

## СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ТОРСИОГРАФА СКАН

**Ефремов Л.В., Кудрявцев М.В., Сергеев К.О.** (г. Мурманск, МГТУ, кафедра «Технологии металлов и судоремонта» e-mail: [levlefr@mail.ru](mailto:levlefr@mail.ru))

During an intrusion in practice of an optical torsiograph SKAN the series of track errors of torsional vibrations was detected. It has caused to conduct special bench tests of this gear in МГТУ. The results of tests have allowed to receive the information for adjusting the rules of usage of a gear.

В процессе внедрения в практику оптического торсиографа СКАН (изготовитель ЦНИИМФ) нами был выявлен ряд дефектов записи этим прибором крутильных колебаний, негативно влияющий на достоверность их измерений (1). Моделирование торсиограмм на ЭВМ позволило установить причины некоторых дефектов. Например, появление в спектре записи гармоник первого порядка был вызван расцентровкой вала. Из-за плохой регулировки топливной аппаратуры возникали дополнительные гармоники не главных порядков и т.д. Однако источники других систематических помех до сих пор остались не опознанными, что и вызвало необходимость провести специальные стендовые испытания прибора на кафедре судовых энергетических установок МГТУ.

Испытания проводились в два этапа. Комплектация стенда для первого этапа испытаний показана на рис. 1.

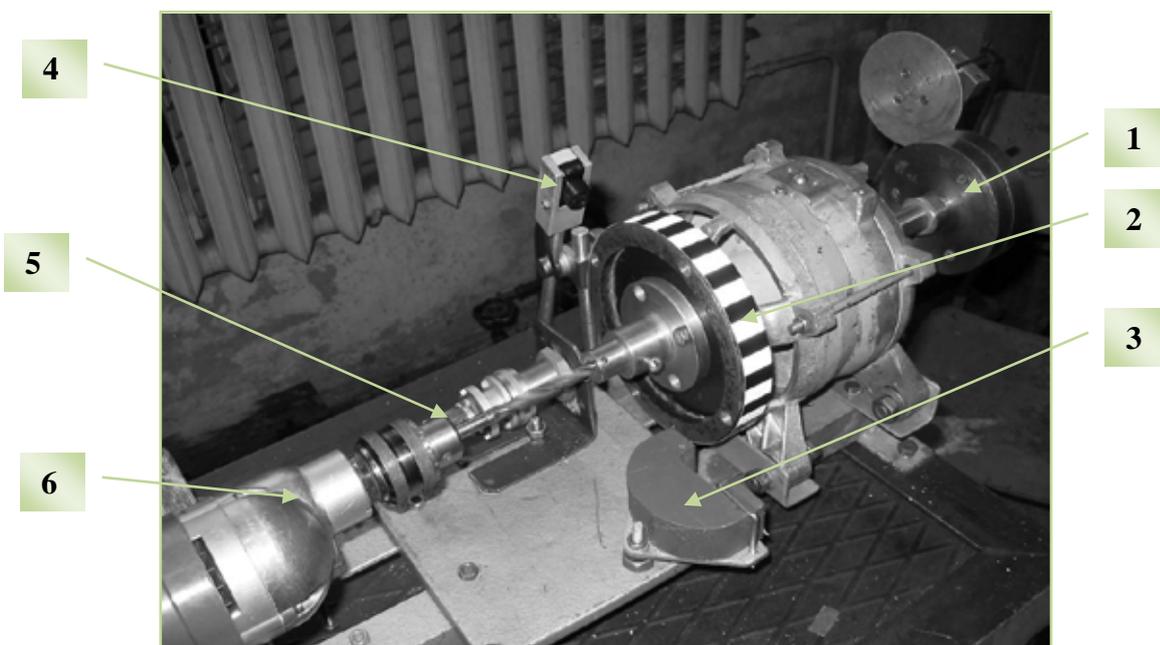


Рисунок 1 Исходная комплектация стенда. 1 – торсиограф ЦНИИ Крылова, 2- диск с «зёброй», 3 – магнит для притормаживания второго порядка, 4- источник-приемник прибора СКАН для лазерного излучения, 5 – передаточный вал, 6 – электропривод (дрель).

На первом этапе диск 2 (диаметром 142 мм) с наклеенной на него отражательной полосатой лентой (шаг 10 мм) приводился во вращение электродвигателем дрели при частоте вращения 400 – 600 об/мин. Гармоника первого порядка возбуждалась естественным боем диска. Для возбуждения второй гармоники сначала была предпринята неудачная попытка использовать притормаживание вращения сильным магнитом. Поэтому затем для решения той же задачи применили упругий резиновый элемент, который притормаживал вращение два раза за оборот.

Запись колебаний торсиографом СКАН производилась от оптического датчика 4 (рис. 1) на регистрирующий блок ноутбука (рис.2), где отражались обороты диска и спектр колебаний. Амплитуды и частоты спектральных гармоник являлись основным критерием качества записи.

Особенностью первого этапа являлось то, что аналогичная запись спектра колебаний одновременно велась на другой ноутбук инерционным датчиком 1 (рис. 1) штатного радио-торсиографа ЦНИИ им. Крылова, который используется ООО «Диамант» при испытаниях судов. Поэтому показания второго прибора рассматривались в качестве эталона для оценки достоверности торсиографа СКАН.

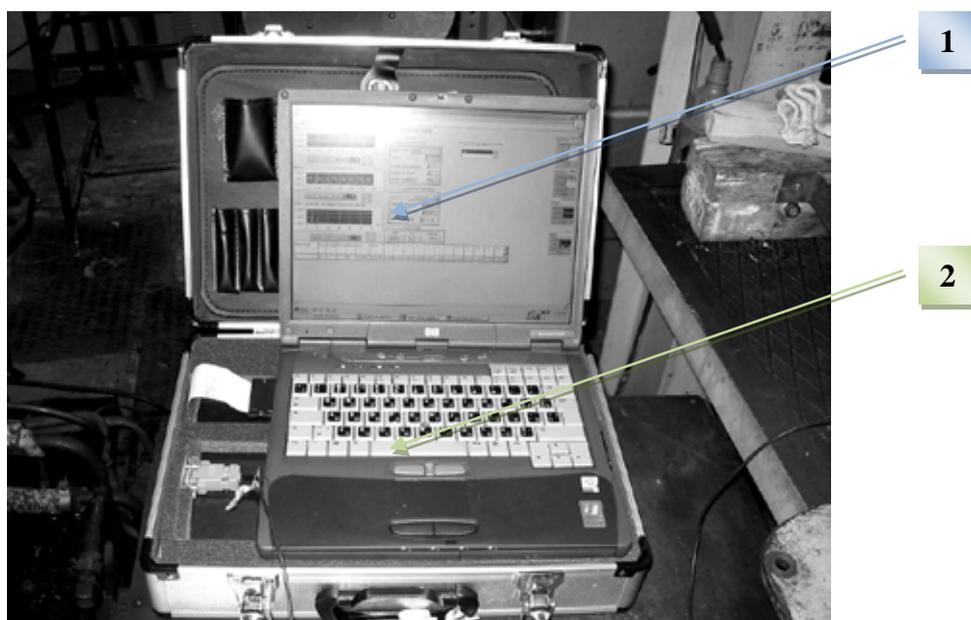


Рисунок 2 Регистрирующий блок торсиографа СКАН. 1- экран с результатами записи колебаний, 2 – клавиатура для управления измерениями.

Следует отметить, что при вращении станда от электропривода наблюдалась весьма ощутимая вибрация по причине плохой центровки привода от электродвигателя к диску 2 (рис. 1). В этих условиях было выполнено более 20 записей спектра, одна из которых приведена на рис. 3-1 при частоте вращения 447 об/мин. На этой спектрограмме четко проявилась гармоника первого порядка при частоте 8.6 Гц с небольшой амплитудой 0.0016 рад и второго порядка (0.0012 рад) при частоте 17.2 Гц. Источник этих колебаний понятен – это бой вала и его притормаживание упругим элементом. Однако, так же как и при записях на судах, во всем спектре наблюдалась «борода» колебаний с ощутимой амплитудой (0.0004-0.0007 рад) непонятного происхождения.

Сравнение этого спектра с данными прибора ЦНИИ Крылова показало совпадение амплитуд колебаний первого и второго порядков с данными торсиографа СКАН. Это позволяет сделать важное заключение о достоверности записи основных колебаний оптическим торсиографом. Интересно отметить и другой факт – в спектре

записи инерционного торсиографа ЦНИИ Крылова так же наблюдалась «борода» непонятных гармоник, хотя и с меньшей амплитудой.

На первом этапе испытаний было так же подтверждена невозможность непрерывной записи прибором СКАН при изменении частоты вращения в отличие от прибора ЦНИИ Крылова. Вместе с тем известны аналогичные оптические приборы, для которых таких проблем не существует (2).

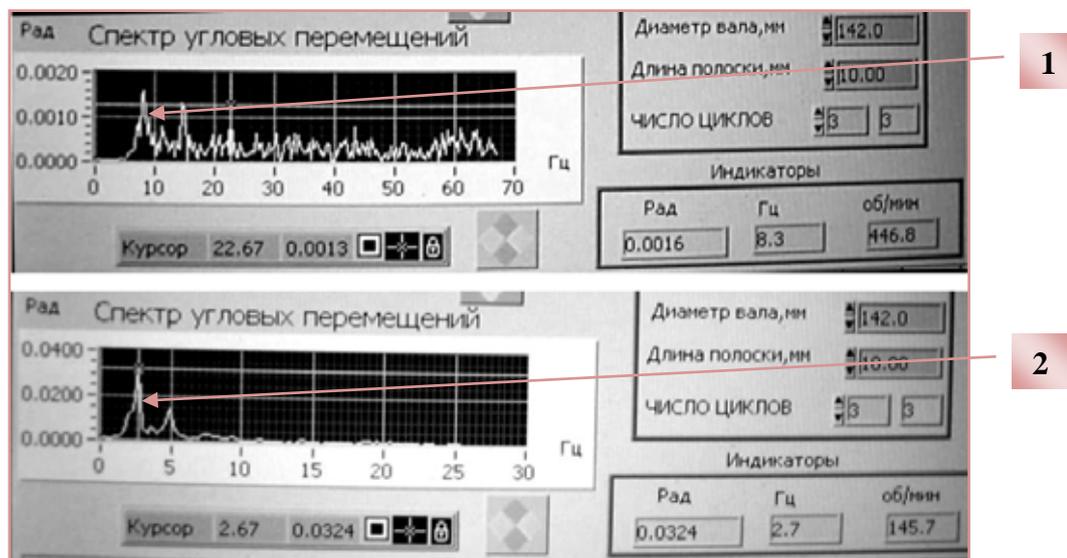


Рисунок 3. Записи спектрограмм колебаний. 1 – при работе с электроприводом от дрели, 2 – при вращении диска вручную.

Для того, что бы изучить управляемое влияние на качество записи различных факторов (вибрации, расстояния излучателя от ленты, угла падения лазерного луча и др.), было принято решение на втором этапе испытаний вращение диска осуществлять не от электромотора, а с помощью ручки-штурвала, оперативно изготовленной на кафедре ТМиС (см. рис. 4-1). При этом датчик прибора ЦНИИ Крылова был демонтирован.

Следует отметить следующие особенности испытаний на втором этапе. При частоте вращения около 150 об/мин вращение проходило без вибрации и сотрясений стенда. На экране ноутбука (рис. 3-2) наблюдались четкая и сильная гармоника первого порядка (0.03 – 0.05 рад), возникающая из-за естественных импульсов момента при вращении штурвала. Кроме того удавалось получить гармонику и второго порядка (методом двойного притормаживания). Как видно на рис. 3-2, посторонние гармоники на спектрограмме почти не просматриваются.

Если, на основании рис. 3-1, предположить, что «борода» из гармоник с амплитудой  $A < 0.001$  рад появляется на спектрограмме только при записи слабых колебаний (менее 0.002 рад), то причину ее возникновения можно было бы связать с особенностями работы электронной части системы записи, а не с вибрацией объекта. Однако, при вращении штурвала с частотой более 200 об/мин, когда возникали сильные сотрясения и вибрация стенда, в записи спектра появлялись соответствующие многочисленным хаотичные помехи, соизмеримые с основным сигналом. Эти помехи носили случайный характер при перемещении излучателя. Вибрационные помехи удавалось снизить при установке излучателя на неподвижный стол вне стенда. Таким образом, влияние вибрации на качество записи можно считать доказанной причиной возникновения помех. Основные исследования на втором этапе выполнялись при «спокойном» вращении диска (около 150 об/мин без вибрации) с возбуждением только первой гармоники, что позволило получить следующие результаты.

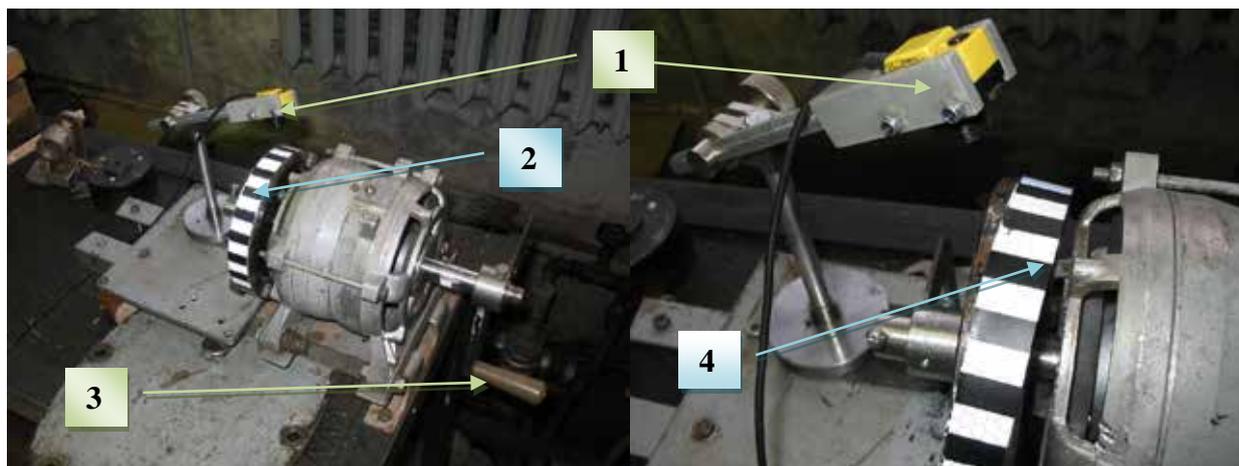


Рисунок 4 Стенд с ручным приводом. 1- источник-приемник прибора СКАН для лазерного излучения 2- диск с «зеброй», 3 – ручка-штурвал для вращения диска, 4- вариант неправильной наклейки ленты (восьмерка)

1. Прибор дает устойчиво достоверные показания в диапазоне дистанций между лентой и излучателем от 3 до 30 см.

2. При дистанции менее 2 см. запись не производится, что, видимо, связано с нарушением фокусировки луча.

3. Угол падения луча на ленту не влияет на качество записи при условии штатного срабатывания датчика.

4. При грубой наклейке ленты в виде «восьмерки» (рис. 4-2), возникает помеха - гармоника второго порядка. Это подтверждает требования о тщательной подготовке прибора к испытаниям.

5. Прибор не имеет ограничений по масштабу записи амплитуд колебаний.

6. Прибор может записывать колебания только при постоянных оборотах и при их изменении наблюдается запись низкого качества скачкообразного вида. Это связано с основным недостатком этого прибора – с низкой частотой импульсов светового потока. Согласно работе (2) высокое качество аналогичного оптического прибора при шаге «зебры» всего 1 мм и переменных оборотах обеспечивается лазерным тахометром ЛТ-850 с частотой прерывания луча до 40 кГц. В приборе СКАН этот показатель составляет не более 0.5-0.8 кГц.

Проведенные испытания позволили сделать однозначный вывод о том, что торсиограф СКАН можно применять для измерений крутильных колебаний на постоянных оборотах при условии корректировки инструкции по его эксплуатации с учетом полученных результатов и, прежде всего, в части минимизации влияния вибрации в районе установки датчиков измерений.

#### Литература

1.Ефремов Л.В. Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок применением компьютерных технологий. – СПб.: Наука, 2007- 276 с.

2. Попов А.А. Опыт торсиографирования судовых валопроводов с применением современных средств и методов измерений // Научн. – техн. сб. Российского морского регистра судоходства. – 2007.- С. 99-116