

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВАЛОПРОВОДА СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Андрей Александрович Пароткин

Студент 4 курса,

кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: О.В. Умманова,

ассистент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»

Исследование судовых валопроводов очень важная задача в настоящее время. Крутильные колебания упруго-массовых систем относятся к опасным динамическим нагрузкам, которые могут приводить к аварийным повреждениям валов и других элементов энергетических установок. Не случайно требования по обязательному расчетно-экспериментальному мониторингу этого негативного явления содержатся в правилах всех классификационных обществ и, в том числе, в правилах Российского морского регистра судоходства(РС). Поэтому возникает серьезная необходимость непрерывного контроля протекающих в объектах внутренних процессов, характеризующих прочностные свойства и степень надежности к любому моменту времени.

Измерения входят в комплекс взаимосвязанных расчетно-экспериментальных исследований, классификация, которых приведена на (Рис. 1).

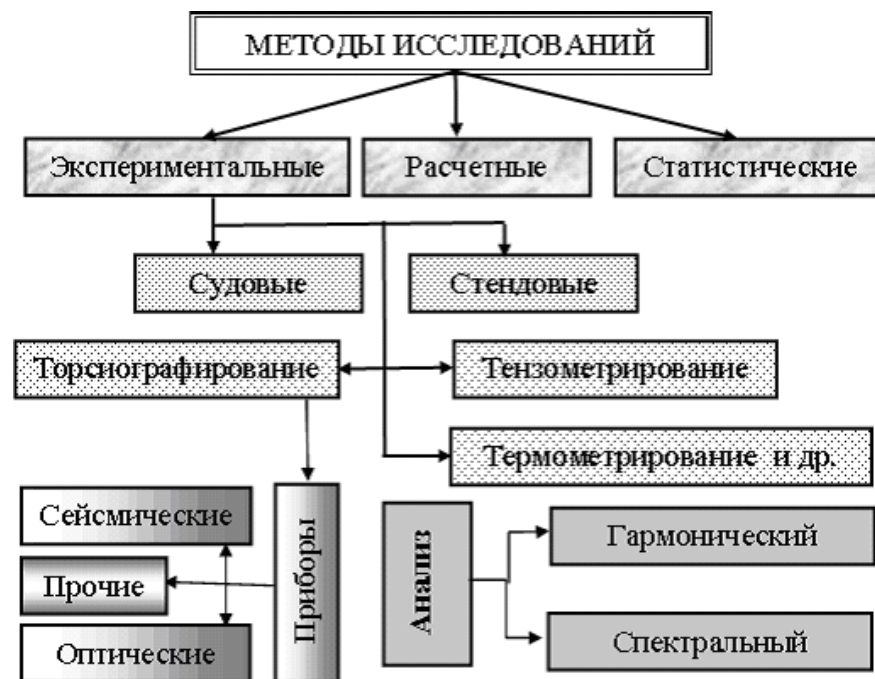


Рис.1. Классификация исследований крутильных колебаний

Измерения на судах выполняются для решения задач, которые регламентированы правилами РС. Поэтому судовладелец обязан предоставлять время и условия для их проведения в соответствии с утвержденной программой, как бы это ему не хотелось.

Выбор метода измерения и его обоснование

Для того что бы предложить свой способ исследования валопровода, были исследованы уже существующие методы диагностики. Самые распространенные методы торсиографирования это - сейсмические и оптические. На (Рис.2) показан принцип работы приборов сейсмического типа.

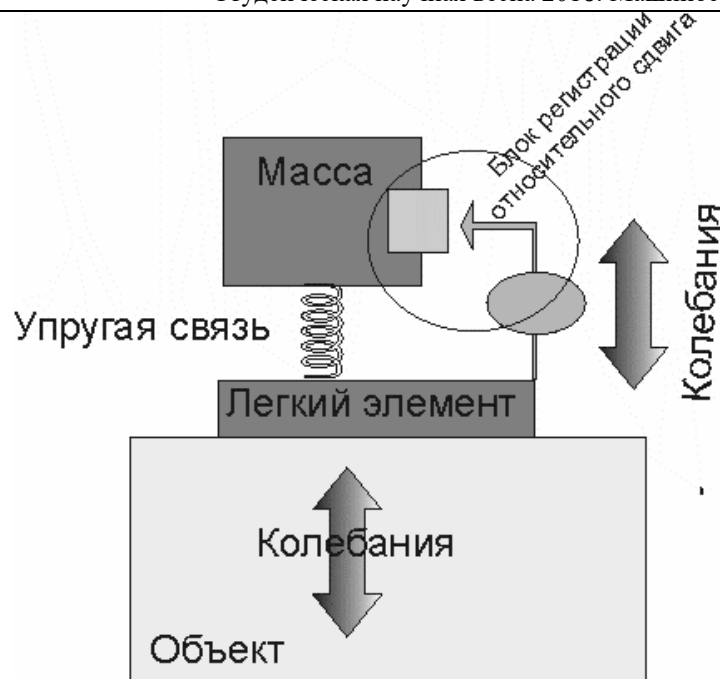


Рис.2 Принцип работы

Из картинки мы видим то, что измерения проводятся контактным методом. В нашем случае мы решили уйти от контактного метода и найти бесконтактные способы измерения.

Для исследования судовой энергетической установки было решено использовать торсиографию с применением вихрековых датчиков.

Вихрековые датчики предназначены для бесконтактного измерения вибрации перемещения и частоты вращения электропроводящих объектов.

Преимущества:

- 1) Контроль осуществляется без контакта пробника и объекта;
- 2) На сигнал вихрекового датчика практически не влияют влажность, давление и загрязнение окружающей газовой среды, радиоактивные излучения, загрязнение поверхности объекта контроля неэлектропроводящими веществами;
- 3) Исключительная точность (этот метод не только не имеет нижнего предела по частоте, но и не требует математической обработки результатов измерения ввиду прямого соответствия выходного сигнала величине зазора между торцом пробника и поверхностью контролируемого объекта).

Выбор датчика

После изучения предложенных способов исследования судовых энергетических установок стало понятно то, что многие способы измерения контактные. Именно по этой причине я задался целью найти датчик основанный на бесконтактном способе съема информации. Для исследования был выбран вихрековый датчик.

На Российском рынке производителей была найдена «система контроля кинематических параметров ТЕЗАР-2». Система контроля кинематических параметров ТЕЗАР-2 (далее - аппаратура) предназначена для измерения частоты вращения и относительного виброперемещения (Рис.3).

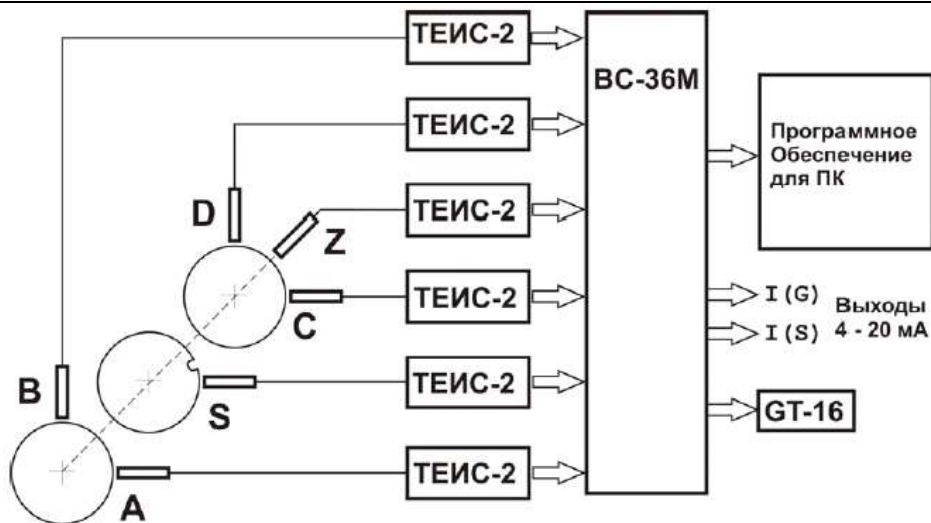


Рис.3. Тезар-2

Основным функциональным узлом аппаратуры является преобразователь кинематических величин измерительный ВС-36М, который эксплуатируется совместно с измерительными каналами относительных перемещений серии ТЕИС-2. Измерительный канал состоит из бесконтактного вихретокового датчика (Рис.4).

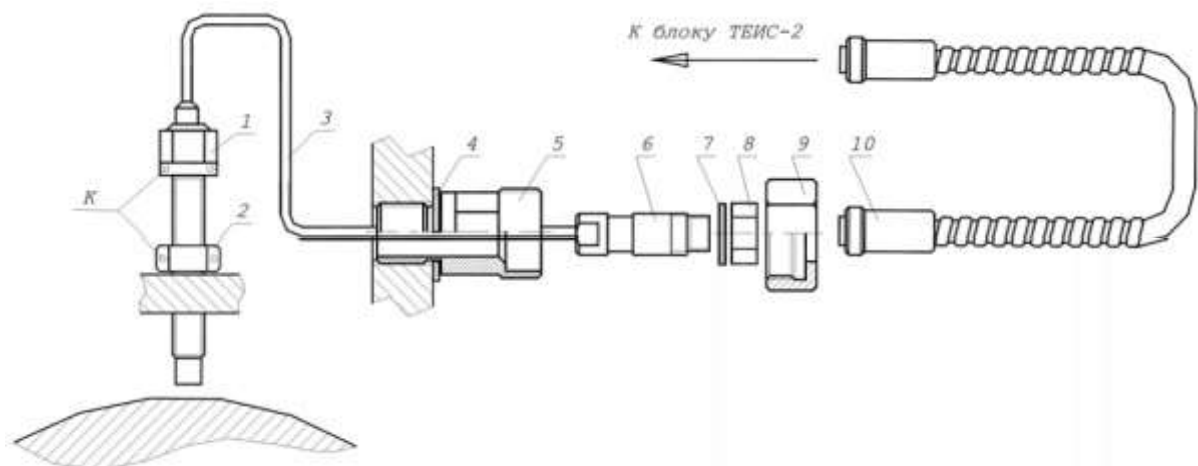


Рис.4. 1 - корпус датчика, 2 - контргайка, 3 - кабель датчика, 4, 7 - кольца уплотняющие резиновые, 5 - корпус гермоввода, 6 - разъем кабеля датчика с наружной резьбой, 8 - гайка упорная, 9 - гайка гермоввода накидная, 10 - кабель-удлинитель, К - места наложения контрольной проволоки.

1) Датчики, образующие одно поперечное измерительное сечение, должны быть установлены под углом 90° друг к другу.

2) Датчики каналов [А] и [С] (каналов [В] и [D] соответственно) желательно устанавливать в одной плоскости продольного сечения агрегата.

3) Минимальная конфигурация схемы кинематического контроля должна включать в себя каналы [S], [А], [В]. Каналы [С], [D] и [Z] являются свободно конфигурируемой частью общей схемы контроля.

Так как измерением осевого сдвига в нашем случае можно пренебречь, то на валопровод мы установим (S, A, B, C, D) каналы.

Установка датчиков

Первым вопросом является выбор места (сечения или участка) на крутильной схеме и реальном валопроводе для установки датчиков. Эту задачу можно решить только на основании анализа форм свободных колебаний. При выполнении такого анализа прежде всего надо выбрать

для экспериментального исследования только ощутимые для измерений и потенциально опасные для компонентов СУ формы свободных колебаний. Затем следует найти у этих форм колебаний те массы или сечения у которых наблюдаются наибольшие относительные амплитуды или эластические моменты. Далее выполняются конструкторские и технологические проработки по изготовлению необходимых приспособлений для установки приборов. На основании анализа для рассматриваемой СУ в разделе можно сделать вывод, что измерения целесообразно проводить в двух местах – в районах первой и десятой масс. Схема установки датчиков приведена на (Рис.5).

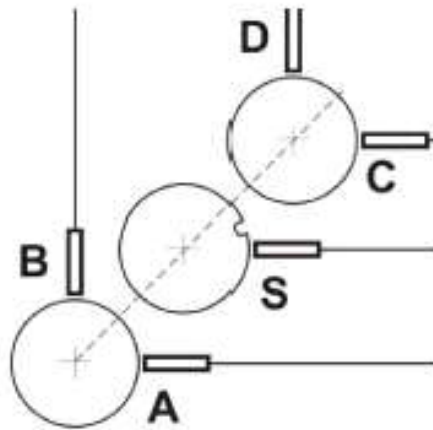


Рис.5.Схема установки датчиков

Датчики всех измерительных каналов должны устанавливаться перпендикулярно к контролируемой поверхности. Измерительная дорожка - участок поверхности вала, колебания которого подлежат измерению, должна быть свободна от любых отклонений в геометрической форме (вызванных, например, шпоночными канавками, резьбами, каналами для смазки и др.). Шероховатость поверхности ротора вдоль измерительной дорожки не должна превышать значений, указанных в п.3.3.2 ГОСТ Р ИСО 7919-1. Минимальная ширина измерительной дорожки составляет ± 12 мм от центральной оси датчика измерительного канала.

На измерительной дорожке канала [S] должна быть нанесена механическая метка в виде фрезерованного углубления с габаритными размерами: минимальный диаметр - 10 мм, минимальная глубина - 2 мм. Метка, пересекающая при вращении вала зону чувствительности датчика [S], создает токовый импульс на выходе нормирующего преобразователя, который используется в канале измерения частоты вращения как счетный импульс.

Разработаем кольцо с фрезерным углублением для измерения частоты вращения.

Характеристики кольца:

- 1) Внутренний диаметр $\varnothing 240$ мм;
- 2) Внешний диаметр $\varnothing 275$ мм;
- 3) Ширина кольца 30 мм;
- 4) Глубина механической метки 4 мм;
- 5) Ширина механической метки 16 мм.

Выбираем посадку с натягом H7/s6.

Установку кольца производим в соответствии с (Рис.6).

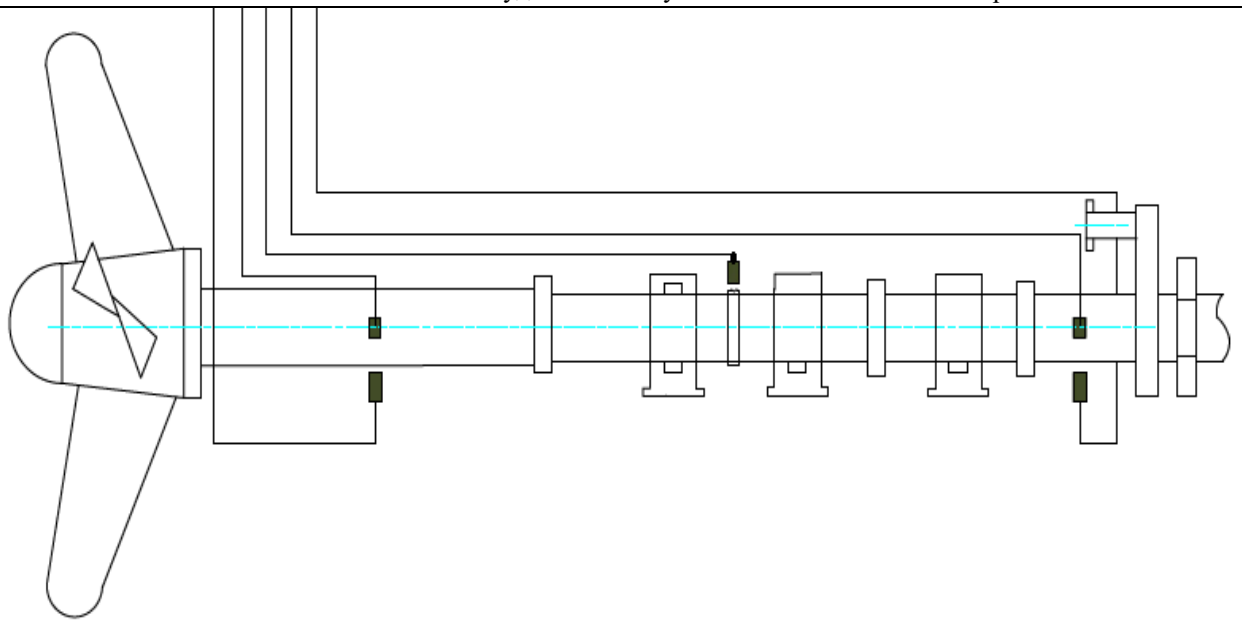


Рис.6. Установка датчиков и кольца

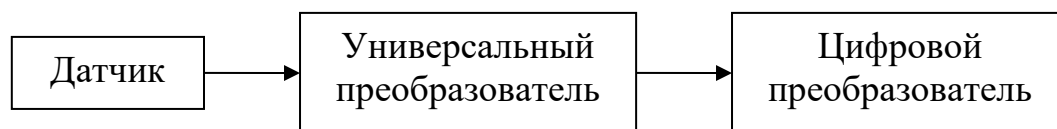
Расчет измерительного канала

Рис.7. Блок-схема измерительного канала.

Рассчитать суммарную погрешность измерительного канала, состоящего из датчика, универсального преобразователя и цифрового преобразователя.

Установка питается от сети 220 В через стабилизатор напряжения с коэффициентом стабилизации $k=25$. Объект испытаний находится в месте, где обычно поддерживается температура около $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, но в течение года может изменяться в пределах $20\pm 5^{\circ}\text{C}$. Усилитель и цифровой преобразователь установлены в помещении, где температура колеблется от 18 до $24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При расчете результирующей погрешности канала каждой из составляющих погрешности необходимо приписать соответствующий закон распределения, найти средне квадратичное отклонение (с.к.о.) и разделить погрешности на аддитивные и мультипликативные.

Результаты расчета с.к.о. для погрешностей звеньев измерительного канала сведем в табл. 1.

Табл.1. Результаты расчета с.к.о

Вид погрешности	Закон распределения	σ , %	k	κ	ε
1. Датчик:					
1.1. Основная погрешность	равномерный	0,57	1,73	0,745	1,8
1.2. Погрешность от температуры	нормальный	-0,017	2,066	0,577	3
1.3. Погрешность от напряжения сети	треугольный	0,163	2,02	0,65	2,4
2. Универсальный преобразователь:					
2.1. Погрешность коэффициента усиления при изменении напряжения питания	треугольный	0,04	2,02	0,65	2,4
2.2. Погрешности смещения нуля усилителя при колебаниях температуры	равномерный	-0,069	1,73	0,745	1,8
3. Цифровой преобразователь:					
3.1. Основной погрешности	равномерный	0,028	1,73	0,745	1,8
3.2. Погрешности смещения нуля при колебаниях температуры	равномерный	-0,017	1,73	0,745	1,8

Погрешность нуля канала определяется суммированием основных погрешностей датчика и цифрового преобразователя, температурной погрешности датчика и суммарной погрешности преобразователя. Суммирование проводится последовательным геометрическим сложением этих величин.

С.к.о. суммы с.к.о. основных погрешностей датчика и цифрового преобразователя:

$$\sigma_{\text{д+цп}} = \sqrt{\sigma_{\text{д}}^2 + \sigma_{\text{цп}}^2} = \sqrt{5 * 0,57^2 + 0,028^2} = 1,27 \%$$

Выводы

Были проведены исследования характеристик судовых установок и изучены методы диагностики. В работе предложен способ контроля основанный на измерении виброскорости и виброперемещения. Были выбраны датчики и рассчитан измерительный канал. Данный метод представляется перспективным и требует дальнейшего изучения.

Литература

1. «Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий» *Л.В.Ефремов*
2. «Основы судовой техники» *Д.А. Тейлор*
3. «Система контроля кинематических параметров ТЕЗАР-2» 2007 г.
4. ГОСТ Р ИСО 3046-5-2004
5. ГОСТ ИСО 7919 – 1 – 2002 «Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования»