

# Современные автоматизированные системы управления движением судов

## Лекция №8

**Тема: «Измерители механических напряжений гребного вала и счетчики топлива».**

### Учебные вопросы и распределение времени:

Вступление.....	5 мин.
1. Датчики механических напряжений гребного вала и упора винта.....	35 мин.
2. Датчики давления воды и счетчики потребляемого двигателем топлива.....	35 мин.
Выводы и ответы на вопросы.....	5 мин.

## **Учебная и воспитательная цель:**

«Формирование у студентов целостного представления о современных автоматизированных системах управления движением судов»

## **Учебная литература:**

1. Алексишин В.Г., Козырь Л.А., Короткий Т.Р. Международные и национальные стандарты безопасности мореплавания. - Одесса: «Латстар», 2002.-257с.
2. Золотов В.В., Фрейдзон И.Р. Управляющие комплексы сложных корабельных систем.-Л.: «Судостроение», 1986.-232с.
3. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. - Одесса: «Латстар», 2003.-170с.
4. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Л., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. - Одесса: «Фенікс», 2005.-272с.
5. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. - Одесса: «Латстар», 2004.-302с.

# Датчики механических напряжений гребного вала

*Информация об упоре и моменте гребного винта важна для оценки состояния судна в условиях волнения и при тихой погоде.*

Мониторинг момента на гребном валу в штормовых условиях дает возможность установить, не превышает ли его амплитуда допустимую для двигателя.

Знание упора винта и скорости хода позволяет оценить сопротивление движению судна при ветроволновых воздействиях и установить, не перегружен ли двигатель.

*При тихой погоде анализ этих величин является основой для заключений о степени обрастания корпуса. По измерениям упора и момента может также оцениваться состояние гребного винта.*

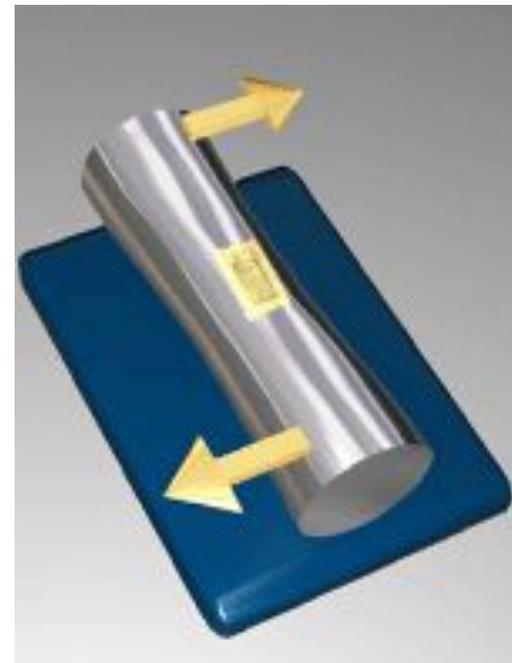
Знание потребления топлива и момента на гребном валу дает возможность в процессе плавания судить об эффективности двигателя.



## Датчики механических напряжений гребного вала

Для измерений момента на гребном валу наибольшее распространение нашли устройства, основанные на применении тензорезисторов.

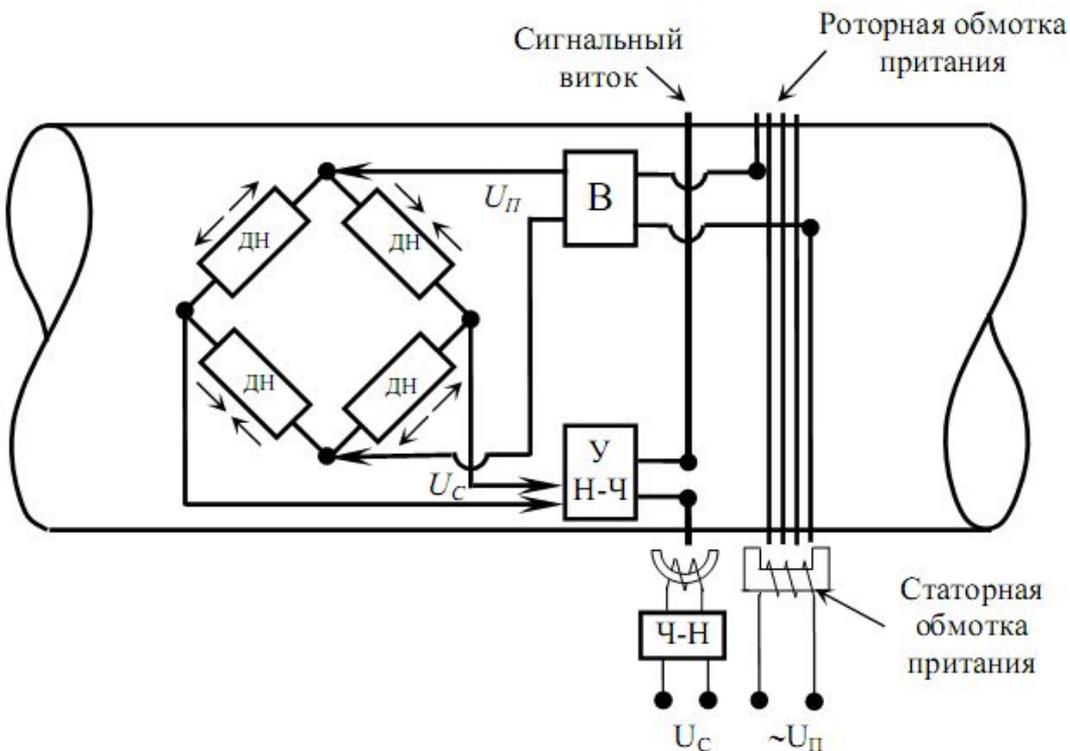
При нагрузке гребного вала возникает упругая деформация кручения, сопровождающаяся изменением напряженности его поверхности.



**Величина** этих напряжений пропорциональна действующему на вал моменту. **Направление наибольшего растяжения (сжатия)** поверхностного слоя гребного вала при деформации кручения **составляет угол 45 гр** к его осевой линии.

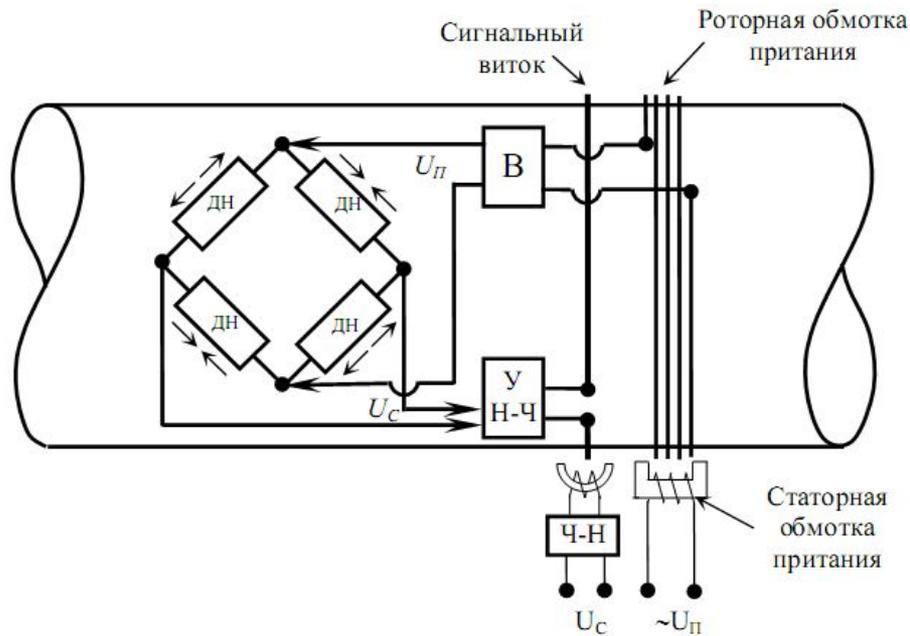
# Датчики механических напряжений гребного вала

Для измерения момента нагрузки, на поверхности гребного вала укрепляются **четыре тензорезистора (ДН)** с одинаковым сопротивлением.



Измерительные оси этих датчиков **наклонены к оси вала под углом  $+45$  гр и  $-45$  гр.** Тензодатчики **соединяются по мостиковой схеме**, на одну диагональ которого подается напряжение питания  $U_{п}$ , а с другой снимается выходной сигнал  $U_{с}$ , характеризующий момент на гребном валу.

# Датчики механических напряжений гребного вала



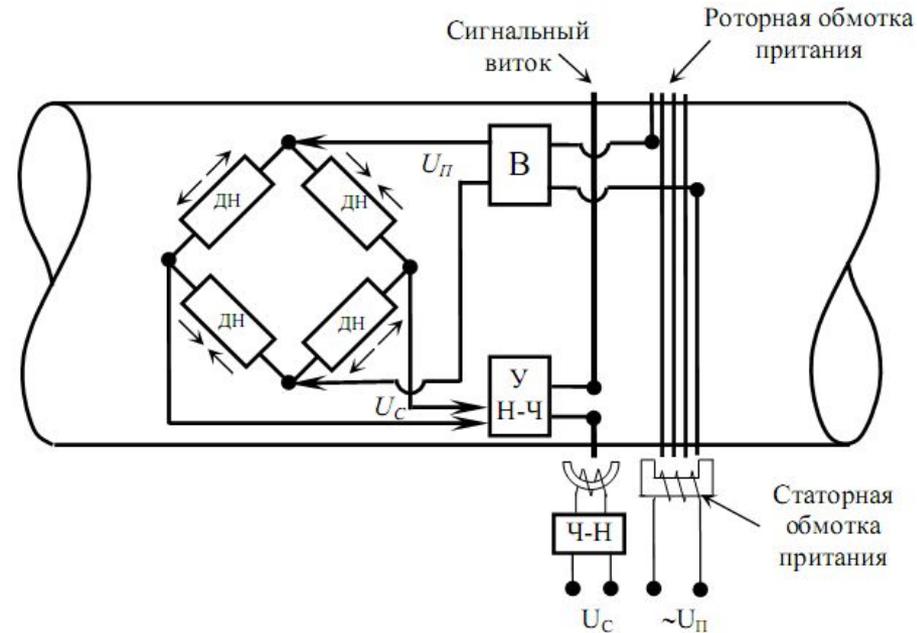
При отсутствии нагрузки плечи датчика сбалансированы и сигнальное напряжение равно нулю.



При деформации кручения одна пара, напротив лежащих датчиков вместе с поверхностью вала подвергается растяжению (сопротивление датчиков увеличивается), а другая пара — сжатию (сопротивление датчиков уменьшается). Это приводит к нарушению баланса мостика, на его выходе появляется сигнальное напряжение, пропорциональное величине момента на гребном валу.

# Датчики механических напряжений гребного вала

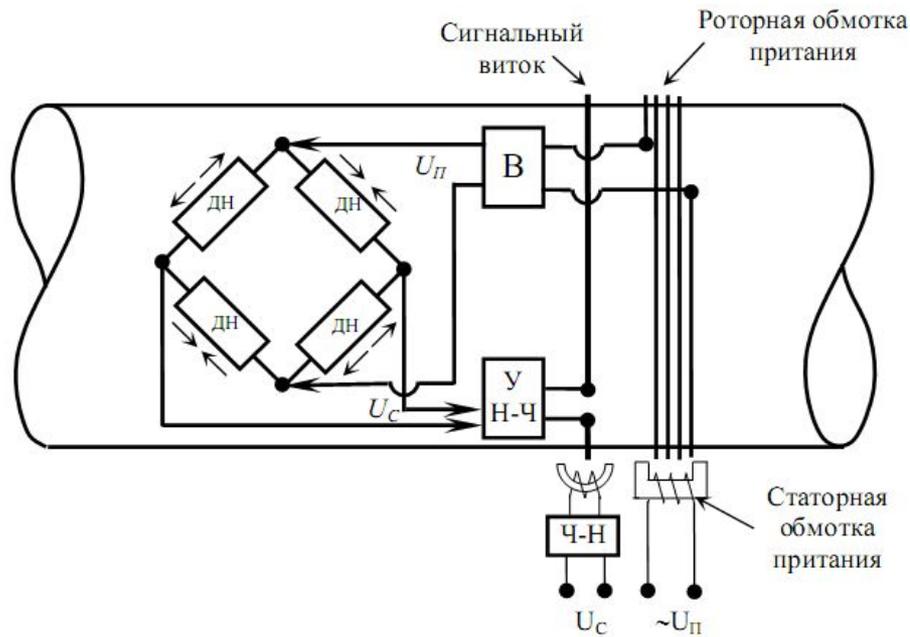
Использование мостиковой схемы позволяет исключить влияние температуры на измерения, так как действие ее на плечи мостика взаимно компенсируется.



Передача на вращающийся гребной вал питающего напряжения и снятие с него результатов измерений выполняется помощью бесконтактных устройств.

Для обеспечения тензометров питанием на гребном валу помещается роторная обмотка. Около нее на неподвижном по отношению к судну основании устанавливается статор. На обмотку статора подается питающее напряжение, которое индуцируется в роторную обмотку. Снимаемое с роторной обмотки переменное напряжение преобразуется выпрямителем (В) в постоянное и подается на питание мостиковой схемы.

# Датчики механических напряжений гребного вала

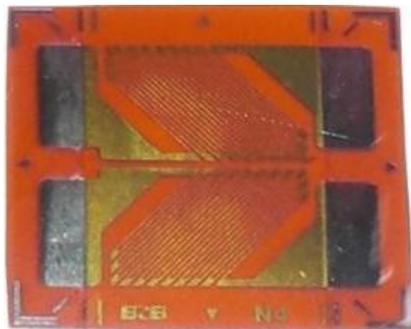
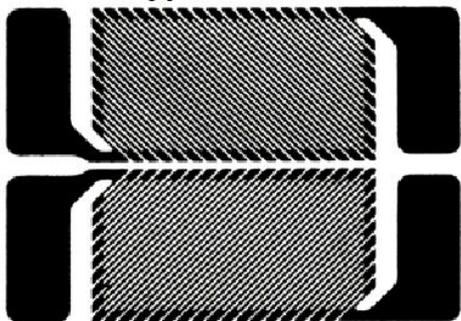


Сигнальное напряжение, характеризующее момент на гребном валу, **очень мало**. Поэтому для передачи его на статор используется специальная схема, включающая **усилитель (У)**, **преобразователь** «напряжение-частота» (**Н-Ч**) и **сигнальный виток**.

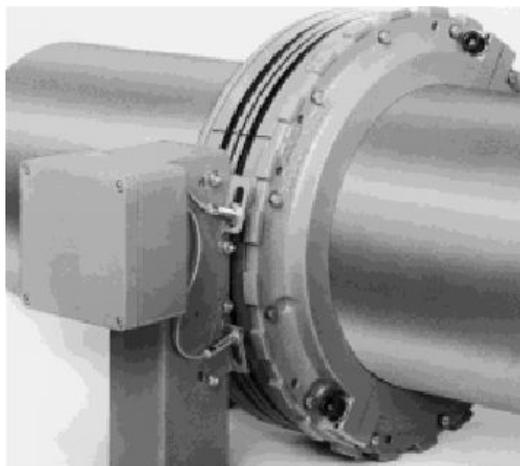
Роторная обмотка питания, выпрямитель, усилитель, преобразователь «напряжение-частота» и сигнальный виток размещаются на специальном кольце, укрепляемом на гребном валу. Снимаемый с преобразователя **Н-Ч частотномодулированный выходной сигнал поступает на виток**, с которого **путем индукции передается на обмотку статора**. Здесь сигнал измеряется. **Результаты измерений передаются: в устройство обработки (накопитель)** с целью последующего статистического анализа, а также на отображение.

# Датчики механических напряжений гребного вала

Основное условие устойчивой работы – равенство сопротивлений парных тензорезисторов.

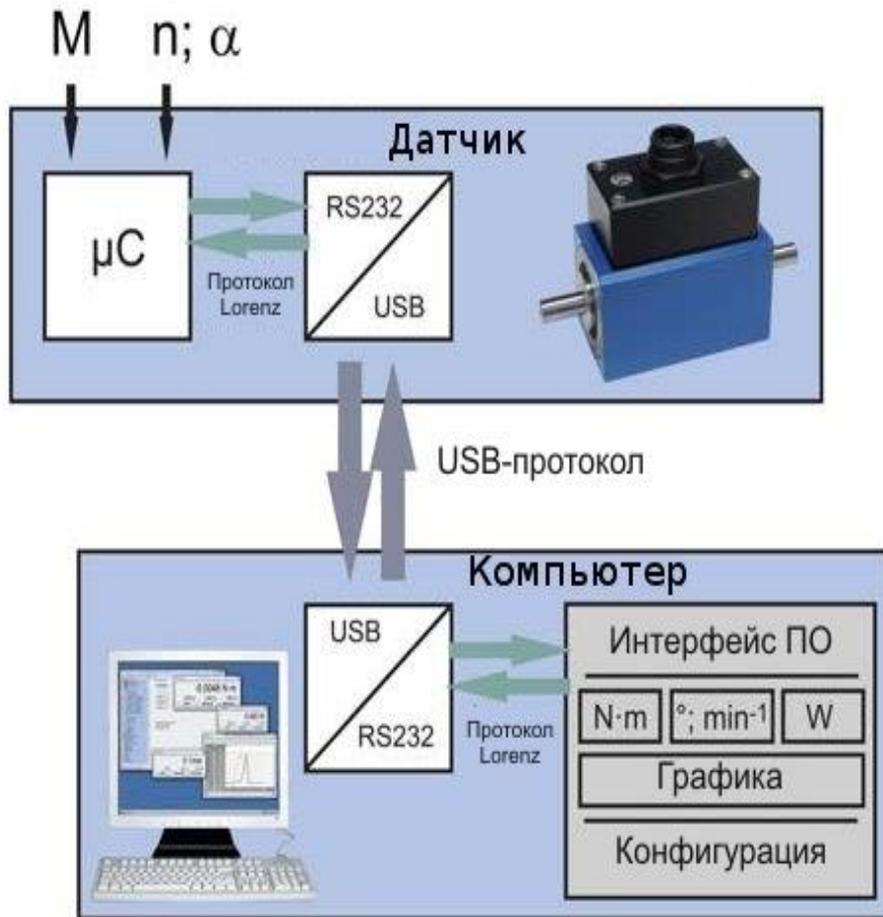


Основанные на тензорезисторах устройства для, измерения момента на гребном валу изготавливаются рядом организаций. Примером служат фирмы VAF Instruments (Голландия) и КУМА (Норвегия).



# Датчики механических напряжений гребного вала

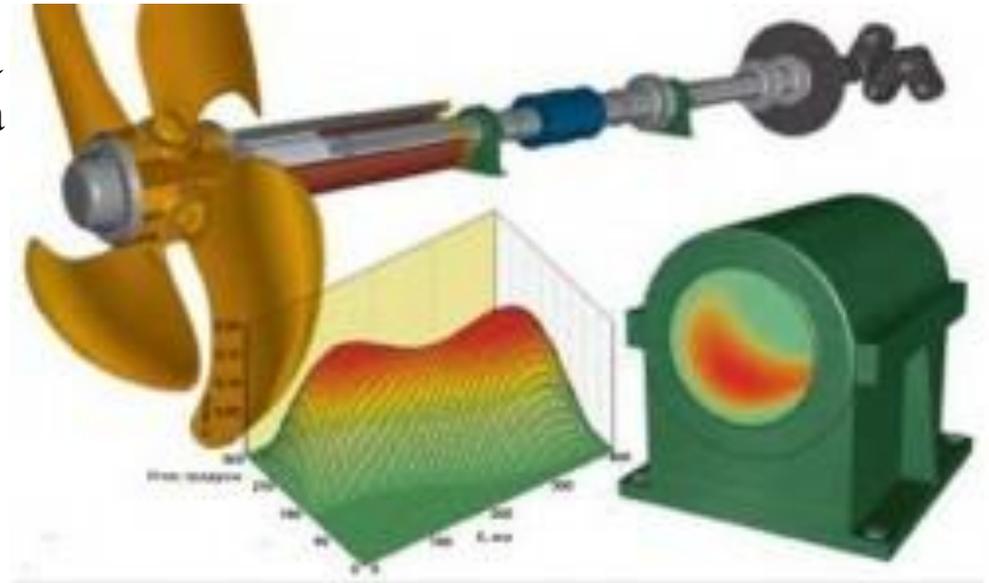
Для представления результатов измерений и обработки используются аналоговые и цифровые индикаторы. Выходные данные могут передаваться на дисплеи, предназначенные для интегрированного отображения информации, характеризующей эксплуатационное состояние судна.



## Датчики упора гребного винта

Основанная на тензорезисторах схема для измерения упора гребного винта аналогична рассмотренной выше.

**Отличие** состоит в том, что для нахождения упора **измерительные оси двух тензометров мостика направляются параллельно оси гребного вала, а двух других — перпендикулярно к ней.**



Деформации сжатия и растяжения гребного вала меньше в сравнении с деформацией его кручения, поэтому упор обычно измеряется с большей погрешностью, чем момент. Тем не менее, точность современных тензорезисторных измерителей упора гребного винта достаточна для практических целей.

*На судах применяются устройства как для отдельного измерения момента и упора гребного винта, так и для получения этих параметров одновременно. Ряд из них дополнительно измеряет частоту вращения гребного вала.*

# Датчики давления воды

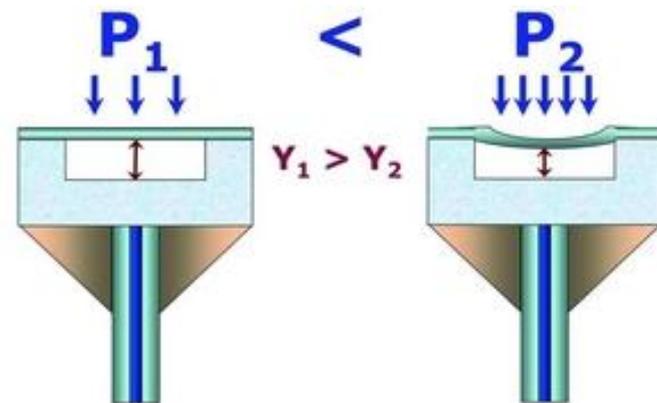
Из многочисленных приборов для измерения давления забортной воды на корпус, которые могут быть применены для обнаружения слеминга и для других целей, наиболее распространены волоконно-оптические датчики, работающие по принципу Фэбри-Перота (Фабри-Перо). Они гармонично могут быть включены в фиброоптические системы для измерений напряжений элементов корпуса судна.



Работа этих приборов основана на бесконтактном измерении прогиба стальной диафрагмы под действием давления воды.

Эта диафрагма устанавливается заподлицо с обшивкой. Сам датчик размещается в специальном устройстве, позволяющем заменять его в эксплуатационных условиях. Диафрагма приваривается к корпусу датчика. Резиновые или пластмассовые прокладки в нем не используются, что повышает надёжность прибора.

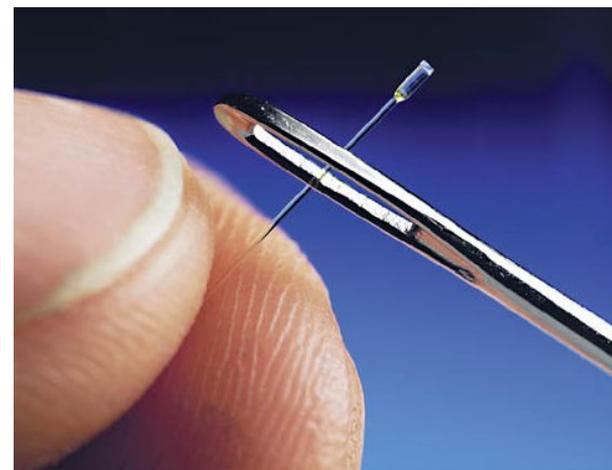
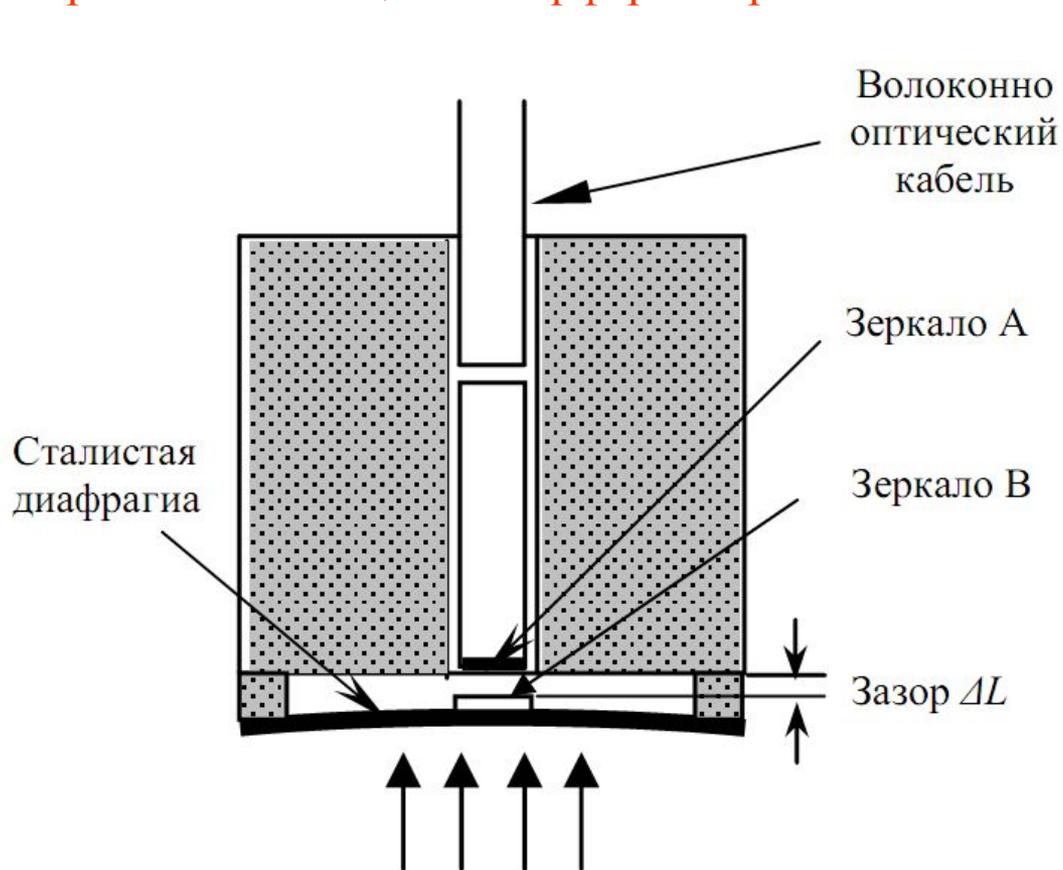
Последствия слеминга



Форма и материал диафрагмы выбираются таким образом, чтобы зависимость между действующим на диафрагму давлением и величиной её прогиба была линейной.

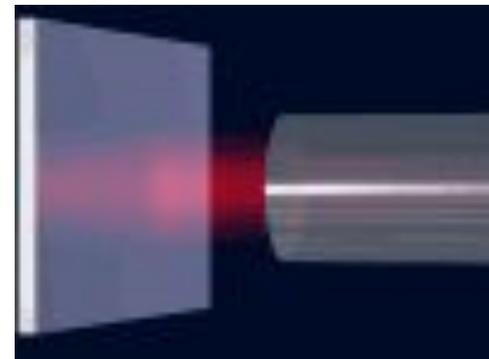
## Датчики давления воды

Когда датчик под давлением, зазор между полупрозрачным зеркалом **A**, и поверхностью диафрагмы. (зеркало **B**) изменяется. По волоконно-оптическому кабелю подаётся белый свет: Часть его отражается от полупрозрачного зеркала **A**, а оставшаяся часть проходит к диафрагме и отражается от зеркала **B**. Разность фаз отраженных световых волн пропорциональна величине зазора между зеркалами. Она измеряется с помощью интерферометра.

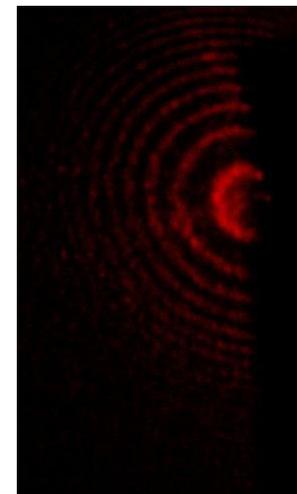
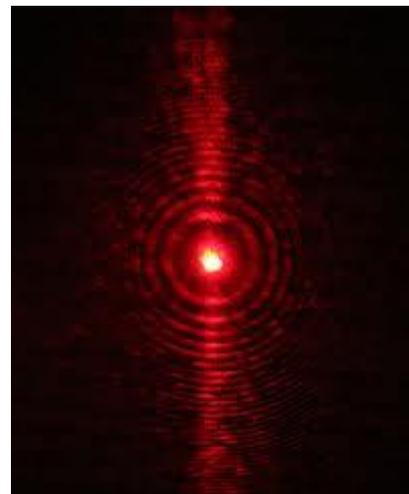
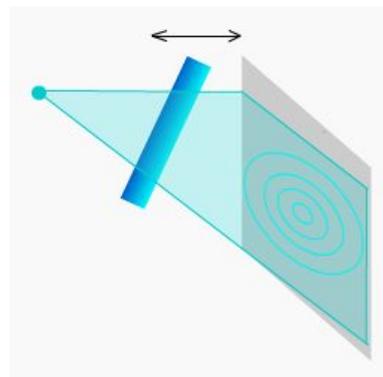
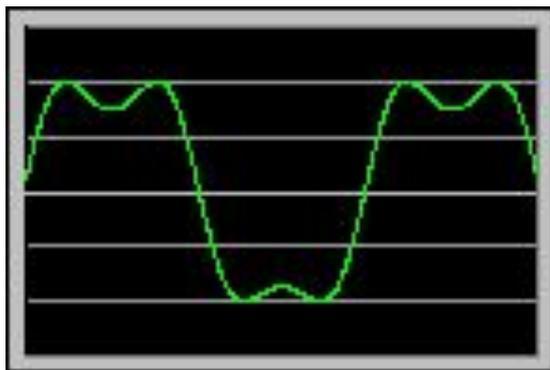


# Датчики давления воды

Интерферометр Фабри-Перо представляет собой плоскопараллельную стеклянную или кварцевую пластину (или пару таких пластин с воздушным промежутком между ними), обе поверхности которой плоские и покрыты высокоотражающим слоем.



Луч, попадающий в такую пластину, испытывает многократное отражение. Вышедшие лучи когерентны и в фокальной плоскости собирающей линзы (зрительной трубы) дают интерференционную картину в виде системы концентрических колец (полосы равного наклона).

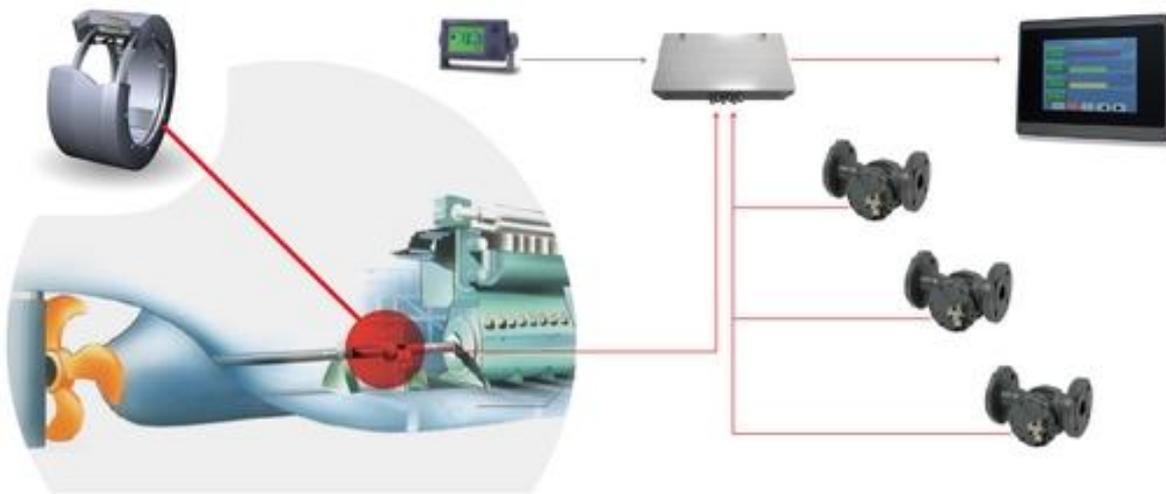


**Сигнал интерферометра при медленном изменении среднего расстояния между отражателями**

# Счетчики потребляемого двигателем топлива

*Одним из вопросов эффективной эксплуатации судна является экономичный расход топлива. Однако он зависит от многих факторов (условий погоды, загрузки судна, дифферента и др.) и точно может быть установлен только инструментально.*

Для измерения количества потребляемого двигателем топлива применяют специальные приборы счетчики топлива (СТ). Их также называют флоуметрами (от англ. Flowmeter).



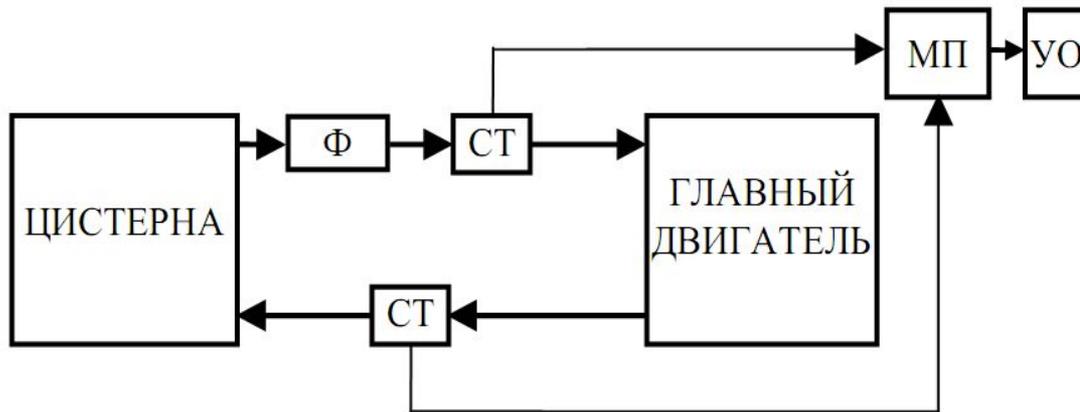
**Информация СТ способствует повышению экономичности и безопасности судовождения. По ней для различной загрузки и условий плавания могут быть установлены значения скорости, при которых топливо используется наиболее продуктивно. Это важно для, улучшения показателей рейса.**

Наблюдение за расходом топлива позволяет также судить об эффективности выбранного режима штормования и выявлять скрытые проблемы в работе двигателя.

# Счетчики потребляемого двигателем топлива

Главные дизельные двигатели обычно работают на тяжелом топливе. Оно поступает на двигатель из расходных танков через смесительную цистерну, подогреватель и фильтр (Ф).

Для избегания застывания топлива в расходном трубопроводе при внезапной остановке или уменьшении нагрузки двигателя в движительных установках используется рециркуляция — возврат с двигателя части топлива в смесительную или в расходную цистерну.



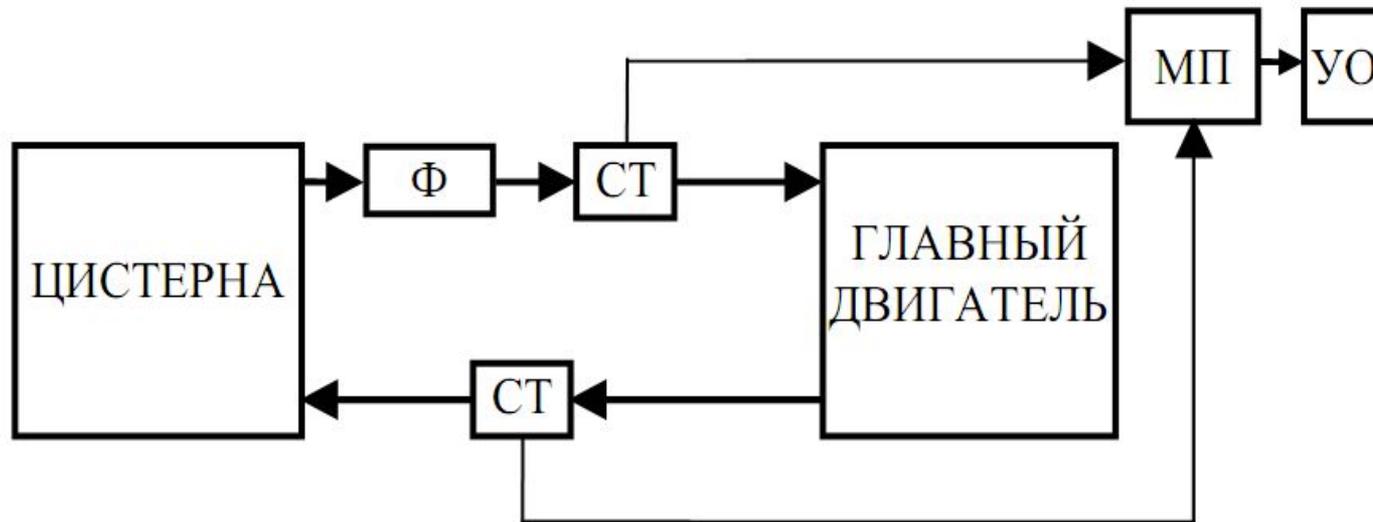
Количество израсходованного топлива, таким образом, равняется разности между поступившей на двигатель и возвращенной в цистерну массы.

Поэтому для получения величины потребляемого главным дизелем топлива используются два счетчика. Один из них измеряет количество подаваемого на двигатель топлива, а второй возвращаемого в цистерну.

# Счетчики потребляемого двигателем топлива

Типичная система для измерения расхода топлива главным двигателем включает в себя:

- два счетчика топлива (СТ);
- два датчика температуры топлива (на рисунке не показаны);
- микропроцессор (МП) для определения потребления топлива в единицу времени, на милью пути и суммарного его расхода;
- устройство отображения (УО).



*Данные датчиков температуры используются для учета ее влияния на вязкость топлива, проходящего по питающему и возвратному трубопроводам, с целью повышения точности расчета его расхода.*

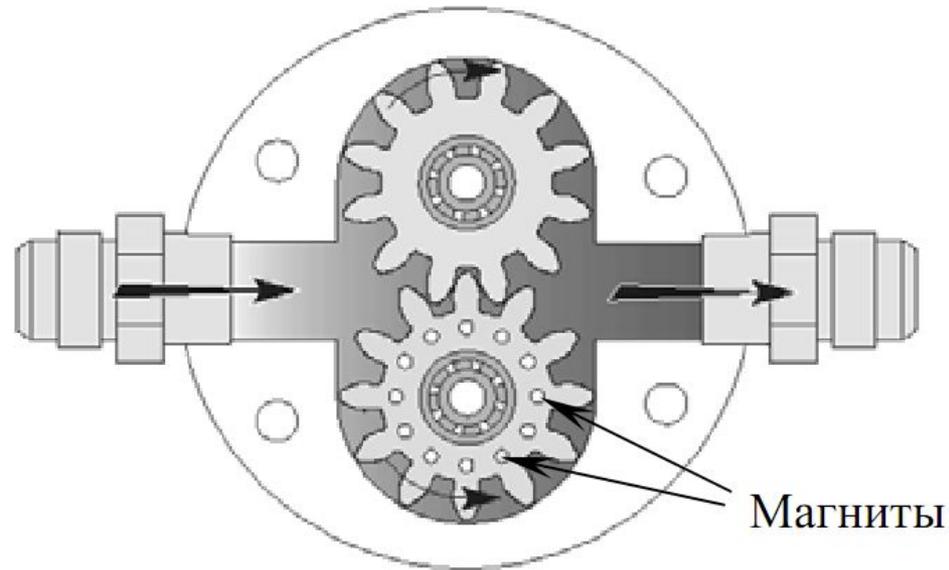
# Счетчики потребляемого двигателем топлива

Счетчики топлива могут быть разных типов. Наиболее часто применяются приборы, работающие по принципу турбины. Они включают в свой состав Чувствительный элемент (один или два импеллера), устройство съема и передачи результатов измерений, индикатор. Импеллер помещается в поток топлива и приводится им во вращение. Частота вращения импеллера отслеживается специальным устройством, по данным которого подсчитывается количество прошедшего топлива.



# Счетчики потребляемого двигателем топлива

В таких флоуметрах используется два импеллера, вращаемых потоком топлива.



В импеллеры встроены магниты. На поле этих магнитов реагирует специальный бесконтактный сенсор. В процессе вращения импеллера он генерирует пульсирующий выходной сигнал. Число пульсаций равняется количеству прошедших около сенсора магнитов и пропорционально массе поступившего топлива. Прибор обеспечивает измерения с погрешностью, не превышающей 1% от количества поданного топлива.

# Счетчики потребляемого двигателем топлива

