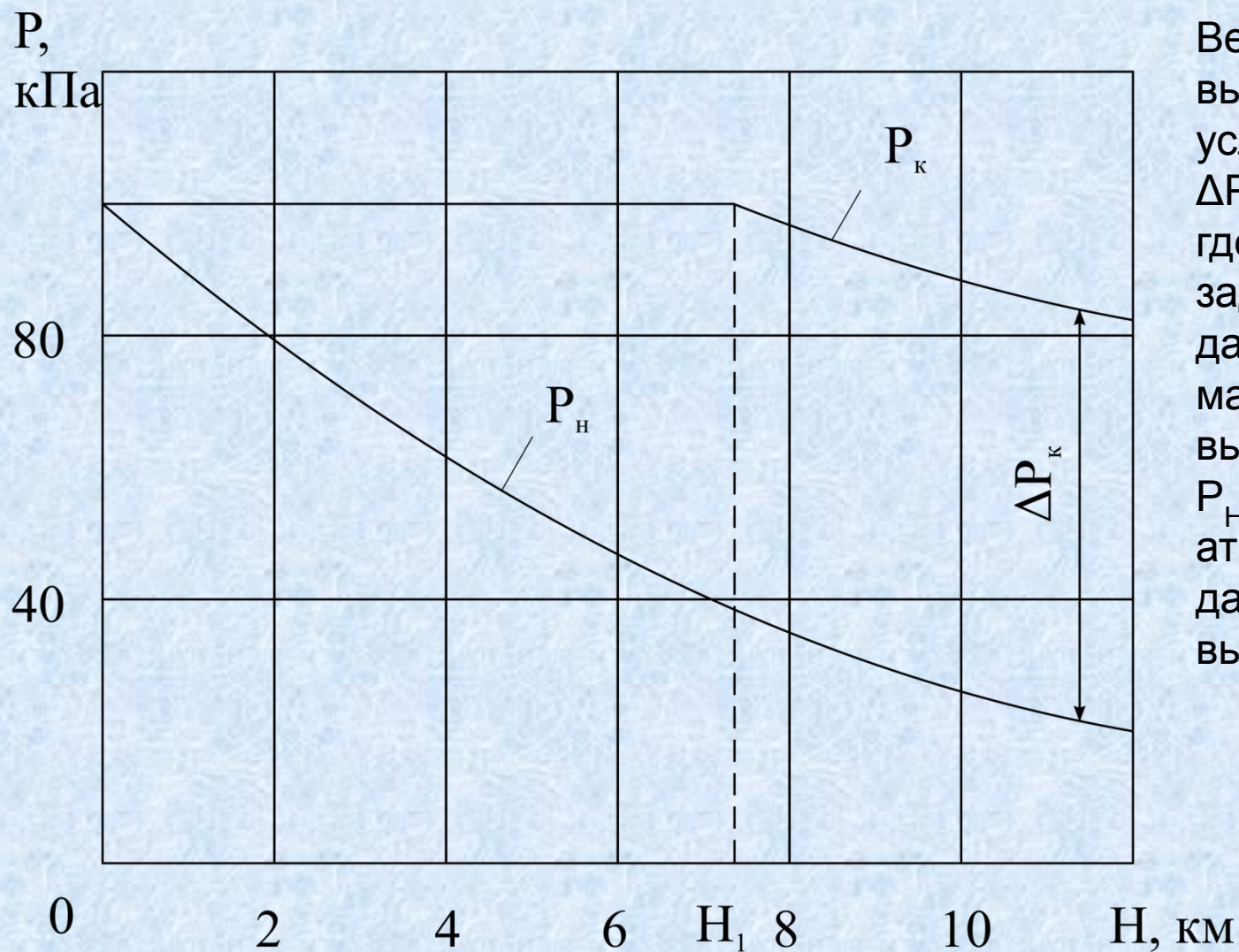
Важнейшим компонентом СЖО самолетов являются системы регулирования давления (СРД) ГК, состоящие из основного и резервного командных агрегатов, которые управляют выпускными и предохранительными клапанами.

Выбор зависимости давления в ГК от высоты полета определяется пределами изменения абсолютного давления в кабине, крейсерской высотой полета и скороподъемностью самолета.

Избыточное (манометрическое) давление ΔP есть разность между абсолютным внутренним давлением в кабине P_K и внешним давлением атмосферного воздуха P_H : $\Delta P = P_K - P_H$

Величина избыточного давления в ГК ограничивается характеристиками прочности конструкции и не должна превышать значения для данного типа самолета: для пассажирских ВС 0,6 кгс/см²

Типовой закон регулирования давления для большинства пассажирских самолетов

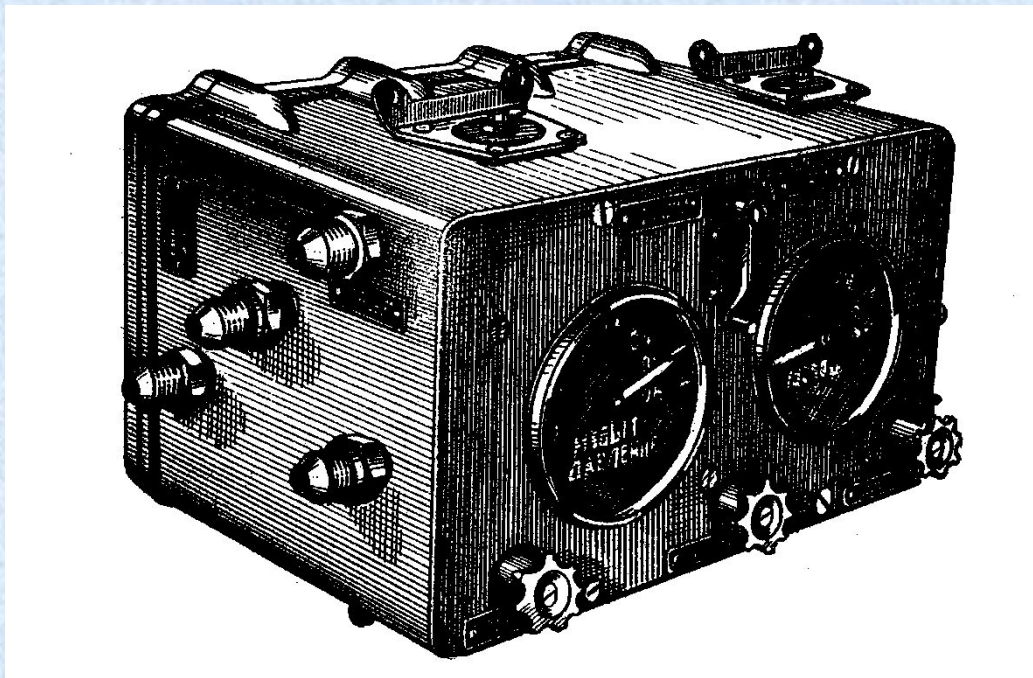


Величина ΔP_k выбирается из условия $\Delta P_k = P_{кз} - P_n$, где $P_{кз}$ — заданное давление на максимальной высоте полета; P_n — атмосферное давление на высоте полета

Регулирование давления в гермокабине производится при наддуве гермокабины, изменением количества воздуха, сбрасываемого из гермокабины через выпускные клапаны.

Степень открытия выпускных клапанов основной САРД регулируется по пневмосигналам, поступающим от автоматического регулятора давления

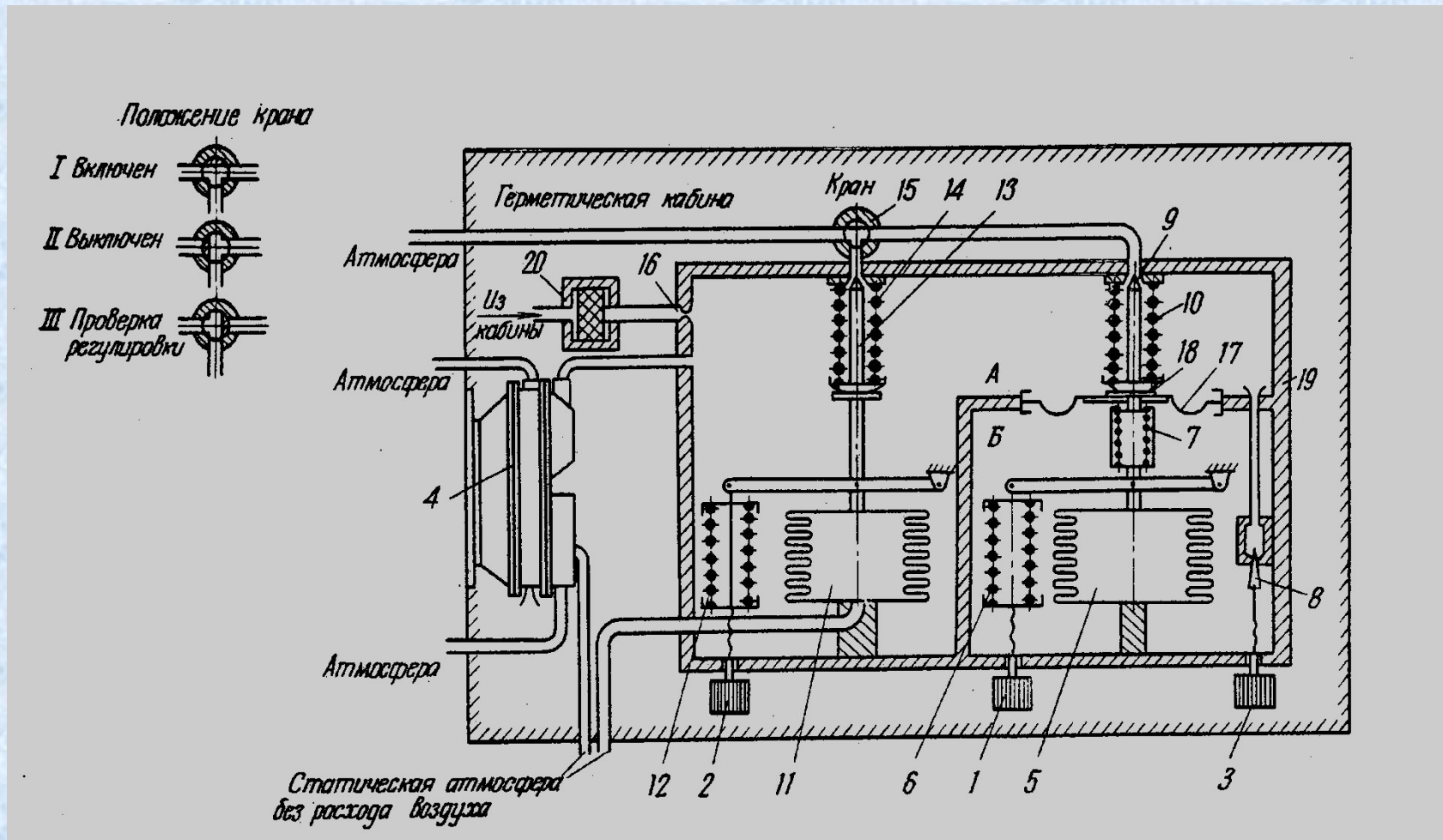
Регулирование давления воздуха в кабине регулятором 2077 АТ



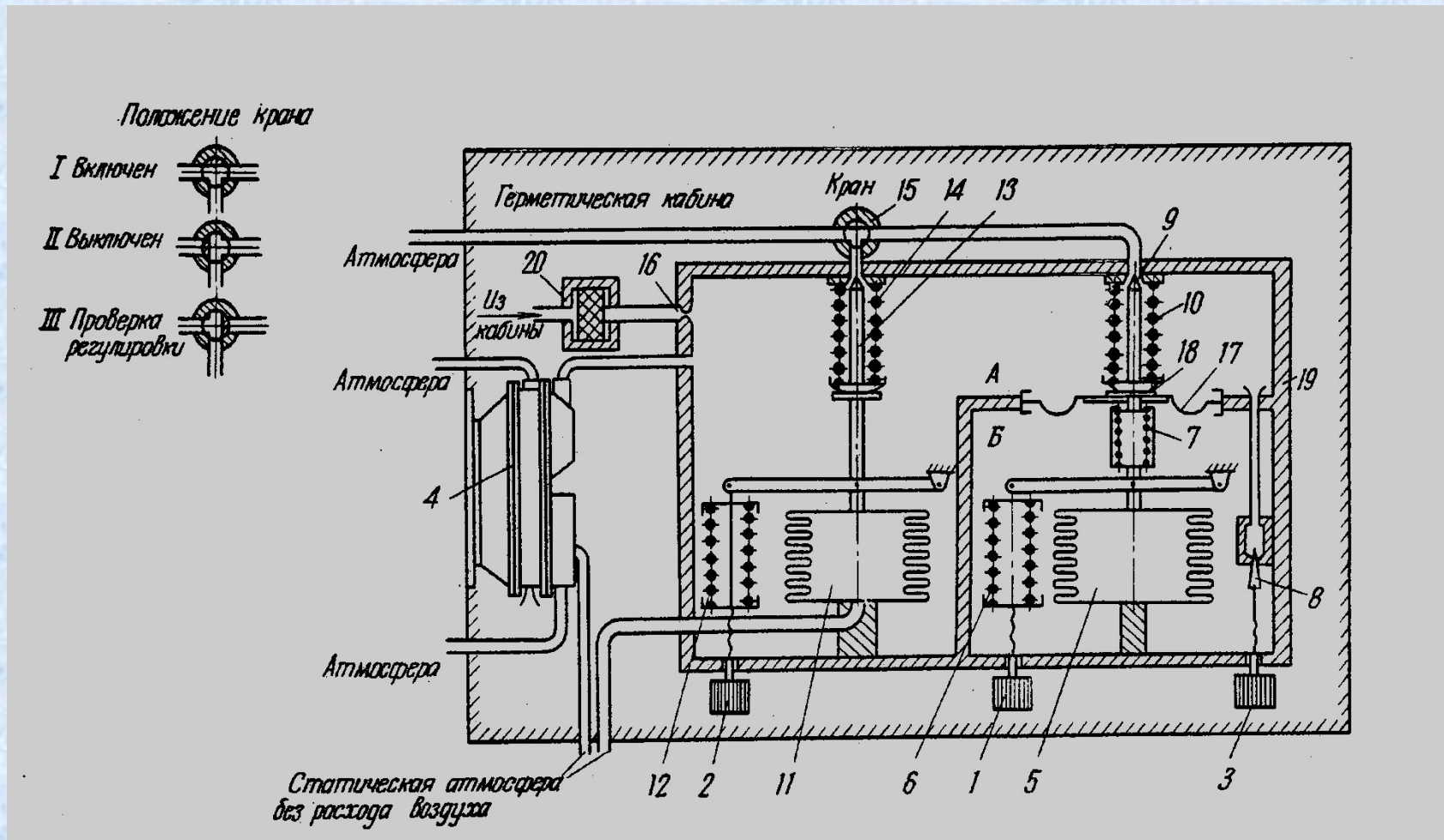
Система автоматического регулирования давления воздуха в кабине обеспечивает изменение давления воздуха в гермокабине по заданному закону путем сброса определенного количества воздуха, поступающего в кабину по системе кондиционирования, в атмосферу через выпускные клапаны.

Регулятор давления 2077 АТ состоит из трех основных узлов :

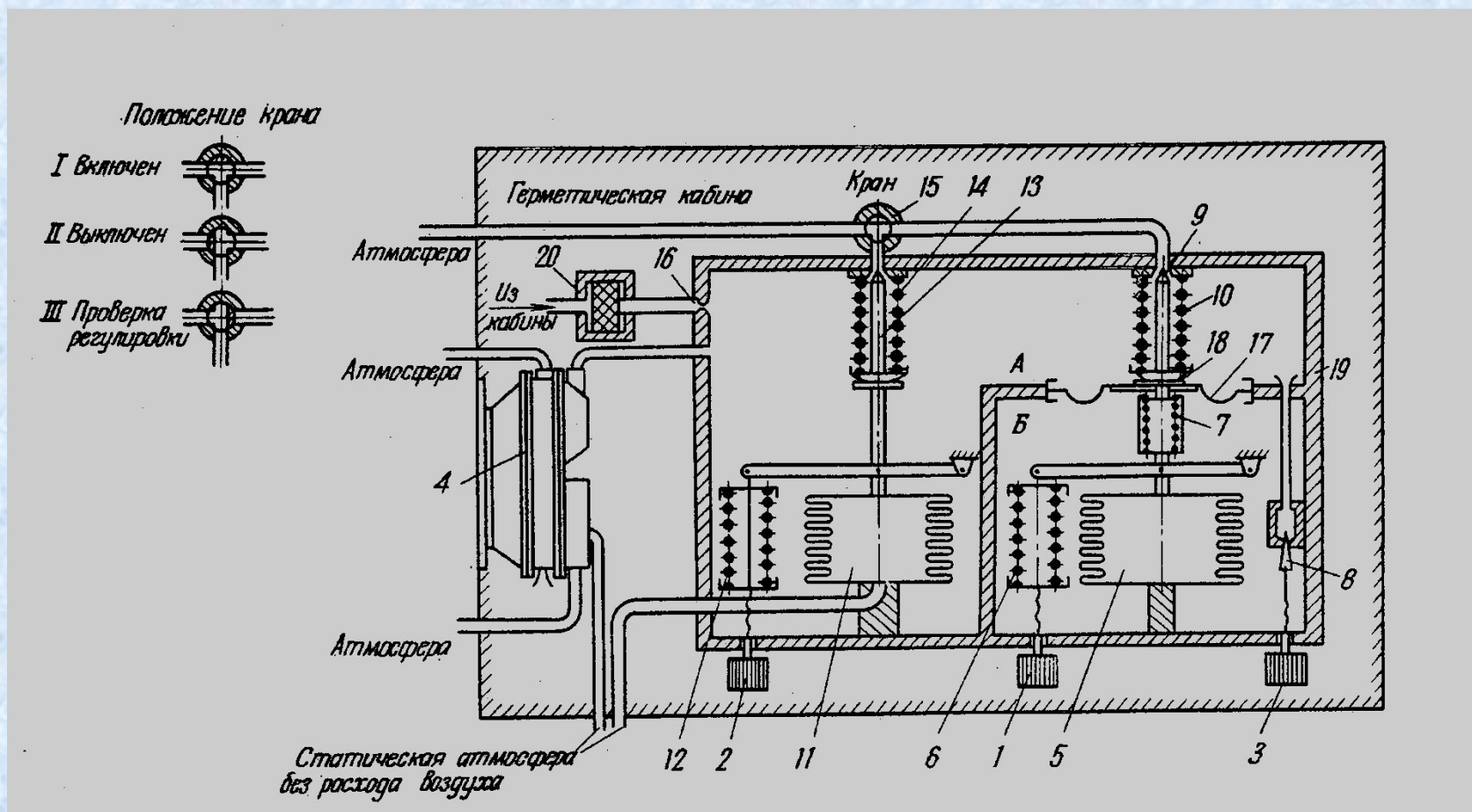
- узла, регулирующего абсолютное давление в кабине путем поддержания в полости А заданного абсолютного давления, который содержит чувствительный элемент — сильфон 5 и задатчик 1, устанавливающий начало герметизации кабины;



- узла, регулирующего избыточное давление в кабине путем поддержания в полости А определенного избыточного давления с высоты 7200 м до максимальной высоты полета 12000, который состоит из чувствительного элемента — сильфона 11 и задатчика 2, устанавливающего заданное избыточное давление;



- узла, регулирующего скорость изменения давления в кабине, служащего для демпфирования скорости изменения давления в кабине при наборе высоты и при снижении самолета, который состоит из задатчика 3, устанавливающего скорость изменения давления. Задатчик состоит из ручки задатчика 3, игольчатого клапана 8 и мембраны 17.



Регулятор давления воздуха 2077АТ является пневматическим командным прибором, который формирует сигналы давления и передает их выпускным клапанам 4870Т, регулирующим количество выбрасываемого в атмосферу воздуха. Он необходим для выполнения следующих функций:

- установки и фиксирования регулируемых параметров воздуха (абсолютного и избыточного давления и скорости изменения давления);
- введения поправок, связанных с изменением барометрического давления аэродрома, что при взлете и посадке самолета обеспечивает в кабине давление, близкое к давлению аэродрома, а также для корректировки скорости изменения давления при взлете.

При помощи ручки «Начало герметизации» производится настройка узла абсолютного давления - задается высота, на которой начинается регулирование давления в кабине. Задатчиком «избыточное давление» устанавливается заданное избыточное давление. С помощью ручки задатчика «скорость изменения давления» устанавливается заданная скорость изменения давления в кабине.

Кислородное оборудование воздушных судов

Задача кислородного оборудования — поддержание необходимого значения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе.

К основным элементам систем кислородного оборудования в общем случае относятся:

- запас кислорода;**
- кислородные редукторы;**
- регуляторы подачи кислорода;**
- регулятор давления;**
- регулятор расхода;**
- переносные кислородные приборы;**
- автомат подсоса воздуха;**
- кислородные маски.**

Запас кислорода (ЗК) может находиться на ВС в газообразном состоянии в баллонах в жидком состоянии в самолетных кислородных газификаторах, в связанном виде в химических соединениях (хлоратные свечи, надперекиси щелочных металлов и др.), а также может получаться (добываться) непосредственно на борту с помощью автономных бортовых генераторов кислорода (АБГК)

Кислородные баллоны (КБ) по величине давления выпускаются двух типов:

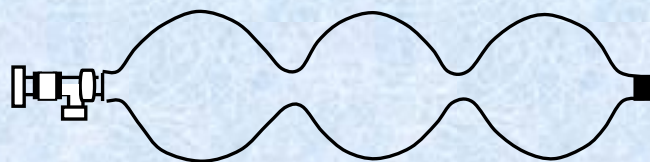
- **низкого давления:** 30 кг/см^3 ($\sim 3 \text{ МПа}$;
- **высокого давления:** 150 кг/см^3 ($\sim 15 \text{ МПа}$) и 210 кг/см^3 ($\sim 21 \text{ МПа}$) – используются на борту современных самолетов.

Баллоны низкого давления по форме цилиндрические, например, КБ-1 (36 л), КБ-2 (7,5 л), КБ-3 (1,7 л).

Баллоны высокого давления выполняются цилиндрическими и шарообразными (шар является наивыгоднейшей формой для сосудов с внутренним давлением). Унифицированные цилиндрические баллоны УБЦ выпускаются емкостью 2; 5,8; 16; 40 л.

Запас кислорода в стационарном баллоне емкостью 16 л обеспечивает кислородное питание трех членов экипажа в течение времени экстренного снижения до 3000 м.

Кислородные баллоны обладают взрывным эффектом (разлет частей или осколков баллонов, реактивное действие струи выходящего из пробоины газа и др.). Для его уменьшения шарообразные баллоны большой емкости выполняются секционно, в виде нескольких сообщающихся сосудов



Не реже чем раз в 5 лет баллоны должны подвергаться периодическому освидетельствованию (котлонадзору), во время которого они испытываются на прочность пробным давлением, в 1,5 раза превышающим рабочее. После проверки на баллон наносят клеймо с датой произведенного и следующего освидетельствования.

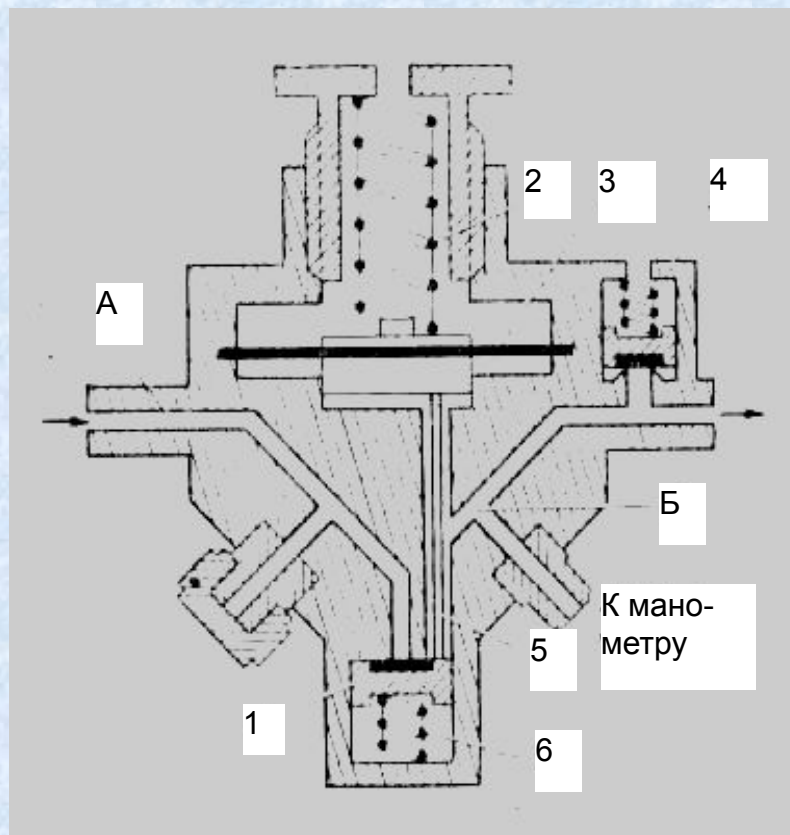
Для тяжелых самолетов более выгодным в весовом отношении является хранение кислорода в жидком состоянии при низкой температуре (-183°C). Испарение 1 л жидкого кислорода при стандартных условиях дает около 790 л газообразного.

Самолетные кислородные газификаторы (СКГ) (более ранняя модификация имела наименование КПЖ - "кислородный прибор жидкостный") выпускаются емкостью от 3 до 30 кг. Они предназначены не только для хранения жидкого кислорода, но и для преобразования (газификации) его в газообразный с последующей подачей к кислородным приборам членов экипажа или к системе кислородной подпитки авиадвигателей.

По конструкции СКГ представляют собой специальный сосуд с двойными стенками (типа термоса), пространство между которыми вакуумировано и заполнено порошковой изоляцией для уменьшения теплопередачи.

Для перевода в газообразное состояние кислород пропускают через теплообменники (испарители), обдуваемые горячим воздухом ($80\text{...}100^{\circ}\text{C}$), поступающим из бортовой СКВ.

Кислородные редукторы (КР) служат для понижения и поддержания необходимого давления кислорода перед регулятором его подачи.



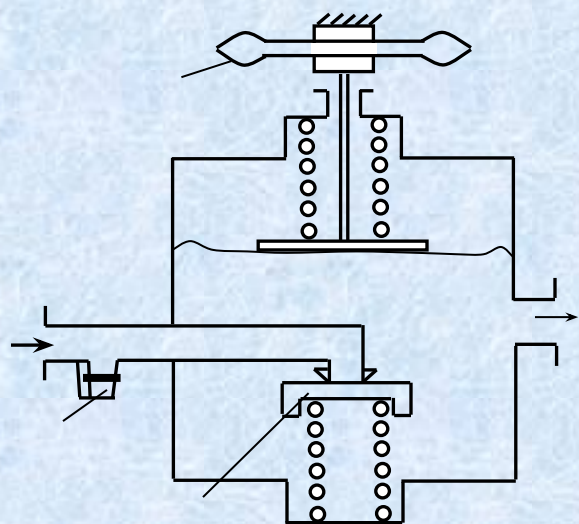
**Рис. 3.25. Принципиальная
схема КР:**

**1 - датчик давления; 2, 6 - пружины;
3 - мембрана; 4 - толкатель; 5 - клапан.**

Регуляторы непрерывной подачи кислорода (РНП I) используются в СКП коллективного и индивидуального пользования.

РНП, используемый в СКП коллективного пользования, состоит из двух последовательно соединенных регуляторов: давления и расхода.

Регулятор давления (РД) конструктивно выполняется совершенно аналогично рассмотренному выше кислородному редуктору (РК). Он служит для поддержания необходимой величины давления кислорода на входе регулятора расхода.



Регулятор расхода (РР) обеспечивает необходимый запас чистого кислорода в зависимости от "высоты" в кабине. Его конструкция подобна конструкции РК, с тем отличием, что полость *Б* не сообщается с кабиной, а вместо датчика давления установлен **анероид 1**

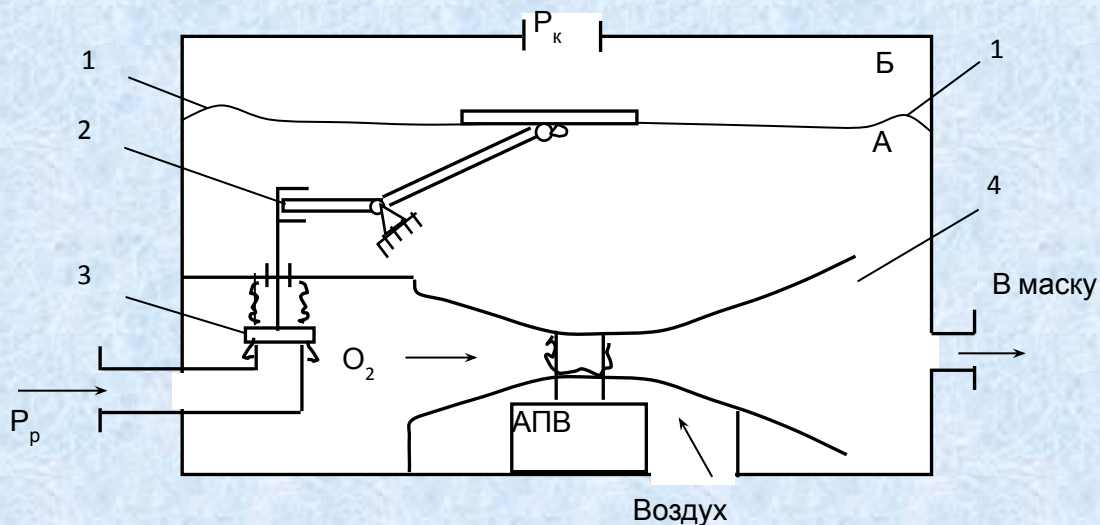
Между РД и РР устанавливается предохранительный клапан (ПК) для сброса недопустимо высокого давления.

Рис. Принципиальная схема регулятора расхода:

1 - анероид; 2 - клапан подачи; 3 – предохранительный клапан

Регуляторы прерывистой подачи (РПП) подразделяются на РПП без избыточного давления и на РПП с избыточным давлением.

Регулирование подачи кислорода производится мускульной энергией человека, поэтому такие регуляторы называют "легочными автоматами". Подача кислорода в РПП идет только за счет некоторого разрежения в кислородной маске, создаваемом за счет энергии дыхательного аппарата человека.



1 - мембрана; 2 - коромысло; 3 - клапан; 4 - эжектор

Кислородный прибор маски может работать в режимах «Смесь», «100% O₂» и «Аварийная подача».

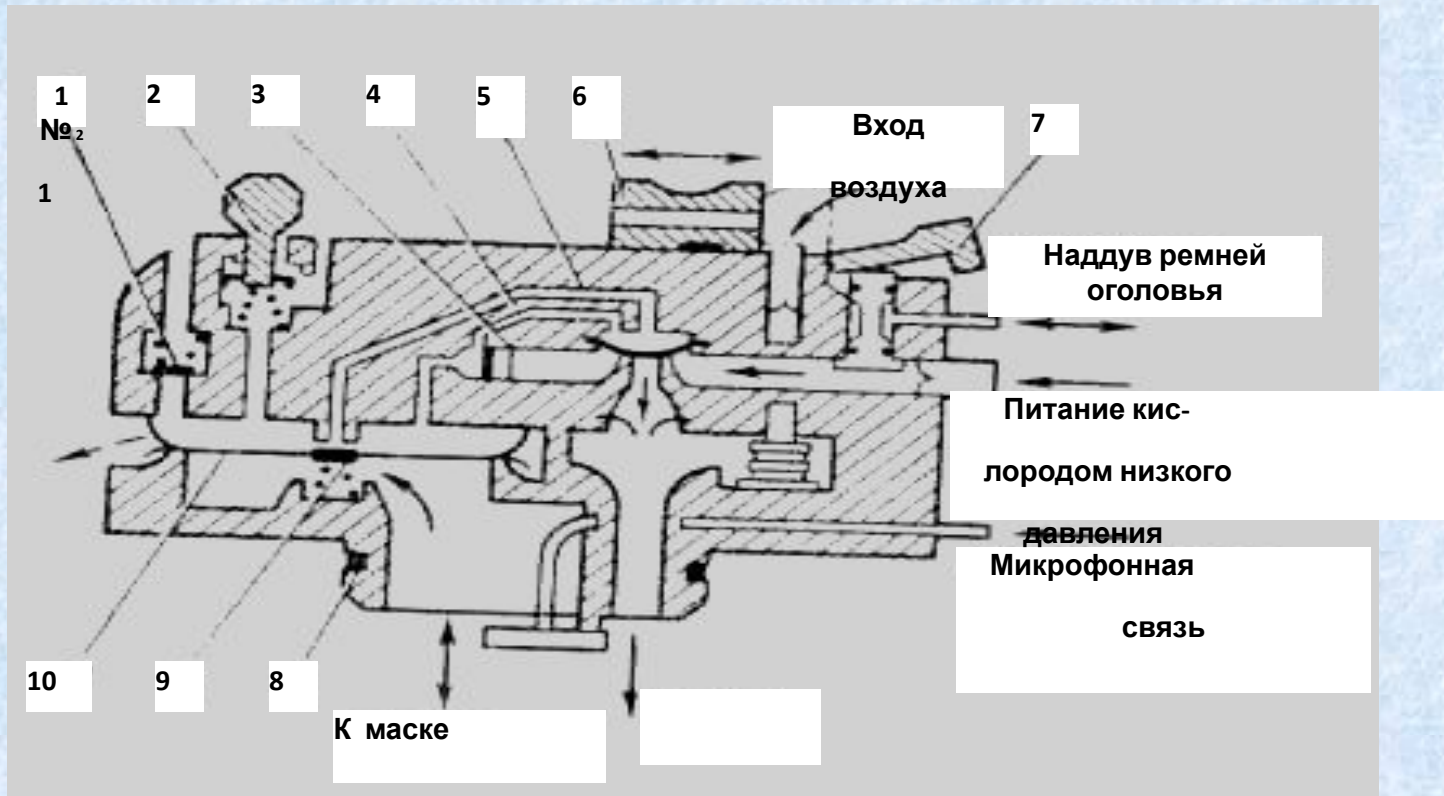
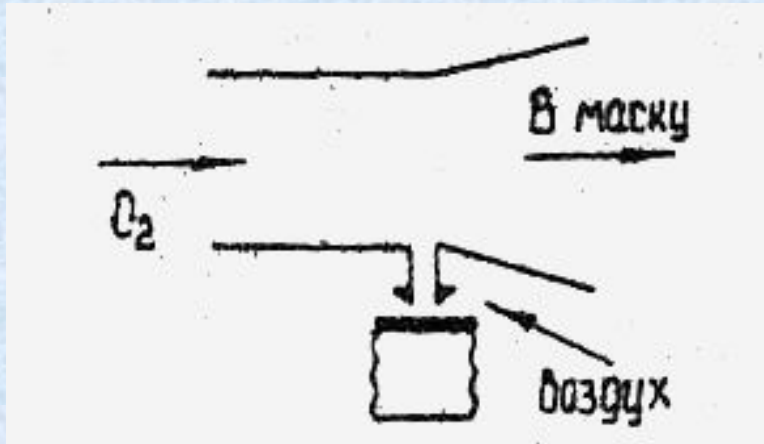


Рис. Принципиальная схема кислородного прибора, работающего с маской КМ-114:

1 — предохранительный клапан; 2 — комбинированная кнопка «Проверка» — «Авария»; 3 — фильтр; 4 — дюза; 5 — основной клапан; 6 — переключатель «100% O₂» — «Смесь»; 7 — клавиша наддува; 8 — уплотнитель соединения с маской; 9 — клапаны; 10 — комбинированная мембрана

Автомат подсоса воздуха (АПВ) обеспечивает необходимую концентрацию кислорода во вдыхаемом воздухе



При увеличении "высоты" в кабине и соответствующем падении давления P_k сильфон 1 расширяется и постепенно перекрывает доступ воздуха. Если до высоты 2 км клапан 2 остается полностью открытым (сильфон 1 сжат), то на высоте 8-10 км подача воздуха напротив полностью прекращается.

Предохранительные клапаны (ПК) служат для сброса недопустимо высокого давления в аварийных случаях.

Кислородная маска (КМ) изолирует дыхательные органы от окружающей среды и обеспечивает поступление кислорода из регулятора подачи в легкие в момент вдоха и выпуск воздуха из легких в окружающую среду в момент выдоха.

Кислородное оборудование для пассажиров и бортпроводников.

Кислородная система предназначена для обеспечения аварийного питания кислородом пассажиров и бортпроводников при разгерметизации пассажирского салона на высоте до 12200 м с задержкой на этой высоте до 0,5 мин, последующем снижении до безопасной высоты 3000 м.

Включение в работу кислородной системы для пассажиров может производиться двумя способами:

- автоматически - при достижении „высоты” в салоне 4000...4500м;
- дистанционно - из кабины экипажа на любой высоте при помощи кнопки-табло «Кислород пассажиры».

При разгерметизации кабины и возникновения в ней «высоты» 4-4,5км и более крышки кислородных блоков АКБ-17УМ (на самолете Ту-204) с химическими источниками кислорода открываются, кислородные маски выпадают из блоков и свободно висят на шнурах. Шнуры соединены с предохранительной чекой, находящейся на зажигательном патроне кислородного генератора.

Переносное кислородное оборудование. Предназначено для обеспечения питания кислородом:

- одного члена экипажа при перемещении по разгерметизированной кабине или тушении пожара в салоне;
- бортпроводников при разгерметизации кабины или появления в ней дыма;
- пассажиров в терапевтических целях.

В состав переносного кислородного оборудования, используемого на самолете Ту-204, входят кислородная маска МКП-1Т, блок кислородного питания БКП-2-2-210 и дымозащитная маска ДКМ.



Особенности эксплуатации кислородного оборудования

При техническом обслуживании соблюдать технику безопасности при работе с взрывоопасными газами и сосудами высокого давления.

Необходимо исключить загрязнение кислородного оборудования и трубопроводов.

Применяемый инструмент должен быть хромирован.

Одежда, руки, оборудование и инструменты не должны иметь следов нефтепродуктов.

Масло, смазка, горючие материалы и растворители в контакте с кислородом взрывоопасны. Загрязнения, пыль, вода после попадания внутрь кислородной системы могут привести к нежелательным последствиям.

Для обнаружения утечек кислородная система в целом и отдельные элементы проверяются на герметичность с применением раствора нейтрального мыла. Проверка герметичности возможна с помощью нейтральных газов. Не допускается устранение негерметичности при наличии давления в магистрали.

Технические характеристики регулирующих устройств и элементов кислородного оборудования проверяют в лабораторных условиях на кислородных установках КУ-7, КУ-8 и КУ-11.

Кислородные баллоны заряжают медицинским кислородом при давлении в них ниже нормального уровня по специальным таблицам с учетом температуры среды.

После зарядки не допускается отсоединять зарядный шланг от штуцера без сброса давления.

Баллоны с остаточным давлением ниже 0,1 МПа не заправляются, их отправляют в ремонт.