

В.В. Брандт

Авиационные приборы

Часть I. Приборы контроля работы мотора

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
В11

В11 **В.В. Брандт**
Авиационные приборы: Часть I. Приборы контроля работы мотора / В.В.
Брандт – М.: Книга по Требованию, 2015. – 222 с.

ISBN 978-5-458-38428-5

ISBN 978-5-458-38428-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2015

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2015

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

давления от нормы своевременно принимать соответствующие меры.

Нормальным давлением в системе питания горючим у большинства двигателей считается давление от 0,2 до 0,3 ат¹.

Система смазки должна обеспечить бесперебойное поступление масла к коренным подшипникам коленчатого вала, кулачковым валикам, поршневым кольцам, а также ко всем прочим частям двигателя.

Все авиационные двигатели имеют принудительную систему смазки, т. е. смазка происходит под давлением.

Эта система обычно состоит из масляного бака (радиатора), масляной помпы, фильтра и трубопроводов. Для того чтобы заставить масло пройти по всем магистралям с необходимой скоростью, масляная помпа должна обеспечить в системе маслоснабжения определенное давление.

Для измерения давления в систему смазки должен быть включен прибор, называемый манометром масла. По показаниям этого манометра можно судить о правильности работы масляной системы двигателя.

Нормальное давление в системе смазки у разных двигателей может быть различным и в среднем бывает в пределах 2,5—8 ат.

Существуют двигатели с более сложной масляной системой, где в различных местах давление неодинаково. В этих случаях в систему смазки включаются два манометра масла.

2. Принцип устройства манометров

Так как манометры служат для измерения давления, прежде всего установим, что называется давлением вообще и в каких единицах оно измеряется.

Давлением называется сила, действующая перпендикулярно поверхности и отнесенная к единице ее.

Воздушная оболочка, окружающая земную поверхность, называется атмосферой. Так как воздух имеет вес, земная поверхность и все на ней находящееся испытывает на себе некоторое давление.

Это давление может быть определено специальными приборами (барометрами). Нормальным атмосферным давлением считается давление столба ртути высотой в 760 мм. При этом плотность ртути, при температуре 0° С и при нормальном ускорении силы тяжести на широте 45° в 9,8186 м/сек², принимается равной 0,013595 кг. Отсюда мы можем выразить нормальное атмосферное давление P_0 в килограммах на квадратный сантиметр:

$$P_0 = 1 \times 76 \times 0,013595 = 1,033 \text{ кг/см}^2.$$

Это давление атмосферы названо нормальным давлением, так как, вообще говоря, давление атмосферы—величина не постоянная.

¹ Ат — атмосфера техническая.

Нормальное давление атмосферы принято за единицу измерения давления, и эта единица названа физической атмосферой.

Одна физическая атмосфера равна $1,0336 \text{ кг/см}^2$ или давлению ртутного столба высотой 760 мм .

Для применения в технике физическая атмосфера оказалась неудобной из-за дробного числа единиц (1,033). Поэтому для упрощения отбросили 0,033 и приняли за единицу измерения давления просто 1 кг/см^2 , что в переводе на высоту ртутного столба, при температуре ртути $+15^\circ$ (удельный вес ртути 0,013591) дает: $1000 : 0,013591 = 73,55 \text{ см}$ или $735,5 \text{ мм}$. Эта единица названа технической атмосферой и в настоящее время широко применяется в технике.

Одна техническая атмосфера равна 1 кг/см^2 , или $735,5 \text{ мм}$ ртутного столба при температуре $+15^\circ$.

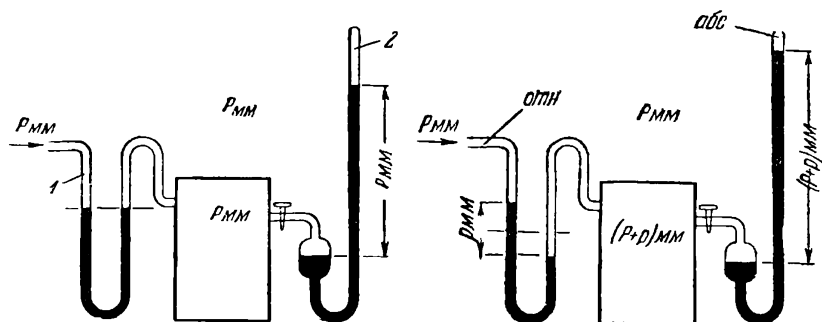


Рис. 1. Абсолютное и относительное давление:

1 — манометр, 2 — барометр

Абсолютное и относительное давление. Пусть имеется какой-либо замкнутый сосуд (рис. 1), к которому присоединены с одной стороны ртутный барометр 2, а с другой — изогнутая U-образная стеклянная трубка 1, наполненная ртутью. Допустим, что давление в сосуде равно давлению воздуха снаружи $P \text{ мм}$. Очевидно, в этом случае высота ртути в барометре будет также равна $P \text{ мм}$. В обоих коленях трубки 1, по закону сообщающихся сосудов, ртуть будет стоять на одном уровне, и давление в коленях будет одинаковым. Допустим теперь, что давление внутри сосуда увеличилось на величину $p \text{ мм}$, а давление снаружи не изменилось. Таким образом, давление в сосуде $P \text{ мм} + p \text{ мм}$, а давление снаружи $P \text{ мм}$. Ртутный барометр в этом случае покажет общее давление в сосуде, т. е. $P \text{ мм} + p \text{ мм}$. Уровни ртути в U-образной трубке разойдутся — правый опустится, а левый поднимется. Величина расхождения уровней зависит от того, насколько давление внутри сосуда выше давления снаружи; следовательно, в нашем случае это расхождение выразится $p \text{ мм}$.

Давление, показываемое барометром, принято называть абсолютным давлением, а показания U-образной трубки — относи-

тельным давлением; U-образную трубку называют жидкостным манометром.

Таким образом, манометром называется прибор, измеряющий относительное давление.

Жидкостные манометры имеют широкое применение для измерения небольших относительных давлений в лабораторных условиях. Эти манометры изготавливаются из стеклянных изогнутых трубок любого внутреннего сечения и заполняются различными жидкостями. В качестве заполняющих жидкостей может быть использована любая жидкость, но чаще других применяются вода, спирт и ртуть. Ртуть наиболее удобна для измерения давлений в технических атмосферах, так как 1 техническая атмосфера равна 735,5 мм рт. ст.

Применение жидкостных манометров в технике весьма ограничено по следующим причинам:

1. Для измерения даже небольших давлений необходимы очень длинные трубки. Например, для измерения давления в 3 ат надо иметь трубку высотой 2250 мм.

2. Стеклянные трубки при большом их размере делают жидкостные манометры очень хрупкими.

Для измерения больших давлений жидкостные (ртутные) манометры вообще неприменимы.

Поэтому для измерения давления, в технике вообще и на самолетах в частности, применяются *металлические манометры*.

Основной частью металлического манометра служит изобретенная французским механиком Бурдоном трубка особой формы, названная в честь изобретателя *трубкой Бурдона*.

Трубка Бурдона представляет собой металлическую полую трубку, имеющую в сечении форму эллипса (или овала) и изогнутую по окружности. Один из концов трубки запаян, а другой прикреплен к жесткому основанию, в котором имеется канал для сообщения с источником давления (рис. 2).

Если давления внутри трубки и на внешнюю поверхность ее равны, то трубка будет сохранять свою форму. Если же давление внутри трубки станет больше наружного, то внутри трубки возникнет некоторая сила, стремящаяся изменить форму сечения трубки, приближая ее к кругу.

Однако, вследствие упругости материала в трубке Бурдона возникнут силы упругости, которые и будут противодействовать силе, действующей изнутри. В результате действия этих сил трубка будет стремиться разогнуться так, как это показано на рис. 2 пунктиром. Если давление внутри трубки будет меньше давления снаружи, произойдет обратное явление, т. е. трубка будет сгибаться.

Движение конца трубки Бурдона было изучено Лоренцом, и на основании его работы получена формула, определяющая зависимость между угловым перемещением конца трубки и давлением:

$$A = A_0 \frac{1,16 R_0^3}{hbE} P,$$

где (см. рис. 2) A — угловое перемещение конца трубки;
 A_0 — угловая длина трубки (т. е. длина трубки в градусах дуги); эта величина близка к 270° ;
 $1,16$ — постоянный коэффициент, полученный при выводе;
 R_0 — начальный радиус кривизны трубки;
 h — толщина стенок трубки;
 b — половина высоты поперечного сечения;
 E — модуль упругости материала трубки;
 P — относительное давление.

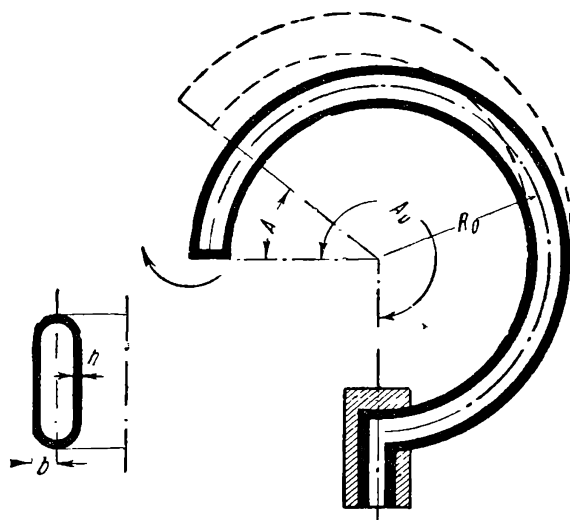


Рис. 2. Трубка Бурдона

Из формулы видно, что угловое перемещение конца трубки A прямо пропорционально относительному давлению P . Это обстоятельство очень ценно, так как дает возможность получить равномерную шкалу давлений.

Все другие величины, входящие в формулу, определяют размеры трубки, толщину стенок, а также материал, из которого она сделана.

Эти величины постоянны для данной трубки и, собственно, по этим величинам трубки Бурдона различаются между собой.

Пусть имеются две совершенно одинаковые по форме трубки Бурдона, сделанные из одинакового материала. У одной из этих трубок величина h , т. е. толщина стенок, больше, чем у другой. Из формулы видно, что при одинаковом относительном давлении трубка с более толстыми стенками будет иметь меньшее угловое перемещение конца, чем трубка с более тонкими стенками.

Таким образом, изменяя постоянные величины, входящие в формулу, можно подбирать трубки Бурдона для измерений различных давлений.

В авиационных манометрах трубки Бурдона для измерения различных давлений подбираются с изменением следующих величин: толщины стенок h , угловой длины A_0 , начального радиуса кривизны R_0 , а также материала.

Основным материалом для изготовления трубок Бурдона служит латунь или фосфористая бронза.

В металлическом манометре трубка Бурдона является воспринимающей частью (чувствительный элемент), другой основной частью металлического манометра является передающий механизм, назначение которого:

- 1) передавать движение конца трубки Бурдона на стрелку;
- 2) увеличить небольшие перемещения конца трубки в достаточно заметные перемещения стрелки;
- 3) допускать возможность регулировки показаний прибора.

Третьей частью металлического манометра является указательная часть, состоящая из стрелки указателя и шкалы с делениями в технических атмосферах или их долях.

На рис. 3 показана принципиальная схема металлического манометра.

Свободный конец трубки Бурдона 1 соединен с тяжком 2 , другой конец которого шарнирно присоединен к хвосту зубчатого сектора 3 .

Зубья сектора сцеплены с зубьями трибки 4 , на оси которой установлена стрелка 5 . На оси трибки установлена спиральная пружинка (волосок) 6 , назначение которой — выбирать мертвый ход (люфты) в деталях механизма. Под стрелкой помещена шкала с делениями в атмосферах.

Авиационные манометры для измерения давления в системе таяния горючим и в системе смазки изготовлены по схеме металлического манометра с трубкой Бурдона. Существуют манометры для бензина и масла. Эти манометры различаются диапазоном измеряемого давления и поэтому имеют разные шкалы и толщину материала, из которого изготовлены трубки Бурдона.

Трубка Бурдона манометра бензина изготовлена из тонкой латуни, а манометра масла — из более толстой. Диапазон давлений, измеряемых манометром бензина, $0-1 \text{ ат}$, а диапазон давлений, измеряемых манометром масла, $0-15 \text{ ат}$.

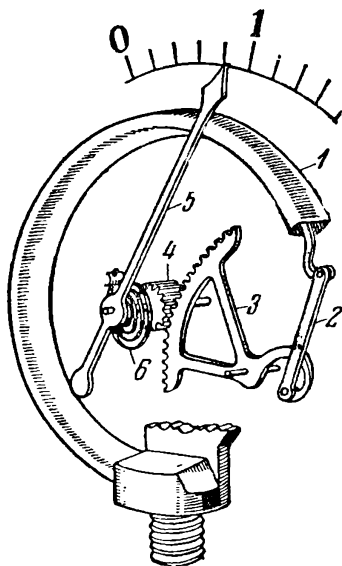


Рис. 3. Принципиальная схема манометра:

1—трубка Бурдона, 2—тяжок, 3—зубчатый сектор, 4—трибка, 5—стрелка, 6—спиральная пружина (волосок)

3. Материальная часть манометров

А. Манометр масла на 15 ат

Общий вид прибора со снятой шкалой и стрелкой показан на рис. 4, 5 и 6. Чувствительный элемент—трубка Бурдона *1*—имеет угловую длину около 270° и изготовлен из нагартованной латуни.

Один из концов трубки припаян к латунному основанию *2*. К свободному концу трубки припаян наконечник *3*, к которому при помощи винта шарнирно присоединен один конец тяжка *4*. Другой конец тяжка таким же способом присоединен к дугообразному рычагу *5* сектора *6*. Сектор имеет сцепление с трибкой *7*, на оси которой посажена стрелка *8* и спиральная пружинка (волосок) *9*. Тяжок и сектор обычно изготавливаются из латуни. Трибка, ось ее и ось сектора изготовлены из стали. Сектор и трибка смонтированы на нижней пластине *10*, которая прикреплена к основанию трубки Бурдона двумя винтами. Нижняя пластина имеет возможность поворачиваться в некоторых пределах, определяемых дугообразными вырезами для винтов.



Рис. 4. Манометр масла

Нижние концы осей сектора и трибки упираются в подшипники, расположенные на нижней пластине, а верхние концы осей помещены в подшипники на верхней пластине *11*. Верхняя пластина соединена с нижней при помощи двух латунных колонок и двух винтов. Верхняя и нижняя пластины изготавливаются из латуни.

На рис. 6 показан разрез манометра. Основание трубки Бурдона имеет нарезной штуцер с наконечником, к которому при помощи гайки штуцера *12* прикрепляется патрубок *13*, соединенный с трубопроводом, по которому к трубке Бурдона подводится давление.

Корпус прибора *14* изготовлен из пластической массы (бакелита). Существуют манометры и в алюминиевом корпусе. Механизм манометра крепится к корпусу при помощи двух винтов и гайки на штуцере основания трубки Бурдона.

В корпус прибора устанавливается шкала *15*, снабженная рантином. Шкала обычно изготавливается из латуни и окрашивается черной краской. На шкале нанесены деления от 0 до 15 ат ($\text{кг}\cdot\text{см}^2$). Цена деления—1 ат. Все деления, а также конец стрелки покрыты светящейся массой. Шкала прикрепляется к основанию

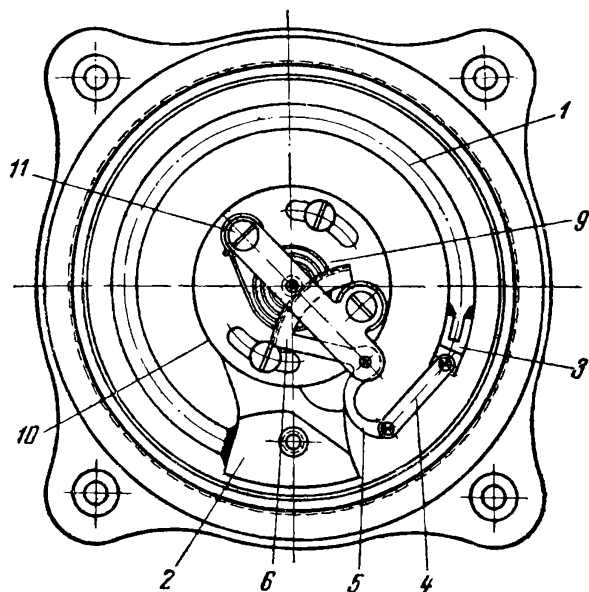


Рис. 5. Общее устройство манометра масла:

1 — трубка Бурдона, 2 — основание трубки, 3 — наконечник трубки, 4 — тяжок, 5 — дугообразный рычаг сектора, 6 — сектор, 9 — спиральная пружина (волосок), 10 — нижняя платина, 11 — верхняя платина

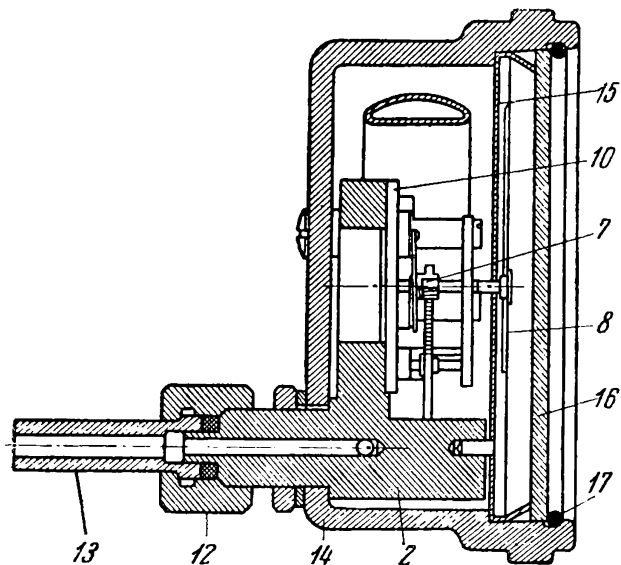


Рис. 6. Разрез манометра масла:

7 — трубка, 8 — стрелка, 10 — нижняя платина, 12 — гайка штуцера, 13 — патрубок трубопровода, 14 — корпус, 15 — шкала, 16 — стекло, 17 — пружинящее кольцо

трубки Бурдона винтом. Корпус прибора закрывается стеклом 16, закрепляемым пружинящим кольцом 17. Корпус прибора имеет четыре отверстия для болтов, при помощи которых прибор крепится к приборной доске летчика. Для прочности эти отверстия снабжены латунными втулками, запрессованными в бакелит.

Вес прибора не превышает 250 г.

Б. Манометр бензина в герметичном корпусе

Общий вид механизма и разрез манометра бензина приводятся на рис. 7 и 8. Чувствительным элементом прибора является трубка Бурдона 1 эллиптического сечения, изготовленная

из нагартованной латуни и имеющая угловую длину немного более 180° .

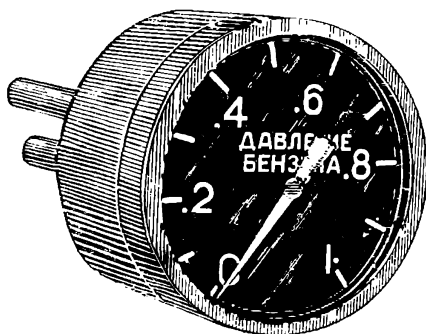


Рис. 7. Манометр бензина в герметичном корпусе

Один из концов трубки Бурдона припаян к латунному основанию 2. К другому концу трубки припаян наконечник 3, к которому шарнирно, при помощи штифта, прикреплен один из концов изогнутой тяги 4. Другой конец тяги тем же способом присоединен к дугообразному рычагу 5, который укреплен на стальной оси с зубчатым сектором 6.

Сектор сцеплен со стальной трибкой 7, на оси которой насажены стрелка 8 и волосок 9. Оси трибки и сектора одним концом устанавливаются на основании трубки Бурдона и другими концами — на верхнюю платину.

Механизм манометра помещается в бакелитовый (или алюминиевый) корпус и крепится к нему при помощи двух винтов. Корпус имеет стандартный диаметр 60 мм (стандарт № 1) и крепится к приборной доске при помощи стандартного крепежного кольца. В корпусе помещается шкала 11 с делениями от 0 до 1 ат, нанесенными через 0,1 ат. Шкала окрашена черной краской; все деления и цифры покрыты светящейся массой.

Корпус прибора закрывается стеклом, которое устанавливается на резиновую прокладку и закрепляется пружинящим кольцом 13, установленным на невысыхающей замазке.

Такая замазка употребляется для герметичности корпуса. На задней стенке корпуса имеются два штуцера 14 и 15.

Один из штуцеров 14 сообщается с внутренней полостью трубки Бурдона через специальный трубопровод и канал в основании. При помощи этого штуцера манометр соединяется с трубопроводом, идущим от магистрали системы питания горючим. Другой штуцер 15 служит для уравнивания стати-

ческого давления воздуха в корпусе манометра и в том месте, куда подается горючее (поплавковая камера карбюратора). Это необходимо потому, что при больших скоростях полета в результате завихрений давление сильно искажается и может возникнуть разность давлений в корпусе прибора и в том месте, куда подается горючее. Так как бензиновый манометр обладает большой чувствительностью, то даже сравнительно небольшое изменение давления в корпусе может вызвать значительные изменения показаний прибора.

Прижимное кольцо ставить на незасыхающей замазке

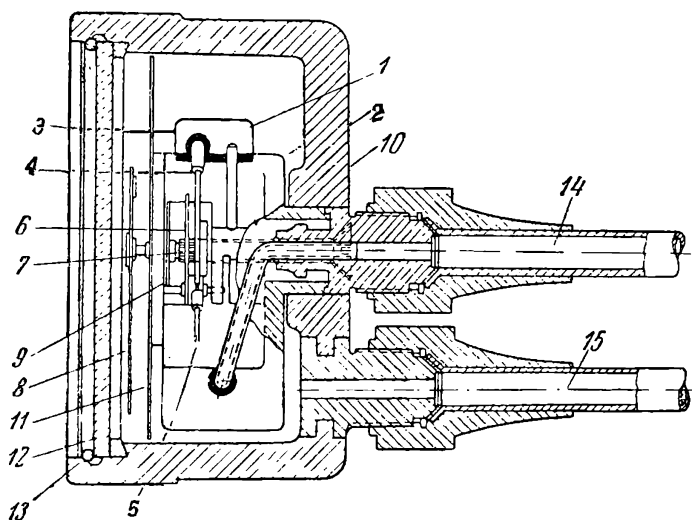


Рис. 8. Манометр бензина в герметичном корпусе.
Разрез и общий вид механизма:

1 — трубка Бурдона, 2 — латунное основание трубки, 3 — наконечник трубки, 4 — тяга, 5 — дугообразный рычаг, 6 — сектор, 7 — трибка, 8 — стрелка, 9 — волосок, 10 — корпус, 11 — шкала, 12 — стекло, 13 — пружинящее кольцо Бурдона, 14 — штуцер трубки Бурдона, 15 — статический штуцер

Для правильной работы манометра необходимо иметь достаточно герметичный корпус. Герметичность корпуса определяется со следующим допуском: при создании в корпусе манометра давления или разрежения, примерно, в 1000 мм вод. ст., спадание водяного манометра не должно превышать 110 мм за 3 минуты.

Кроме описанного, существуют манометры бензина без статического штуцера и в негерметичном корпусе. Такие манометры могут устанавливаться на самолетах, не обладающих большой скоростью. Вес бензинового манометра в герметичном корпусе не превышает 200 г.

Манометр бензина в негерметичном корпусе весит 170 г.

В. Манометр масла с приемником

Манометр этого типа является дистанционным прибором и состоит из трех основных частей (рис. 9): приемника 1, соединительного трубопровода 2 и измерителя (манометра) 3.

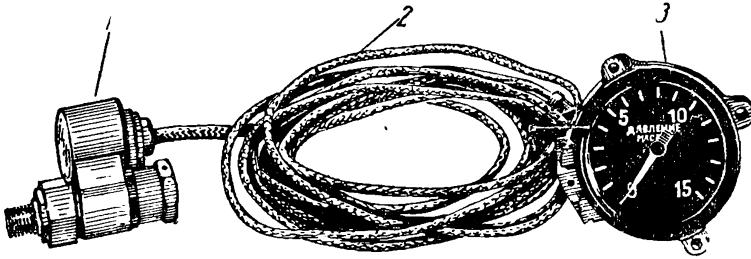


Рис. 9. Манометр масла с приемником:

1 — приемник, 2 — трубопровод, 3 — измеритель

Рассмотрим устройство приемника. Он состоит из разъемного корпуса 1 (рис. 10), свинчивающегося из двух частей.

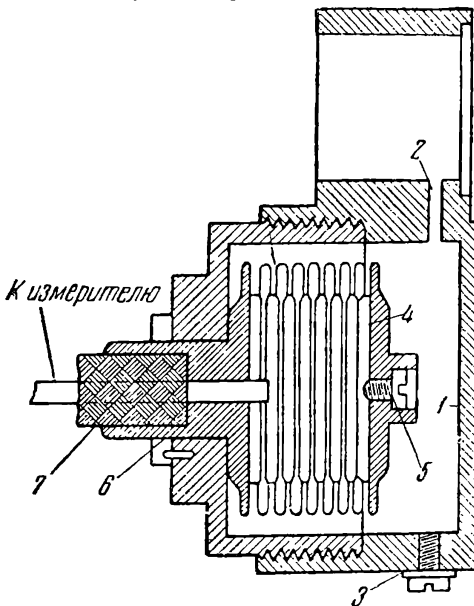


Рис. 10. Разрез приемника:

1 — корпус, 2 — отверстие для входа масла, 3 — винт для выпуска масла из приемника, 4 — сильфон, 5 — отверстие, закрываемое винтом, 6 — трубопровод, 7 — оплетка (бронзовая)

Корпус имеет два отверстия: одно 2 для входа масла, давление которого измеряется, и другое 3, закрытое винтом и служащее для выпуска масла из приемника. Внутри корпуса приемника помещен воспринимающий давление сильфон 4. Сильфон представляет собой камеру цилиндрической формы, стенки которой изготовлены из тонкого нейзильбера (или фосфористой бронзы). Стенки сильфона сделаны гофрированными, отчего он способен изменять свой объем под действием разности давлений снаружи и внутри. Сильфон имеет отверстие 5, закрываемое винтом и служащее для заполнения всей системы прибора жидкостью, передающей давление. С другой стороны в сильфон

входит конец соединительного трубопровода 6, изготовляемого из трубки красной меди диаметром $0,35 \times 1,5$ мм. Для предохра-