ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ «КЕРЧЕНСКИЙ МОРСКОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ЛЕКЦИИ

по МДК.01.01 «Основы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта судового энергетического оборудования»
Раздел 4. Техническая эксплуатация судовой автоматики
для обучающихся специальности
26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок

на тему: «Контрольно-измерительные приборы энергетических установок»

Керчь
2022 г.

Организация-разработчик: ГБП ОУ РК «КМТК»

Разработчик: Мочалов Юрий Геннадьевич, преподаватель ГБП ОУ РК «КМТК»

РАССМОТРЕНО и ОДОБРЕНО на заседании
МЦК судового электрооборудования
и судомеханических дисциплин
Протокол № 1 от «08» сентября 2022 г.
Председатель МЦК _____ Ю.Г. Мочалов

Рекомендовано к использованию на заседании
Методического совета ГБП ОУ РК «КМТК»
Протокол № _1_ от «09» сентября 2022 г.
Председатель МС _____ Е.Н. Сайко

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы:

Раздел 4. Техническая эксплуатация судовой автоматики является составной частью МДК.01.01 «Основы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта судового энергетического оборудования» основной образовательной программы в соответствии с ФГОС СПО и требованиям МК ПДНВ-78 по специальности 26.02.05 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Особое значение данный Раздел имеет при формировании и развитии ПК 1.1; ОК 01-07, ОК 09-10.

Лекция №3.
Контрольно-измерительные приборы энергетических установок.

Тема: Контрольно-измерительные приборы энергетических установок. Приборы для измерения давления. Приборы для измерения температуры. Приборы для измерения уровня.

Цель: Углубленное изучение и творческое осмысление основ автоматизации и регулирования СЭУ.

Задачи:

Познавательные: Физические принципы, заложенные в конструкцию контрольно-измерительных приборов.

Развивающие: Научиться применять современную научную профессиональную терминологию; научиться применять имеющиеся знания в судовых условиях.

Воспитательные: Воспитывать самостоятельность в принятии решений; совершенствовать навыки общения; содействовать воспитанию активности.

Учебное оборудование: Аудитория, укомплектованная учебной мебелью, магнитной доской, интерактивной доской и видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения.

В энергетической установке судна для измерения давления применяют манометры, напоромеры и вакуумметры, а для измерения перепада давлений - дифференциальные манометры (дифманометры).

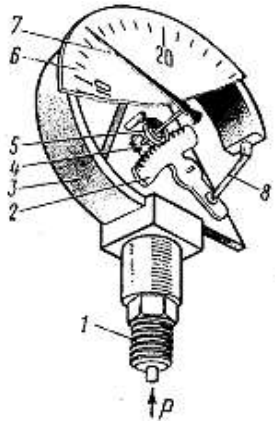

Рис 1. Трубчатый манометр

В трубчатом манометре (рис. Трубчатый манометр) чувствительным элементом является трубчатая пружина (трубка Бурдона) 3. Свободный конец трубки тягой 8 соединен с зубчатым сектором 2, входящим в зацепление с шестерней 4, на оси которой закреплена стрелка 7 прибора. Изменение давления среды, подводимой к ниппелю 1, вызывает движение свободного конца трубки 3 и через передачу - однозначное перемещение стрелки 7, показывающей на шкале прибора 6 значение измеряемого давления. Спиральная часовая пружина 5, жестко соединенная одним концом с осью стрелки, а другим - с корпусом манометра, обеспечивает непрерывный контакт в сочленениях передаточного механизма, исключая влияние зазоров на показания прибора.

Для измерения малых давлений (разрежений) применяют жидкостные и мембранные манометры (манометры).

Простейший жидкостный манометр (рис. Манометры, а) состоит из U-образной стеклянной трубки 1, закрепленной на планке 2 со шкалой, градуированной в миллиметрах. В зависимости от предельных значений измеряемого давления (разрежения) трубку заполняют водой либо 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.

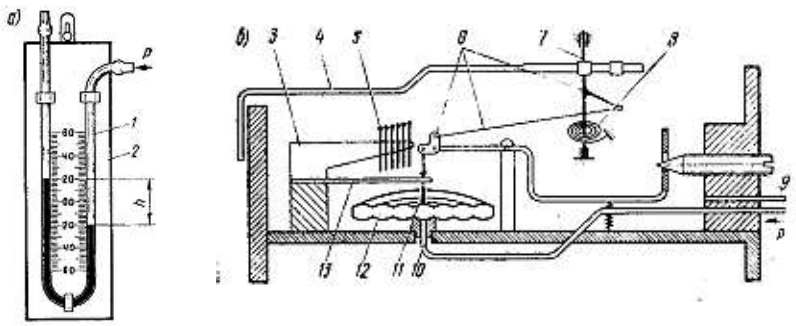

Рис 2. Манометры

В мембранном манометре (рис. Манометры, б) 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 «О» при отсутствии давления среды. Спиральная часовая I1ружина 8 обеспечивает непрерывный контакт в подвижных соединениях, исключая погрешность показаний прибора из-за зазоров.

Дифманометр (рис. Дифференциальный манометр) применяют для одновременного измерения двух значений давления и разности между ними. Чувствительным элементом являются две 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 P_2 , вызывая разворот подвижной шкалы, нулевая риска которой указывает на неподвижной шкале 3 измеряемое значение. К ниппелю 7 подводится большее давление P_1 , вызывая разворот стрелки 4, которая показывает давление по неподвижной шкале 3 и разность значений измеряемых давлений по шкале 2.

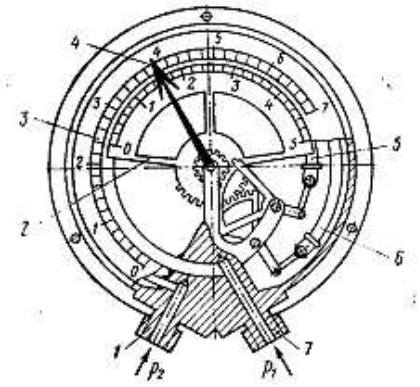

Рис 3. Дифференциальный манометр

При замере температуры наибольшее распространение получила шкала Цельсия. (^{0}C). Менее распространена шкала Фаренгейта (^{0}F), и шкала Реомюра(^{0}R). Температура по шкале Кельвина (^{0}T) используется в теоретических расчетах.

Соотношение температур по отношению к шкале Цельсия:

$^0F = 32 + 9/5\ (^0C)$

$^0R = 0{,}8\ (^0C)$

$^0K = {}^0C + 273{,}15$

В качестве чувствительных элементов регуляторов и измерителей температуры применяются жидкостные термометры, биметаллические и дилатометрические термометры, манометрические термометры, термоэлектрические, термометры сопротивления.

Рассмотрим некоторые из них, изображенных на Рис. 4.

Сильфон (рис 4,а) заполнен компонентами, имеющими большой объемный коэффициент расширения (смесь парафина с красномедными опилками, смесь воска с красно-

медными опилками, активированный уголь и т.д.). При нагревании смеси увеличивается давление внутри сильфона, и его донышко получает перемещение $X_{ч.э}$.

Чувствительный элемент температуры манометрического типа (рис 4,б) состоит из термобаллона 1, соединительной трубки (капилляра) 2, корпуса 3, сильфона 4 и иглы 5 сильфона. Термосистема (термобаллон, капилляр, корпус сильфона) заполнена каким либо рабочим телом, давление которого изменяется при изменении температуры. Это изменение давления преобразуется в выходной сигнал $X_{ч.э}$.- перемещение иглы сильфона. Такие чувствительные элементы температуры являются дистанционными, длина их капилляра может достигать нескольких метров.

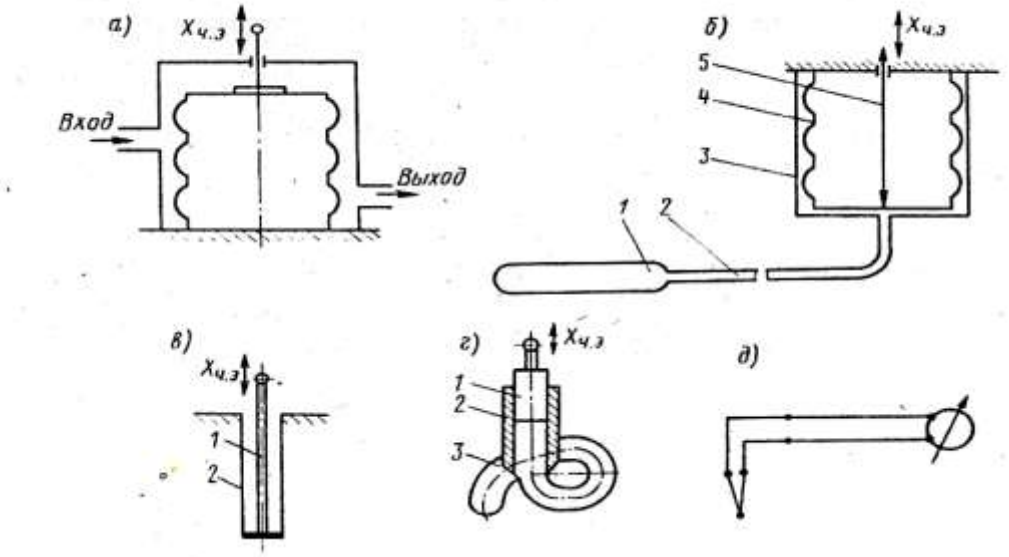

Рис.4. Чувствительные элементы регуляторов температуры

Дилатометрический чувствительный элемент температуры (Рис.4,в) состоит из стержня 1, коэффициент теплового расширения которого практически равен нулю и базовой трубки 2 с большим коэффициентом теплового расширения. Трубка и стержень в нижней части жестко соединены между собой. При нагревании наружная трубка расширяется, а внутренний стержень получает перемещение $X_{ч.э.}$

Чувствительные элементы такого типа широко применяются в регуляторах температуры, так как стержень этого элемента развивает значительное усилие.

Чувствительный элемент типа плунжерной пары (рис.4,г) состоит из плунжера 1, плунжерной втулки 2 и спиральной трубки 3, припаянной к нижней части плунжерной втулки. Все пространство под плунжером заполняется жидкостью, кипящей при низкой температуре. При увеличении температуры среды, омывающей плунжерную втулку и спиральную трубку, давление жидкости увеличивается, и плунжер получает перемещение $X_{ч.э.}$

Термоэлектрический чувствительный элемент (Рис.4,д) представляет замкнутую цепь, состоящую из двух разнородных металлов (термопара), спаянных между собой в точке замера температуры. При нагревании этой точки возникает ЭДС, которая является выходным сигналом $X_{ч.э}$ электрического типа. Выходной сигнал термопары составляет 1-5 мВ.

Термометрические сопротивления. Принцип действия термометрического сопротивления основан на изменении электрического сопротивления в зависимости от температуры. Термометрическим сопротивлением обычно служит тонкий металлический проводник, изготовленный из платины (для измерения температур в диапазоне от -120 до 550 ^{0}С), или меди (для измерения температур до +150 ^{0}С).

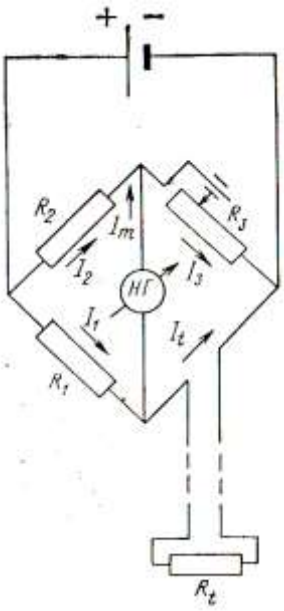

Рис. 5 Схема измерительного моста

Проводник наматывается на каркас из изоляционного теплостойкого материала и помещается в защитный чехол. Токоподводящие вводы для платиновых чувствительных элементов изготовляются из серебра или платины, для медных – из луженой меди.

Для снятия выходного сигнала термометрического сопротивления служат измерительные мосты, или мосты сопротивлений.

На Рис. 5 показана схема уравновешенного измерительного моста. Перемещая движок реостата R_3, мост приводят в уравновешенное состояние, при котором нуль-гальванометр (НГ) показывает отсутствие тока в диагонали моста, $I_m = 0$. При этом токи в плечах моста$I_1 = I_t$, $I_2 = I_3$

При нагревании, сопротивление R_t изменяется, и плечи моста разбаллансируются. По диагонали потечет ток Im и стрелка гальванометра отклонится и укажет на шкале, градуированной в шкалу температур, изменение температуры исследуемой среды.

Достоинствами термометров сопротивления является их высокая точность, а так же удобство дистанционной передачи, автоматической регистрации и преобразования выходных сигналов. Недостатки – необходимо иметь источник питания, относительная сложность.

В процессе эксплуатации судовых энергетических и холодильных установок необходимо периодически измерять уровень жидкостей: воды в барабанах паровых котлов и теплообменных аппаратах, топлива, масла и пресной воды в цистернах, хладагента в испарителе и др.

Самым простым и надежным прибором для измерения уровня являются **указательные колонки** с цилиндрическими или плоскими стеклами. Действие колонок основано на принципе сообщающихся сосудов, заполненных однородной жидкостью. Недостаток этих приборов заключается в невозможности дистанционного контроля. Полностью исключается использование указательных колонок для цистерн, находящихся в между- донном пространстве. Простейшим способом контроля уровня в таких емкостях является использование **мерных линеек — футштоков.**

В холодильных установках простейшим указателем уровня жидкости в испарителе служит неизолированная стальная трубка. Часть трубки, заполненной жидким хладагентом, будет обмерзать, и по высоте обмерзания можно судить об уровне жидкого хладагента а испарителе.

В настоящее время для дистанционного контроля уровня жидкости в различных емкостях стали широко применять пневматические, гидростатические и электронные устройства.

Схема пневматического указателя уровня представлена на рис.6. Сжатый воздух ($p_к$) проходит через фильтр-редуктор ***3*** и нагнетается в воздушный колокол 7, отстоящий от дна цистерны на расстоянии 100 мм. Давление в колоколе будет возрастать, пока не уравновесится давлением столба жидкости в цистерне, после чего пузырьки воздуха начнут вырываться из-под днища колокола. Это давление измеряется и-образным однотрубным жидкостным манометром чашечного типа со шкалой ***2.*** Чаша ***5*** находится за прибором, отсчет ведется по стеклянной трубке ***6.*** В зависимости от высоты столба жидкости (например, ртути) ***в трубке 6*** с помощью специальных таблиц определяют количество жидкости (например, нефтепродукта) в цистерне.

По трубкам ***4*** сжатый воздух поступает под ***колпаки*** других емкостей. Для удобства контроле указатели уровня всех цистерн машинного отделения группируют на одном общем щитке.

Для определения ***уровня*** воды ***в*** барабанах ***котлов используют*** указательные колонки. Однако вследствие того, что современные котлы имеют высокорасположенные верхние пароводяные барабаны, наблюдение за уровнем воды с поста управления затруд-

няется. Поэтому в большинстве случаев применяют дублированный контроль за положением уровня воды в котлах с помощью сниженных указателей уровня, принцип действия которых поясняется на рис.7.

Прибор состоит из конденсационного сосуда ***1,*** однотрубного жидкостного манометра с чашей ***3*** и соединительных трубок ***2*** и ***4.*** Плотность замыкающей (рабочей) жидкости в нижней части указателя выше плотности воды. С помощью конденсационного сосуда, называемого также уравнительным, в трубке ***2*** верхний уровень конденсата всегда поддерживается постоянным, независимо от величины уровня воды в барабане котла. Вследствие разности гидростатических давлений в трубках ***2*** и ***4*** уровень замыкающей жидкости в левом колене всегда выше, чем в правом. Нарушение гидростатического равновесия в результате изменения уровня воды в барабане котла приведет к изменению уровня замыкающей жидкости ***h*** для восстановления этого равновесия.

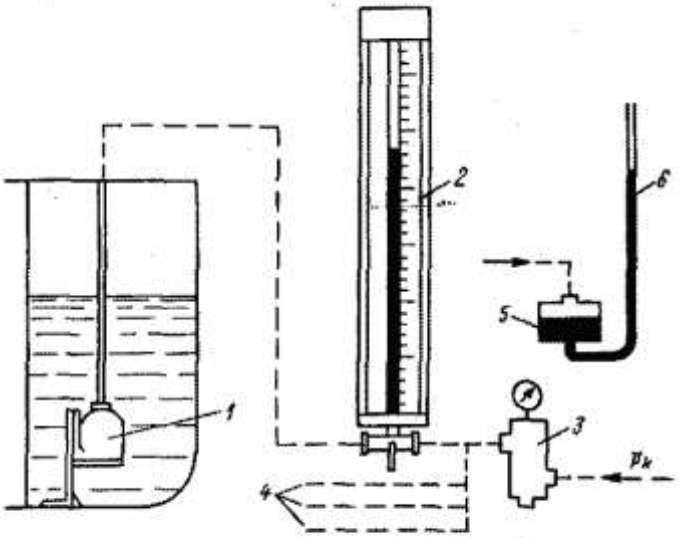

Рис.6 – Схема включения пневматического указателя уровня

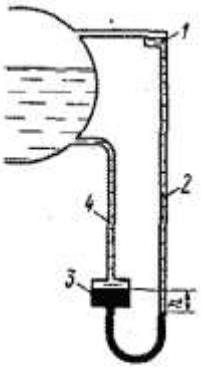

Рис.7 – Схема сниженного указателя уровня

Таким образом, изменение положения замыкающей жидкости будет характеризовать изменение уровня в барабане котла, чтобы изменение уровня замыкающей жидкости в трубке ***2*** равнялось действительному изменению уровня воды в барабане котла, необходимо сделать соответствующий подбор плотности жидкости и соотношения площадей поперечного сечения трубки ***2*** и чаши.

В качестве замыкающей жидкости используют различные смеси, например, бромоформ и бензол. Жидкость подкрашивают жирорастворимой краской.

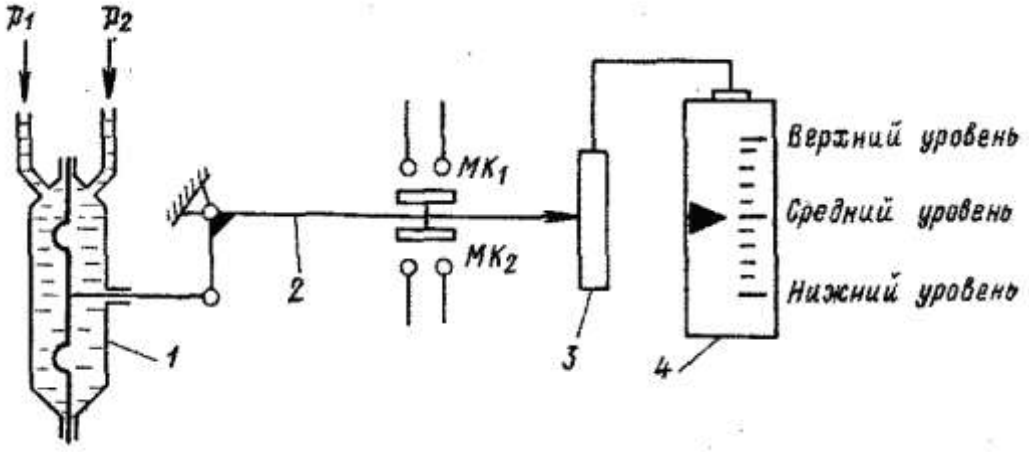

Рис.8 – Принципиальная схема гидростатического указателя уровня

На рис.8 приведена принципиальная схема гидростатического прибора ДУУМ (дистанционный указатель уровня мембранный). Импульсные трубки мембранного измерителя 1 подключаются к барабану котла в местах, соответствующих верхнему и нижнему уровням воды. Мембрана будет находиться под действием разности гидростатических давлений (p_1— p_2). Конец штока мембраны соединен с шарнирным угловым рычагом ***2,*** на противоположном конце его укреплен токосъемник реостата 3, включенного в цепь указывающего прибора — логометра ***4,*** вертикальная шкала которого отградуирована в миллиметрах водяного столба в соответствии с градуировкой водоуказательных колонок. Действие ДУУМ основано на строгой зависимости сопротивления от положения мембраны, что, в свою очередь, зависит от высоты уровня воды в барабане котла.

При достижении крайних аварийных положений уровня воды в котле рычаг нажмет на ролик соответствующего микровыключателя ***МК,*** что приведет к срабатыванию системы автоматической сигнализации.

Вопросы для самоконтроля:

1. Где используется «трубка Бурдона»?
2. Для чего используются манометры?
3. Как работает дифференциальный манометр?
4. Каких типов бывают чувствительные элементы регуляторов температуры?
5. Как работает манометрический термометр?
6. На чём основан принцип действия термометрического сопротивления?
7. На чём основан принцип действия измерительных мостов датчиков температур?
8. Назовите типы датчиков уровня.
9. Как работает пневматический датчик уровня?
10. Объясните принцип работы гидростатического прибора ДУУМ.