ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»
САМАРСКИЙ ФИЛИАЛ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
УПРАВЛЕНИЕ СПО - САМАРСКИЙ РЕЧНОЙ ТЕХНИКУМ

А.А. Цыпкин

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

МДК 01.04 Техническая эксплуатация судовой автоматики
для специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок

САМАРА
2015

621.31
Ц 96

Цыпкин, А.А. Контрольно-измерительные приборы: учебное пособие/ А.А. Цыпкин; Самарский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», Управление СПО - Самарский речной техникум.- Самара, 2015.- 33 с.,ил.

Данное пособие предназначено для углубленного изучения раздела «Контрольно-измерительные приборы» при освоении студентами специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок междисциплинарного курса «Техническая эксплуатация судовой автоматики». Пособие так же может использоваться при обучении студентов и других специальностей.

В этом пособии собраны описания и характеристики большинства приборов, применяемых на судах, для контроля работы судовых энергетических установок, вспомогательных механизмов, судовых систем, устройств и приспособлений, стационарных и переносных приборов, используемых постоянно и периодически.

Составитель – преподаватель высшей категории Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ» А.А. Цыпкин.

Цыпкин Анатолий Аркадьевич

Учебное пособие
МДК 01.04 Техническая эксплуатация судовой автоматики

Редактор: О.В. Пестова

Подписано в печать 02.11.2015 г.
Формат А4. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл.печ. л.2
Тираж 80 экз.

Библиотечно-информационный отдел Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
443099, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 62/64

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Глава 1. Приборы для измерения давления	3
Глава 2. Приборы для измерения температур	9
Глава 3. Приборы для измерения частоты вращения валов	16
Глава 4. Расходомеры	21
Глава 5. Уровнемеры	23
Глава 6. Анализаторы	28
Глава 7. Прочие приборы	30
Литература	32

Глава 1. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

А. Датчики давления

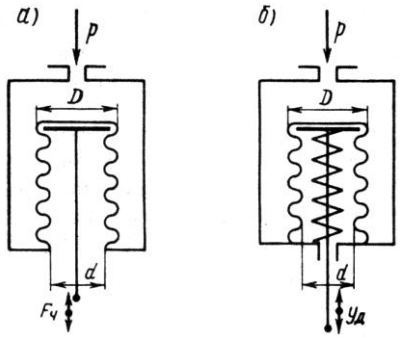


Рис. 1. Сильфонный датчик

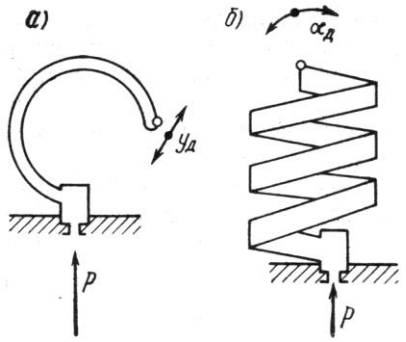


Рис. 2. Манометрическая трубка (трубка Бурдона)

Сильфонный датчик давления (гармониковая мембрана) представляет собой гофрированную упругую металлическую трубку, закрытую с одного торца, образующего активную площадь (рис. 1 а). Давление измеряемой среды действует на торец с определенной силой. В датчике эта сила уравновешивается суммой сил упругости сильфона (за счет его собственной жесткости) и дополнительной пружины (рис. 1 б). Выходным сигналом датчика является перемещение штока.

Сильфонные датчики применяют для измерения давления различных сред в диапазоне (0,01 – 100)10^5 Па. При измерении малого давления пружина может отсутствовать, в этом случае действующая сила полностью уравновешивается за счет упругости самого сильфона. Жесткость сильфона зависит от его геометрических размеров, материала, числа гофр и слоев. Для измерения высокого давления необходимо увеличить толщину стенки сильфона, что приводит к повышению его жесткости. В этом случае жесткость можно снизить, сделав сильфон двух - трехслойным в зависимости от необходимой прочности.

Изготовляют сильфоны из томпака и полутомпака для низкого и среднего давления, из бериллиевой бронзы и нержавеющей стали для высокого давления. Крепят их с помощью пайки или сварки оловянистыми припоями без применения кислоты.

Манометрическая трубка, или **трубка Бурдона** (рис. 2 а), представляет собой упругую металлическую трубку эллиптического или прямоугольного сечения, согнутую по радиусу. К неподвижно закрепленному концу трубки подводится измеряемое давление, которое действует на ее внутренние поверхности, имеющие разные площади, и создает усилие, направленное в сторону поверхности с большей площадью. Это усилие уравновешивается силой упругости самой трубки. Выходной сигнал датчика в виде перемещения свободного конца трубки пропорционален

изменению давления. При повышении давления трубка выпрямляется, а при снижении – сгибается.

Достоинством трубки Бурдона является большая механическая прочность, простота конструкции и широкий диапазон измеряемого давления при линейной характеристике, что позволяет широко использовать ее в контрольно-измерительных приборах и приборах автоматических устройств.

Металлические мембраны и трубки Бурдона в рабочей зоне обладают свойствами пружин и практически не имеют остаточной деформации (отсутствует петля гистерезиса). Диапазон измеряемого давления на линейном участке характеристики определяется пределом упругости трубчатой пружины и зависит от конструктивных соотношений размеров и механических свойств материала трубки. Превышение предельных значений вызывает остаточную деформацию пружины, что недопустимо в эксплуатации.

Для измерения давления до 100х10 кПа трубчатые пружины изготавливают из латуни или бронзы, для более высокого – из стали.

Геликоидальная пружина (рис. 2 б) представляет собой упругую металлическую трубку эллиптического сечения, закрученную по спирали. К неподвижно закрепленному концу трубки подводится измеряемое давление. Принципы действия геликоидальной пружины и трубки Бурдона аналогичны. Выходным сигналом датчика является перемещение свободного конца трубки. Геликоидальные пружины применяют в случаях, когда требуется получить большие перемещения выходного звена датчика при малых изменениях давления.

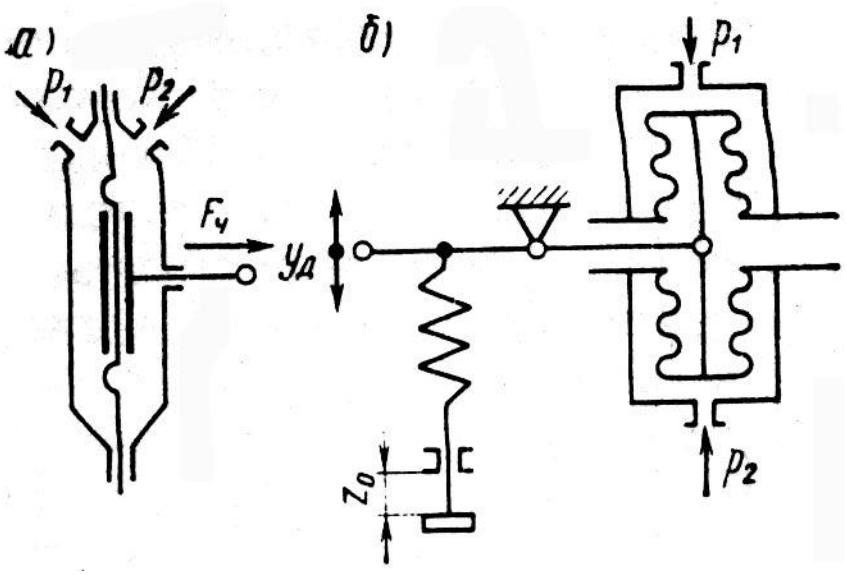


Рис. 3. Датчики перепада давления

Перепад часто измеряют для определения расхода жидкости или газов, для определения чистоты фильтрующих элементов, т. е. сопротивления участка трубопроводов. Для измерения малых перепадов давления (от 10 до 1600 Па) используют **мембранный датчик** из эластичной аэростатной ткани, дюритовой резины или фольги (рис. 3 а). Измеряемые давления подводятся к полости датчика с обеих сторон мембраны, на жестком центре которой создается усилие пропорциональное их разности и направленное в сторону меньшего давления. Выходной шток уплотняется в корпусе сальником или сильфоном. Во втором случае приведенная активная площадь мембраны со стороны штока будет меньше на размер активной площади уплотнительного сильфона.

Сильфонный датчик перепада давления (рис. 3 б) имеет измеряемый диапазон значительно шире, чем мембранный. Состоит датчик из двух сильфонов с одинаковой активной площадью, преобразующих измеряемые давления в силы, направленные в

противоположные стороны. Разность сил, приведенная к соединительному штоку, уравновешивается силами действия пружины и упругости самих сильфонов. Выходным сигналом датчика является перемещение рычага, пропорциональное изменению перепада давлений. Двухсильфонные и двухмембранные датчики обладают высокой чувствительностью из-за отсутствия сил сухого трения в уплотнениях штоков.

Б. Приборы давления

Приборы, по которым контролируют работу механизма, могут быть штатными и переносными, т. е. подключаемыми периодически. Согласно Правилам РРР необходимо измерять следующие параметры: давление масла на входе в механизм, давление перед фильтрами, давление воды во внутреннем и внешнем контуре охлаждения, давление топлива перед ТНВД, давление пускового воздуха, наддувочного воздуха и в трубопроводе реверсивного устройства двигателя. Дистанционный пост в рубке должен быть оборудован приборами показывающими давление рабочего тела (масла, воздуха) в системах ДАУ и ДУ, пускового воздуха, воздуха для подачи звукового сигнала, масла в смазочной системе за фильтрами, масла в реверс – редукторе. В ряде случаев желательно измерять и вакуум во всасывающих магистралях, ибо это упрощает поиск причин неисправностей.

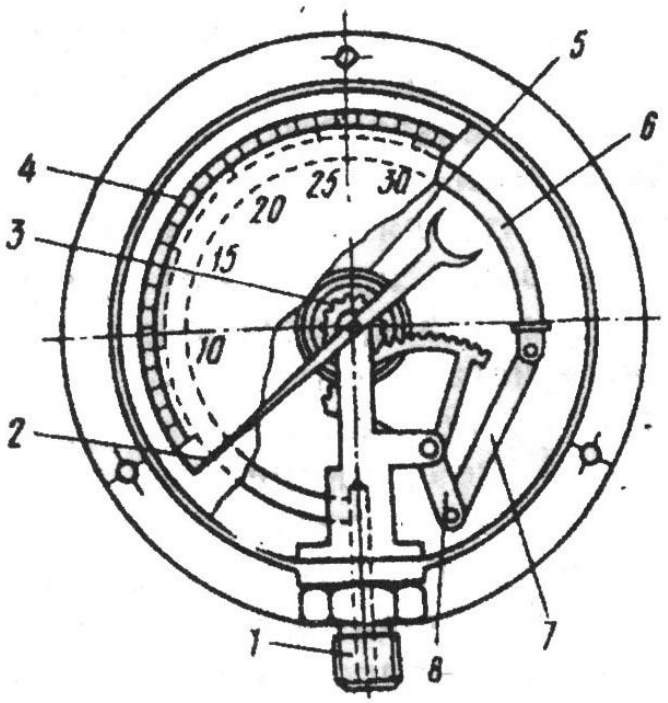
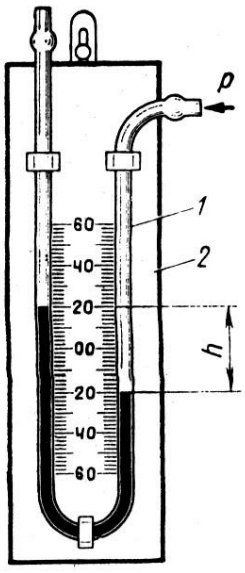
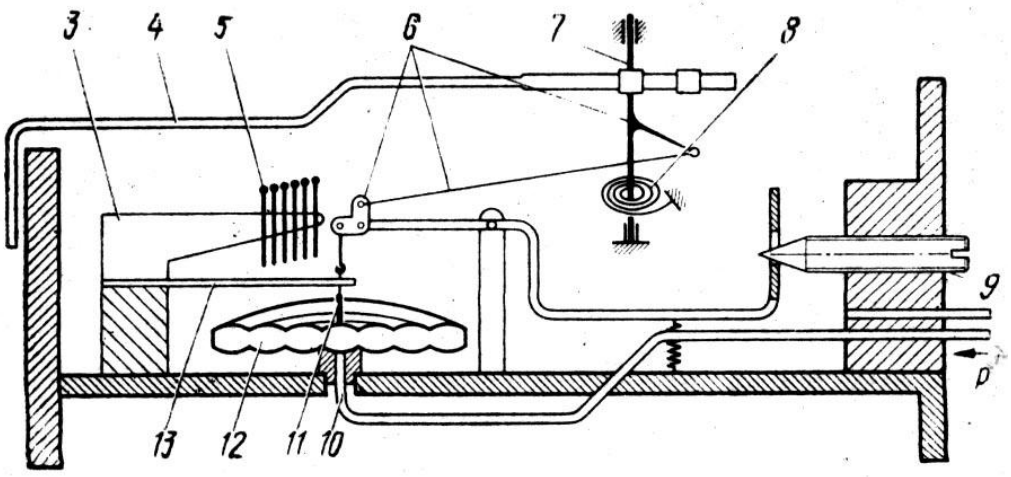


Рис. 4. Манометр с трубчатой пружиной



Один конец трубчатой пружины 6 (рис. 4) припаян к корпусу штуцера 1, другой запаян и серьгой 7 соединен с зубчатым сектором 8, который сцеплен с шестерней 3, насаженной на ось стрелки 2. Для устранения влияния люфтов на показания манометра предусмотрена спиральная пружина 5, связанная с осью стрелки и с корпусом манометра. Штуцер 1 соединяют с местом контроля давления. Изменение давления вызывает деформацию трубки 6 и поворот ею стрелки 2. Шкала 4 проградуирована в единицах измерения давления.



Вакуумметр отличается от манометра тем, что при появлении разрежения трубка под действием атмосферного давления уменьшит радиус кривизны, т. е. будет сворачиваться.

Простейший манометр (рис. 5) состоит из U-образной стеклянной трубки 1, закрепленной на планке 2 со шкалой в миллиметрах. В зависимости от предельных значений измеряемого давления (разряжения) трубку заполняют водой или ртутью. Оба конца трубки сообщают с атмосферой и наливают наполнитель до тех пор, пока мениски в обоих коленах не совместятся с нулевой риской шкалы. Затем один из концов трубки гибким шлангом соединяют с измеряемой средой. Разность уровней h наполнителя манометра на шкале показывает давление в миллиметрах водяного или ртутного столба. (О. Рис. 36 а)

Рис. 6. Мембранный манометр

В **мембранном манометре** (рис. 6) чувствительным элементом является спаянная из двух упругих гофрированных мембран коробка 12, во внутреннюю полость которой по трубке 10 подводится измеряемая среда. Центр нижней мембраны жестко закреплен в корпусе, а центр верхней может перемещаться, передавая движение через шток 11, рычаги 6 и ось 7 стрелке 4. Сила, действующая на мембраны от перепада давлений окружающего воздуха и измеряемой среды, уравновешивается силами упругости мембран и пластинчатой пружины 13. При изменении давления измеряемой среды нарушается равновесие сил, вызывая перемещение мембраны и стрелки, которая, двигаясь вдоль шкалы, показывает значение параметра. По мере роста давления в полости мембранной коробки пружина 13 становится на упоры 5 кронштейна 3, и ее приведенная жесткость изменяется, что обеспечивает линейную зависимость перемещения стрелки от приращения давлений. Вращением винта 9 стрелка прибора устанавливается на «0» при отсутствии давления среды. Спиральная часовая пружина 8 обеспечивает непрерывный контакт в подвижных соединениях, исключая погрешность показаний прибора из-за зазоров.

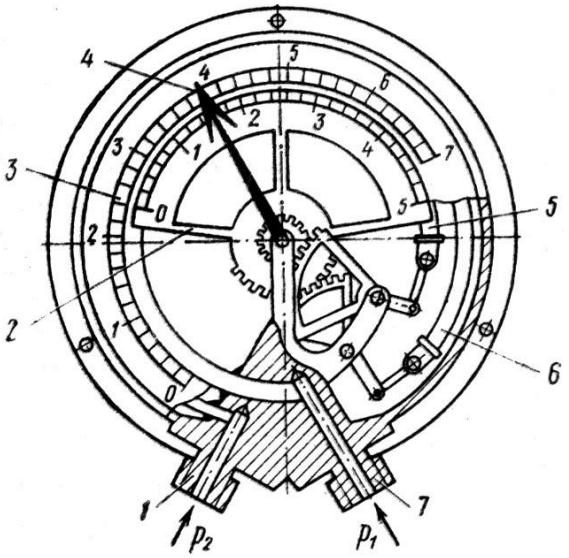
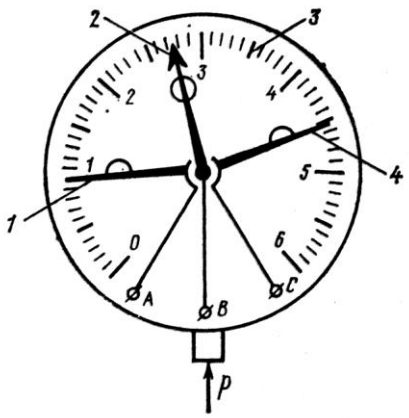


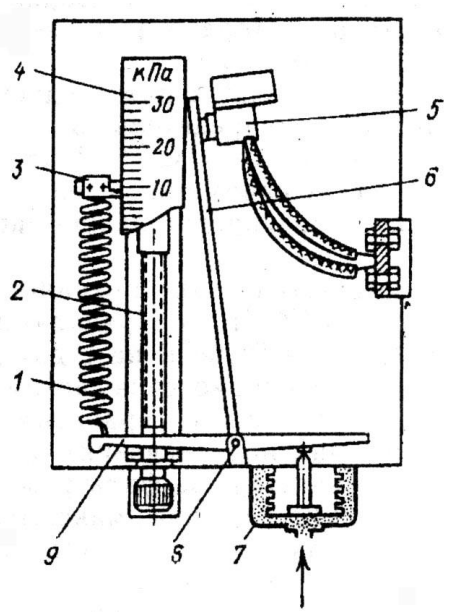
Рис. 5.Жидкостный манометр

Дифманометр (рис. 7) применяют для одновременного измерения двух значений давления и разности между ними. Чувствительным элементом являются две

Рис. 7. Дифманометр

трубчатые пружины: пружина 5 припаяна к ниппелю 7 и через зубчатый сектор воздействует на стрелку 4, а пружина 6 припаяна к ниппелю 1 и через зубчатый сектор





воздействует на подвижную шкалу 2. К ниппелю 1 подводится меньшее давление, вызывая разворот подвижной шкалы, нулевая риска которой указывает на неподвижной шкале 3 измеряемое значение. К ниппелю 7 подводится большее значение давления, вызывая разворот стрелки 4, которая показывает давление по неподвижной шкале 3 и разность значений, измеряемых давлений по шкале 2.

Контактный манометр (рис. 8) является одновременно измерительным прибором и сигнализатором. Кроме основной контрольной стрелки 2, показывающей

Рис. 8. Контактный манометр

Рис. 9. Реле РДК-55

давление по шкале 3, имеются дополнительные стрелки 1 и 4 с подвижными контактами для установок контроля соответственно нижнего и верхнего пределов давления. При снижении давления до значения установки стрелки 1 контрольная стрелка 2 замыкает электрическую цепь контактной группы АВ, а при повышении давления до значения установки стрелки 4 - цепь контактной группа ВС. Пределы давлений срабатывания прибора настраивают установкой дополнительных стрелок 1 и 4 по шкале 3, а их разность определяет ширину зоны нечувствительности, т. е. дифференциал давлений. Если контрольная стрелка находится в пределах этой зоны, контактные группы разомкнуты, и информация о предельных значениях параметра отсутствует.

Реле РДК – 55 (рис. 9) сильфонного типа с пределом регулирования 300 кПа. Контролируемое давление действует с наружной стороны сильфона 7. Когда сильфон находится под давлением, его шток поднимает правый конец трехплечевого рычага 9 с осью качания 8, растягивая пружину 1. В данном положении рычага его третье вертикальное плечо 6 освобождает шток микровыключателя 5. Если давление на сильфон упадет, пружина 1 повернет рычаг 9 по часовой стрелке и его вертикальное плечо 6 нажмет на шток микровыключателя 5, замкнув сигнальную цепь.

Натяжение пружины 1 можно изменять передвижением каретки 3 с помощью винта 2. Этим изменяется значение давления, при котором будет подан сигнал. Оно определяется по шкале 4, вдоль шкалы перемещается указатель каретки.

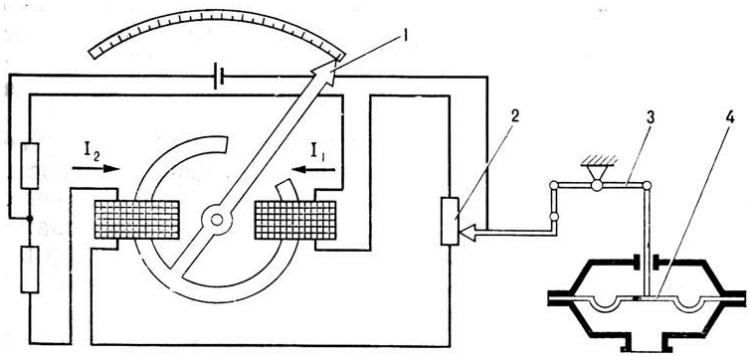


Рис. 10. Дистанционный электрический манометр

Дистанционный электрический манометр

В качестве электрических дистанционных манометров на судах наибольшее распространение получили манометры ЭДМУ (рис. 10). Их используют в основном как дистанционные приборы и как сигнализаторы, извещающие о недопустимом повышении или понижении давления масла, воды и других жидкостей и газов.

Изменение давления среды воспринимает мембрана 4. Линейное перемещение мембраны через преобразователь 3 рычажного типа передается движку реостата 2. Последний включен в схему равновесного моста магнитоэлектрического логометра. При изменении положения движка реостата нарушается равновесие мостовой схемы. Токи I_1 и I_2 , проходя по двум неподвижным индуктивным катушкам, создают два противоположно направленных момента. Каждый из этих моментов стремится установить серповидный сердечник, изготовленный из ферромагнитного материала, чтобы середина его совпадала с центром соответствующей катушки. Но по мере приближения к такому положению вращающий момент, способствующий перемещению сердечника, уменьшается, а момент, противодействующий перемещению, увеличивается. При определенном положении сердечника вращающие моменты сравниваются и стрелка 1 амперметра, шкала которого градуирована в единицах давления, отклоняется на соответствующий угол.

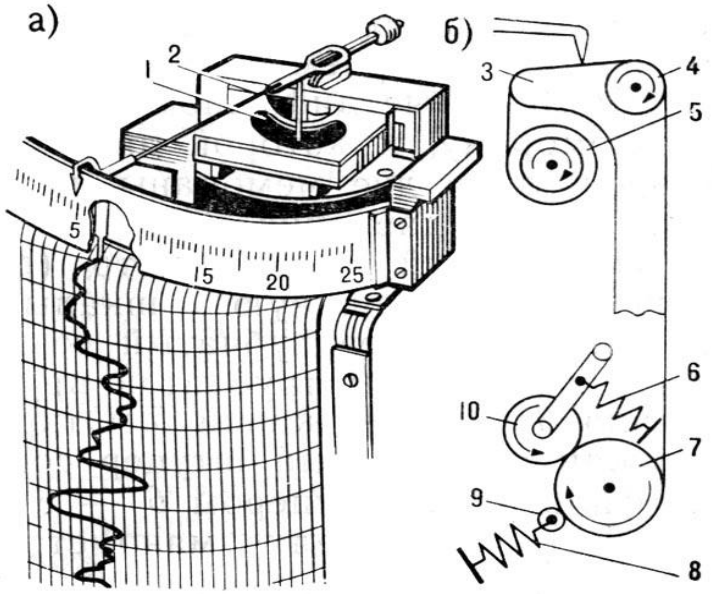


Рис. 11. Самопишущие манометры

Самопишущие манометры. Для учетного контроля давления среды применяют самопишущие манометры (манографы). По выполняемым функциям они могут быть регистрирующими, а также одновременно регистрирующими и показывающими (стрелочными).

Самопишущий электрический манометр (рис. 11) состоит из электромеханического измерительного механизма, лентопротяжного устройства, перемещающего бумажную ленту, и записывающего устройства. Запись давлений на бумажной ленте осуществляется пером, закрепленным на конце стрелки

10

7.

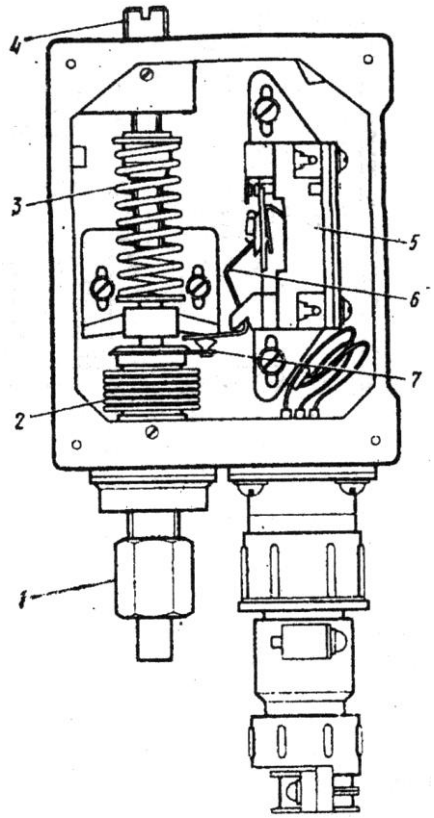


Рис. 12. Реле типа КРМ

измерительного механизма. Чернила к перу подаются из бачка 1 (рис. 11 а) через трубку 2. Бумажная лента крепится в обоймах катушек 5, (рис. 11 б), проходя по столику 3, направляющему валику 4 и охватывает барабан Спиральными пружинами 6, 8 и роликом 9 лента плотно прижимается к барабану, который вращается с постоянной угловой скоростью с помощью миниатюрного синхронного двигателя. Необходимая скорость перемещения бумажной ленты определяется условиями эксплуатации манометра.

Прибор воспроизводит на бумажной ленте характер изменения давления среды за час, вахту, сутки. Одновременно по шкале манометра можно определить и давление среды в данный момент.

РРР. Приборы для измерения давления и разрежения среды являются весьма важными средствами контроля за работой механизмов и систем судна. Поэтому необходимо систематически проверять их исправность. На шкале приборов должен быть указатель предельно допустимого давления контролируемой среды, а крышки корпусов должны быть опломбированы. Манометры, находящиеся в эксплуатации, нужно проверять с помощью контрольных манометров каждые три месяца, а контрольные – ежемесячно.

Контрольные манометры и вакуумметры имеют такую же конструкцию, как и обычные, но точности их выше. Все приборы с трубчатой пружиной (трубкой Бурдона) один раз в год (остальные один раз в два года) обязательно должны подвергаться специальной проверке органами метрологической службы Государственного комитета России по стандартам.

В качестве датчиков давления применяют **реле типа КРМ**. Чувствительным элементом этого реле (рис. 12) является сильфон 2, нагруженный пружиной 3. Педаль сильфона 7 воздействует на рычаг 6 переключателя 5. С помощью реле КРМ можно контролировать давление. В этом случае через штуцер 1 внутрь сильфона 2 поступает, например, масло из смазочной системы или охлаждающая вода. При нормальном давлении сильфон 2 с педалью 7 будет находиться в верхнем положении – контакты переключателя 5 разомкнуты рычагом 6. Если давление в контролируемой системе упало, сильфон 2 с педалью 7 опустятся, а рычаг 6 замкнет контакты переключателя 5 – сработает система сигнализации. Реле может контролировать и температуру. Тогда к штуцеру 1 присоединяется капиллярная трубка от измерительного преобразователя температуры, омываемого контролируемой жидкостью. Реагируя на изменение температуры (например, повышение), сильфон 2 раздвинется и педалью 7 нажмет на рычаг 6, который включит контакты переключателя 5, и сработает система сигнализации. Реле КРМ регулируют на давление или температуру срабатывания изменением натяжения пружины 3 регулировочной пробкой 4 со шлицом под отвертку.

Глава 2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР

Общие сведения. Измерение температуры, основанное на теплообмене между телами, является одним из самых трудоемких. Приборы, входящие в тепловой контакт с контролируемой средой, по показателям которых определяют ее температуру,

называют термометрами, а устройства, предназначенные для регулирования температуры, терморегуляторами. Неотъемлемой составной частью термометров и датчиков терморегуляторов являются чувствительные элементы (ЧЭ), физические свойства которых изменяются при нагреве. Разделяют датчики на механические и электрические.

А. Датчики температур

Жидкостный датчик температуры (Рис. 13 а) состоит из металлического термопатрона 1 и сильфонной камеры 3, связанных между собой металлическим гибким капилляром 2. Внутренняя полость их герметична и в зависимости от диапазона измеряемых температур полностью заполняется глицерином, ксилолом или ртутью. Термопатрон помещают в зону контролируемой среды, при увеличении температуры которой увеличивается объем наполнителя и он перетекает по капилляру в камеру сильфона, что вызывает перемещение торца последнего. Выходным сигналом датчика является перемещение штока 5, движимого торцом сильфона. Перемещение пропорционально изменению температуры. При понижении температуры объем наполнителя уменьшается, и торец сильфона движется в обратном направлении под действием возвратной пружины 4. Эти датчики обладают большими перестановочными усилиями. Однако они подвержены влиянию температуры окружающей среды, которое оказывается тем больше, чем меньше разность температур окружающей и контролируемой сред.

Датчик с твердым наполнителем термометрической системы (объемный) (Рис. 13 б.) имеет аналогичный принцип действия и свойства. Выполнен датчик в виде жестко закрепленного сильфона 6, внутренняя полость которого герметична и заполнена аморфным телом (обычно пчелиным воском). При изменении температуры среды, омывающей сильфон, объем наполнителя увеличивается, вызывая перемещение торца сильфона. Для уменьшения тепловой инерционности датчика воск перемешивают с медными опилками.

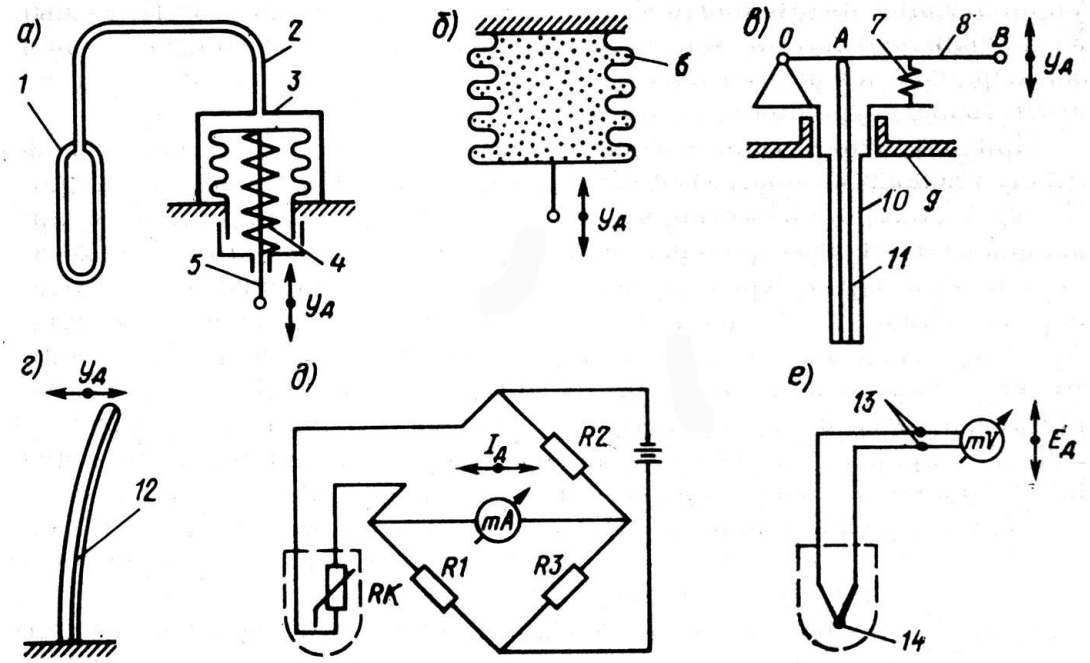


Рис. 13. Датчики температур

Дилатометрический датчик (Рис. 13 в) состоит из трубки 10, нижний конец которой спаян со стержнем 11, свободно проходящим через трубку. Верхний конец

трубки впаян в резьбовой штуцер, на фланце которого закреплен поворотный рычаг 8, прижимаемый к стержню пружиной 7. Датчик устанавливают на трубопроводе или теплообменнике 9, а трубку 10 погружают в контролируемую среду. Для трубки выбирают материал с высокой теплопроводностью и значительно большим коэффициентом линейного расширения, чем у материала стержня. Трубки изготавливают из меди, латуни, стали, а стержни – из инвара (сплав кобальта, железа и хрома), имеющего коэффициент линейного расширения, в 5 раз меньший, чем у меди, и в 2 раза меньший, чем у стали.

Изменение температуры среды, омывающей трубку, приводит к перемещению верхнего конца стержня. Перемещение стержня 11 приводит к развороту рычага 8 относительно опоры 0 и пропорциональному перемещению его свободного конца В на расстояние, являющееся выходным сигналом датчика. Дилатометры обладают большим перестановочным усилием. Однако значение их выходного сигнала мало, а тепловая инерция значительна. Недостатком также является невысокая точность измерения.

Биметаллический датчик (Рис. 13 г) имеет аналогичный принцип действия, что и дилатометр. Чувствительный элемент состоит из плоской или спиральной пружины 12, спаянной из двух пластин разнородных металлов. При изменении температуры обе пластины удлиняются неодинаково, вызывая изгиб плоской или скручивание спиральной пружины. Один конец пружины закреплен неподвижно, а перемещение свободного конца является выходным сигналом датчика. Недостатком является невысокая точность измерения.

Термоманометрические датчики по конструкции схожи с жидкостными (рис. 13 а). По роду наполнителя термоманометрические датчики разделяют на парожидкостные и газовые.

В **парожидкостном датчике** термопатрон заполняют примерно на 2/3 объема жидкостью с температурой кипения ниже измеряемой, а остальной объем занимают ее пары. От диапазона измеряемых температур зависит вид жидкости: хлорметил (от – 20 °С до + 100 °С), хлорэтил (от 0 до + 125 °С), этиловый эфир (от 0 до + 150 °С), ацетон (от 0 до 170 °С), бензол (от 0 до + 200 °С). Давление паров по капиллярной трубке с внутренним диаметром около 0,3 мм дистанционно передается к датчику давления. Переносчиком давления является спирт или смесь глицерина с водой, которыми заполняют внутреннюю полость капилляра и датчик давления. На работы парожидкостных датчиков не влияет изменение температуры окружающей среды, однако они обладают нелинейной статической характеристикой.

Газовый датчик, полностью заполняемый азотом или гелием под давлением до 50х10 ^{5} Па, служит для измерения в широком диапазоне температур (от – 130 до + 550 °С) и имеет линейную статическую характеристику. Однако датчик подвержен влиянию внешних температурных условий.

Общими недостатками датчиков с жидкими, твердыми и газовыми наполнителями являются их большая тепловая инерционность, трудность (часто невозможность в судовых условиях) ремонта при нарушении герметичности измерительной системы и ограниченность расстояния передачи выходного сигнала. Наиболее распространены измерительные устройства с терморезисторами и термоэлектрическими датчиками температур.

Терморезистор (Рис. 13 д) работает по принципу изменения активного сопротивления проводников и полупроводников при изменении их температуры. Шкала градуирована в градусах Цельсия и диапазон температур, измеряемых терморезистором, лежит в пределах от – 50 до + 600 С. Монтируют датчик в защитном герметичном корпусе для предохранения от механических повреждений и агрессивного воздействия среды.

Терморезистор представляет собой проволоку, намотанную на изоляционный каркас. В зависимости от диапазона измеряемой температуры применяют платиновую, медную или никелевую проволоку. Полупроводниковый терморезистор представляет

собой смесь из порошкообразных окислов спрессованную и спеченную при высокой температуре и они недостаточно стабильны, что ограничивает их применение. На корпусах датчиков, серийно выпускаемых, указывают условные обозначения терморезисторов: платиновый – ТСП, медный - ТСМ, полупроводниковый - ММТ, КМТ, МКМТ и т. д.

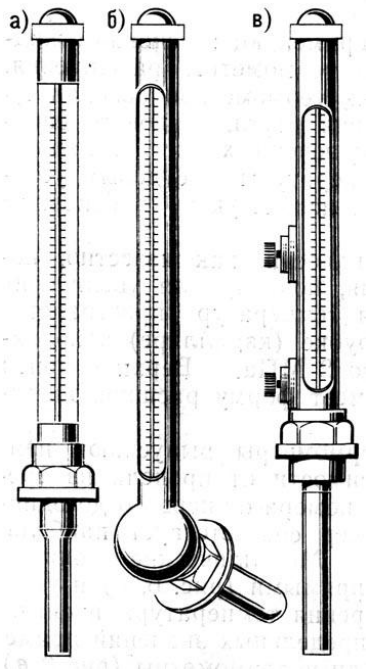
Термоэлектрические датчики (пирометры) (Рис. 13 е) применяют в СЭУ обычно для измерения относительно высоких температур. В пирометре датчиком температуры является термопара, представляющая собой два изолированных и спаянных между собой концами проводника из разнородных металлов или сплавов. Этот спай 14, помещенный в зоне измеряемых температур, называется горячим спаем. К свободным концам 13, называемым холодным спаем, присоединяют милливольтметр. При разности температур между холодным и горячим спаями возникает термо э.д.с., измеряемая милливольтметром и являющаяся выходным сигналом датчика. Ее значение зависит от разности температур обоих спаев и от сочетания материалов электродов термопар.

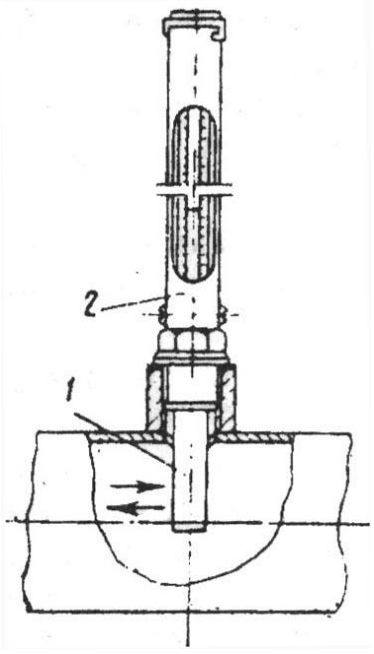
В зависимости от диапазона измеряемых температур и требуемой точности измерений применяют различные термопары: платно-платинородиевые (ПП), хромель – алюминиевые (ХА), хромель-копелевые (ХК), медь-копелевые (МК) и т. д. Термопары монтируют в защитных металлических термостойких корпусах, на присоединительных штуцерах которых указывают общепринятое обозначение термопары и диапазон измеряемых температур.

Электрические датчики температуры обладают высокой чувствительностью, широким диапазоном измеряемых температур, возможностью передачи сигналов на значительные расстояния, а их тепловая инерционность зависит в основном от массы и теплопроводности защитного корпуса ЧЭ.

Б. Температурные приборы

Жидкостные термометры работают по принципу различного расширения оболочки и находящейся в ней жидкости. Стеклянный термометр состоит из баллончика с припаянной к нему прозрачной капиллярной трубкой и шкалы. Баллончик заполняют жидкостью, коэффициент расширения которой в 15 – 30 раз больше, чем оболочка. Поэтому приращение температуры вызывает увеличение объема жидкости и ее





вытеснение из оболочки в капилляр, в котором положение кромки жидкости по шкале определяет значение температуры. Оболочку и капилляры трубки изготавливают из

стекла или кварца. Наполнителем может быть жидкость (спирт, толуол, пентан) или текучий металл (ртуть, галлий) и в этом случае пространство над ртутью заполняют азотом под давлением до 2 Мпа, верхний конец трубки запаян.

Рис. 14. Оправы стеклянных трубок Рис. 15. Патрон с маслом

Жидкостные термометры выпускают прямыми и угловыми. В зависимости от предела измерения температуры они имеют номера от первого до одиннадцатого. Наибольший номер соответствует наибольшему пределу измерения. Металлические оправы стеклянных трубок бывают прямыми (рис. 14 а и 15) и угловыми (рис. 14 б). Для измерения температуры и сигнализации о достижении ею предельных значений применяют электроконтактные ртутные термометры (рис. 14 в).

Погрешность этих термометров 2–4%, они просты по устройству, их легко монтировать на объектах измерения. Недостатки – небольшая механическая прочность, некоторое неудобство отсчетов по шкале и низкая чувствительность при быстрых изменениях температуры, поэтому в патрон 1 (рис. 15) заливают масло или заполняют его металлическими опилками.

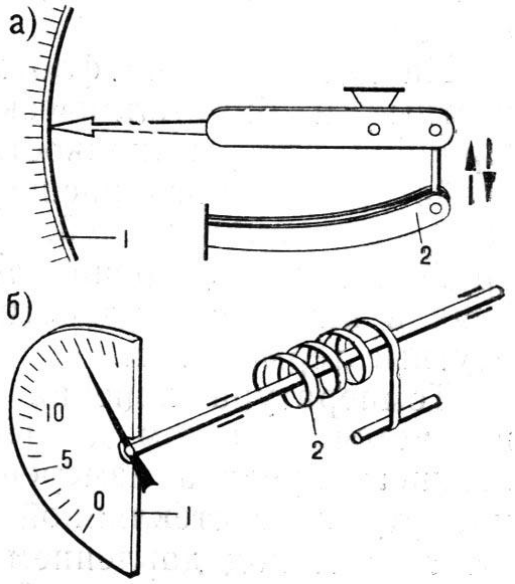


Рис. 16. Биметаллические термометры

Биметаллические термометры (Рис. 16 а,б.) представляют собой пружину, составленную из двух спаянных между собой металлов, например инвара (сплав железа с никелем) и латуни, с разными температурными коэффициентами теплового расширения. Пружина 2 может быть плоской (рис.16 а) или спиральной (рис. 16 б). При нагревании разнородные металлы удлиняются неодинаково, ручивание спиральной пружины и переме[illegible]ллические термометры просты по конструкции и надежны в эксплуатации. Их недостаток заключается в том, что при перегреве измерительный механизм быстро выходит из строя. В судовых условиях эти термометры используют в основном как дистанционные с электрической или механической передачей сигналов.

Манометрический термометр (Рис. 17). Принцип его действия основан на зависимости давления термометрического вещества от его температуры. Термометр состоит из термобаллона 3, манометра 1 и соединяющий их капиллярной трубки 2. Термобаллон помещают в среду, температуру которой надо измерять. При нагревании баллона давление в его внутренней полости повышается, и стрелка манометра 1 поворачивается на соответствующий этому давлению угол. Изменение давления жидкости или газа в термобаллоне прямо пропорционально изменению температуры среды, в связи с чем шкалу манометра градуируют в градусах Цельсия.

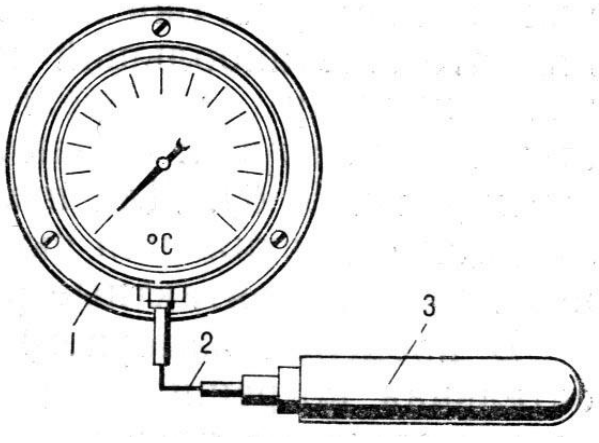
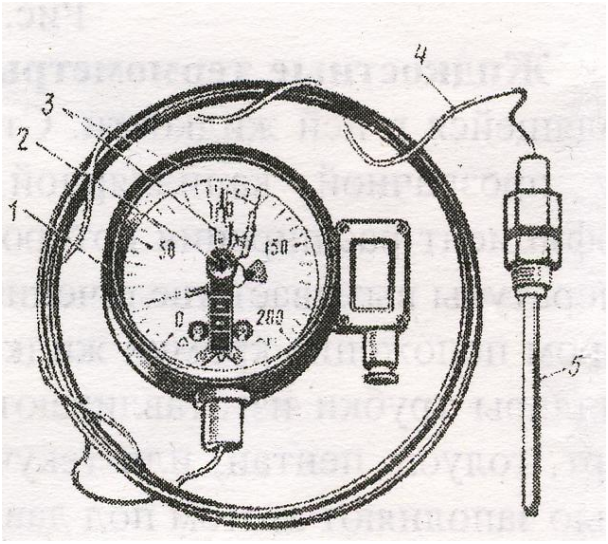


Рис. 17. Манометрический термометр

Погрешность составляет 2%, а точность показаний зависит от температуры среды, в которой находятся капиллярная трубка и манометр. Эти термометры



применяют на судах в системах контроля параметров работы СЭУ, для регистрации и дистанционной передачи показаний на расстояния до 60 м.

Дистанционный **манометрический контактный термометр** (Рис. 18) состоит из термобаллона 5, капиллярной трубки 4 и пружинного манометра 1, шкала которого градуирована в градусах Цельсия. Изменение температуры среды, омывающей термобаллон, вызывает деформацию трубчатой пружины манометра и перемещение указательной стрелки вдоль шкалы. В термометрах с жидкостным и газовым наполнителем шкала прибора равномерная, а с парожидкостным – неравномерная. Контактные термометры содержат контактные группы, замыкающие цепи систем защиты и сигнализации при достижении предельных значений температуры. Установка предельных значений производится установкой по шкале дополнительных стрелок 3 на верхний и нижний пределы поворотом штифта 2 специальным ключом.

Рис. 18. Дистанционный манометрический контактный термометр

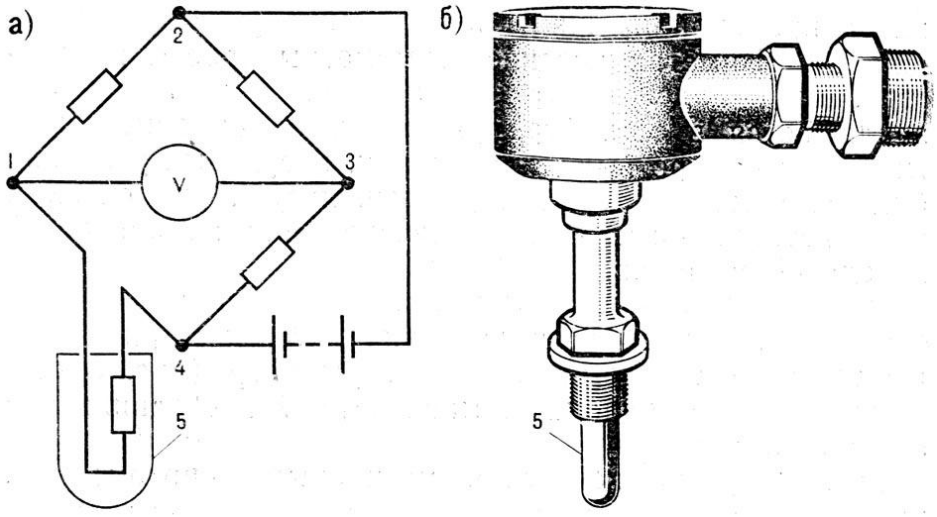


Рис. 19. Термометр сопротивления

Термометр сопротивления. Принцип его действия основан на зависимости электрического сопротивления металла от температуры. Для измерения температуры среды в нее помещают термистор, через который пропускают ток, напряжением 24 В; по изменению сопротивления термистора судят о его температуре, а следовательно и температуре среды. В качестве термоэлектрического сопротивления прибора обычно используют медный или платиновый (для более высоких температур) термистор. Термистор наматывают на специальный каркас из изоляционного теплостойкого материала (обычно слюда), помещают в защитный чехол 5 и включают в цепь уравновешенного электрического моста 1 – 2 – 3 – 4. Изменение температуры среды приводит к нарушению равновесия моста, и на зажимах 1, 3 возникает разность потенциалов, измеряемая вольтметром, градуированным в градусах Цельсия. (Рис. 19)

Термометрами сопротивления измеряют температуру среды от 200 до 500 С; по устройству они сложнее манометрических термометров, требуют дополнительного

источника питания, однако обладают высокой чувствительностью и обеспечивают дистанционную передачу показаний от объекта измерений в любу точку судна.

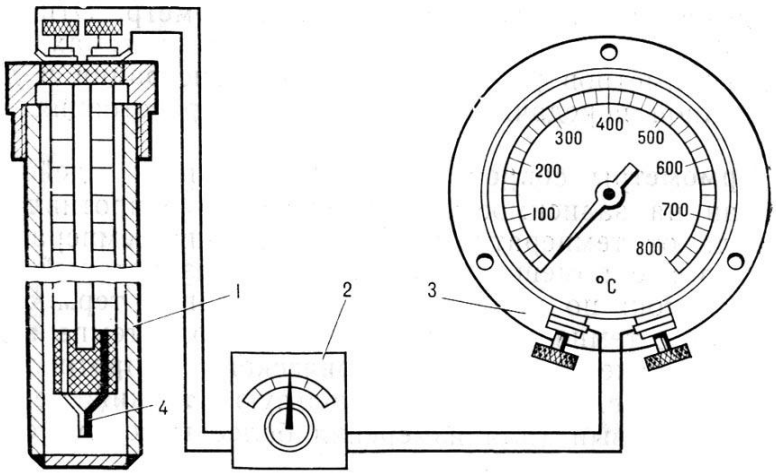


Рис. 20. Термоэлектрический пирометр (термопара)

Термоэлектрический пирометр (термопара). Он состоит из двух изолированных электродов 4 (рис. 20), спаянных на конце. Свободные концы электродов включены в общую электрическую цепь с милливольтметром 3, шкала которого градуирована в градусах Цельсия. Проволочки термопар (за исключением места спая) изолированы одна от другой и от наконечника 1. Принцип работы термопары описан выше. Термопары применяют на судах главным образом для измерения температуры выхлопных газов дизелей и котлов. Поэтому и необходим переключатель 2, к которому можно подключить несколько термопар (по количеству цилиндров двигателя). Погрешность измерения у термопар примерно 3 %. Она зависит от температуры окружающей среды. Поэтому желательно искусственно удлинить проволочки, изготовленные из того же материала и поместить гальванометр там, где температура относительно постоянная.

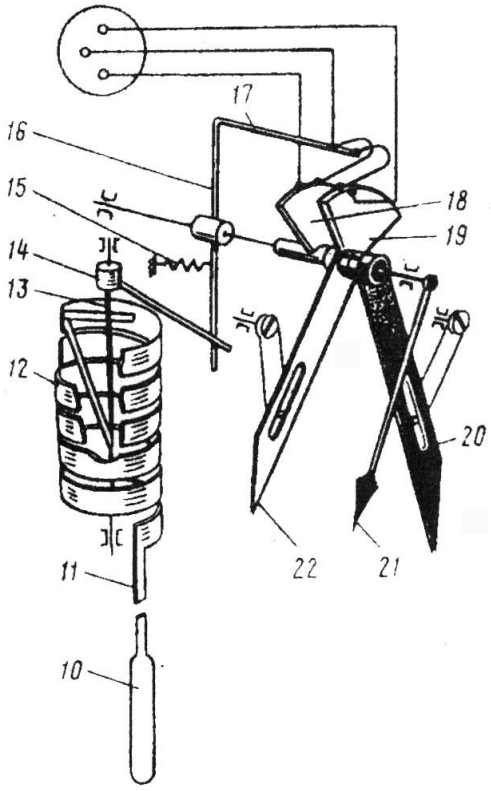


Рис. 21. Термореле ТС – 100

Термореле ТС – 100 (Рис. 21). Чувствительный элемент реле состоит из термопатрона 10 и трубчатой пружины 12, полость которой соединена с термопатроном капиллярной трубкой 11. Запаянный конец пружины 12 соединен с поводком, сидящим на оси 13, несущей рычаг 14 к которому пружиной 15 прижат двуплечий рычаг 16. Он жестко насажен на ось указательной стрелки 21. При повышении температуры патрона 10 пружина 12 начинает раскручиваться и поворачивает ось 13. Рычаг 14 поворачивает рычаг 16, причем пружина 15 растягивается и при этом стрелка 21 показывает на шкале температуру. На рычаге 16 укреплена траверса 17 с двумя подвижными контактами. Когда один контакт находит на контакт сектора 19, замыкается первая сигнальная лампа (предупредительная). При

дальнейшем повышении температуры второй подвижный контакт набегает на контакт сектора 18 и замыкает вторую цепь (аварийную). Реле настраивается на значения температуры срабатывания поворотом секторов 18 и 19, соединенных со стрелками 20 и 22, поворачивая соответствующие винты отверткой.

Глава 3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВАЛОВ

В энергетической установке судна частоту вращения валов измеряют механическими, гидравлическими, электрическими и электронными измерительными устройствами.

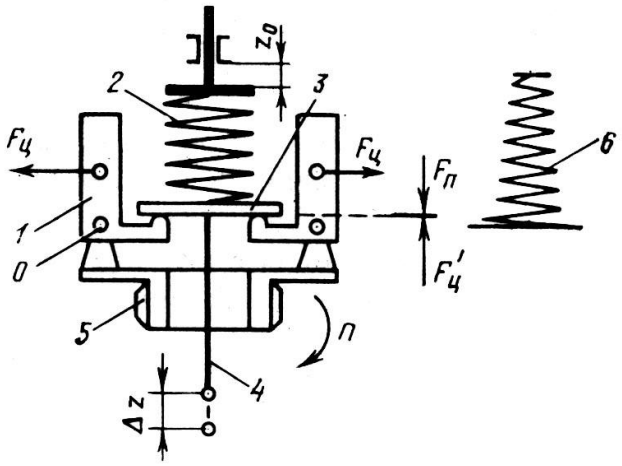


Рис. 22. Механический датчик

Механический датчик (Рис. 22) Принцип действия датчика основан на преобразовании частоты вращения в центробежную силу и сравнении ее с заданной силой действия пружины. В центробежном датчике чувствительным элементом являются грузы 1, свободно сидящие на осях 0 в опорах диска 5. Диск приводится во вращение через механическую передачу от вала механизма, у которого нужно определять частоту вращения. Частота вращения пропорциональна угловой скорости и преобразуется грузами в центробежную силу, которая приводится к муфте сравнивающего устройства 3 и уравновешивается силой действия цилиндрической пружины 2 задающего устройства. Статическую характеристику можно приблизить к линейной, если в датчике цилиндрическую пружину (постоянной жесткости) 2 заменить конической (переменной жесткости) 6. Иногда заменяют пакетом пружин с различной жесткостью. Движущая сила датчика определяется разностью сил действия грузов и пружины. Ее можно повысить, например, путем увеличения массы грузов, однако при этом возрастает инерционность датчика, и ухудшаются его динамические свойства.

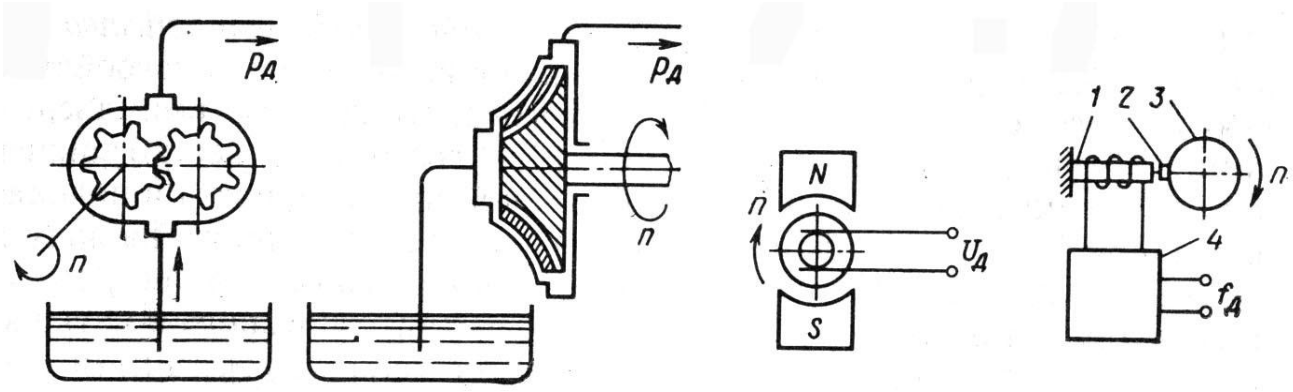


Рис. 23. Гидравлический датчик

В **гидравлическом датчике** чувствительным элементом является насос: шестеренный (рис. 23 а) или центробежный (импеллер, рис. 23 б), навешанный на двигатель. С изменением частоты вращения вала двигателя меняются подача и давление масла на выходе из насоса, т. е. наблюдается однозначное статическое соответствие частоты вращения и давления. Это давление подается на вход датчика, выходным сигналом которого является перемещение выходного звена. Такой датчик настраивают обычно изменением предварительного натяжения пружины датчика давления. Достоинством гидравлических датчиков является малая инерционность вследствие

несжимаемости жидкости и удобство компоновки. Однако они обладают нелинейной и нестабильной статической характеристикой из-за изменения вязкости масла при работе.

В **электрическом измерительном устройстве** датчиком является тахогенератор (рис. 23 в) представляющий собой электрическую машину малой мощности постоянного или переменного тока. При вращении ротора в постоянном магнитном поле в обмотках индуцируется пропорциональная частоте вращения э. д. с., являющаяся выходным сигналом тахогенератора. Достоинством тахогенераторов являются малые размеры и масса, возможность дистанционной передачи сигналов, что позволяет штроко их использовать при автоматизации процессов. Так, в системах контроля напряжение тахогенератора измеряют вольтметром, отградуированным в оборотах в минуту, по показаниям которого определяют частоту вращения вала.

Принцип действия **электронного измерительного устройства** основан на безынерционном действии электронного счетного устройства, работающего с индукционным или фотоэлектрическим импульсным датчиком. Индукционный датчик (рис. 23 г) состоит из жестко закрепленного магнитного сердечника 1 с катушкой индуктивности и подвижного якоря 2 (из магнитомягкого материала), закрепленного на валу 3. При вращении вала якорь (штифт), проходя мимо сердечника, создает пульсирующий магнитный поток, под действием которого в катушке индуцируется э. д. с. Импульсы э. д. с., являющиеся выходными сигналами датчика, с частотой вращения вала поступают на вход частотного преобразователя 4, выходным сигналом которого являются прямоугольные импульсы той же частоты. В системах контроля частоту импульсов э. д. с. измеряют электронным частотомером с цифровым индикатором или со шкалой, отградуированной в оборотах в минуту. Достоинством таких датчиков является бесконтактная связь с вращающимися деталями и высокая точность измерения, повысить которую можно заменой однополюсного якоря многополюсным в виде зубчатого венца.

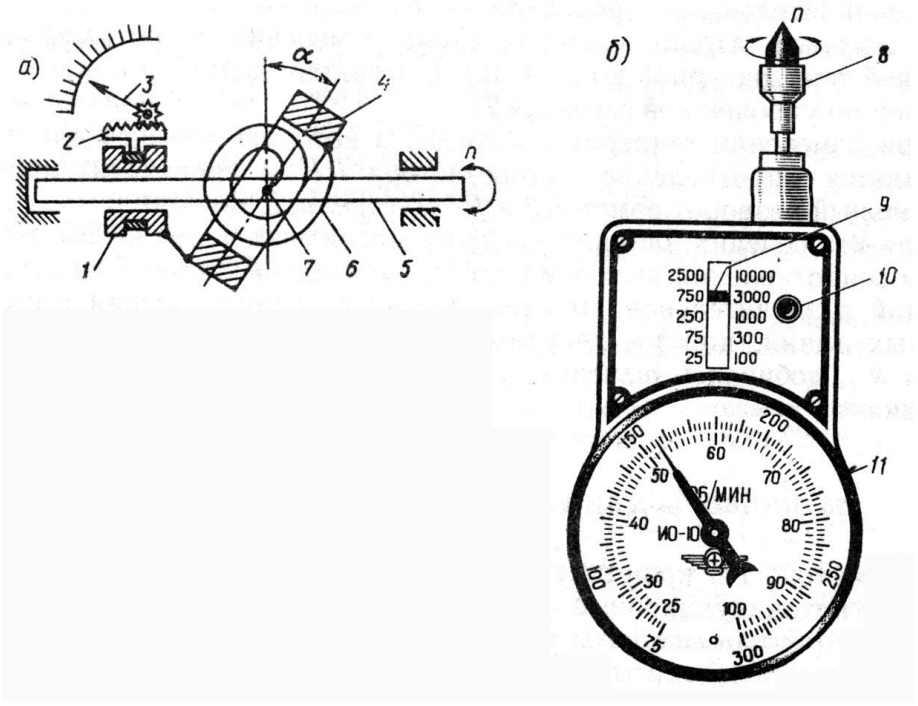


Рис. 24. Механический центробежный тахометр

В **механическом центробежном тахометре** (рис. 24 а) чувствительным элементом является кольцо 4 на оси 7, проходящей через приводной валик 5. Кольцо нагружено спиральной пружиной 6 и связано с подвижной муфтой 1. Муфта через промежуточное кольцо и зубчатую рейку 2 входит в зацепление с шестерней, на оси которой закреплена стрелка 3, движущаяся вдоль шкалы прибора (градация в оборотах

в минуту). Тахометр закреплен неподвижно, а вал 5 приводится во вращение через передачу от вала двигателя.

При установившемся режиме центробежная сила, действующая на вращающееся кольцо 4, уравновешивается силой действия спиральной пружины, и стрелка тахометра неподвижна.

При изменении частоты вращения вала равновесие сил нарушается, вызывая разворот кольца относительно оси 7 на угол альфа, и соответствующий разворот стрелки 3 прибора. Механические центробежные измерительные приборы обладают нелинейной статической характеристикой, поэтому их шкала неравномерная.

Механическим центробежным тахометром типа ИО-10 (рис. 24 б) производят периодический контроль частоты вращения и проверку стационарных тахометров вручную, прижимая наконечник 8 приводного вала тахометра к торце вращающегося вала механизма либо двигателя. В корпусе 11 встроен редуктор с переключающим устройством, позволяющий менять передаточное отношение от наконечника 8 к чувствительному элементу для измерения в пяти диапазонах частоты вращения от 25 до 10000 об/мин. Переключают редуктор и устанавливают указатель 9 путем перемещения вдоль оси наконечника приводного вала при нажатой кнопке 10. В зависимости от установленного диапазона частоты вращения показания прибора определяют по одной из двух шкал.

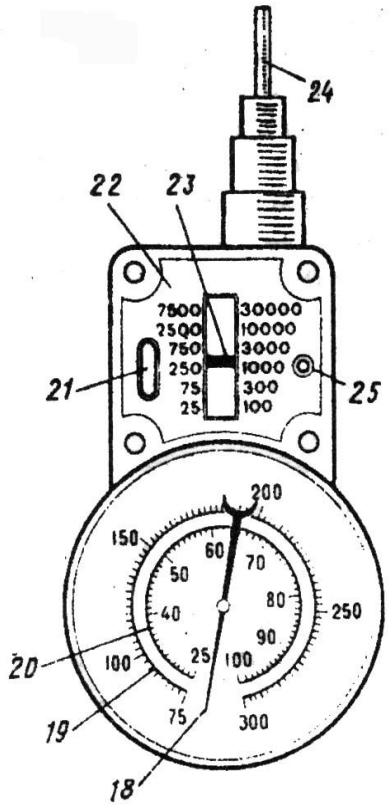
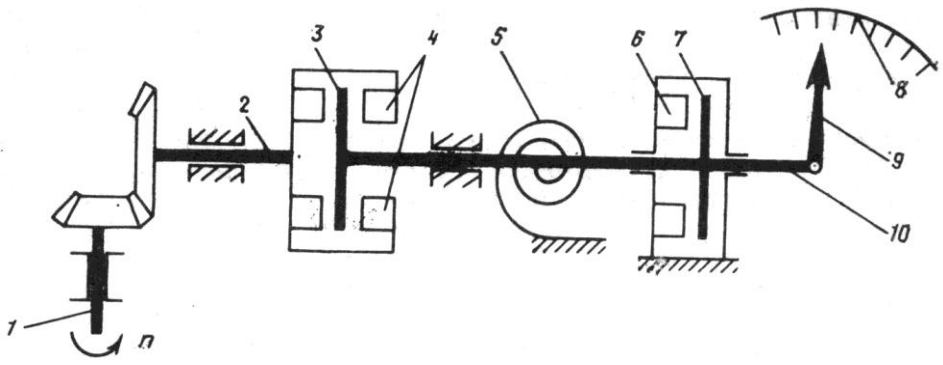


Рис. 25. Тахометр ТС-100

На рисунке 25 изображен **тахометр ТС-100** (тахометр стационарный). Вал 8 его приводится в движение от вала 10 через пару шестерен. Вал 10 соединен с приводом через пружину 9, смягчающую неравномерность вращения вала привода. Масса 5 насажена на ось 11, запрессованную в вал 8. Пружина 12 массы помещена в пазу вала 8. Тяга 13 массы соединена с ползуном 14, помещенным внутри вала 8. Ползун 14 посредством тяги 15, зубчатого сектора и шестерен может поворачивать стрелку 16. Шестерня 17 сцеплена с особым маховиком, инерция которого предотвращает колебания стрелки.

Магнитоиндукционный тахометр (Рис. 26) имеет равномерную шкалу. В тахометре ТМ 1 вращение от приводного вала 1 через конические шестерни и вал 2 передается ротору с постоянными магнитами 4, между



которыми на оси 10 находится алюминиевый диск 3. Под действием вращающегося поля магнитов в диске индуцируется электрический ток, создающий свое магнитное поле. Сила взаимодействия магнитных полей уравновешивается силой действия

волосковой пружины 5, один конец которой закреплен на оси 10, а другой – в корпусе прибора. Пропорционально частоте вращения приводного вала 1

Рис. 26. Магнитоиндукционный тахометр

изменяются действующие силы, разворот диска 3, оси 10 и жестко связанной с ней стрелки 9 вдоль шкалы 8.

В прибор вмонтирован магнитоиндукционный успокоитель, состоящий из алюминиевого диска 7, закрепленного на валу 10 и неподвижной системы с постоянными магнитами 6. При движении в диске 7 индуцируется ток и создается магнитное поле, взаимодействующее с полем постоянных магнитов. А так как сила взаимодействия этих поле направлена в сторону, противоположную движению диска, то происходит торможение его движения и колебаний стрелки прибора. В дистанционных магнитоиндукционных тахометрах вал 2 может быть приведен во вращение через сельсинную связь.

Электрические тахометры (Рис. 27) служат для дистанционного контроля направления и частоты вращения валов. В тахометре **К16** тахогенератор 3 постоянного тока, приводимый во вращение от вала через цепной привод 2, является датчиком частоты вращения вала 1. К датчику может быть подключено до восьми показывающих приборов 4 (вольтметров постоянного тока, шкалы которых градуированы в единицах измерения частоты вращения). Передаточное отношение от вала 1 к датчику определяется соотношением числа зубьев звездочек цепного привода и должно быть таким, чтобы номинальные частоты вращения вала и якоря датчика совпадали. Если при номинальной частоте вращения вала напряжение, вырабатываемое датчиком, не равно 30 В, то необходимо корректировать положение магнитного шунта. При правом и левом вращении якоря с номинальной частотой разность напряжений не должна превышать 0,1 В. В противном случае необходимо корректировать нейтральное положение траверсы щеткодержателей.

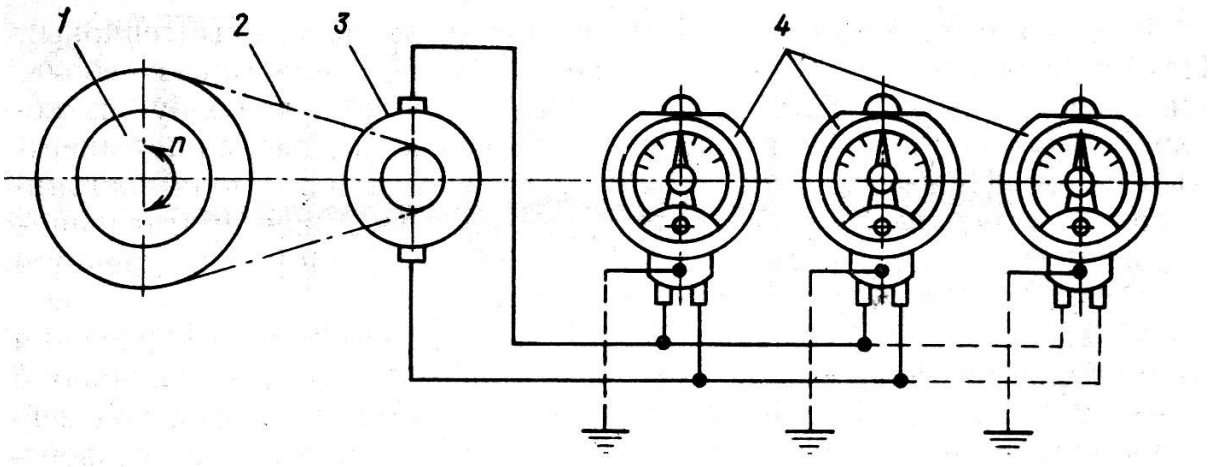
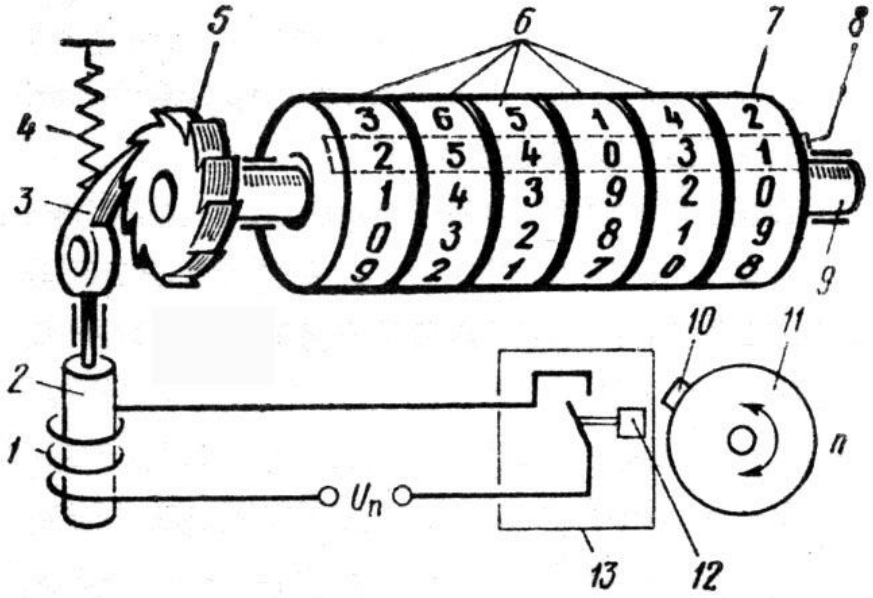


Рис. 27. Электрический тахометр К16

Упрощенная принципиальная схема дистанционного **электромеханического счетчика оборотов** (работомер) (Рис. 28). Они бывают, как и тахометры стационарными и переносными. Стационарный работомер включается в работу с начала эксплуатации двигателя: по нему определяют ресурс установки. На валу 9 жестко закреплены храповое колесо 5 и цифровой барабан 7, а цифровые барабаны 6 свободно насажены на вал. Барабаны кинематически соединены между собой так, что при полном обороте каждого из них соседний слева разворачивается на 1/10 оборота. На каждый барабан нанесены цифры от 0 до 9. Таким образом, обеспечивается десятичная система отсчета. Число читается в рамке прибора 8. Колесо 5 входит в зацепление с храповиком 3, который в одну сторону перемещается под действием пружины 4, а в другую - якорем 2 электромагнитной катушки 1. Катушка получает питание от сети через

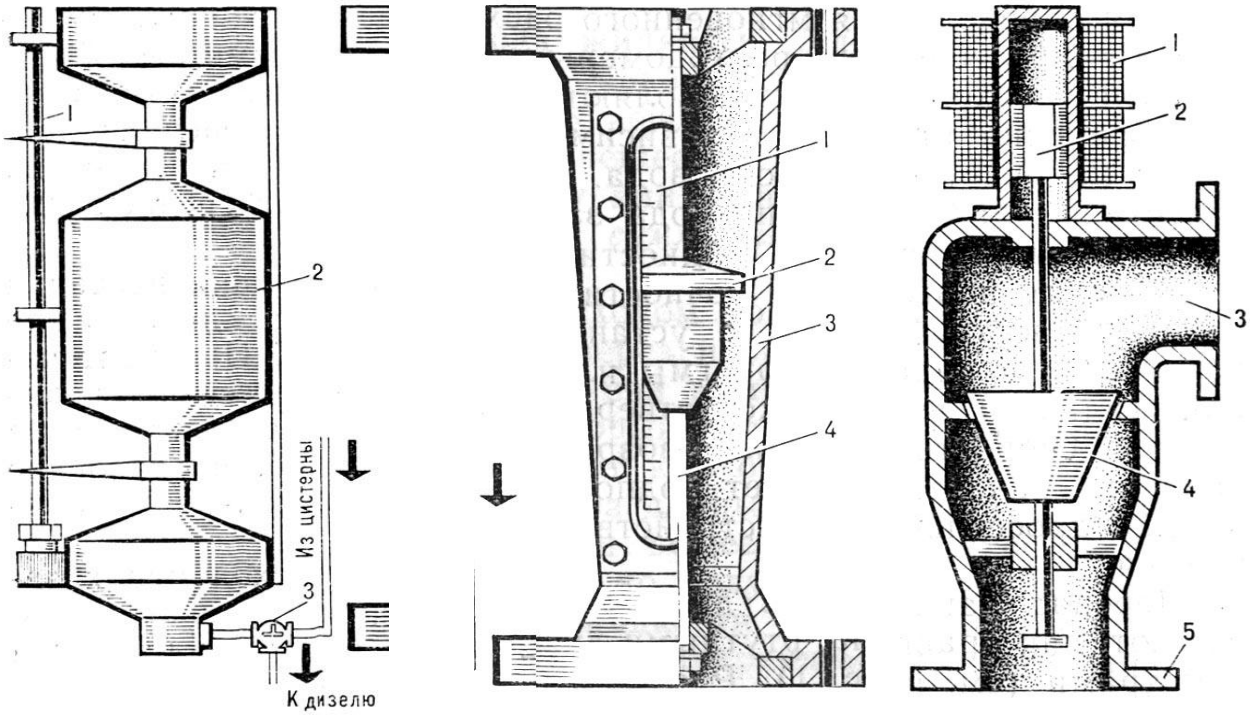


герметичные контакты выключателя 13. В выключателе на пластинчатой пружине с контактом закреплен постоянный магнит 12. Выключатель крепится к корпусу двигателя таким образом, чтобы между якорем 12 и стальным штифтом 10 вала 11 был установлен зазор, обеспечивающий притягивание якоря и замыкание цепи питания катушки 1.

Рис. 28. Электромеханический счетчик оборотов

Широко распространены магнитоуправляемые контакты (герконы). Прибор представляет собой две тонкие пермалоевые пластины с небольшим зазором между концами, впаянные в стеклянную колбу, из которой выкачан воздух (в некоторых приборах колбу заполняют инертным газом). При появлении вблизи геркона магнитного поля постоянного или электрического магнита происходит взаимное притягивание (прогиб) пластин и замыкание контактов. Постоянный магнит крепится на вращающемся валу 11 вместо штифта 10.

При каждом обороте вала независимо от направления его вращения катушка 1,



получив питание, втягивает якорь 2 и смещает храповик 3 на один зуб колеса 5. При обесточивании катушки храповик под действием пружины 4 смещается в

первоначальное положение, разворачивает колесо 5, вал 9 и барабан 7 на 1/10 оборота, что приводит к изменению показаний счетчика на одну единицу. Через один оборот барабана 7 соседний барабан 6 разворачивается на 1/10 оборота, отсчитав десять оборотов вала 11, и т. д.

Рис. 29. Мерный бак Рис. 30. Ротаметр Рис. 31. Поплавок

Глава 4. РАСХОДОМЕРЫ

Для оценки работы СЭУ необходимо знать, какое количество топлива, масла, воды, пара и других веществ расходуется ею в единицу времени. Расход вещества определяют в кубических метрах за секунду или килограммах за секунду. Различают мгновенный, суммарный и средний расход вещества.

Под мгновенным расходом понимают количество вещества, протекающего через поперечное сечение трубопровода в единицу времени в момент измерения. Суммарный расход за некоторый промежуток времени (час, вахту, сутки) определяют как общее количество вещества, израсходованного за данный промежуток времени. Если замеренный расход вещества за какое-то время разделить на это время, то получится средний расход вещества. Количество жидкости можно определить по объему непосредственным измерением или по скорости протекания ее через трубу заданного диаметра, а объем газов – по скорости их протекания через трубопровод или отверстие известного диаметра. Средний расход топлива, воды и масла в цистернах можно установить, например, уровнемером по разности замеров в начале и конце вахты.

Расход топлива, например, определяют **мерным баком** (Рис. 29), состоящим из трех частей, соединенных трубками. Объем среднего бака заранее известен, он должен обеспечить двигатель топливом при работе на полной мощности в течение 3 – 5 минут.

Мерный бак заполняют топливом перед началом испытаний через кран 3. И как только уровень топлива, во время работы двигателя на топливе из бака, достигнет верхней ее стрелки, включают секундомер. Выключают при снижении уровня до нижней стрелки. Зная объем мерного бака 2 и плотность топлива, можно определить его средний расход.

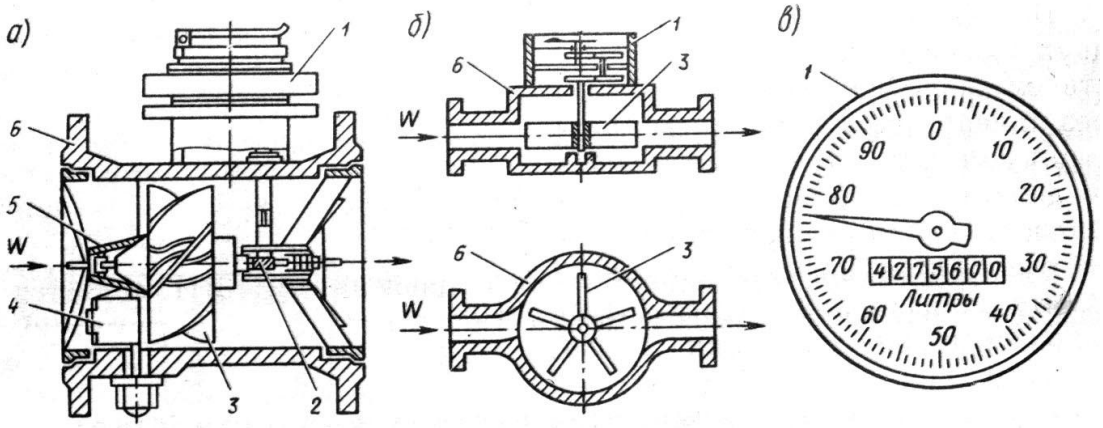
Действие ротаметров основано на изменении проходного сечения прибора пропорционально расходу жидкости. Простейший **ротаметр** (Рис. 30) состоит из конической трубки (втулки) 3, внутри которой на направляющем стержне 4 установлен ротор 2. Жидкость, расход которой измеряют, протекая через прибор снизу вверх, поднимает ротор, увеличивая кольцевой зазор между ним и конической трубой 3. Ротор поднимается до тех пор, пока масса его не уравновешивается силами взаимодействия потока. Расход жидкости определяют визуально по положению верхней кромки ротора относительно стеклянной шкалы 1. Ротаметры имеют ряд преимуществ по сравнению с дроссельными расходомерами: схемы включения их не требуют внешних соединительных линий; они имеют простую шкалу отсчета местных показаний; дистанционная передача сигналов в таких приборах осуществляется простейшей телеметрической системой с индуктивным преобразователем.

Чувствительным элементом **ротаметра с индуктивным преобразователем** является поплавок 4, соединенный через шток сердечником 2 катушки индуктивности 1

Рис. 32. Дроссельные расходомеры

(Рис. 31). Жидкость, расход которой измеряют, поступает в конусную трубку 3 через нижний патрубок 5. При движении ее кольцевой зазор между конусной трубкой и поплавком увеличивается до тех пор, пока динамическое действие потока не уравновешивается массой поплавка. Каждому значению расхода жидкости (в зависимости от ее плотности и кинематической вязкости) соответствует определенное положение поплавка, а, следовательно, и определенное положение сердечника катушки, включенную в электрическую схему измерений.

Для определения мгновенного расхода жидкости применяют **дроссельные расходомеры** (Рис. 32). Они позволяют установить мгновенные значения расхода в



зависимости от перепада давлений на участке трубопровода. Перепад давлений на известной длине трубопровода зависит от средней скорости потока и расхода жидкости. Чтобы повысить точность определения перепада давлений, в трубопроводе

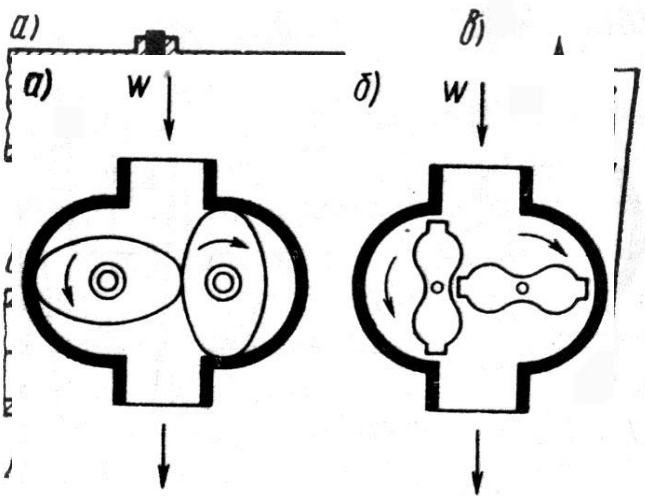
Рис. 33. Скоростные измерители

устанавливают дроссельное устройство в виде диафрагмы или сопла. При протекании жидкости через узкое отверстие в дроссельном устройстве скорость потока возрастает, а статическое давление падает. За счет подпора жидкости давление перед дроссельным устройством несколько повышается. Перепад давлений в дроссельных расходомерах замеряют, как правило, ртутными дифманометрами (см. рис. 5 данного пособия). Расход жидкости или газа в этом случае определяют по формуле.

Приборы, которые служат для определения суммарного потока жидкости, называются **счетчиками расхода.**

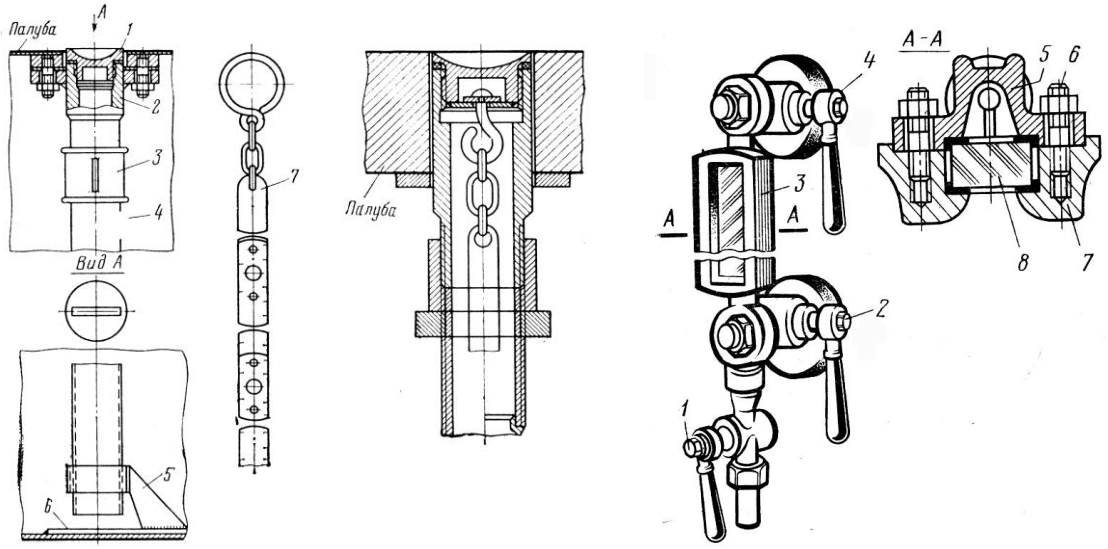
Рис. 34. Объемный шестеренный измеритель

В скоростных измерителях (анемометрических) чувствительным элементом является спиральная или крыльчатая вертушка (рис. 33 а, б), вращаемая набегающим потоком с частотой, пропорциональной расходу жидкой среды. Принцип действия таких измерителей одинаков. В корпусе 6 измерителя (см. рис. 32 а) ось спиральной



вертушки 3 совпадает с направлением потока среды. Вращение вертушки передается через винтовые шестерни 2 и редуктор счетному механизму 1 стрелочного, дискового либо комбинированного типа. Для определения количества жидкости, прошедшей через прибор, необходимо записать показание счетчика (рис. 32 в) до ее пропускания и вычесть это значение из показаний после пропускания. Чтобы исключить погрешности измерения из-за завихрений потока, в корпусе на входе установлен струевыпрямитель 5 с лопастями, направляющими поток вдоль оси прибора. Поворотная лопасть 4 служит для регулирования показаний счетчика в соответствии с действительным расходом среды.

Для измерения малых расходов (до 3,5 м 3/ч) применяют измеритель с



крыльчатой вертушкой (см. рис. 33 б), ось которой перпендикулярна оси потока среды.

Рис. 35. Конструкции измерительных труб Рис. 36. Указатели уровня воды в котлах

В **объемном шестеренном измерителе** (Рис. 34) жидких сред ЧЭ состоит из двух овальных шестерен, вращающихся в камере под действием давления движущегося потока. За полный оборот шестерен через камеру проходит количество жидкости, равное объему между шестернями и цилиндрическими частями камеры. Тогда суммарный расход жидкости пропорционален числу оборотов шестерен и определяется по счетчику, который связан с ней осью. Аналогично работает объемный ротационный счетчик, в котором шестерни заменены вращающимися роторами с поперечным сечением в виде восьмерки.

Глава 5. УРОВНЕМЕРЫ

Количество жидкости в танках и цистернах измеряют косвенно через измерительные трубы специально отторированными рейками и уровнемерами. Конструкции измерительных труб показаны на рис. 35, а съемные и постоянные со штатной рейкой на рис. 35, б.

Съемная измерительная труба 4 соединительной муфтой 3 крепится к палубной втулке 2, закрываемой крышкой 1. Нижний конец измерительной трубы поддерживается кронштейном 5, планка 6 которого приварена к днищевой обшивке корпуса судна. Уровень жидкости в танке (отсеке) измеряют, опуская в трубу метршток (измерительную линейку) 7. Шкала метрштока градуируется либо в линейных единицах, либо в единицах объема жидкости (в последнем случае учитывается геометрия танка). Часто измерительные трубы совмещают с воздушными, служащими для выравнивания давления газов в танке с атмосферным давлением.

Уровень воды в котлах определяют по **указателям** (рис. 36). Призматический корпус 3 прибора кранами 4 и 2 соединен с паровой и водяной полостями котла. Между рамкой 5 корпуса и крышкой 7 шпильками 6 закреплено призматическое стекло 8. С

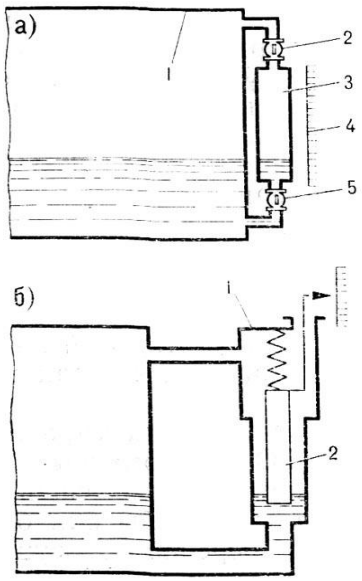


Рис. 37. а) мерные стекла;
б) поплавковые уровнемеры

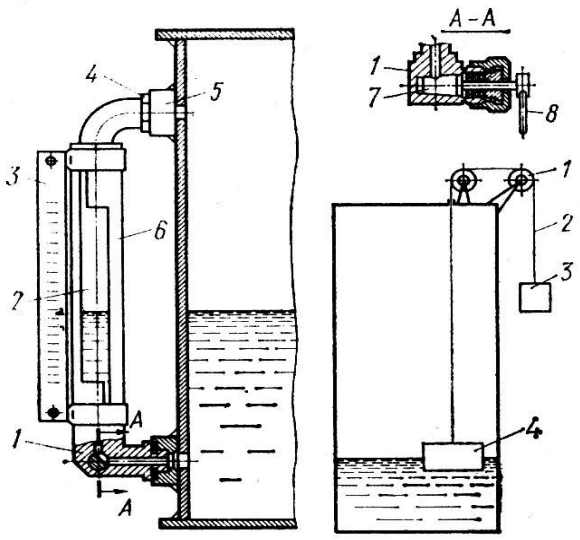
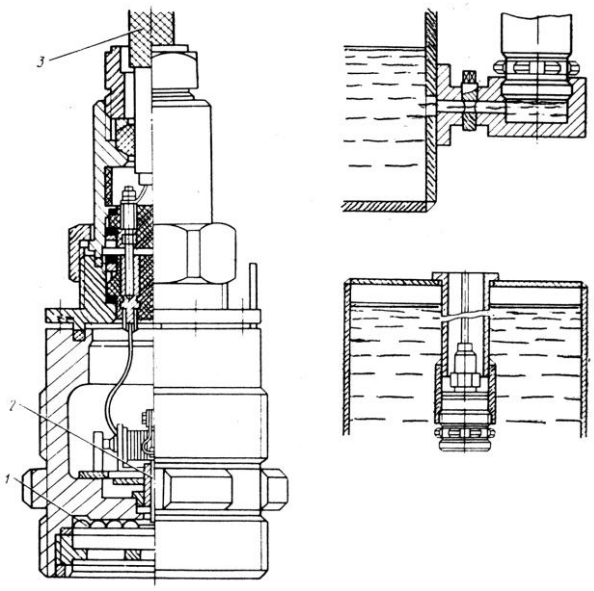


Рис. 38. Дистанционный указатель уровня УУЖЭК-60

помощью кранов 2 и 4 указатель уровня можно отсоединить от котла (например, вслучае замены стекла или прокладки). В рабочем положении краны 2 и 4 должны быть открыты, а кран 1 закрыт. Для проверки исправности прибора и очистки стекла от грязи его следует периодически продувать. Продувка может производиться водой (при открытых кранах 2 и 1), паром (при открытых кранах 4 и 1) или одновременно паром и водой. На рамке прибора укреплены стрелки указатели высшего и низшего уровня воды в котле. Стекла выполняют рифлеными изнутри (стекла Кринкера) для лучшего наблюдения за уровнем воды, которая, преломляясь, дает темный цвет.

Мерные стекла (Рис. 37 а) представляют собой цилиндрическую трубку 3, смонтированную в специальном защищающем от повреждений корпусе. Трубка сообщается с объектом контроля 1 через краны 2 и 5. Количество жидкости в объекте определяют по шкале 4. Для более четкого изображения границы уровня в мерном стекле внутри его вставляют капроновый ярко окрашенный стержень. В результате этого контролируемая жидкость становится также ярко окрашенной даже при



загрязнении мерного стекла.

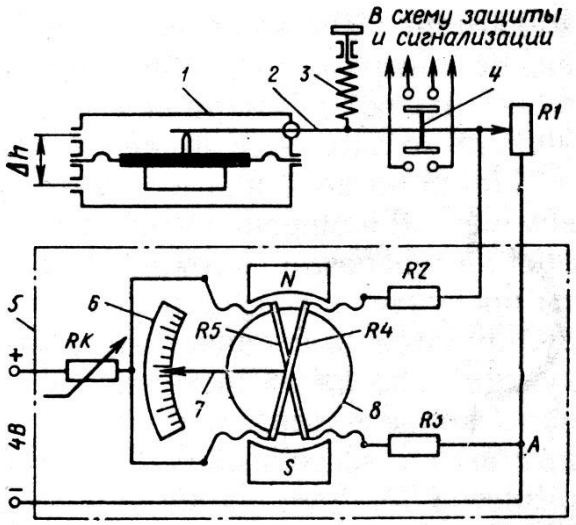


Рис. 39. Схема дистанционного указателя уровня с мембранным ЧЭ 1

Широкое применение на судах получили **поплавковые уровнемеры** (Рис. 37 б). Поплавки в измерителях уровня выполняют в виде пустотелого шара, либо цилиндра 2 нагруженного пружиной. Их располагают как внутри цистерны, так и в выносной камере 1, соединенной с объектом контроля соответствующими трубками. На шкале наносят контрольные отметки, соответствующие рабочему и предельно допустимому уровню жидкости в контролируемом объекте.

Рис. 40.Уровнемеры, применяемые в паровых котлах

Рассмотренные уровнемеры просты по конструкции и принципу работы. Однако из-за трения в соединениях они обладают малой чувствительностью, при качке судна могут давать ложные показания, и не всегда обеспечивают дистанционный контроль измерений.

Дистанционный указатель уровня УУЖЭК-60 (Рис. 38) (указатель уровня жидкости электрический корабельный). Принцип действия его основан на использовании упругих свойств мембраны 1, прогибающейся под давлением столба жидкости. Прогиб мембраны через передаточное устройство 2 потенциометра преобразуется в сопротивление элементов электрической схемы, что вызывает в приемном устройстве отклонение стрелки на угол, пропорциональный изменению давления на мембрану. Шкала приемного устройства описанного прибора протарирована в метрах столба измеряемой жидкости. Приемник (измеритель) и датчик соединены кабелем 3. Датчик может быть размещен снаружи цистерны (рис. 38 б) или внутри танка, в трубе (рис. 38 в). Схема дистанционного указателя уровня с мембранным ЧЭ 1 показана на рисунке 39.

Такие **уровнемеры** (Рис. 40) чаще применяют в паровых котлах. Изменение уровня приводит к пропорциональному перемещению выходного рычага 2 и связанного с ним движка реохорда R1, включенного в измерительную цепь логометра 5. Принцип действия логометра основан на измерении сопротивления мостовой схемой с температурной компенсацией. Подвижная часть логометра состоит из двух скрещенных под углом рамок с катушками индуктивности, обладающими активными сопротивлениями R4 и R5, ток к которым подводится через спиральные волосковые пружины. На оси рамок закреплена стрелка 7, перемещающаяся вдоль шкалы 6 прибора. Рамки вращаются между сердечником 8 и полюсами N и S постоянного магнита в пространстве, где напряженность магнитного поля различна из-за переменного воздушного зазора магнитной системы.

Проходя по рамкам, ток создает вокруг них магнитные поля, которые взаимодействуют с полем постоянного магнита, образуя два вращающих момента, направленных навстречу друг другу. При установившемся режиме моменты уравновешены и рамка неподвижна. При смещении движка реохорда изменяется сопротивление и сила тока в цепи, нарушается равновесие моментов сил и происходит разворот рамки и стрелки.

Сопротивление RK изменяется при изменении температуры окружающей среды и компенсирует ее влияние на показания логометра. Соответствие между значением уровня по водомерному стеклу котла и показанием логометра регулируют изменением натяжения настроечной пружины 3 датчика. При предельном снижении или повышении уровня якорь 4, закрепленный на рычаге 2, замыкает контакты цепей защиты и

сигнализации, вызывая их срабатывание. Настройку на предельные значения уровня производят изменением зазоров между якорем и контактами – смещением последних.

Дистанционный емкостный измеритель (Рис. 41) применяют для измерения уровня в танках и цистернах. Датчик уровня представляет собой конденсатор Сд, Одной обкладкой которого является поверхность стенок металлического резервуара 1, а другой – поверхность проводника зонда 2, вертикально закрепленного в резервуаре. Проводник зонда помещен в герметичную изоляционную оболочку из фторопласта. Емкость конденсатора Сд зависит от уровня жидкости в резервуаре, складываясь из емкости части датчика, расположенной выше поверхности жидкости, С1 и ниже ее – С2. Жидкость и воздух либо смесь газов над ее поверхностью обладают различными диэлектрическими свойствами, однако суммарная емкость $C_д$ = С1 + С2 линейно зависит от уровня жидкости и является выходным параметром датчика.

Принцип действия измерительной части прибора основан на мостовом методе измерения емкости $C_д$. С блока питания БП питание подается на генератор высокой частоты ГВЧ, от которого ток высокой частоты поступает в катушки индуктивности L1 и L2. От этих катушек индуцируются высокочастотные колебания в катушках L3 и L4, образующий два плеча моста переменного тока. Другие два плеча образованы конденсаторами $C_б$ и С3. В диагональ моста подается переменный высокочастотный ток, который выпрямляется диодом VD1 и через резистор R1 идет на миллиамперметр (показывающий прибор) mA. Шкала прибора градуирована в единицах уровня либо в процентах. Для установки стрелки на 0 при нулевом уровне жидкости в резервуаре предусмотрена подача тока на прибор в обратном направлении от БП через переменный резистор R2, позволяя свести к нулю результирующий ток прибора.

При повышении уровня жидкости в резервуаре изменяется емкость конденсатора $C_д$, нарушается равновесие токов и стрелка показывающего прибора отклоняется на расстояние, пропорциональное их разности. Несоответствие показаний прибора при максимальном уровне корректируют переменным резистором R1 с последующей установкой нуля резистором R2.

При смене сорта жидкости в резервуаре измеритель необходимо корректировать. В случае вязких сред наблюдается «облипание» зонда, что приводит к увеличению погрешности измерения. Для устранения этого следует зонд периодически очищать.

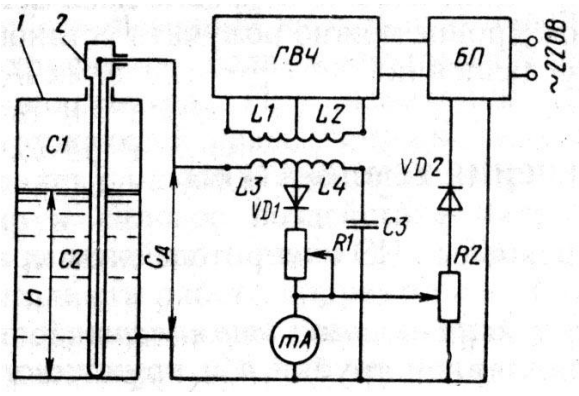


Рис.41. Дистанционный емкостный измеритель

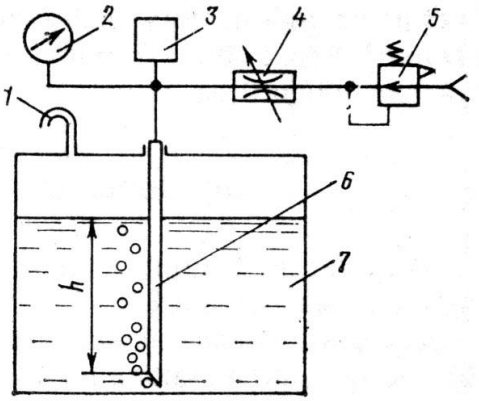


Рис. 42. Пневмеркаторные системы

Пневмеркаторные системы (Рис. 42) широко распространены для измерения уровня жидкости в балластных и топливных танках. Роль ЧЭ измерителя выполняет вертикальная труба 6, нижним свободным концом установленная вблизи днища танка 7. Через стабилизатор 5 давления воздуха и дроссель 4 к верхнему концу трубы подводится сжатый воздух. Жидкость вытесняется из трубы воздухом, который в виде пузырьков поднимается на поверхность и отводится через трубку 1 в атмосферу. При постоянной плотности жидкости давление воздуха в трубе 6 однозначно характеризует уровень жидкости в танке. Это давление измеряется манометром 2 со шкалой, градуированной в единицах уровня.

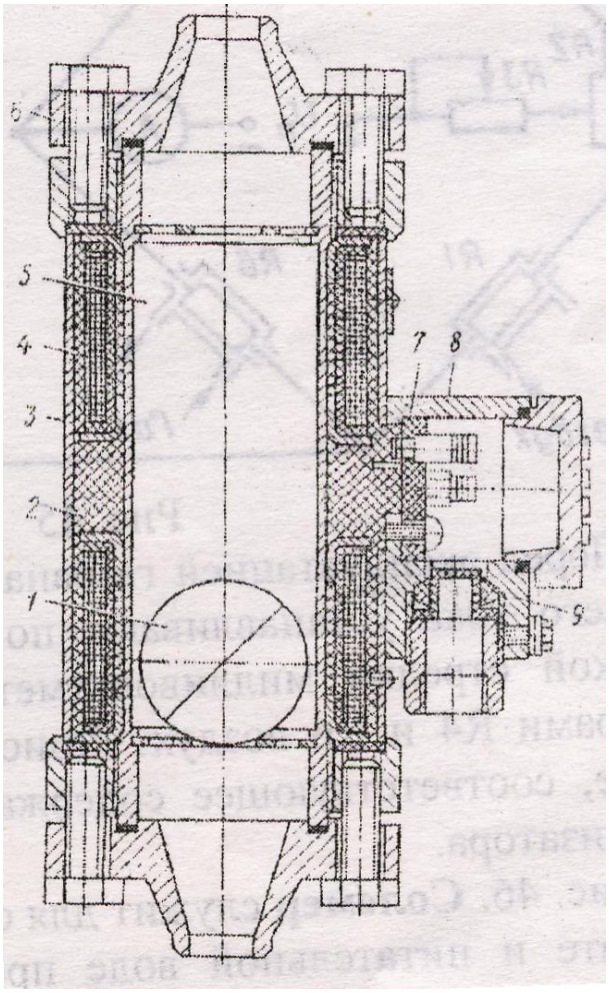


Рис. 43. Реле поплавкового типа ПРУ 5

Шкала каждого прибора градуируется для определенной плотности жидкости с указанием ее значения. Для измерения уровня в топливно-балластных танках прибор может быть снабжен двумя шкалами, по одной из которых определяют уровень топлива, по другой – воды. Точность измерения зависит от различия плотностей жидкости, заполняющей цистерну, и той, на которую рассчитан прибор, а также от интенсивности движения потока воздуха через трубу 6. Подачу воздуха регулируют настройкой СДВ. Она должна быть минимальной (выход 1 – 3 пузырька воздуха в секунду) при максимальном уровне жидкости в танке. Информацию о максимальном уровне можно получить установкой сигнализатора 3 максимального давления.

Реле поплавкового типа ПРУ 5 (Рис. 43)**.** В качестве датчиков уровня в системах СПАСЗО используют в основном реле поплавкового типа. Поплавковая камера 5 реле выполнена из немагнитного материала и фланцами 6 соединена с цистерной. На корпус поплавковой камеры намотаны две катушки индуктивности 4. Снаружи камера 5 закрыта кожухом 3. Пространство между кожухом и катушками заполнено изоляционным материалом 2. Зажимы 7 датчика смонтированы в корпусе 8, ввод кабеля в который уплотнен кольцами 9. Датчик включается в электрический мост переменного тока с активным электрическим сопротивлением резисторов. С изменением уровня жидкости в камере 5 поплавок 1 из магнитной стали, поднимаясь или опускаясь, изменяет сопротивление электрического моста и в цепь СПАСЗО подается соответствующий сигнал об уровне жидкости в контролируемом резервуаре. В качестве бесконтактных датчиков уровня воды используют также металлические штыри, изолированные от корпуса прибора. При погружении в воду электрическое сопротивление между штырем и корпусом изменяется от бесконечности (на воздухе) до 0,5 – 3 кОм (в воде). С достижением определенного электрического сопротивления среды (уровня воды) реле замыкает или размыкает соответствующую цепь сигнализации.

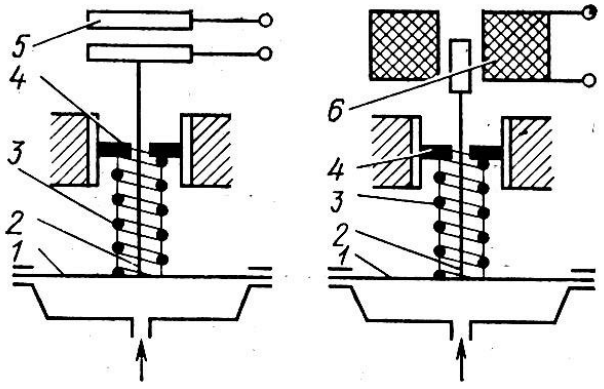


Рис. 44. Схема реле

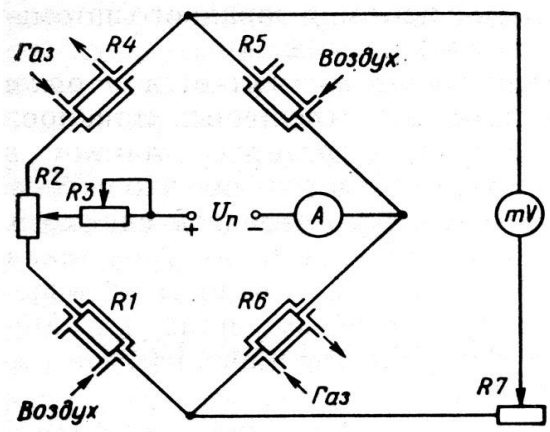


Рис. 45. Газоанализатор с мостовой схемой измерения

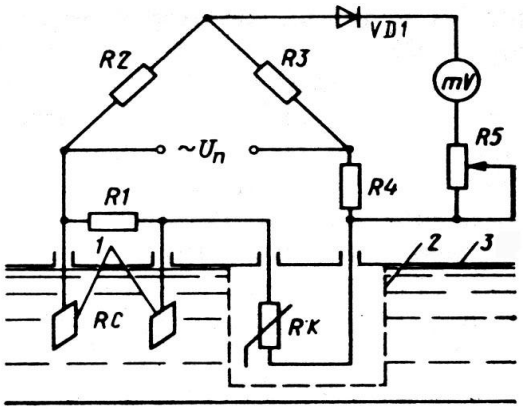


Рис.46. Солемер

Глава 6. АНАЛИЗАТОРЫ

Газоанализатор с мостовой схемой измерения (Рис. 45) непрерывно измеряет содержание двуокиси углерода CO_2, окиси углерода CO и смеси окиси углерода с водородом CO + H_2 в уходящих газах паровых котлов, газовых турбин и ДВС.

В измерительной схеме газоанализатора для определения содержания CO_2, а следовательно, и коэффициента избытка воздуха датчиками являются платиновые проволочные резисторы R1, R4, R5, R6, образующие плечи неуравновешенного моста. К одной диагонали моста через регулировочный резистор R3 и амперметр A подводится питание Un от источника постоянного тока, а к другой через резистор R7 подключен милливольтметр mV со шкалой, градуированной в процентах CO_2. Помещены датчики в камеры, две из которых с резисторами R1 и R5 заполнены воздухом, а две другие с R4 и R6 прокачиваются сухими дымовыми газами, содержащими CO_2, CO, O_2 и N_2. Теплопроводности CO, O_2 и N_2 вблизи к теплопроводности воздуха, а теплопроводность CO_2 примерно в два раза меньше. При прохождении тока резисторы R4 и R6 нагреваются больше, чем R1 и R5, так как воздух отбирает у них теплоту интенсивней, чем дымовые газы, содержащие CO_2. А чем больше разность температур датчиков, тем выше разность их сопротивлений, больше выходное напряжение во второй диагонали моста и показания милливольтметра.

На точность измерений в значительной степени влияет содержание в уходящих газах водорода, теплопроводность которого почти в 15 раз больше, чем углерода. Для устранения этого влияния перед датчиком устанавливают специальные электропечи дожигания водорода.

Перед эксплуатацией газоанализатор следует проверить и настроить. Заданное значение питающего тока устанавливают по метке амперметра A резистором R3. Балансируют мост установкой стрелки милливольтметра на нуль резистором R2, пропуская через камеры с резисторами R4 и R6 воздух. Резистором R7 показания милливольтметра устанавливают на значение, соответствующее содержанию CO_2 в дымовых газах, по показаниям образцового газоанализатора.

Солемер (Рис. 46) служит для определения содержания различных солей в воде. Так как в конденсате и питательной воде преимущественно содержится хлористый натрий NaCl, то судовые солемеры могут быть градуированы в градусах Брандта и показывать содержание хлоридов.

Принцип действия электрического солемера основан на изменении электропроводности растворов в зависимости от содержания в них солей. Датчик солености состоит из двух электродов 1, помещенных в исследуемую среду в емкости (трубопроводе) 3. Сопротивление воды между электродами RC уменьшается с ростом солености и увеличением температуры. Поэтому для компенсации температурных влияний на работу датчика последовательно с электродами RC включен терморезистор

RK, герметичный корпус 2 которого омывается исследуемой средой. Сопротивление датчиков 1 и 2 образуют плечо неуравновешенного моста переменного тока, к одной диагонали которого подведено питание, а к другой через диод VD1 и резистор R5 подключен милливольтметр mV со шкалой, градуированный в единицах солености. С изменением солености меняются разбаланс моста и показания прибора. Переменным резистором R5 устанавливают показания милливольтметра на значение солености в соответствии с результатами химического анализа пробы.

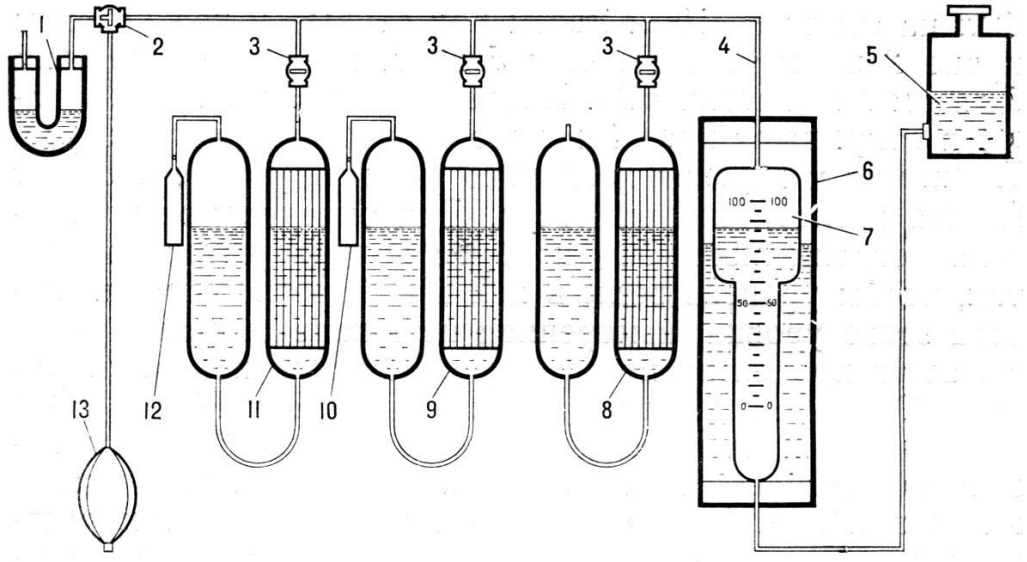


Рис. 47. Газоанализаторы «ОРСа»

Кроме вышеописанного электрического газоанализатора применяются также и газоанализаторы «ОРСа». (Рис. 47). Для полного сгорания всякого топлива требуется определенное количество воздуха. Измерить непосредственно количество воздуха, поступающего в топку котла или цилиндры двигателя, довольно трудно. Поэтому о количестве и, следовательно, качестве сжигания топлива судят косвенно – по анализу выпускных газов. На судах содержание углекислого газа CO_2, кислорода O_2 и окиси углерода CO в выпускных газах определяют ручным переносным **газоанализатором «ОРСа».** Он состоит из трех поглотительных сосудов для определения содержания (%): 8 – CO_2; 9 – O_2 и 11 – CO. Каждый сосуд имеет два стеклянных цилиндра, соединенных общей трубкой 4 кранами 3. Чтобы избежать попадания воздуха в сосуды 9 и 11, на их патрубки надеты резиновые чехлы 10 и 12. Сосуды заполняют соответствующими реактивами: раствором едкого калия для поглощения углекислого газа, щелочным раствором пирогалловой кислоты для поглощения кислорода и аммиачным раствором хлористой меди для поглощения окиси углерода.

Проба газа очищается от механических примесей в фильтре 1. При взятии пробы газа пользуются колбой 5. Последняя заполнена подкрашенной водой и резиновой трубкой соединена с измерительной бюреткой 7. В целях охлаждения бюретку помещают в стеклянный цилиндр 6, заполненный водой. Перед взятием пробы газа колбу 5 устанавливают так, чтобы уровень воды в бюретке 7 был на отметке «100». Затем при открытом трехходовом кране 2 перемещают колбу 5 вниз, заполняя бюретку 7 газом до отметки «О». После этого кран 2 перекрывают и открывают кран 3 первого поглотительного сосуда. Поднимая и опуская несколько раз колбу 5, перегоняют газы в поглотительный сосуд. Для определения количества поглощенного CO_2 колбу с водой устанавливают так, чтобы уровень воды в ней и в бюретке совпал, высота этого уровня , измеренная по шкале бюретки, показывает в процентах по объему количество поглощенного газа. Точно так же определяют содержание кислорода и CO в оставшемся объеме газа. После взятия пробы газ с помощью резиновой груши 13 при поднятой колбе удаляют из прибора. В связи с очень низкой **стойкостью** раствора для поглощения CO чаще всего с помощью газоанализатора «ОРСа» определяют только

содержание CO_2 и O_2. Содержание CO (%) в отходящих газах находят по формуле. Состав выпускных газов является одним из диагностических параметров характеризующих состояние дизелей.

Глава 7. ПРОЧИЕ ПРИБОРЫ

Несмотря на то, что различные косвенные методы определения мощности сравнительно просты и не требуют дорогостоящих приборов, он разработаны для определенных условий и погрешность их довольно велика.

Наиболее точным методом определения эффективной мощности является торсиометрирование дизеля. Применяемые для этой цели приборы **(торсиометры)** позволяют измерять фактическое значение мощности независимо от технического состояния дизеля, метеорологических условий и других факторов. Торсиометры бывают индуктивные, акустические, тензометрические и оптические.

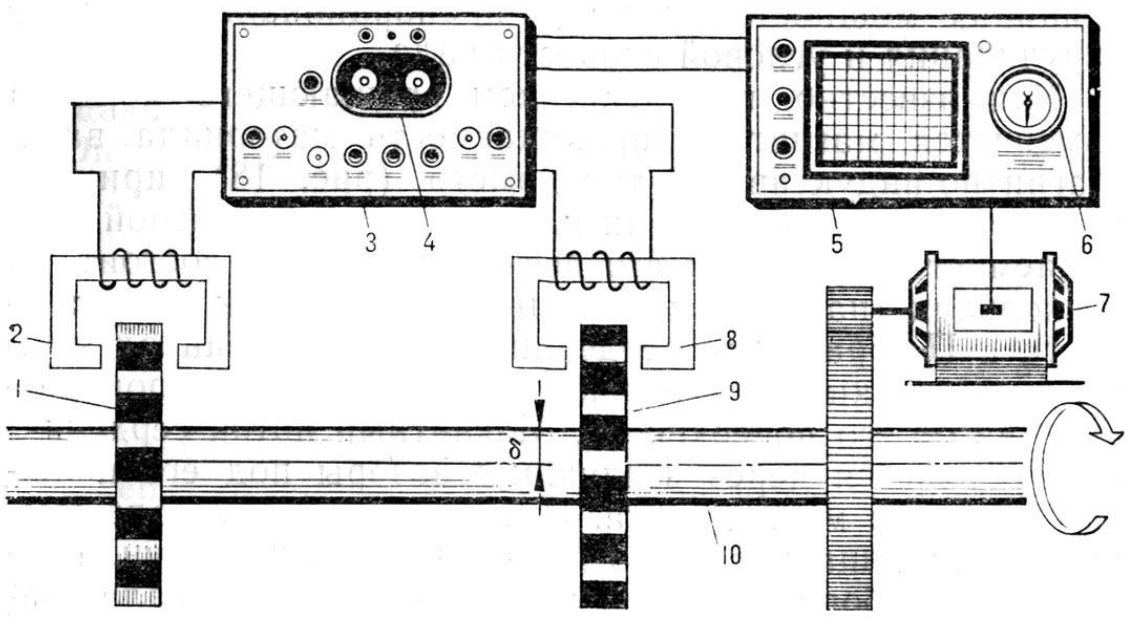


Рис. 48. Индуктивный торсиометр с фазочувствительным измерителем мощности

Индуктивный торсиометр (Рис. 48) с фазочувствительным измерителем мощности имеет две индуктивные катушки 2, 8 с сердечниками, в пазах которых расположены зубчатые диски 1, 9 из ферромагнитного сплава, закрепленные на валу 10. Магнитный поток сердечников индуктивных катушек замыкается через зубцы дисков. Если вал неподвижен, фазы токов на выходе из индуктивных катушек совпадают. При вращении под нагрузкой вал скручивается, зубцы дисков смещаются относительно друг друга на расстояние б и синхронность замыкания магнитных потоков индуктивных катушек нарушается. На вход фазочувствительного блока 3 от индуктивных катушек в этом случае поступает ток с различными фазами. Разность фаз сигналов фиксируется измерительным прибором 4, шкала которого градуирована в единицах угла скручивания (вращающего момента) вала. Нулевое значение угла скручивания (момента) устанавливают при неподвижном вале взаимным смещением индуктивных катушек относительно зубцов дисков 1, 9.

В системах автоматического контроля измерять мощность можно непрерывно. В этом случае выходные сигналы по углу скручивания (вращающему моменту) от блока 3 и угловой скорости вала от тахометра 7 поступают на вход счетного блока 5. По полученным данным счетный блок выдает на прибор 6, градуированный в единицах мощности, сигнал, пропорциональный углу скручивания и угловой скорости вала.

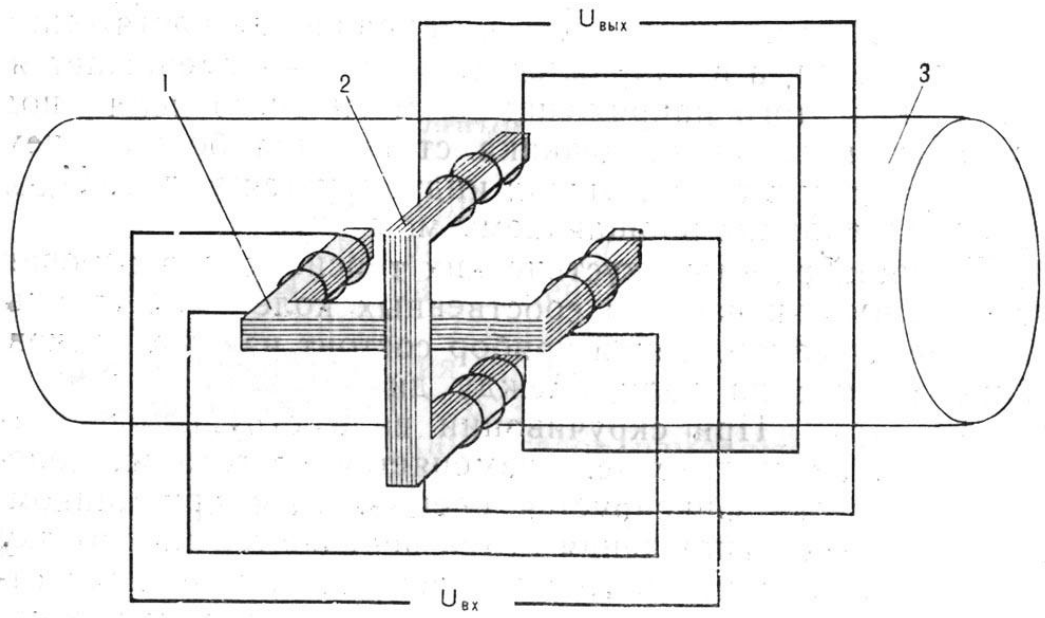


Рис. 49. Магнитно-индуктивный торсиометр

Магнитно-индуктивный торсиометр (Рис. 49). Принцип действия этого торсиометра основан на изменении магнитной проницаемости вала при его деформировании и состоит он из нескольких (на схеме показаны две) катушек индуктивности с П-образными сердечниками 1, 2, установленными в нескольких местах вокруг вала 3 на некотором расстоянии от его поверхности. Магнитный поток сердечника замыкается через воздушные зазоры под его полюсами и через металл вала. При неподвижном вале магнитная проницаемость его металла (в случае точной установки прибора и полной однородности металла вала) одинакова во всех направлениях и ток в катушках не протекает.

Если вал 3 нагружен (передает вращающий момент), то в нем возникают силы растяжения и сжатия. При скручивании вала симметрия магнитного поля нарушается, магнитная проницаемость в направлении растяжения увеличивается, а в направлении сжатия – уменьшается. Вследствие этого напряженность магнитного поля под одним из полюсов сердечника становится больше, чем под другим, и в его катушках индуцируется э.д.с. пропорциональная вращающему моменту.

Принцип работы **акустических торсиометров** основан на зависимости частоты собственных колебаний струны от ее деформации.

Тензометрические торсиометры работают по принципу зависимости деформаций наружных слоев вала от вращающего момента.

Оптический торсиометр представляет собой разъемные диски, закрепленные на расстоянии один от другого на промежуточном валу. В дисках сделаны одинаковые отверстия, напротив которых с наружной стороны закреплены фоторезисторы, не связанные с валом, а между дисками с радиальными отверстиями находится источник света.

Максиметр (Рис. 50). Этим прибором измеряют максимальное давление цикла в цилиндре работающего двигателя. Он состоит из корпуса 1 (рис. 50 а), к нижней части которого присоединен штуцер 10 для связи с индикаторным краном, а к верхней – манометр 4 (рис. 50 б). Для уменьшения вибрации и нагрева манометр соединен с корпусом посредством трубки 5. Для лучшего отвода теплоты корпус снабжен ребрами 7. Внутри корпуса смонтированы: дроссель 2 для уменьшения колебаний стрелки манометра; фильтр 9, исключающий прорыв частичек несгоревшего топлива; игольчатый клапан 3 для выпуска газов в конце измерений и обратный клапан 8, высота подъема которого регулируется винтом 6.

Прежде чем приступить к измерениям, продувают индикаторный кран цилиндра, соединяют максиметр с индикаторным краном, закрывают игольчатый клапан 3 и на

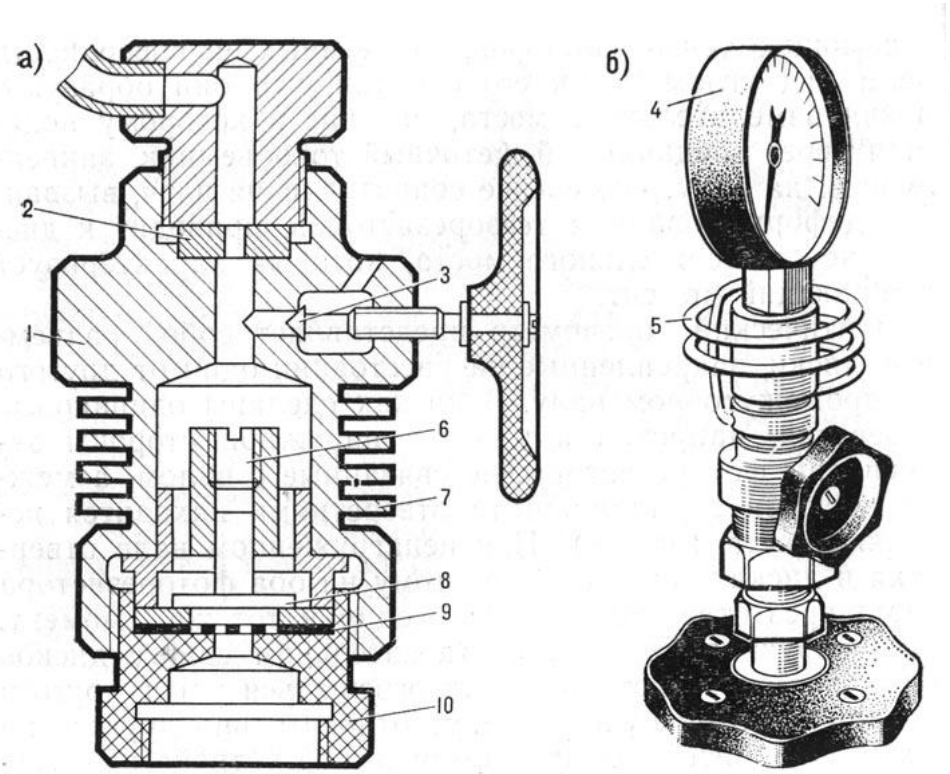


Рис. 50. Максиметр

несколько секунд открывают индикаторный кран. Обратный клапан 8 пропускает газы только в одном направлении; поэтому через некоторое время в полости максиметра устанавливается давление, равное максимальному давлению в цилиндре. Давление сжатия в проверяемом цилиндре определяют при отключенном топливном наносе высокого давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристов, Ю.К. Судовые вспомогательные механизмы и системы: учебное пособие/ Ю.К.Аристов.- М.: Транспорт, 1985.- 288 с.
2. Гогин, А.Ф. Судовые дизели: учебник/ А.Ф. Гогин, Е.Ф. Кивалкин, А.А.Богданов.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.:Транспорт, 1988.- 439 с.
3. Онасенко, В.С. Судовая автоматика: учебник/ В. С. Онасенко.- 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Транспорт, 1988.- 217 с.
4. Российский Речной Регистр. Правила: В 4т.- М.: По Волге, 2002.-
5. Сизых, В.А. Судовая автоматика и аппаратура контроля: учебник / В. А Сизых.- 2-е изд.,перераб. и доп.-М.: Транспорт, 1986.- 217 с.
6. Сизых, В.А. Судовые энергетические установки: учебник/ В.А.Сизых. – М.:Транспорт, 1980. – 303 с.