

# Измерение давления

- Приборы для измерения давления
- манометры;
  - вакуумметры;
  - мановакуумметры;

## По роду измеряемого давления приборы делятся

- Дифференциальные манометры  $P = P_1 - P_2$ ;  
 $P_2 = P_0$  – атмосферное давление
- Манометр избыточного давления  $P_1$  выше  $P_0$   
( атм. давл)
- Вакуумметр , если  $P_1$  меньше  $P_0$  ( атмосфер)
- Манометры абсолютного давления; ( абс.  
велич );
- мановакуумметры (как ниже так и выше  
атмосф)

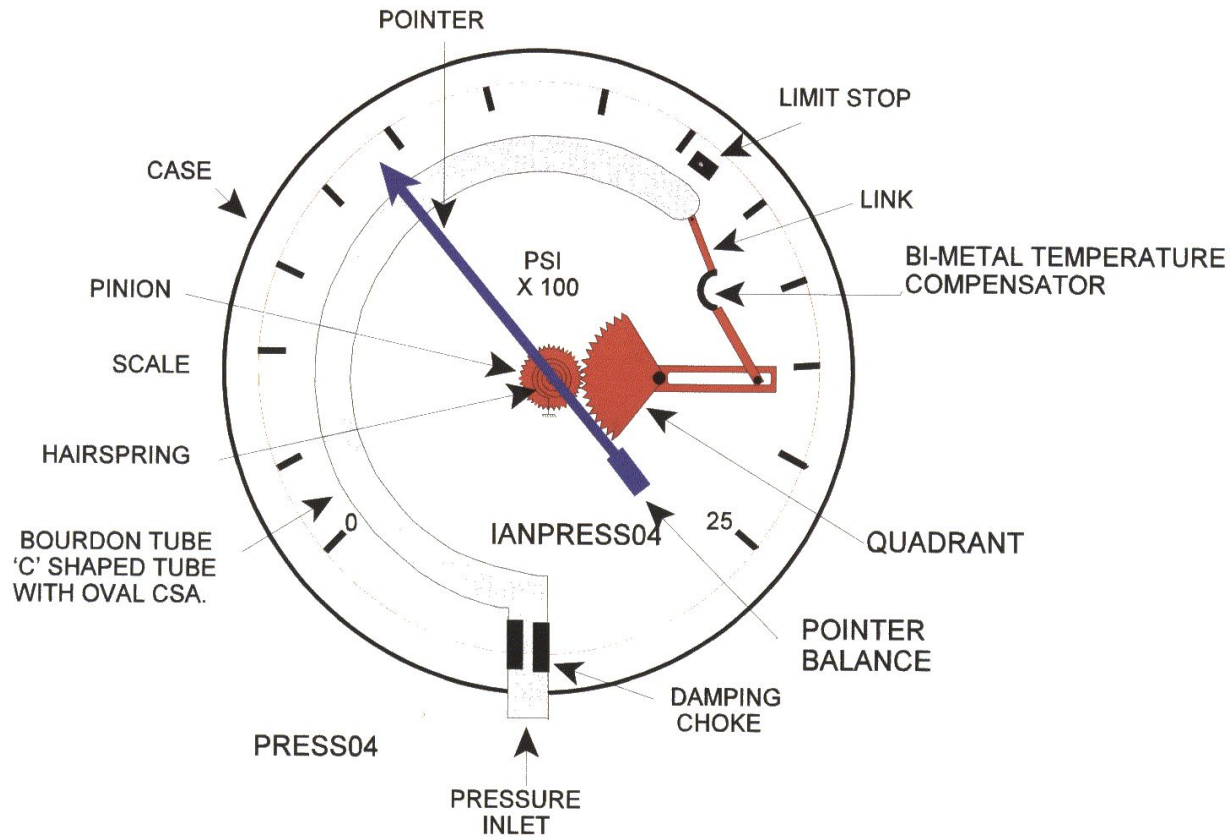
## ТИПЫ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

- ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА ) ;
- УПРУГАЯ ГОФРИРОВАННАЯ МЕМБРАНА ;
- АНЕРОИДНАЯ КОРОБКА ;
- МАНОМЕТРИЧЕСКАЯ КОРОБКА;
- СИЛЬФОН ( МАНОМЕТРИЧЕСКИЙ , АНЕРОИДНЫЙ ) ;
- СИЛИКОНОВАЯ ДИАФРАГМА ( МЕМБРАНА ) ;
- СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИАФРАГМА , ОБЛАДАЮЩАЯ НАТУРАЛЬНОЙ Т.Е ПРИРОДНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТОЙ ;

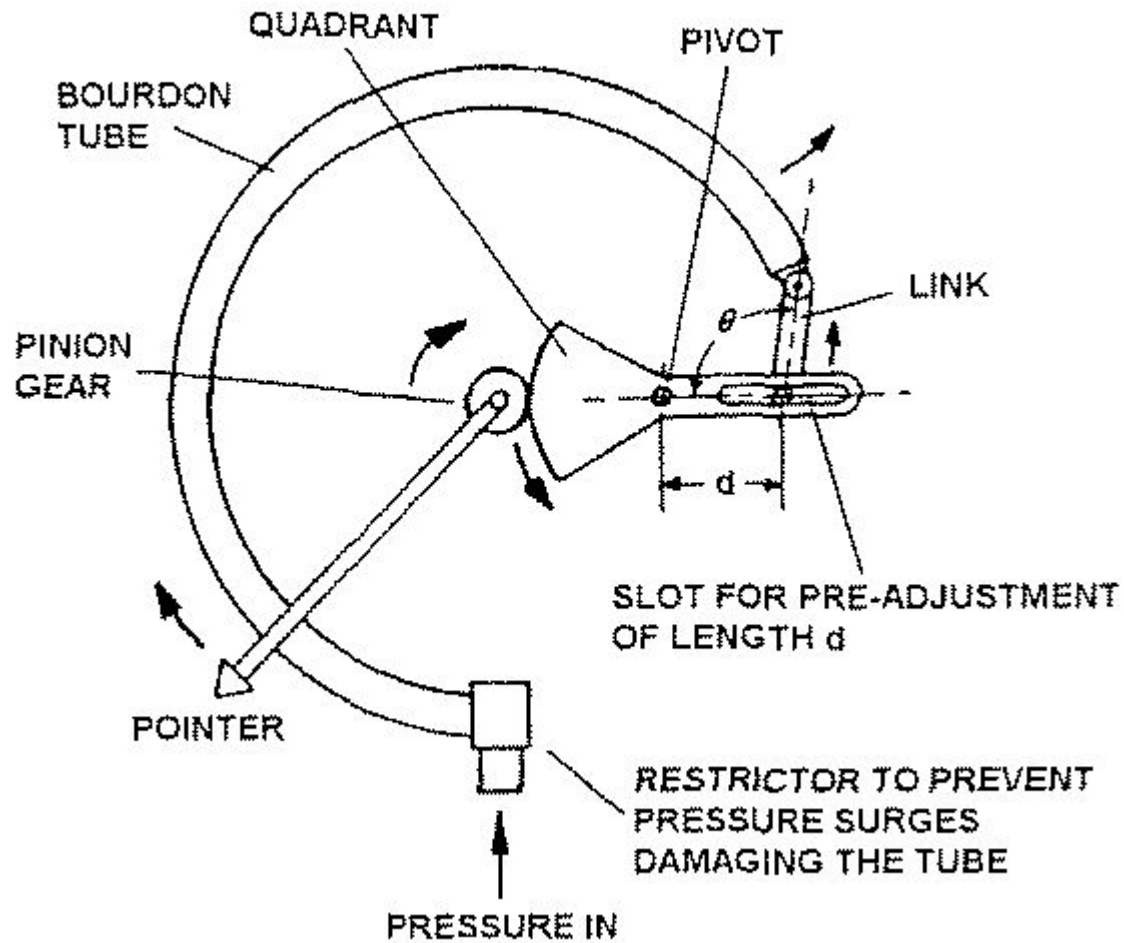
# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА

( ТРУБКА БУРДОНА ) ( The Bourdon Tube )

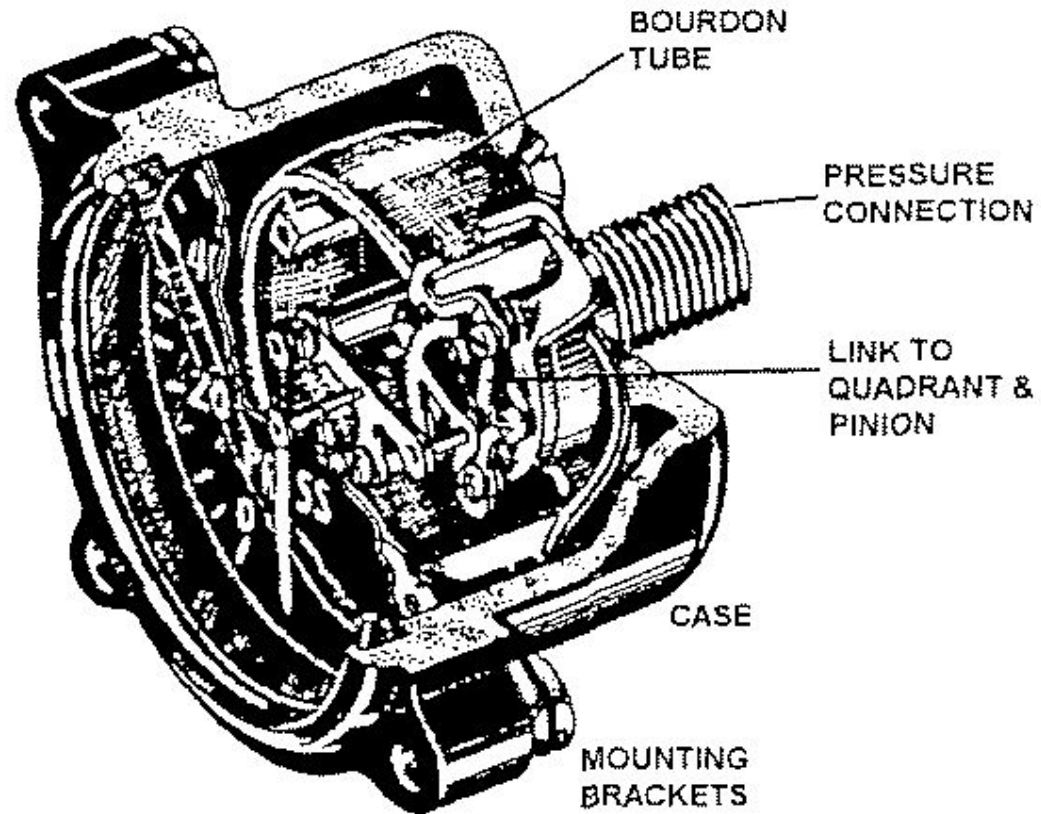
;

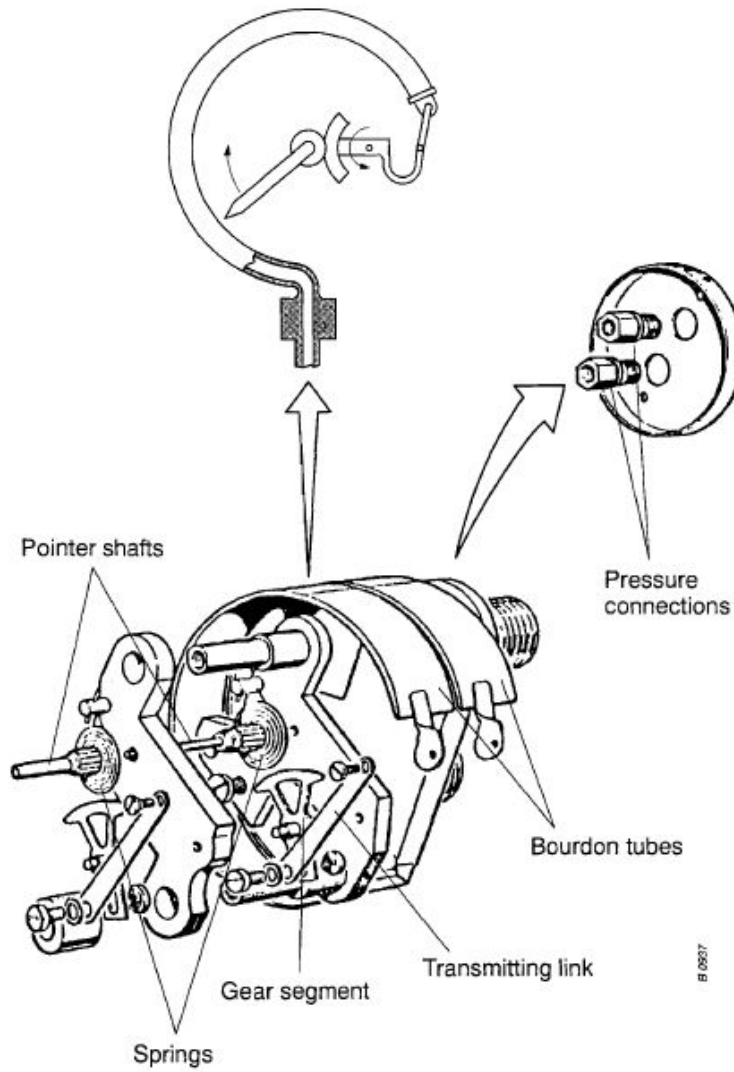


# The Bourdon Tube



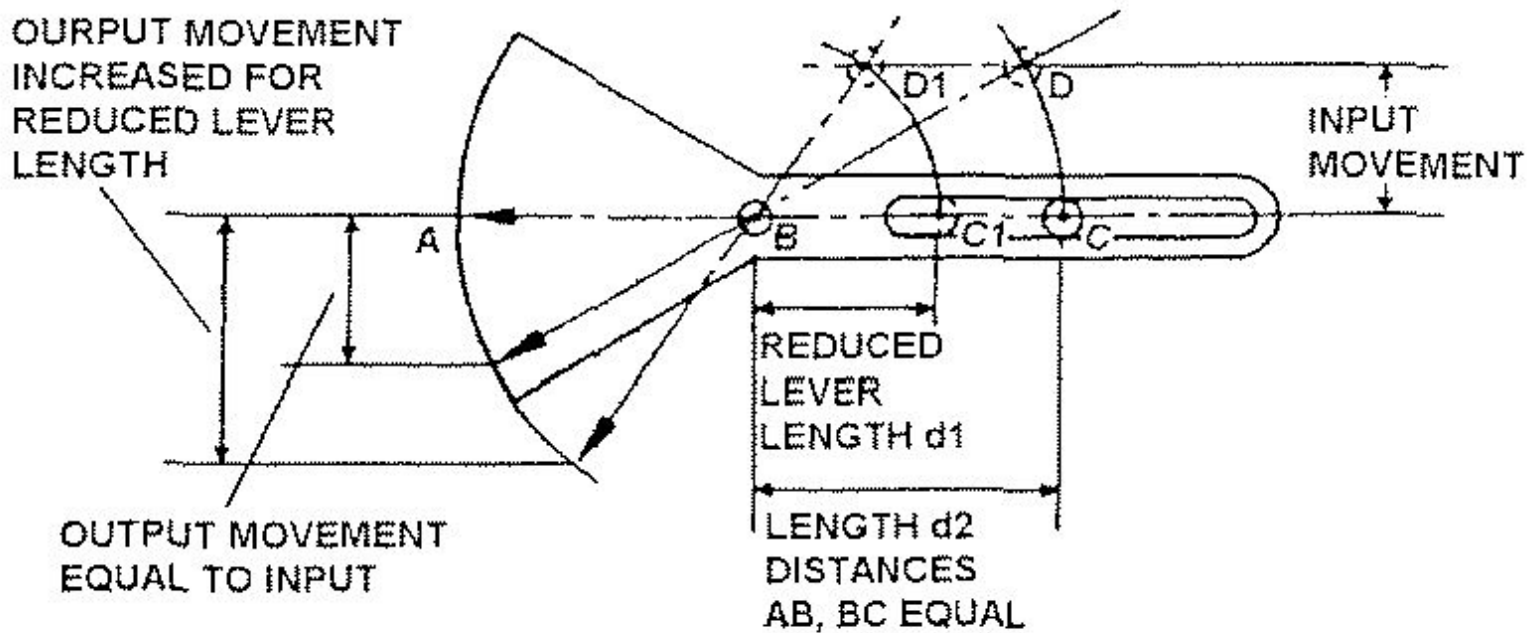
# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА ) ;





**Figure 1 Functional Principle of a Bourdon Tube**

# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА ); LEVER LENGTH ADJUSTMENT - 1





# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА );

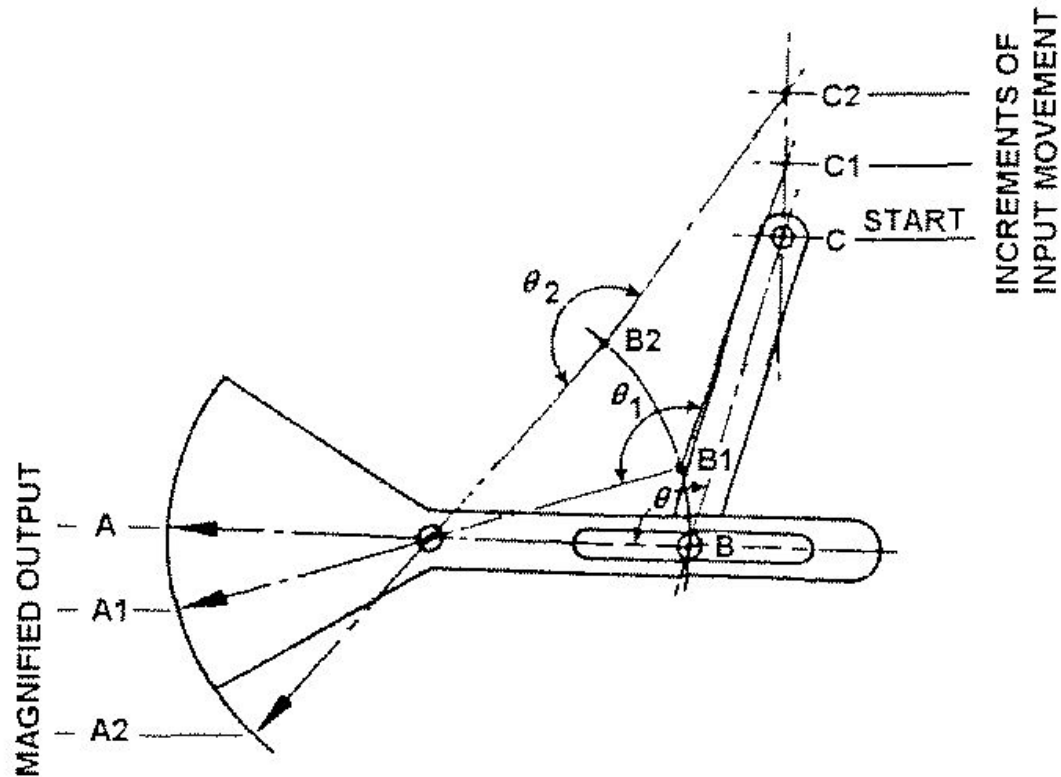
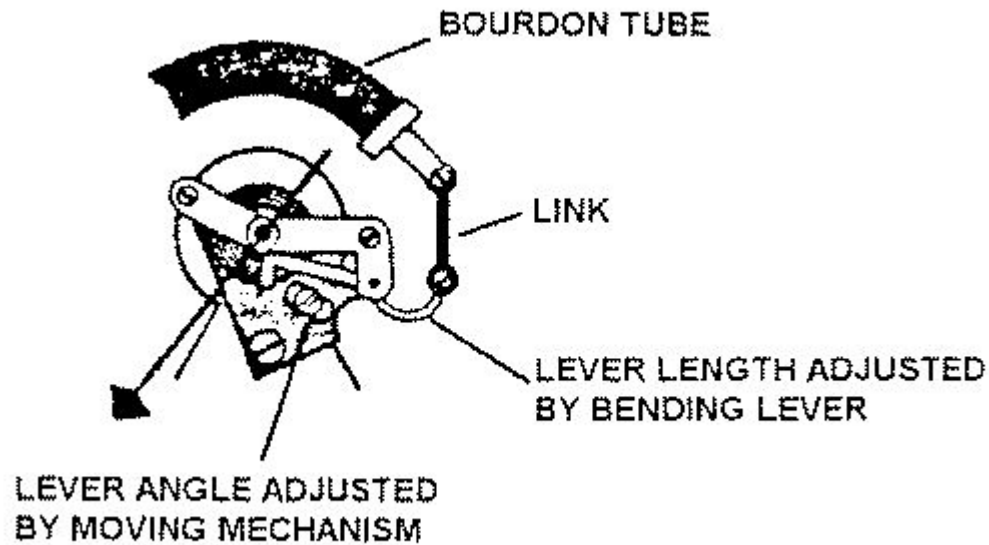


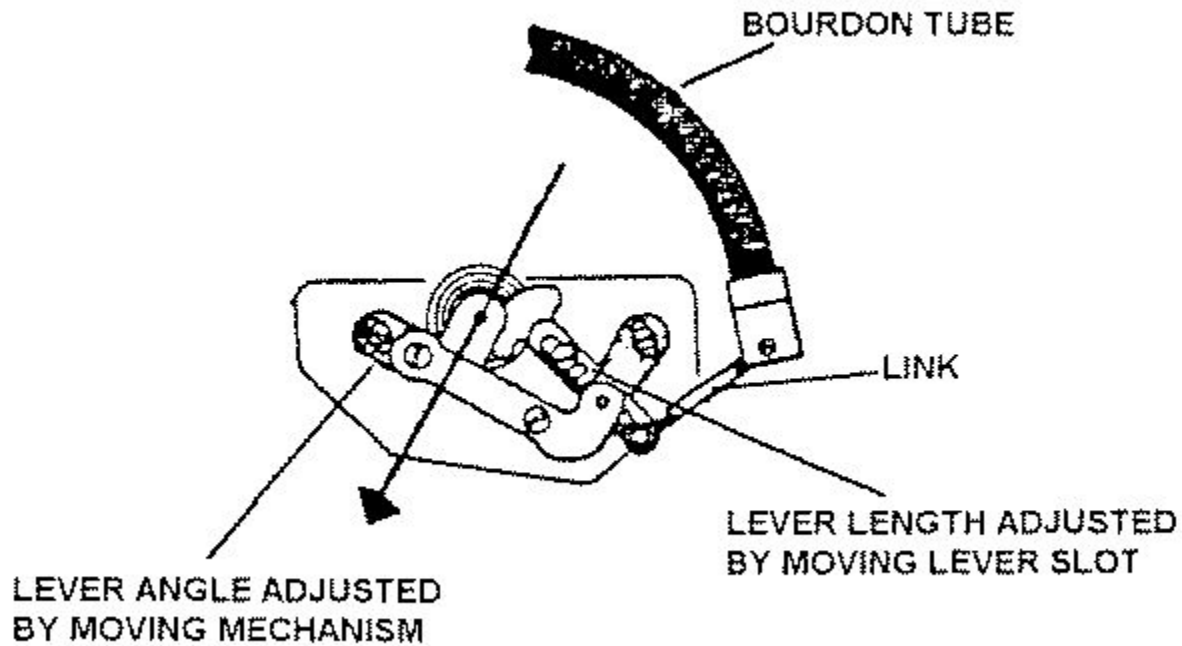
Fig. 11 LEVER LENGTH ADJUSTMENT - 2

# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА ) ;



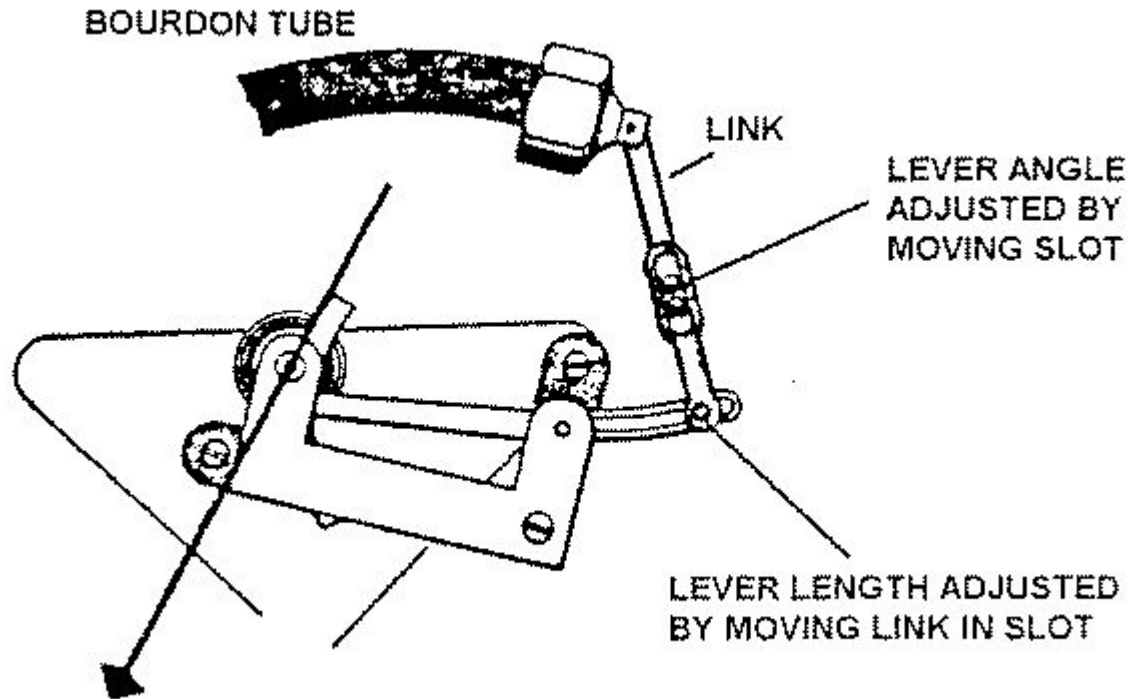
**EXAMPLES OF LEVER LENGTH/ANGLE ADJUSTMENT**

# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА ) ;



## EXAMPLES OF LEVER LENGTH/ANGLE ADJUSTMENT

# ТРУБЧАТАЯ ПРУЖИНА ( ТРУБКА БУРДОНА );



**EXAMPLES OF LEVER LENGTH/ANGLE ADJUSTMENT**



# УПРУГАЯ МЕМБРАНА

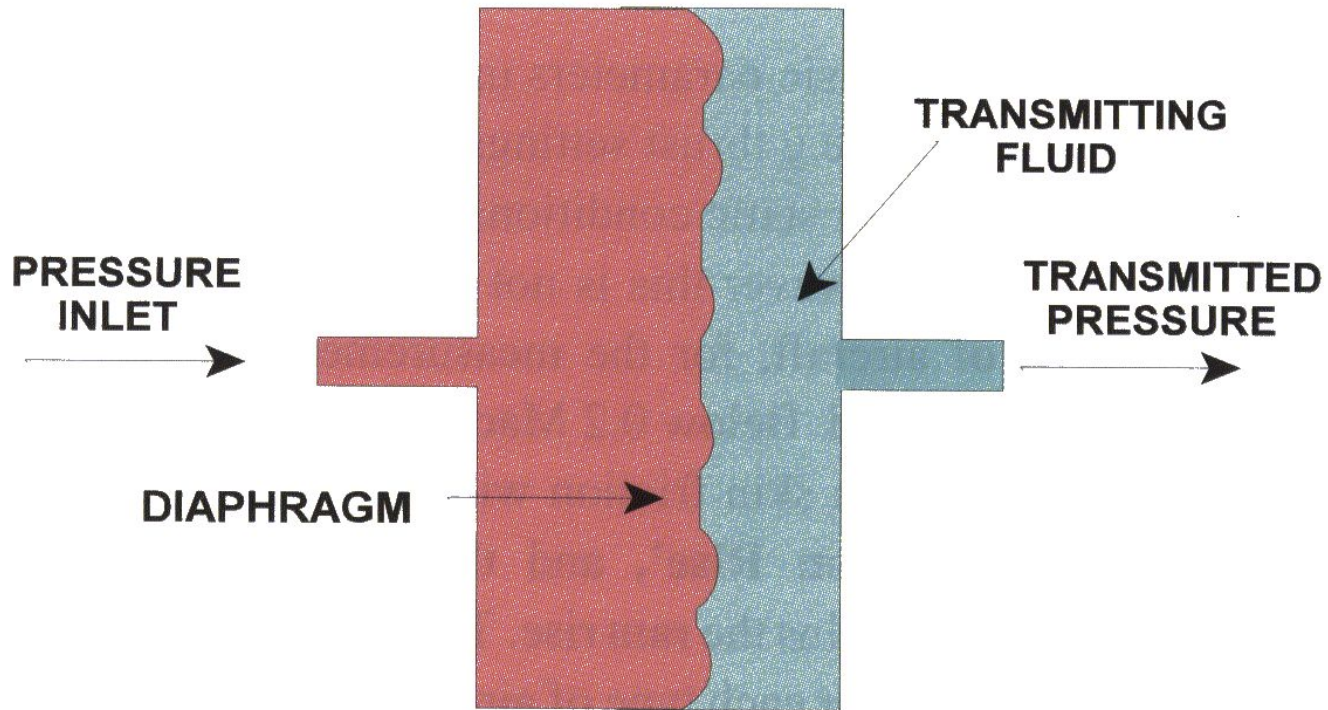
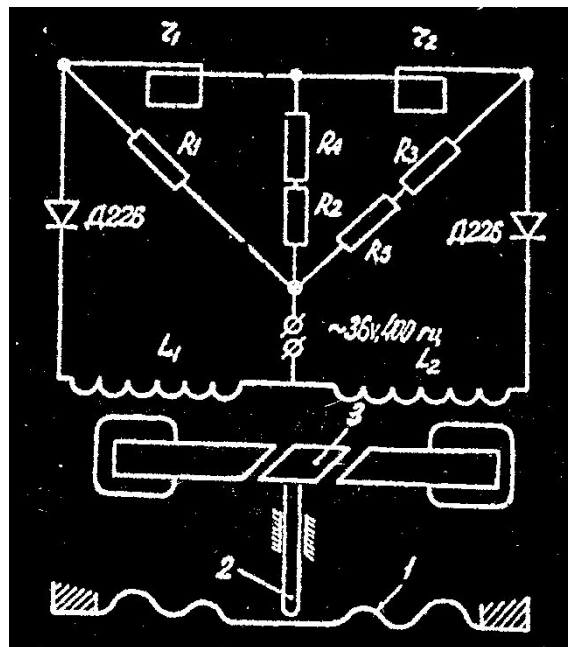
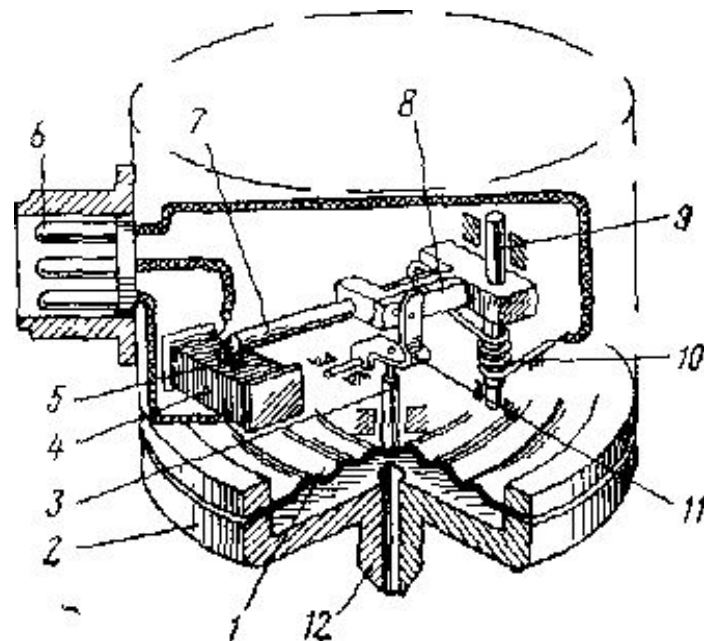


Figure 1.13 A Diaphragm Pressure Sensor

# УПРУГАЯ МЕМБРАНА

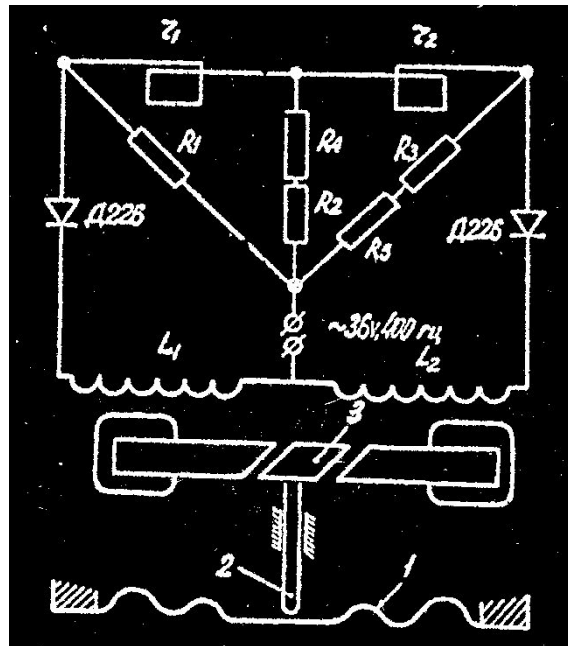


Манометр.  
с индуктивным датчиком

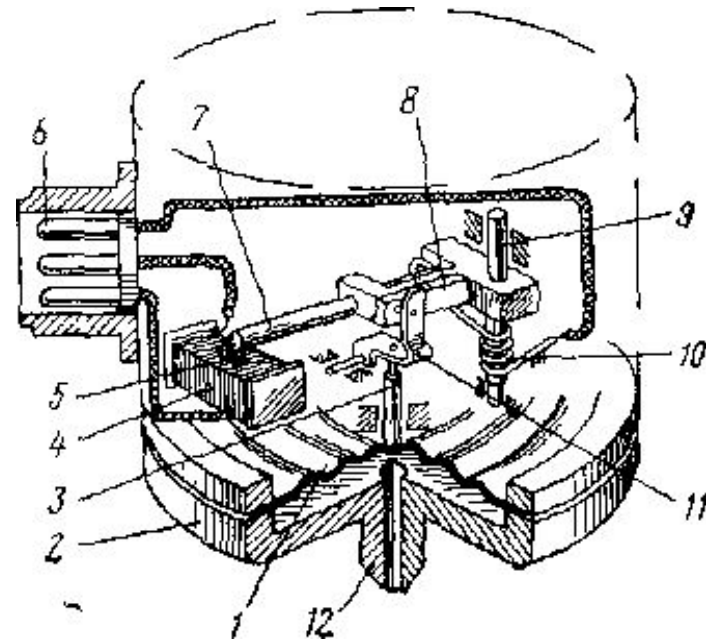


Кинематическая схема  
пружинного датчика давления с  
потенциометрическим  
преобразователем

# УПРУГАЯ МЕМБРАНА -ИД



Манометр.  
с индуктивным датчиком



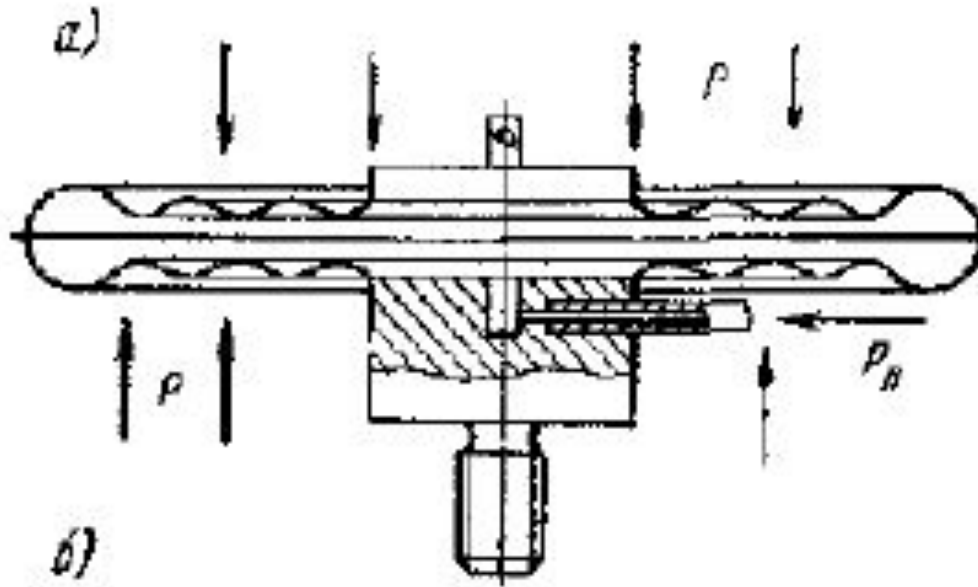
Кинематическая схема  
пружинного датчика давления с  
потенциометрическим  
преобразователем



# УПРУГАЯ МЕМБРАНА –ИД

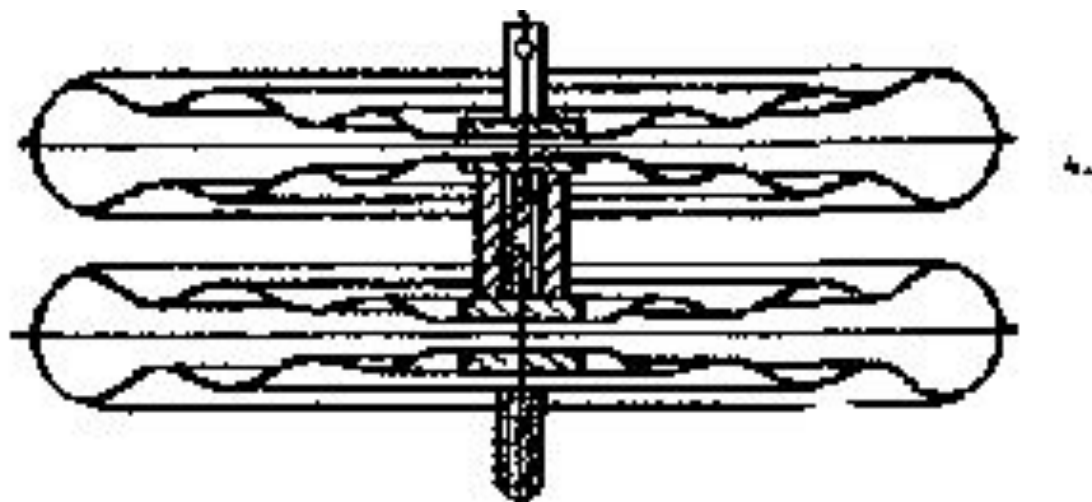
Диапазон измерения может изменяться в пределах от 0—1 до 0— 100 *at* и более. Стандартность конструкции механизма датчика обеспечивается тем, что при переходе от одного диапазона к другому изменяют только толщину мембраны, которая так подбирается, чтобы при любом диапазоне измерения ее прогиб был одинаковым (порядка 1 *мм*).

# АНЕРОИДНАЯ КОРОБКА



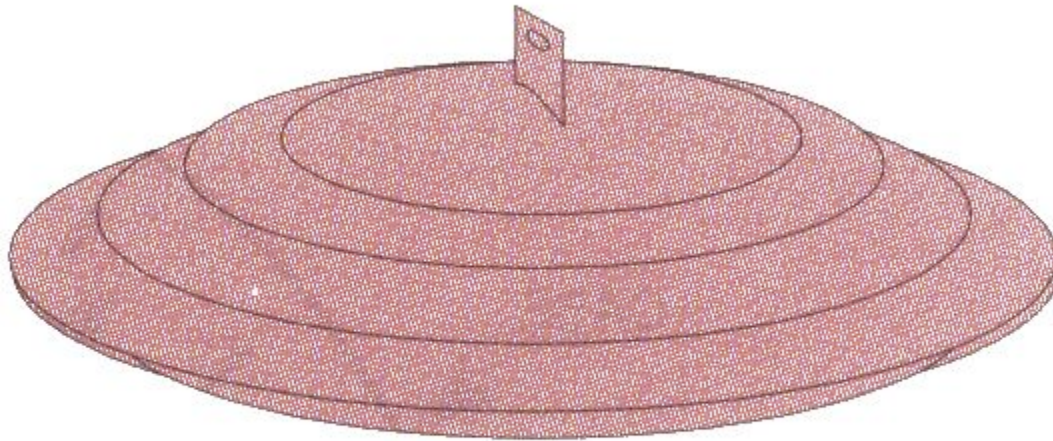
Aneroid Capsules

# Блок anerоидных коробок



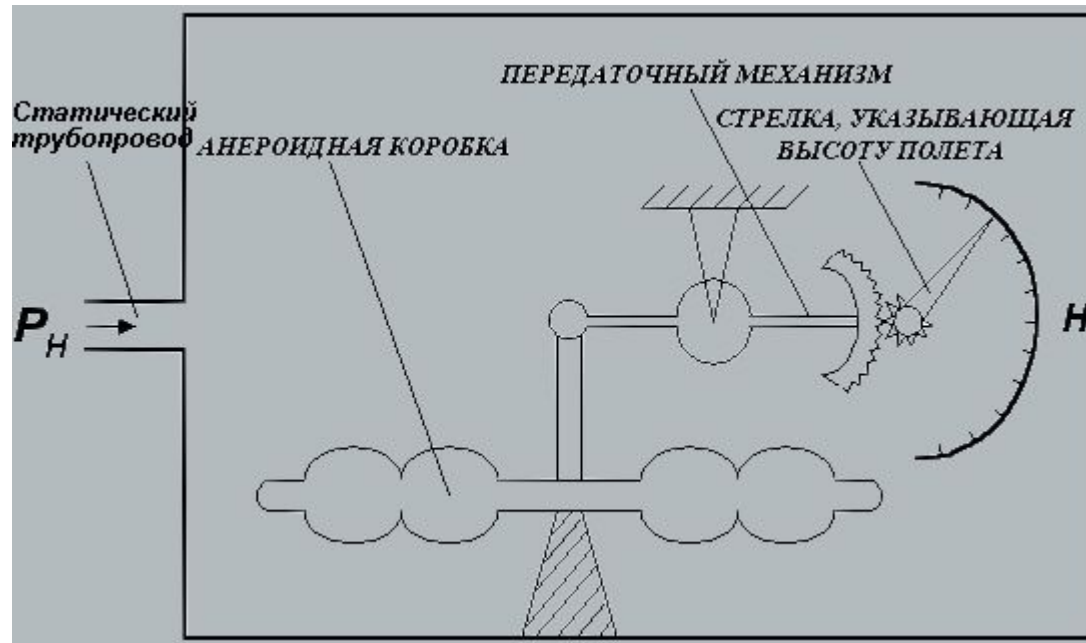
# АНЕРОИДНАЯ КОРОБКА

Aneroid Capsules

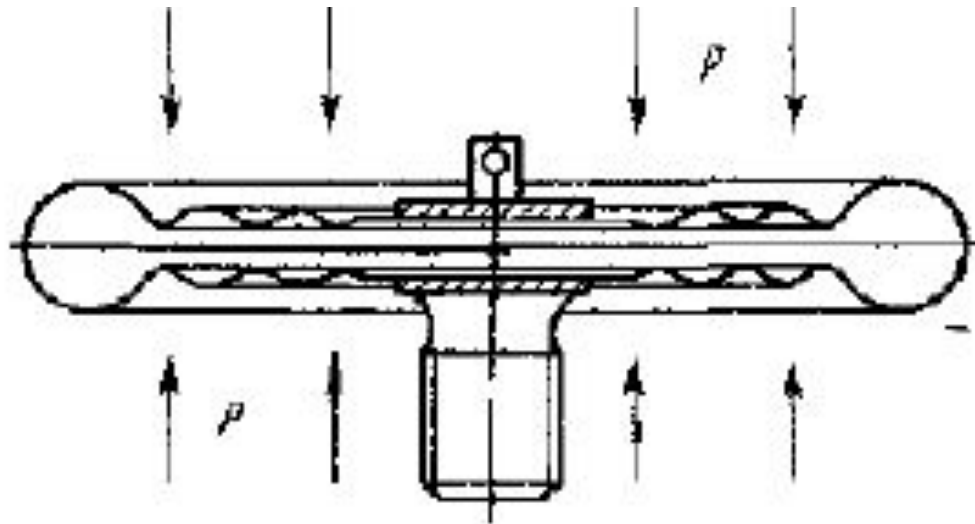


ANEROID

# АНЕРОИДНАЯ КОРОБКА

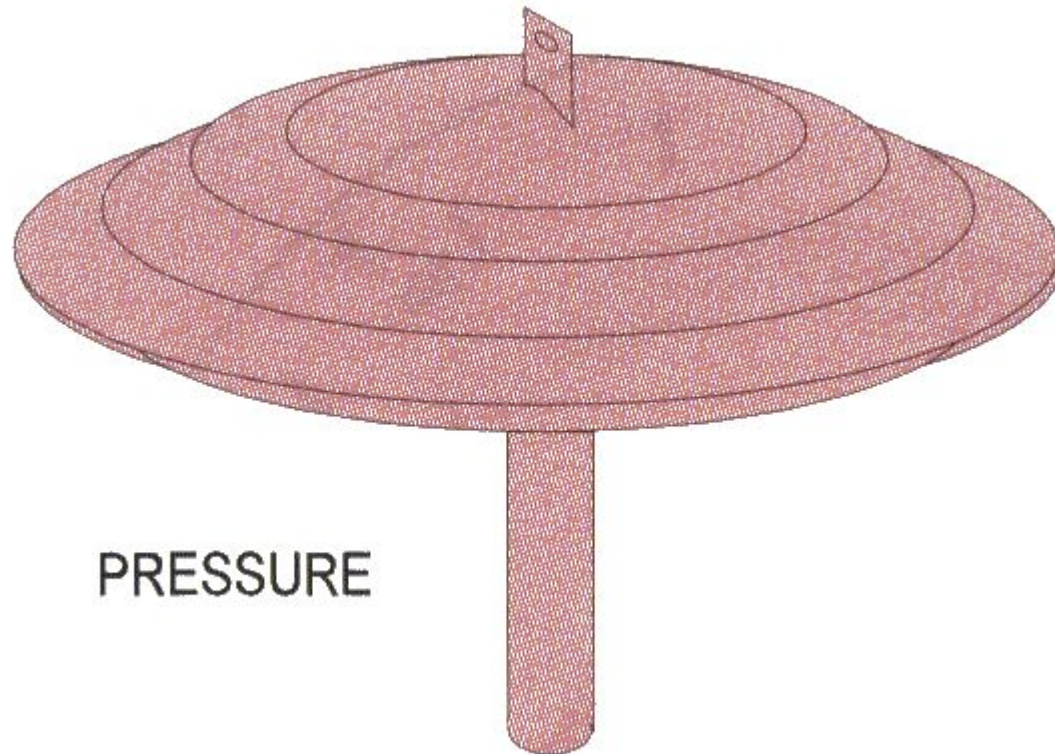


# Манометрическая коробка

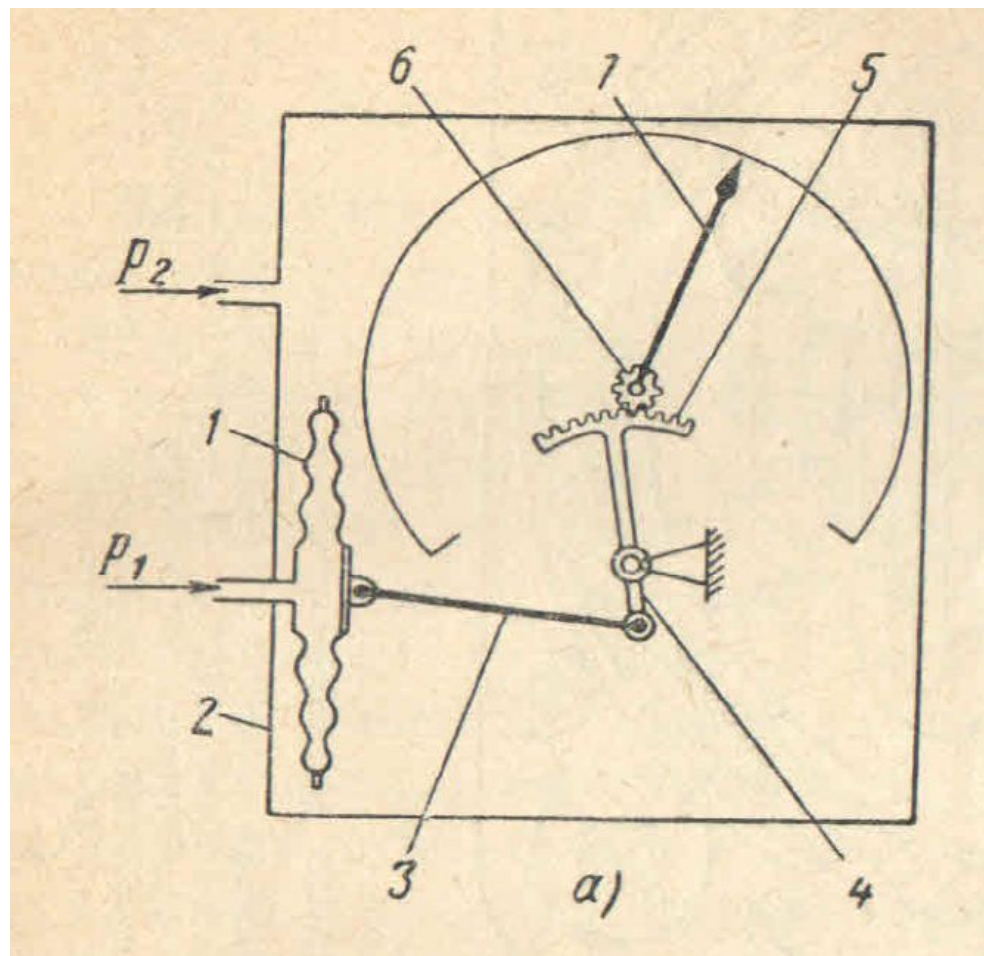


Pressure Capsules

# Манометрическая коробка ( Pressure Capsules )

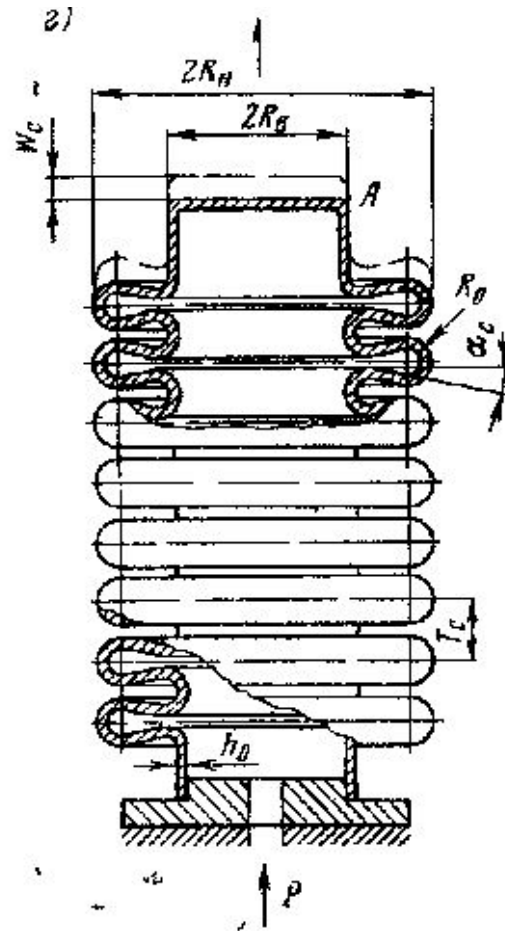


# Манометрическая коробка ( применение )

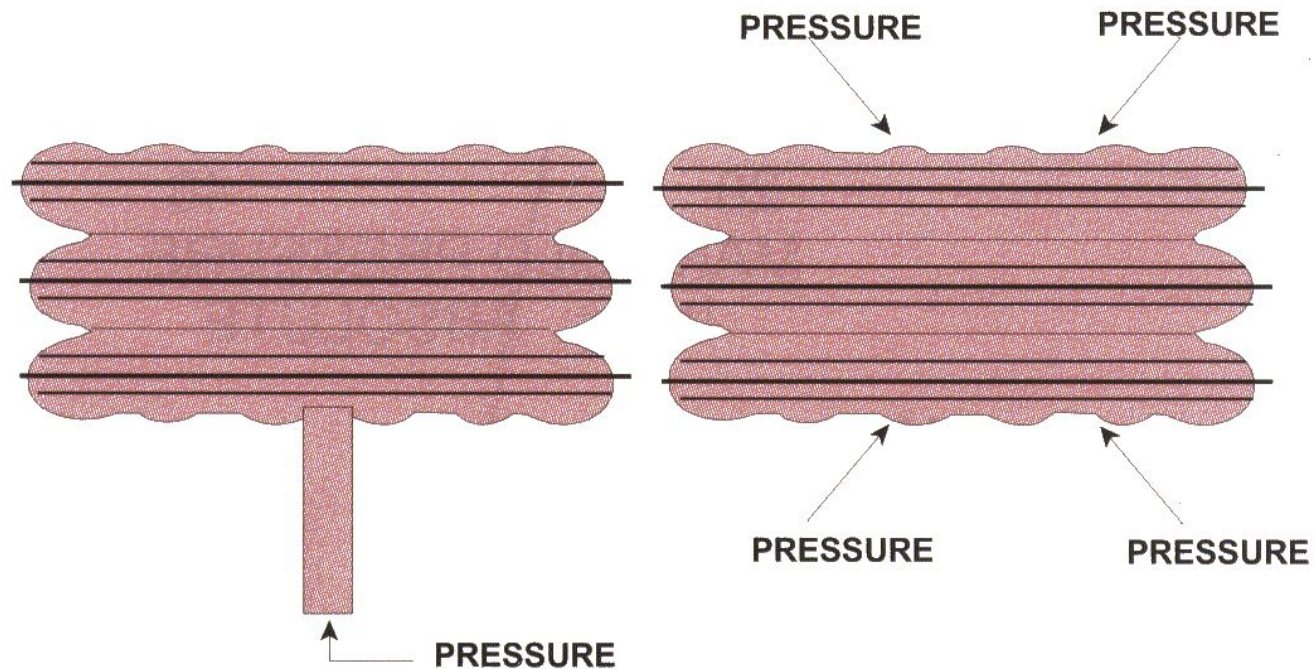




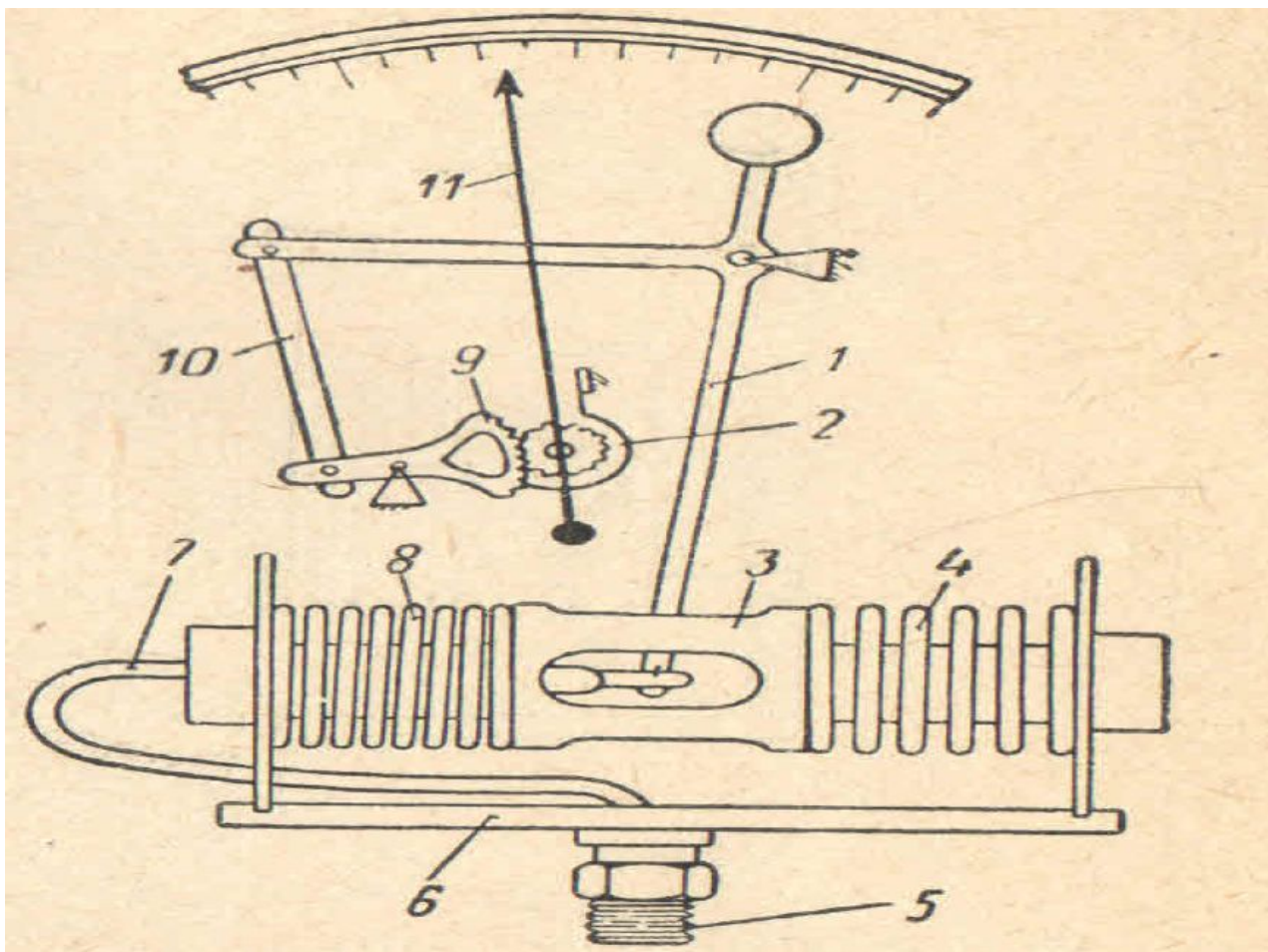
# Сильфон ( Bellows Sensors )



# Сильфон ( Bellows Sensors )



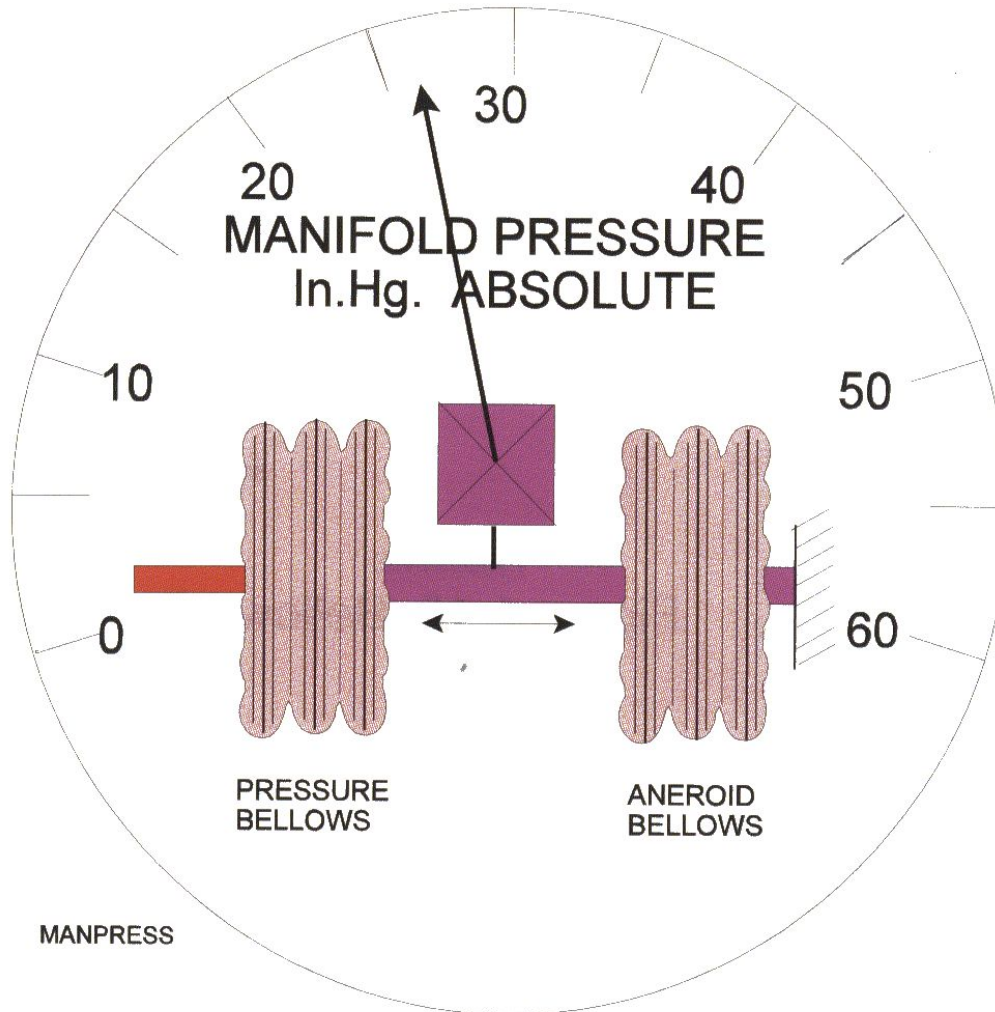
# сильфон



# сильфон

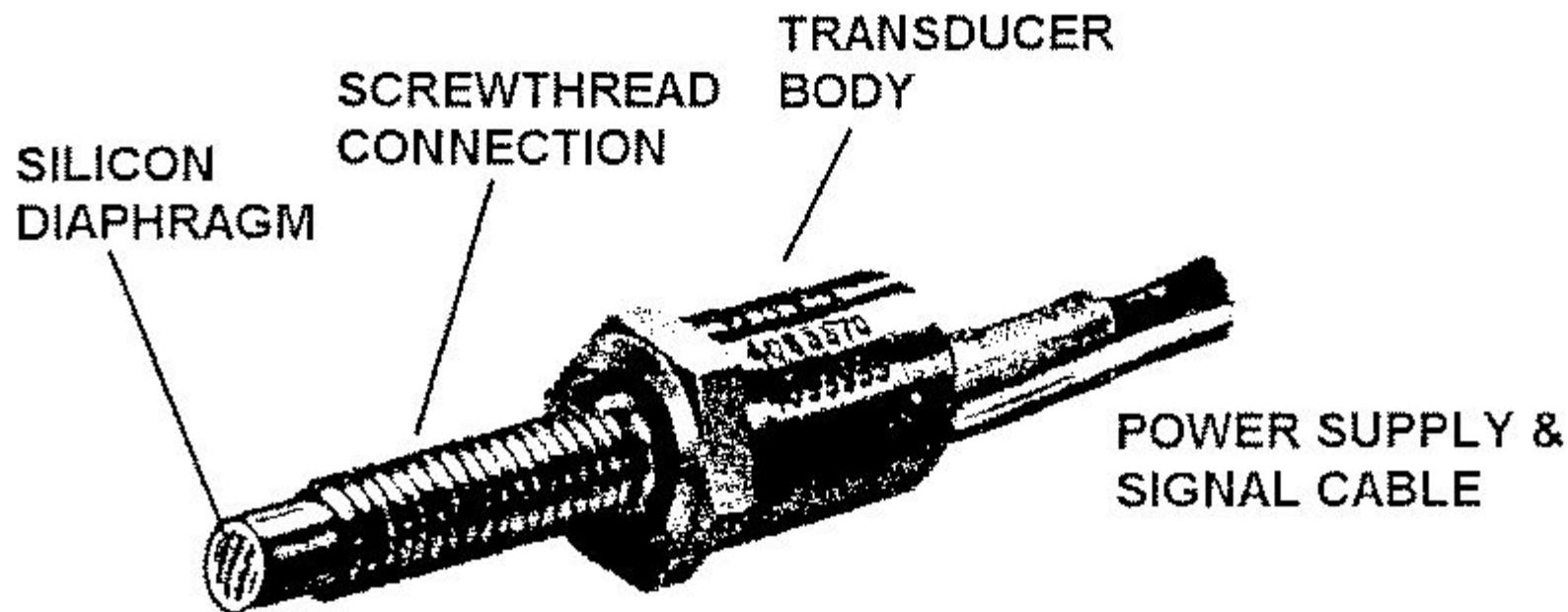
- **Сильфоны.** Под сильфоном понимают тонкостенную цилиндрическую трубку с поперечной гофрировкой, аналогичную блоку из множества мембранных коробок . Сильфоны находят применение в приборах благодаря значительным перемещениям и большим развиваемым усилиям при действии избыточного давления Они могут использоваться для измерения давления или силы, для обеспечения герметичного соединения при угловых и линейных перемещениях элементов, для измерения или компенсации приращения объема жидкости при изменении температуры и т.п. При измерении давления сильфоны могут использоваться со стальными пружинами, воспринимающими основную нагрузку от давления . Это делается в том случае, когда упругие свойства сильфона невысоки и он имеет величину гистерезиса больше допустимой в рабочем диапазоне давлений.
- Сильфоны, изготовленные вытяжкой из цельнотянутых трубок, называют бесшовными Иногда сильфоны изготавливают сваркой из кольцевых пластин Сварные сильфоны могут иметь глубокую гофрировку, поэтому они имеют большую чувствительность, чем бесшовные
- Сварные сильфоны можно рассчитывать по формулам для расчета мембран и мембранных коробок. К цельнотянутым сильфонам эти формулы неприменимы Поскольку в процессе вытяжки гофра у них происходит изменение толщины, то вдоль длины сильфона она переменна

# Manifold Absolute Pressure Gauge.



Сильфо  
Н

# СИЛИКОНОВАЯ ДИАФРАГМА ( МЕМБРАНА );



**SILICON DIAPHRAGM PRESSURE TRANSDUCER**

# Типы манометров

- За единицу давления принят паскаль
- (1 Па=1 Н/м<sup>2\*</sup>).
- Манометр для измерения разности между абсолютным давлением контролируемой среды, большим абсолютного давления окружающей среды, и абсолютным давлением окружающей среды называют манометром избыточного давления. Манометр для измерения давления, отсчитываемого от абсолютного нуля, называется



# Типы манометров

- манометром абсолютного давления. При измерении давления атмосферы его называют барометром. Под вакуумметром понимают манометр для измерения разности между абсолютным давлением окружающей среды и меньшим абсолютным давлением. Если манометр одновременно является манометром избыточного давления и вакуумметром, его называют мановакуумметром. Под дифференциальным манометром понимают манометр для измерения разности двух давлений, ни одно из которых не является давлением окружающей среды. Характерной особенностью его конструкции является наличие двух присоединительных штуцеров.
- Манометры в зависимости от методов измерения, положенных в их основу, разделяют на три основные группы: механические, электромеханические и электрические.



# Приборы прямых показаний

## Direct Reading Gauges

Представляют собой указатель ,  
состоящий

из :

- ЧЭ ( чувствительный элемент );
- ПММ ( передаточно –множительный механизм) ;
- Индицирующее устройство ( стрелка, шкала или др. )

# Передаточно-множительные механизмы

## ПММ

- Передаточно-множительные механизмы (ПММ) служат для увеличения масштаба перемещения чувствительного элемента, ПММ работают в сочетании с опорами, обеспечивающими движение деталей ПММ относительно друг друга по заданной траектории с требуемой точностью .  
Разновидностью ПММ являются лекальные корректоры, служащие для уменьшения систематических погрешностей приборов .
- ПММ делятся на кривошипношатунные, кулачковые, поводковые, кулисные и зубчатые передачи. Перечисленные передаточные механизмы имеют различные характеристики и передаточные отношения.

# Дистанционные приборы

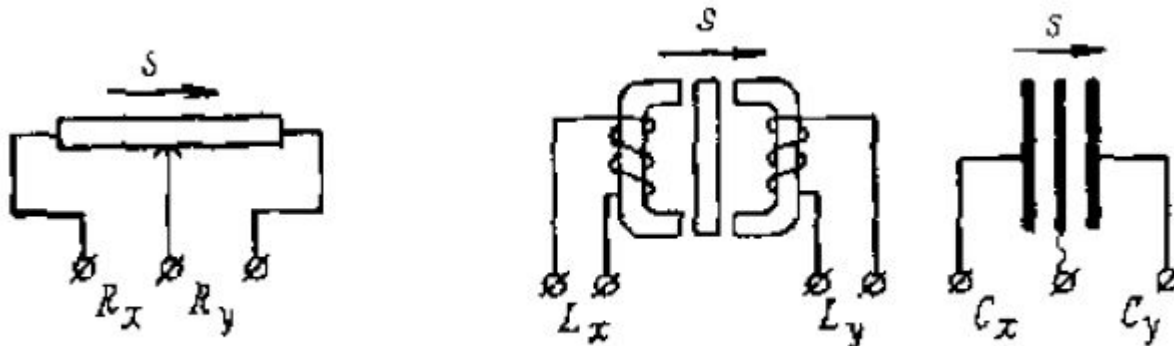
Состоят из :

- **Датчика** (ЧЭ + первичный электрический преобразователь)
- **Линии СВЯЗИ** ( проводка, вторичные преобразователи )
- **Указателя** ( индикатор , дисплей , сигнализатор и др. )

# Первичные электрические преобразователи

Наиболее широкое применение на ЛА нашли :

- потенциометрический ;
- индуктивный ;
- ёмкостной и другие первичные преобразователи;



Дифференциальные электрические преобразователи

# Погрешности манометров

- Методическая погрешность;
- Инструментальные погрешности:
  - Шкаловая погрешность .
  - Погрешность трения .
  - Погрешность от зазоров в опорах и шарнирах.
  - Погрешность из-за неуравновешенности подвижной системы.
  - Погрешность от гистерезиса и упругого последействия.
  - Температурная погрешность.

**Методическая погрешность** возникает в том случае, если абсолютное давление окружающей среды меняется. В процессе измерения давления важно к манометру подводить давление, окружающее контролируемый агрегат .

**Шкаловая погрешность** — погрешность неполного соответствия шкалы прибора его градуировке. Для стандартной шкалы причиной шкаловой погрешности является неточная регулировка механизма манометра под шкалу. Уменьшение шкаловых погрешностей возможно благодаря использованию лекальных корректоров.

**Погрешность трения** — погрешность, вызываемая трением в опорах и шарнирах механизма прибора. Значение этой погрешности обратно пропорционально удельному устанавливаемому моменту. Предельное значение погрешности трения определяет зону нечувствительности, равную отношению  $F'_{TP}/S_a$ , где  $F'_{TP}$  — сила трения, приведенная к УЧЭ. Уменьшение погрешности возможно за счет тщательного подбора материала, качественной - обработки трущихся деталей. Вследствие вибрации самолета погрешности трения при полете уменьшаются .

**Погрешность от зазоров в опорах и шарнирах** уменьшается с помощью начального натяга специальной спиральной пружины, создающей односторонний контакт звеньев кинематической цепи, не нарушающийся при механических воздействиях на прибор.

**Погрешность статической и динамической не-уравновешенности** подвижной системы манометра уменьшается тщательной балансировкой подвижной системы.

**Погрешность от гистерезиса и упругого последействия**, как уже отмечалось, возникает из-за несовершенства упругих свойств материала УЧЭ. Гистерезис и упругое последействие являются причиной вариации показаний.

**Температурная погрешность** возникает из-за изменения физических свойств материалов и геометрических размеров деталей прибора в функции от температуры. Поскольку температурный коэффициент модуля упругости  $\nu$  материала УЧЭ на порядок больше температурного коэффициента линейного расширения, то при учете этой погрешности изменением геометрических: размеров деталей пренебрегают.

## Температурная

### погрешность

Изменение температуры также сказывается на величине остаточного давления внутри вакуумированных УЧЭ (в манометрах абсолютного давления).

Снижение температурной погрешности возможно в результате подбора для УЧЭ материала с малым коэффициентом  $\alpha$ , снижения остаточного давления в вакуумированных УЧЭ, изменения передаточного отношения ПММ с помощью термобиметаллических элементов [(термокомпенсаторов)].

Биметаллические термокомпенсаторы. Если в ПММ, используется кривошипно-шатунная передача, то термокомпенсацию осуществляют кривошипно-шатунная передача, то термокомпенсацию осуществляют кинематические биметаллические термокомпенсаторы в первого и второго рода.

**Термокомпенсатор первого рода** — биметаллическая пластина / (рис. 4.9, а) — крепится одним концом к подвижному жесткому центру 3 УЧЭ 4, а другим концом шарнирно — к тяге (шатуну) 2 кривошипно-шатунной передачи.

(рис. 4.9, б) — биметаллическая пластина — крепится одним концом на оси 2, а другим концом — шарнирно к тяге (шатуну). Упорный винт 3 регулирует

**Термокомпенсатор второго рода** — биметаллическая пластина — крепится одним концом на оси 2, а другим концом — шарнирно к тяге (шатуну).

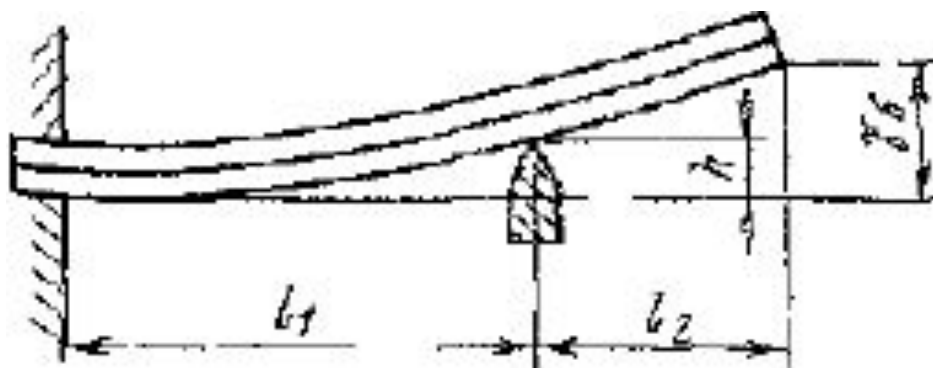
Упорный винт 3 регулирует эффективную от эффективную длину



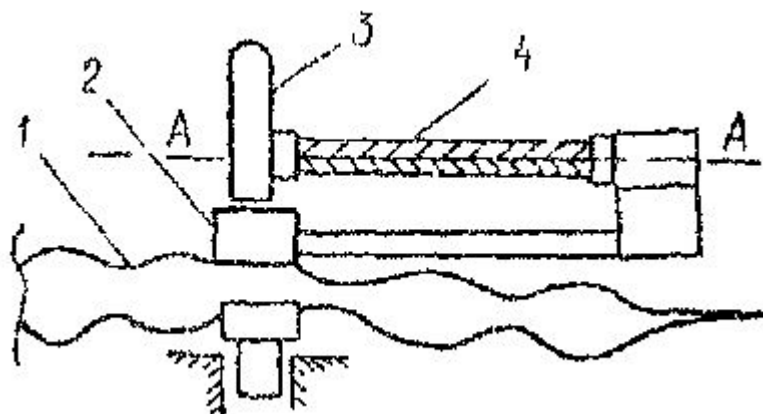
# Термобиметаллические пружины ( термокомпесаторы )

- Термобиметаллические пружины состоят из двух полосок, выполненных из материала с различными коэффициентами линейного расширения. Полоски сваривают или спаивают по всей плоскости соприкосновения. Слой биметалла с большим коэффициентом называют активным, слой с меньшим коэффициентом — инертным. При нагреве пружина изгибается в сторону инертного компонента, при охлаждении — наоборот. Мерой чувствительности такой пружины служит разность коэффициентов линейного расширения компонентов биметалла.

# Термобиметаллическая пластина

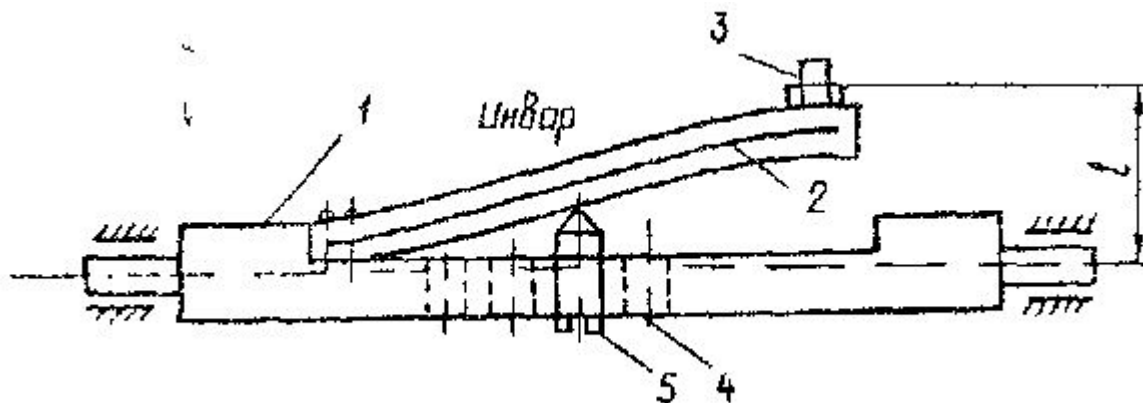


# Биметаллический компенсатор 1-го рода



Биметаллический компенсатор первого рода выполнен в виде биметаллической пластинки 4, одним концом укрепленной на подвижном центре 2 чувствительного элемента 1, а другим концом, шарнирно связанной с тягой 3 передаточно-множительного механизма (ПММ). При изменении температуры биметаллическая пластинка (сталь- инвар) изгибается и ее свободный конец перемещается. В результате стрелка прибора также перемещается, причём в сторону, противоположную температурному смещению подвижного центра ЧЭ.

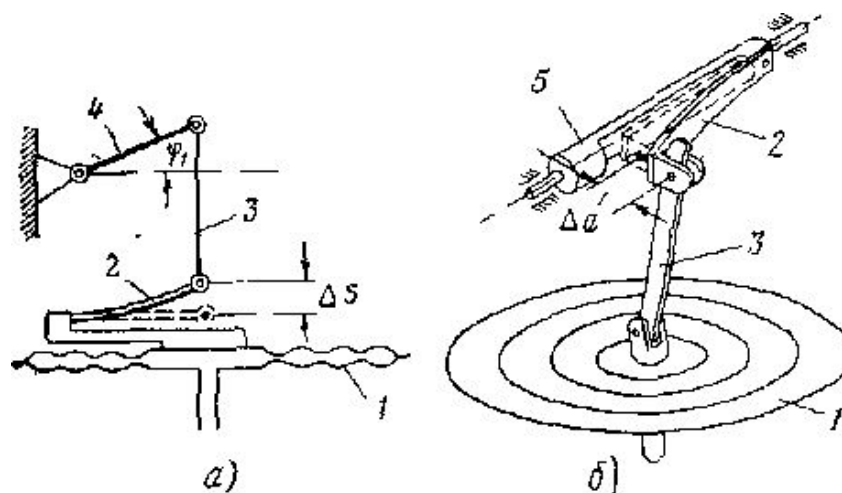
# Биметаллический компенсатор 2-го рода



Биметаллический компенсатор второго рода

Биметаллический компенсатор второго рода состоит из биметаллической пластинки 2, которая крепится одним концом к оси 1 кривошипа, а другим концом через шарнир 3 - к тяге ПММ. Свободный конец пластинки 2 перемещается при понижении температуры по направлению к оси (плечо 1 кривошипа уменьшается), а при повышении температуры - от оси (плечо 1 увеличивается). В результате изменяется передаточное число механизма, чем компенсируется нарастающая по шкале погрешность,

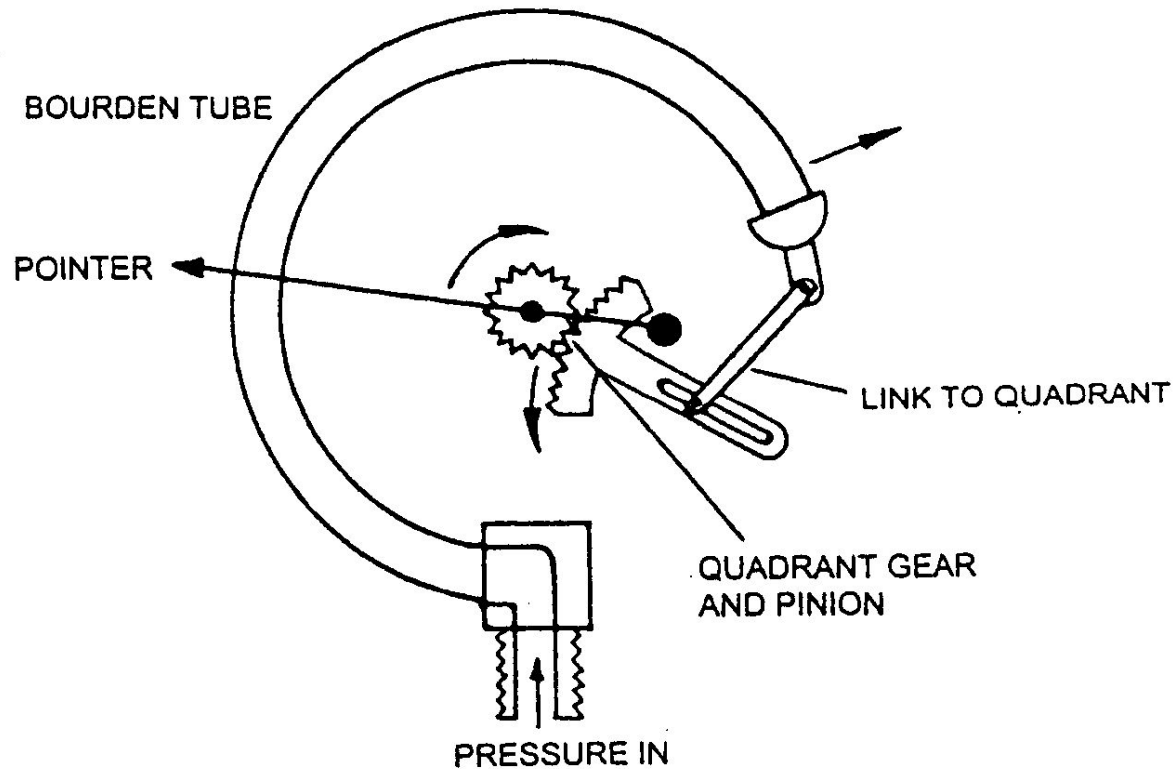
# Биметаллические компенсаторы



Схемы биметаллических компенсаторов

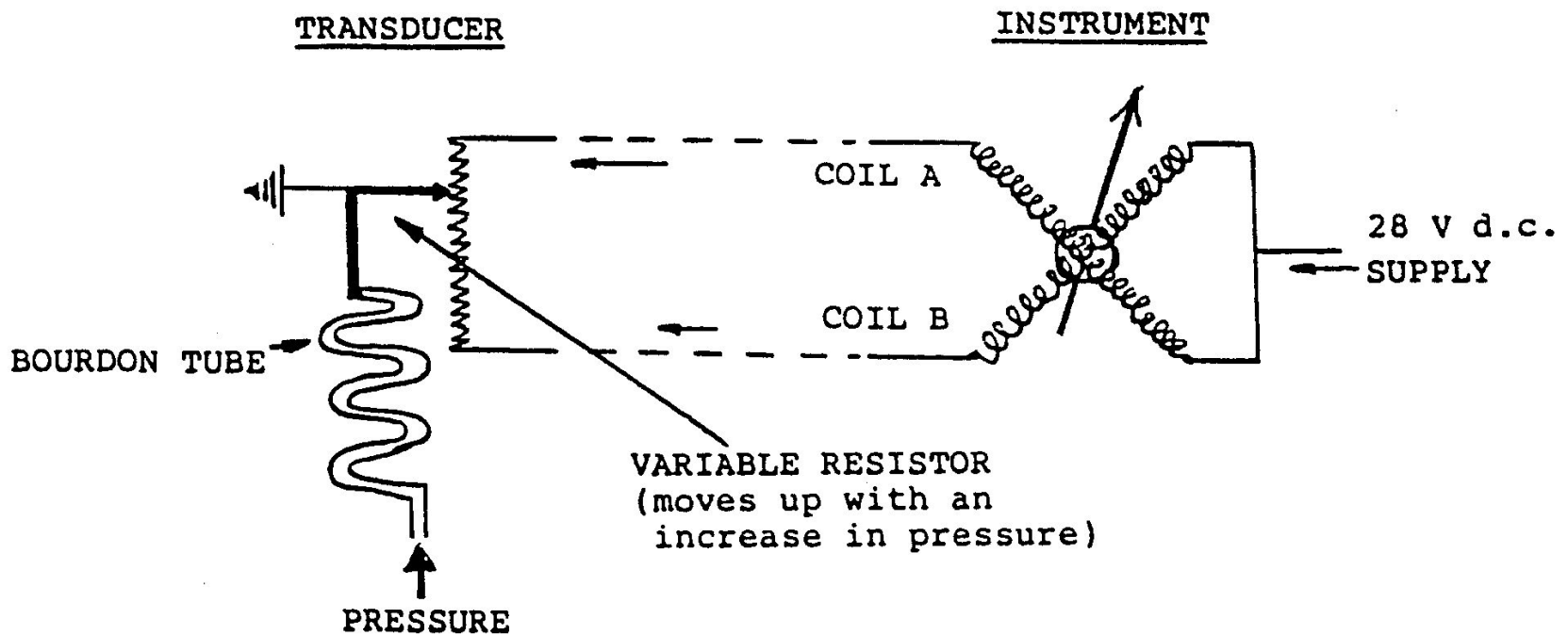
*a* — 1-го рода; *б* — 2-го рода, 1 — мембранная коробка; 2 - биметаллическая пластина, 3 — шатун, 4 — кривошип, 5 - ось кривошипа

# Прямые показания

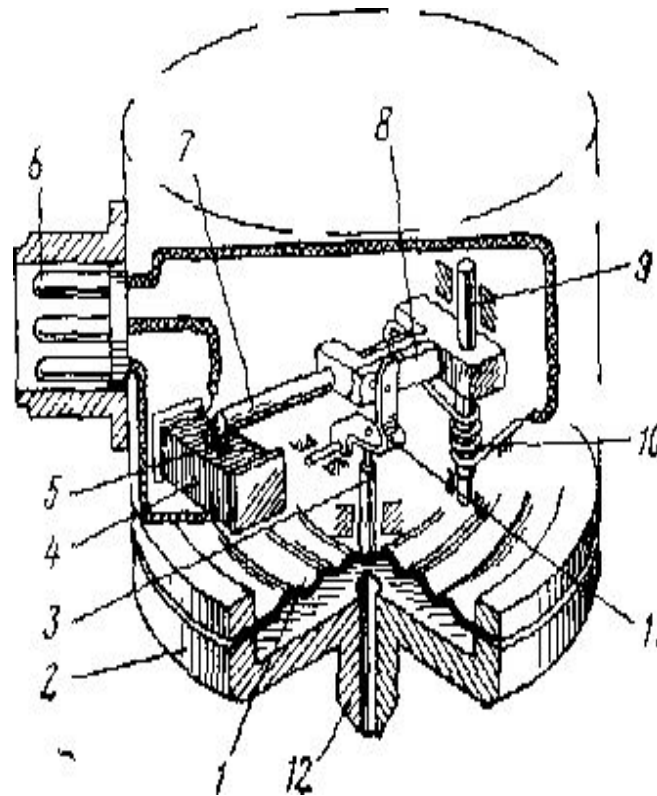


**Fig. 53 BOURDON TUBE PRINCIPLE**

# Потенциометрическая передача сигнала.....



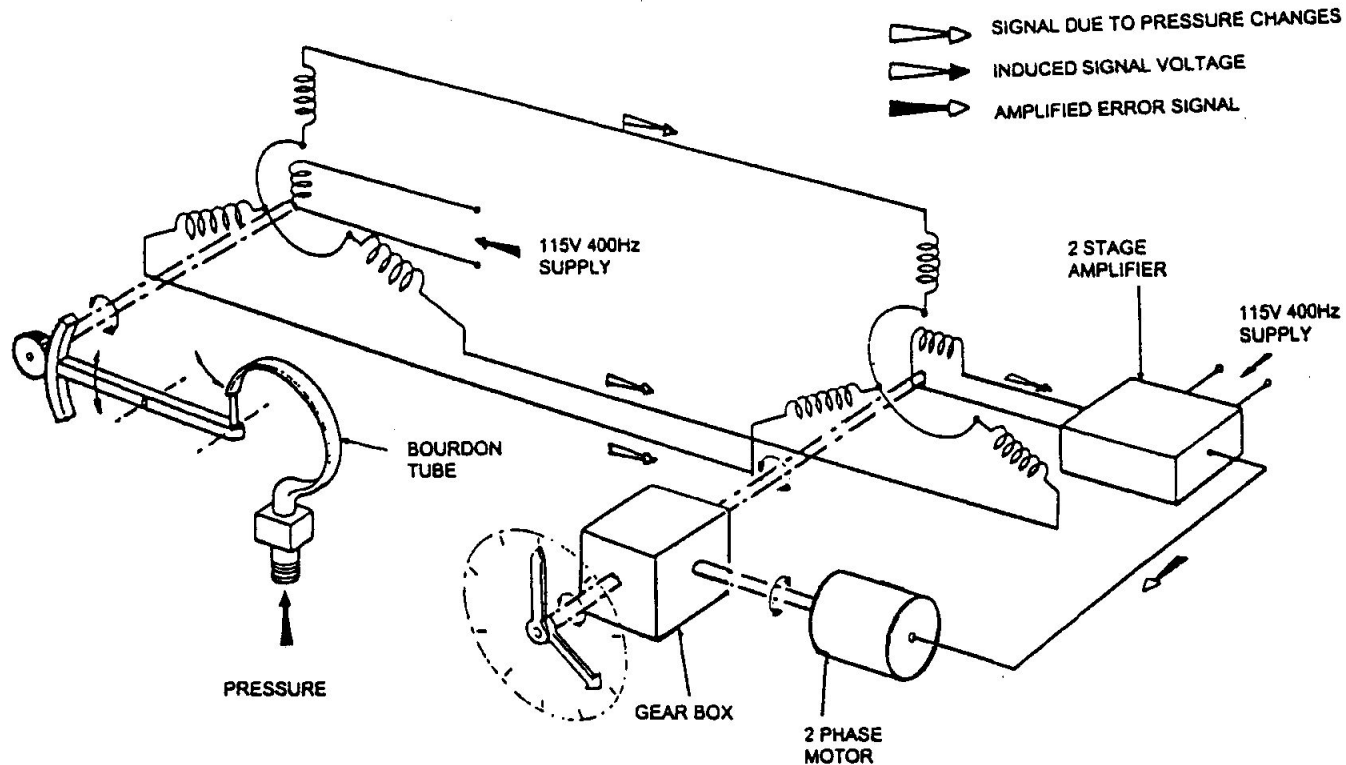
# Потенциометрическая передача сигнала.....



Кинематическая схема  
пружинного датчика давления с  
потенциометрическим  
преобразователем



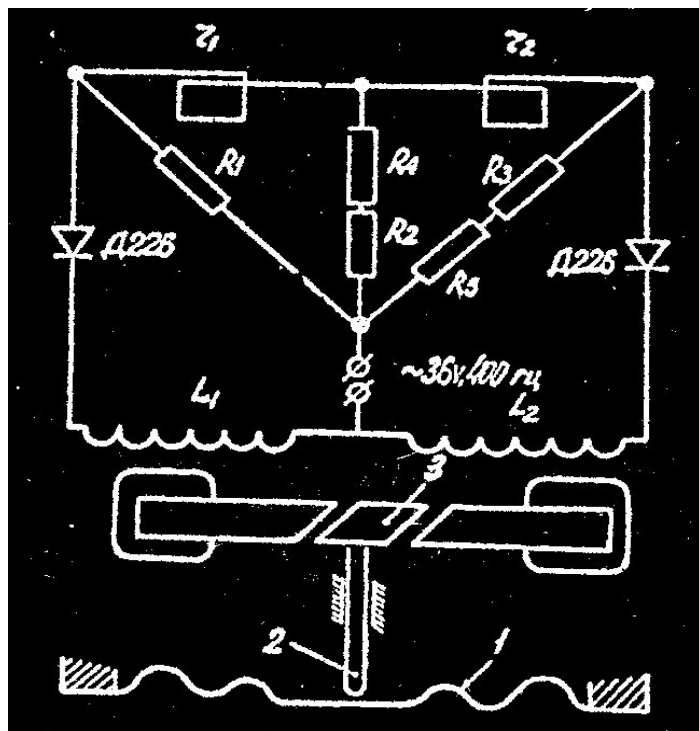
# Сельсинная передача сигнала



**Fig. 54 BOURDON TUBE TRANSMITTER AND SYNCHRO SYSTEM**

# ДИМ- дистанционный индуктивный манометр

ЧЭ- упругая мембрана



Манометр.  
с индуктивным датчиком  
ДИМ

Принцип работы индукционного  
манометра - ( ДИМ )

1- мембрана ; 2- шток; 3- якорь ;

# Индуктивный датчик

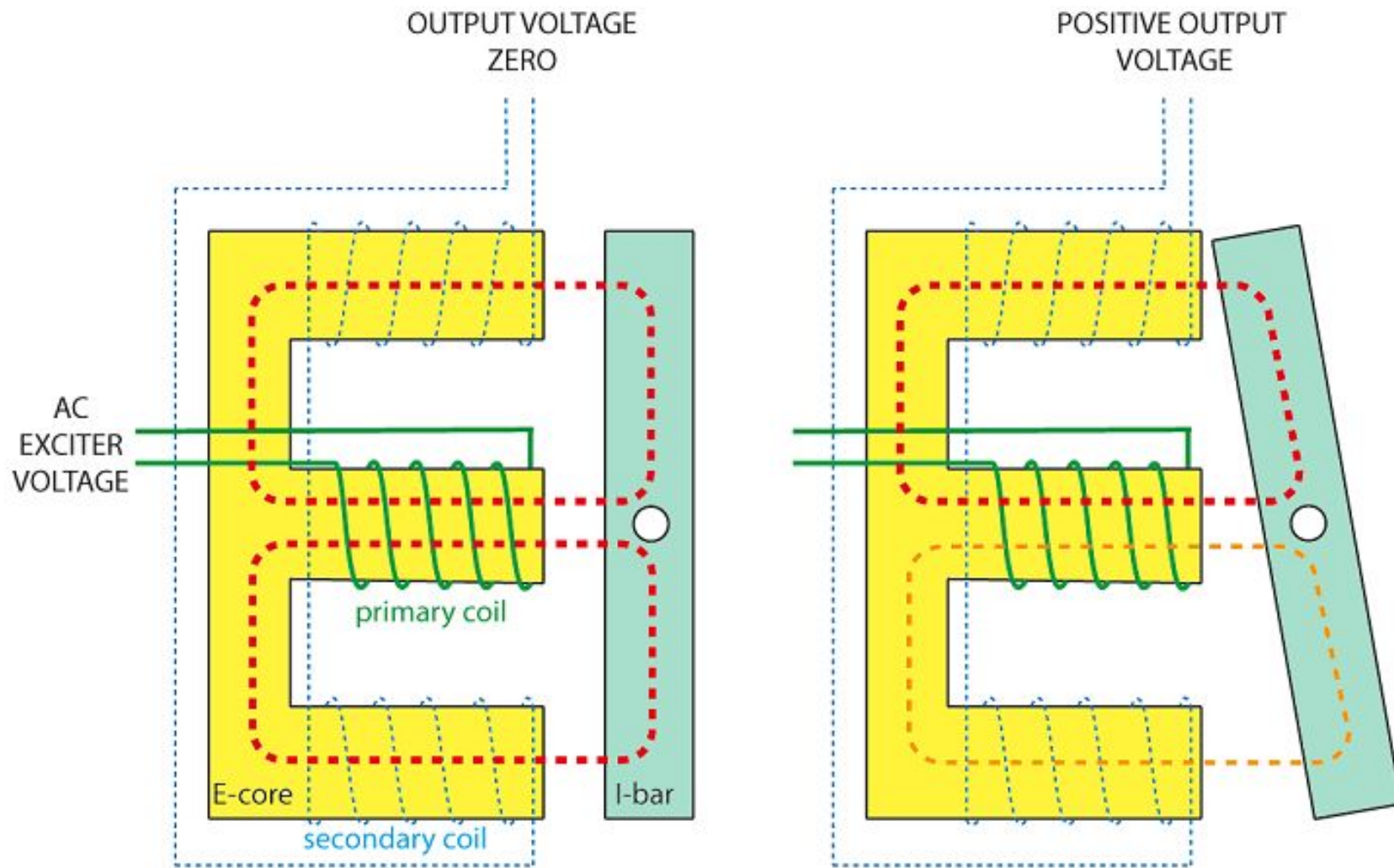


figure 29, Direct Servo Altimeter Principle Of Operation

# Индуктивный датчик

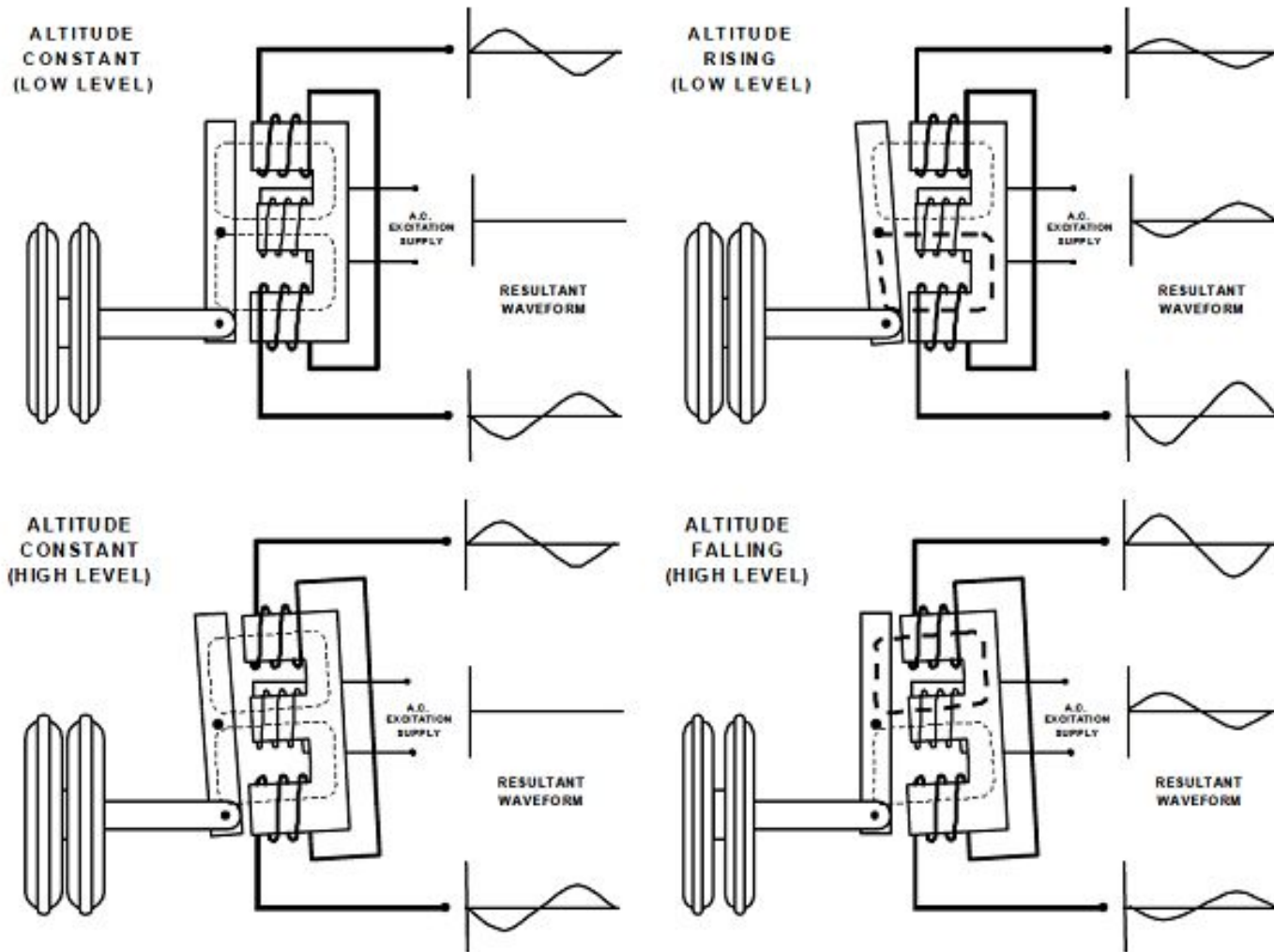


figure 30, Direct Servo Altimeter Operation

# Принцип работы индукционного манометра ДИМ

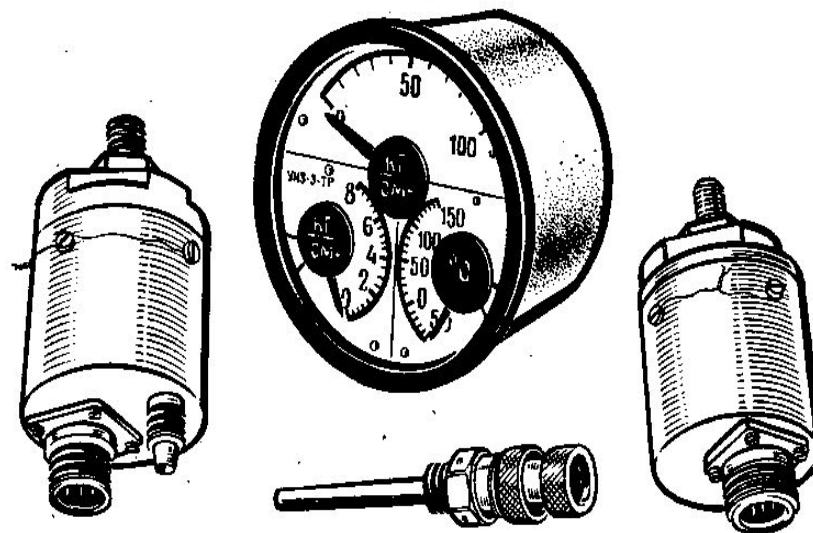
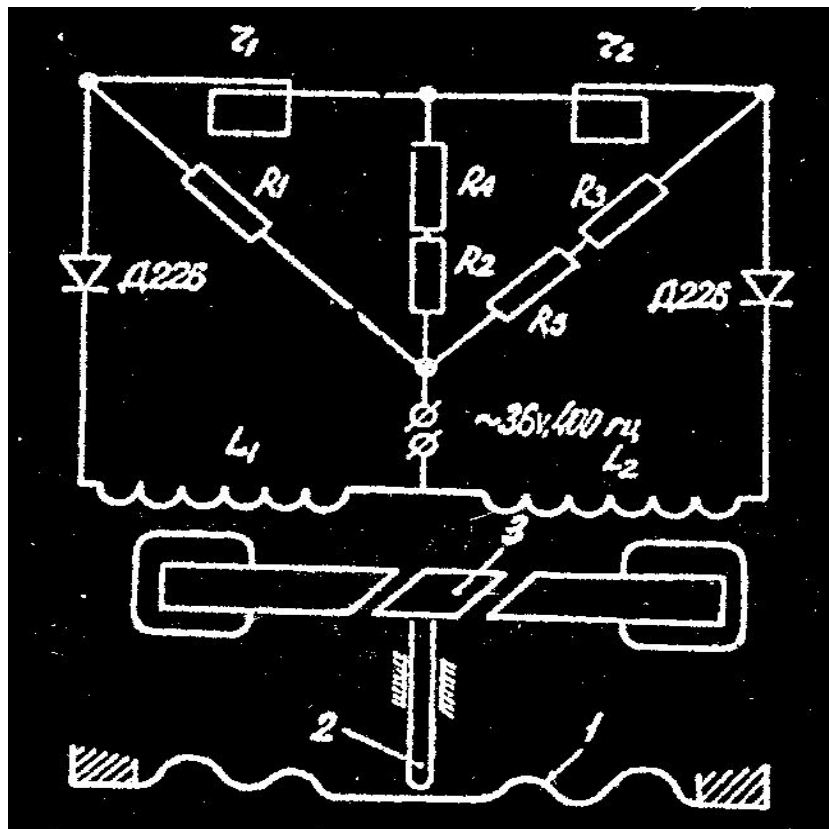


Рис. 102. Электрический моторный индикатор ЭМИ-ЗРТИ

1- мембрана ; 2- шток; 3- якорь ; ( ДИМ )

# ДИМ- дистанционный индуктивный манометр

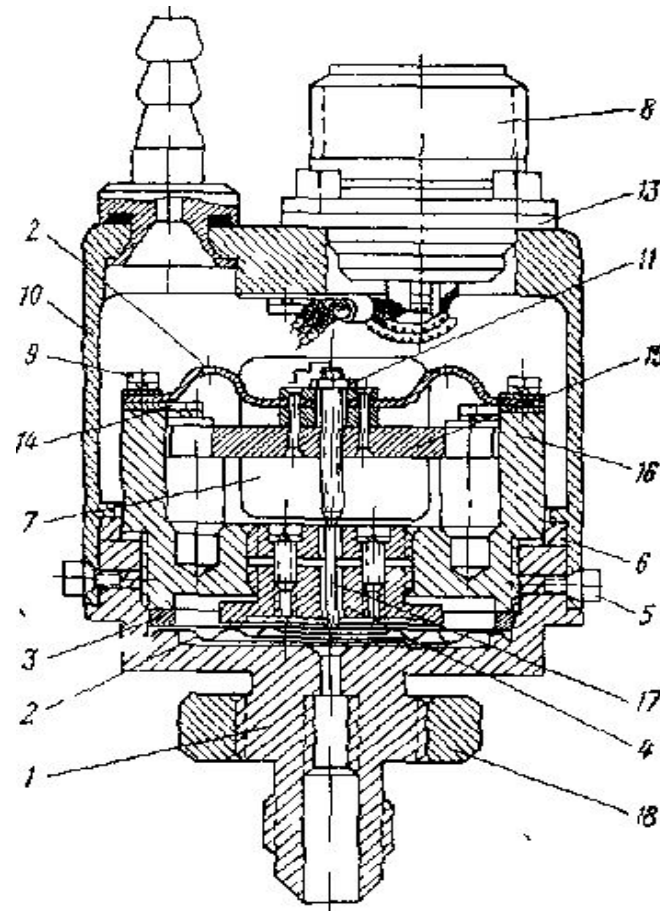


Рис. 2.12. Конструкция датчика давления с индуктивным преобразователем

1 — корпус; 2 — мембрана; 3 — кольцо, 4 — упор; 5 — винт; 6 — прокладка; 7 — катушка; 8 — вилка; 9 — винт; 10 — кожух; 11 — гайка;  
12 — пружина; 13 — прокладка; 14 — винт; 15 — якорь;  
16 — крышка приемного узла; 17 — шток; 18 — контргайка



# ЭМИ-3Р

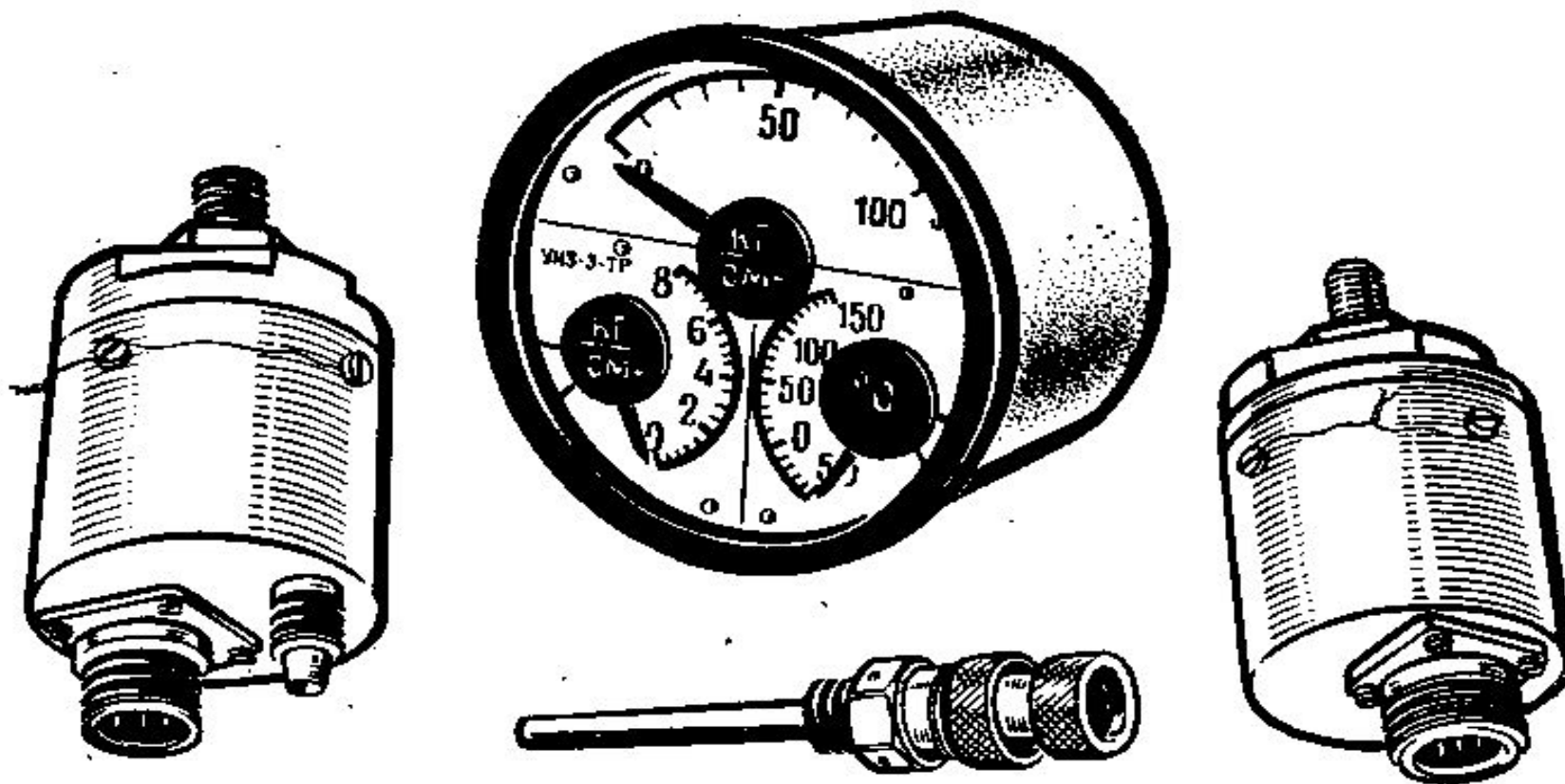


Рис. 102. Электрический моторный индикатор ЭМИ-3РТИ

# ЭМИ-3Р

- ДИМ-8 для давления масла 0-8 кг/см<sup>2</sup>
- ДИМ-100 - давление топлива 0-100 кг/см<sup>2</sup>
- Тм- температура масла -50°С - + 150°С
- Датчики давления ИД-8, ИД-100
- Приёмник температуры - П-63
- Указатель – УИЗ-3К ( три логометра в одном указателе) .
- Напряжение питания : = 27в – терм. Масла



# ***Oil Pressure Indication***

- ***Oil Pressure Indication***
- The analog signal from the oil pressure transmitter is sent to the SDAC1, SDAC2
- and the EIU which transforms the analog signal into a digital signal. The digital signal
- is then transmitted to the ECAM through the FWCs and the DMC.
- ***Oil Filter Differential Pressure Switch***
- When the differential pressure through the oil scavenge filter is higher than 25.5
- plus or minus 1 PSID increasing pressure, the switch closes. The signal is send to
- the SDACs to the FWCs and the DMCs. In result:
  - • the MASTER CAUTION (amber) comes on
  - • ENG page on the lower display unit of the ECAM appears:
  - – OIL FILTER CLOG indication (White and Amber

# ***Oil Pressure Indication***

- ***Oil Pressure Transmitter***

- The oil pressure transmitter is located on the lubrication unit outlet line.

- • Power supply: 28VDC from busbar 202PP.

- • Pressure range: 0 to 100PSID.

- • Output voltage: 1VDC to 9VDC varying linear with pressure from 0 to 100PSID.

- **Operation**

- The pressure transmitter operates on the principle of measuring a pressure by sensing the strain induced in a mechanical element, (in this case a dual cantilever

- beam). Deflection of the beam causes a change in resistance in the four strain gages connected as a wheatstone bridge.

- These resistance changes result in a DC output voltage which is proportional to

- the applied pressure.

# Oil Pressure Indication

## 79-30 Oil Indicating

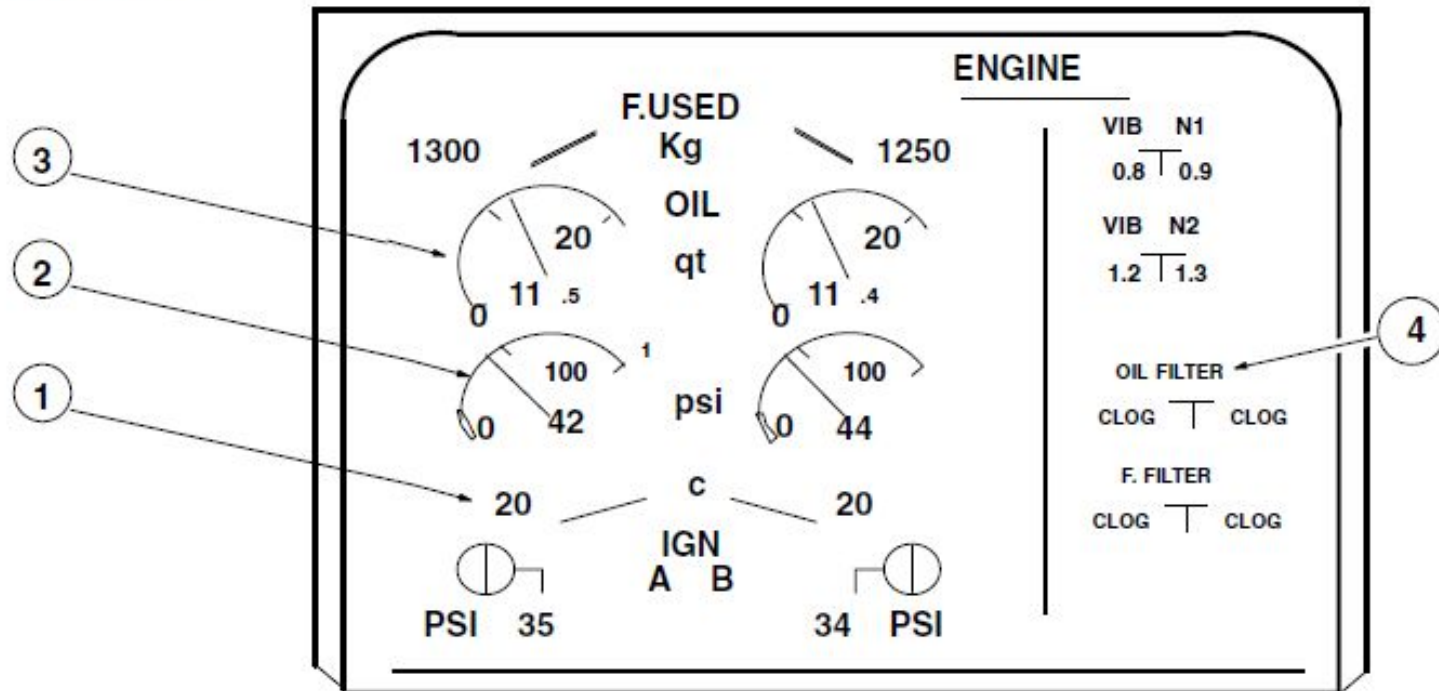
### Description

#### ECAM System Page

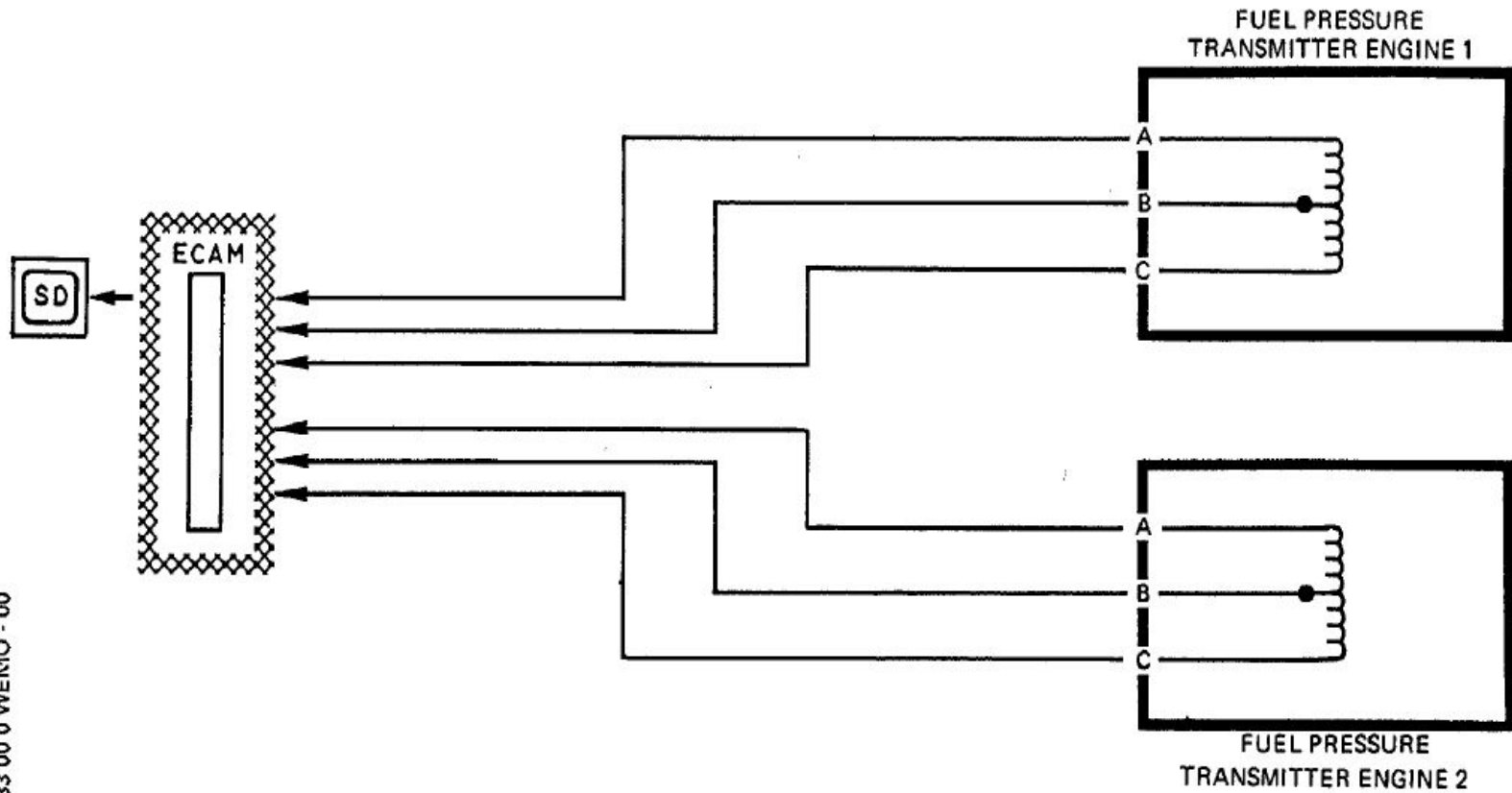
1. Oil Temperature Indication  
Flashes Green (Advisory) when Temp  $\geq 140^{\circ}\text{C}$

2. Oil Pressure Indication  
Is amber when  $155^{\circ}\text{C}$  or 15min  $>140^{\circ}\text{C}$   
Color turns red (Warning) when Pressure  $<13$  PSI
3. Oil Quantity Indication  
Flashes Green (Advisory) when QTY  $<4$  Quarts
4. Oil Filter Clog  
(White and Amber) Warning appears on the Screen when the Engine Scav-  
enge Filter is Clogged

Figure 1: ECAM System Page



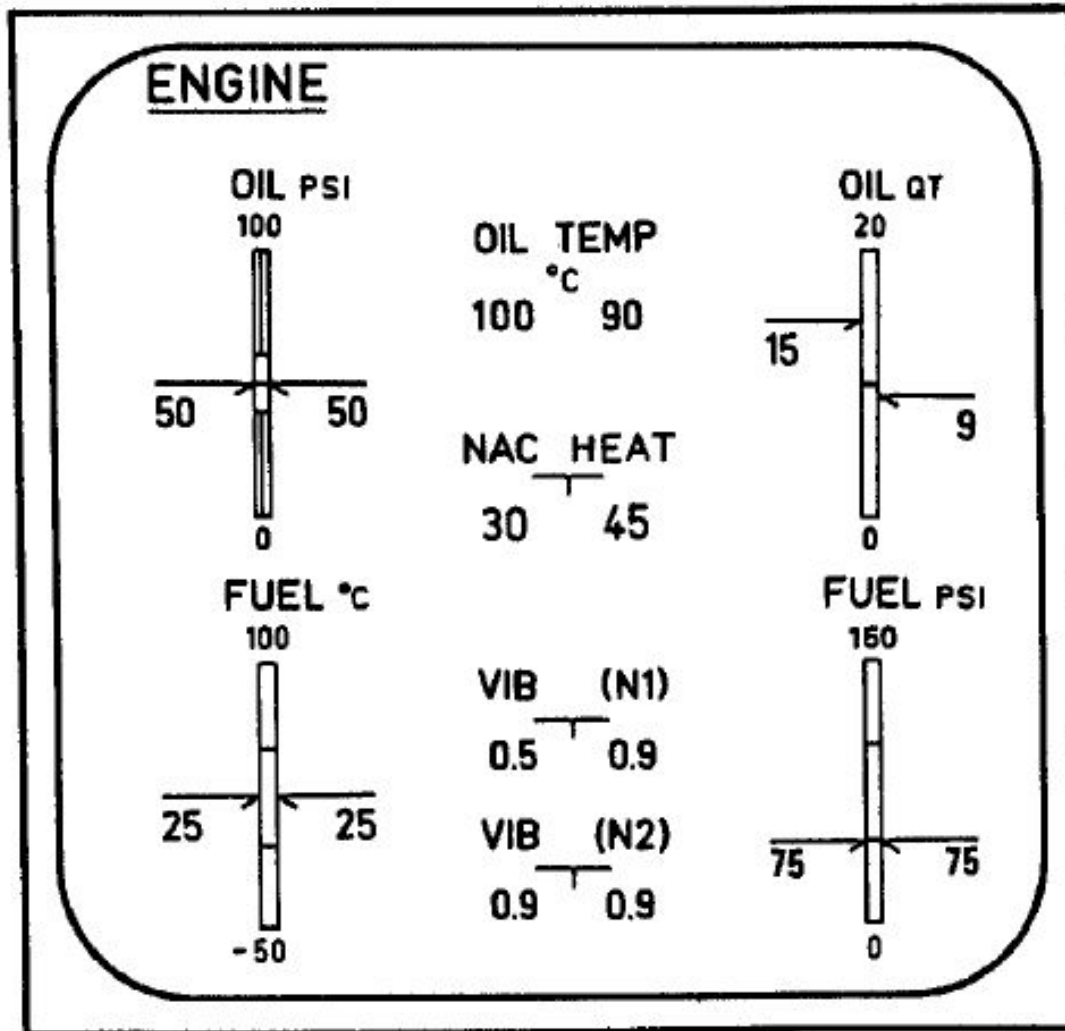
# Fuel Pressure Indication



3 33 00 0 WEMO - 00

# Engine Page Ecam

**B**



# OIL INDICATING SYSTEM -B767

- **79-30 OIL INDICATING SYSTEM General**
- The oil indicating system includes the oil quantity, oil temperature, oil pressure, low oil pressure and oil filter bypass indicating systems.
- Oil indications appear on EICAS. The secondary engine display and the PERF/APU page show oil pressure, temperature, and quantity. EICAS alert messages include L(R) ENG OIL PRESS and L(R) OIL FILTER.
- A L(R) ENG OIL PRESS light for each engine is located below the standby engine indicator.
- Most sensor signals are received directly by EICAS. The oil temperature signal is received by the EEC, which then sends the signal to EICAS.
- **Sensors**
- The components in the oil indicating system include:
  - Oil Quantity Transmitter
  - Oil Filter Differential Pressure Switch
  - Oil Pressure Transmitter
  - Low Oil Pressure Switch
  - Oil Temperature Sensor
  -

# OIL INDICATING SYSTEM -B767

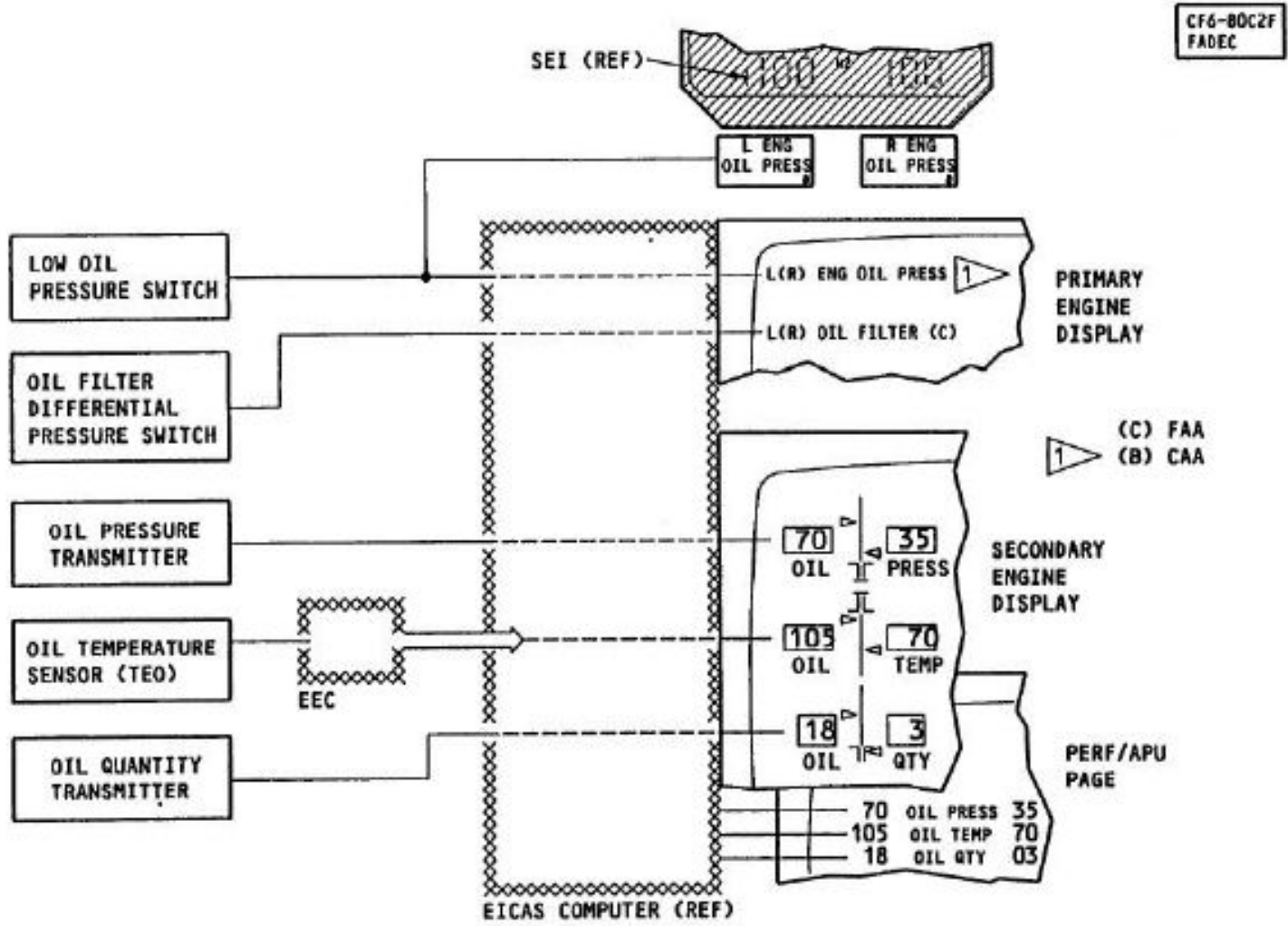


Figure 13 Oil Indicating System