



УДК 621.43

**М.Н. Новосельцев** ст. преподаватель, Самарский филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**О.П. Шураев**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**А.Г. Чичурин**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, д.5

**И.Н. Герасимов**, студент Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**Н.Н. Четыркин**, студент Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**А.Ю. Ильичев**, студент Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**А.А. Фирсов**, студент Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
443099, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д.62

### КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Ключевые слова: испытания дизелей, аппаратный комплекс, рабочий процесс дизеля, измерение крутящего момента*

*Рассмотрен процесс создания аппаратного комплекса, предназначенного для измерения крутящего момента судовых двигателей в условиях машинного отделения, осуществляемый студентами и сотрудниками научно-производственной группы «Творец» Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ» совместно с представителями кафедры эксплуатации судовых энергетических установок ФГБОУ ВО «ВГУВТ»*

В части повышения культуры эксплуатации судовых энергетических установок регулярный мониторинг мощностных и теплотехнических параметров занимает одну из ключевых позиций. Знание текущего значения крутящего момента вместе с параметрами рабочего процесса двигателя позволяет избежать перегрузок как по мощности, так и по крутящему моменту. Появляется возможность достаточно точно спрогнозировать изменение технического состояния дизелей в течение более или менее продолжительного периода. С учетом большой наработки валов на судах речного флота эта информация способна снизить количество отказов, связанных с разрушением валов. Несомненная выгода такого подхода может выражаться не только в экономии топлива, но и в значительном увеличении межремонтного периода дизелей, а также сокращения простоев вследствие выхода их из строя.

Следует отметить, что если в части оперативного исследования параметров рабочего процесса дизелей с точки зрения методологического и технического обеспечения положение складывается относительно благополучно, то о технологиях и средствах непосредственного измерения крутящего момента, пригодных для судовых условий, этого сказать нельзя.

Существующие практические методики, в первую очередь тензометрия, а также индуктивный, виброчастотный и фазоимпульсный методы лишь частично решают данную проблему по причине сложности оборудования, значительной его стоимости, трудности монтажа оснастки на гребном валу, а также высоких требований к квалификации

операторов. Серьезным препятствием к широкому внедрению подобных технологий на флоте служит также чувствительность измерительной аппаратуры к вибрациям и другим неблагоприятным факторам, характерным для условий работы в машинном отделении судна.

К примеру, метод тензометрии, широко используемый во многих областях техники, требует монтажа датчиков непосредственно на гребном валу. Монтаж осуществляется при помощи клеевого соединения, выполняемого по достаточно сложной многооперационной технологии, требующей строгого соблюдения температурного режима, а также значительного времени, необходимого для полимеризации клея. Выполнение этих условий не всегда возможно.

Решение проблем, характерных для всех перечисленных методов измерения, известно давно, успешно апробировано и широко применяется во многих отраслях. Речь идёт об использовании в качестве датчиков вставок-торсиометров, представляющих собой элемент валопровода, служащий для передачи крутящего момента.

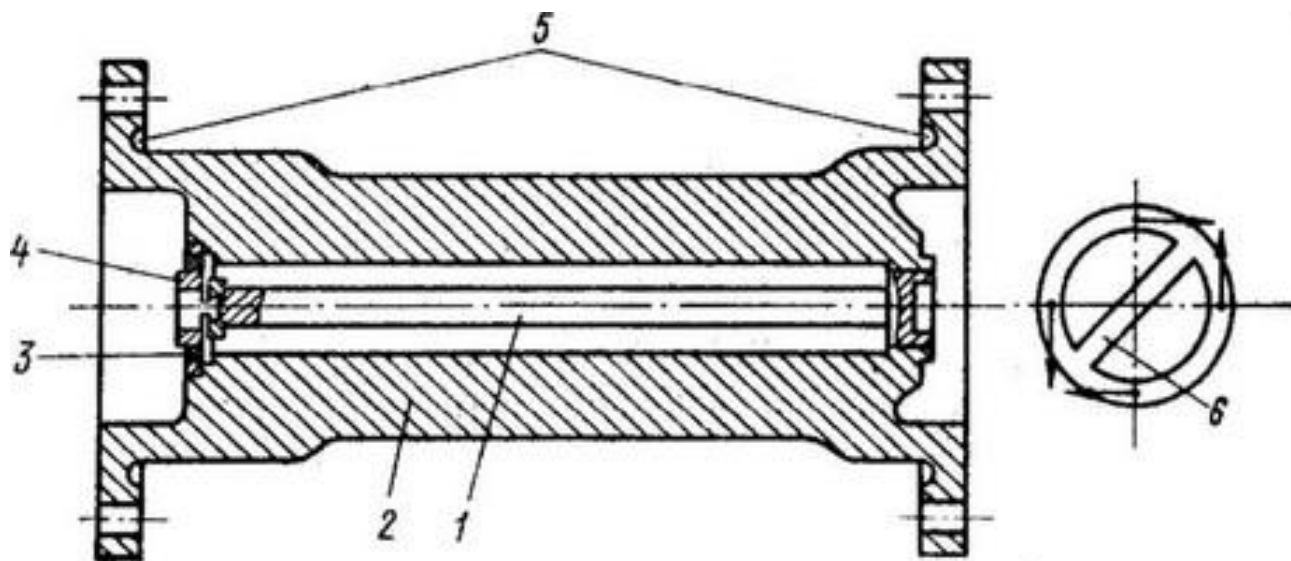


Рис.1. Торсиометр измерителя ДКА-22-45

Так, торсиометр (рис. 1) виброчастотного измерителя ДКА-22-45 состоит из большого 2 и малого 1 торсионных валов. Последний закреплён к фланцам вала 2. Преобразователь 4 представляет собой замкнутое кольцо с вибропластинкой 6 в центре. Скручивание вала 2 через вал 1 передается на кольцо, которое деформируется в эллипс, при этом собственная частота колебаний вибропластинки 6 меняется, что и служит критерием измерения крутящего момента. Для защиты преобразователя 4 от воздействия осевых усилий служит мембрана 3, а от изгибающих моментов и перерезывающих сил — мембраны 5.

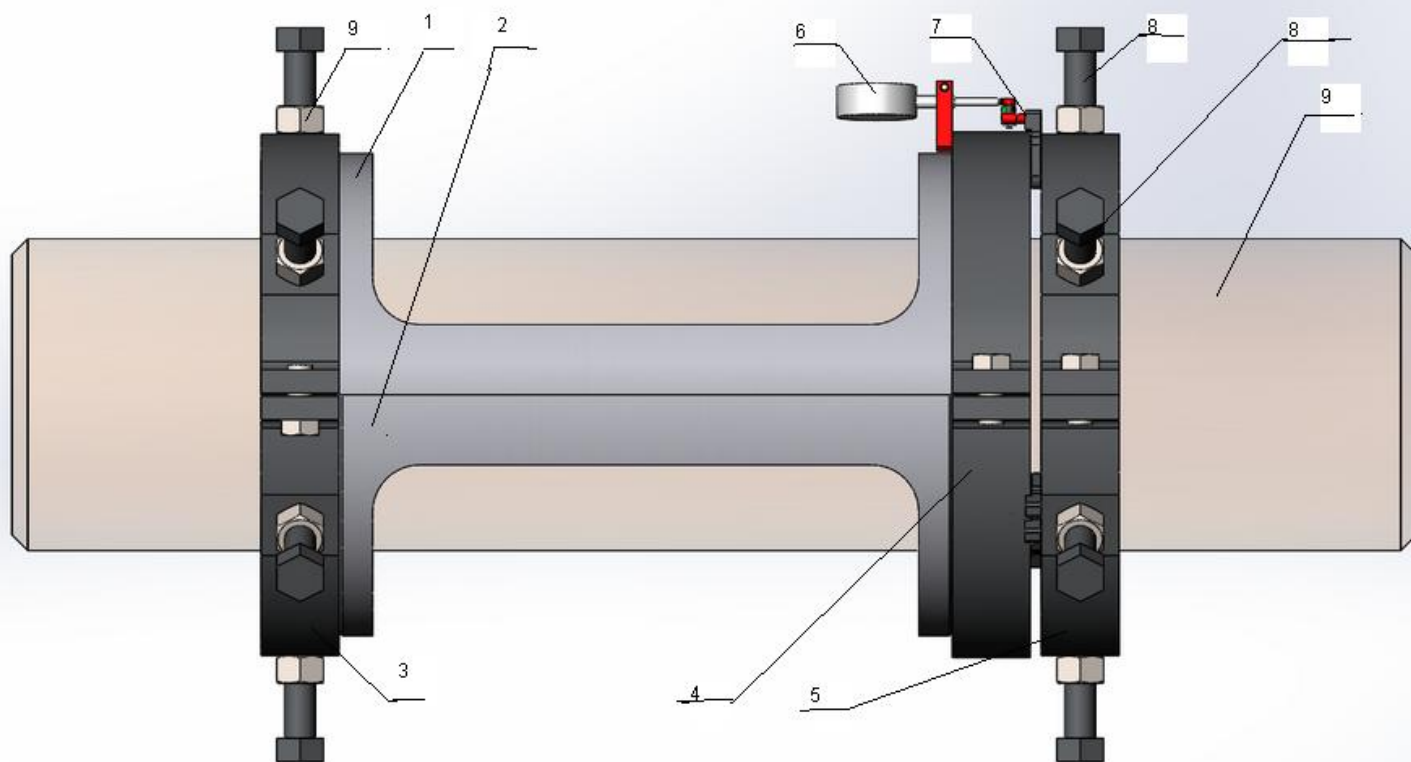
Подобные решения успешно применяются на флоте, тем не менее, полностью удовлетворить потребности таким путём невозможно, ибо для судов, изначально не оборудованных данной системой потребуются трудоёмкая и затратная модернизация валопровода, в ряде случаев и вовсе неосуществимая по конструктивным соображениям. Тем не менее, задача систематического контроля величины крутящего момента судовых двигателей приобретает всё большую актуальность, что и нашло отражение в соответствующем требовании Правил Российского Речного Регистра от 2015 года.

С целью решения данной задачи студентами и сотрудниками научно-производственной группы «Творец» Самарского филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ» совместно с преподавателями кафедры эксплуатации судовых энергетических установок ФГБОУ ВО «ВГУВТ» выполняется работа по созданию аппаратного комплекса, предназначенного для измерения крутящего момента величиной до 35 кН·м при частоте

вращения до 1600 об/мин. Оснастка может устанавливаться на гребном валу диаметром 120-250 мм.

В целях повышения надёжности работы измерительного комплекса в условиях вибрации, действия центробежных сил, повышенной влажности и перепадов температуры, а также упрощения технологии измерений было решено отказаться от электронных компонентов в составе прибора. Для считывания и отображения информации использован механический индикатор часового типа, измеряющий перемещение контрольной точки звена рычажного преобразователя, реализованного на базе прямолинейно-направляющего механизма Чебышева. Отличительной особенностью данной схемы является эластичность, позволяющая гасить колебания, возникающие вследствие знакопеременных тангенциальных ускорений, неизбежно возникающих при работе ДВС. Последние вызывают значительные колебания стрелки прибора, что приводит к снижению точности его показаний и затрудняет считывание информации оператором.

В ходе ОКР в числе прочих технических решений обрабатывались также и различные методы передачи информации с аппаратуры, установленной на вращающемся гребном валу. Для практической реализации были отобраны 2 схемы: считывание показаний прибора посредством автономной видеокамеры с последующей расшифровкой при остановке двигателя, а также оптико-механический, принятый в качестве окончательного варианта. Принцип его состоит в измерении угла отклонения луча, генерируемого когерентным источником и отражённого от зеркального элемента, смонтированного на стрелке часового индикатора. Отсчёт положения световой метки производится по шкале, закреплённой в строго определённом положении относительно отражателя. Практические



опыты полностью подтвердили целесообразность принятого конструктивного решения.

Рис. 2. Измерительная оснастка, установленная на гребном валу

На рис. 2 показана измерительная оснастка, состоящая из облегчённых полугильз 1 и 2, стянутых хомутами 3 и 4. Помимо фиксирования полугильз хомуты 3 и 5 предназначены для закрепления и фиксирования оснастки на гребном валу 9 посредством болтов 8, законтренных гайками 9. Шарнирные узлы с прямолинейно-направляющим

механизмом 7 служат для создания условно-подвижного сочленения хомутов 4 и 5, причём последний несет одновременно функцию центровки измерительной оснастки на валу. Для размещения механических индикаторов часового типа служит хомут 4, причём, с целью повышения точности измерений и облегчения балансировки оснастки, приборы с преобразователями устанавливаются на каждый шарнирный узел, и их общее количество составляет 3 шт.

Таким образом, измерение величины передаваемого валом крутящего момента основано на изменении угла скручивания базовых сечений вала, преобразуемое в линейное перемещение контрольной точки звена прямолинейно-направляющего механизма. Изменение позиций контрольных точек механизмов фиксируется индикатором и преобразуется в положение световой отметки на неподвижной шкале описанным выше способом.

В процессе проведения ОКР выполнялась поэтапная отработка узлов оснастки. Испытания проводились на стенде, состоящем из дизеля 6L160 PNS, оснащённого оригинальным гидротормозом и аппаратурой измерения нагрузки [3]. Комплексная доводка стенда проводилась с помощью системы диагностирования Depas Handy 4.0H. Перечень средств измерения включал также газоанализатор ДАГ-510 МВ, дымомер МЕТА-01 МП 0.2Т, тахометр АКПП-9202 и термогигробарометр testo 622.

По результатам опытных прогонов экспериментальной оснастки после уточнения конструкции и отработки ключевых технических решений был создан рабочий проект конструкторской документации, в настоящее время запущенный в производство.

#### **Список литературы:**

- [1] Одинец С.С., Топилин Г.Е. Средства измерения крутящего момента. Библиотека приборостроителя. М.: «Машиностроение», 1977. 160 с.
- [2] Испытания авиационных двигателей: учебник для вузов / Под общ. ред. В.А. Григорьева и А.С. Гишварова. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.
- [3] Новосельцев М.Н., Шураев О.П., Чичурин А.Г. Разработка и испытания стенда с двигателем 6L160PNS и гидротормозом // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 51. Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017. С. 191-206.

### **COMPLEX FOR MEASURING THE TORQUE OF MARINE ENGINES**

M.N. Novoseltzev, O.P. Shurayev, A.G. Chichurin,  
I.N. Gerasimov, N.N. Chetyrkin, A. Yu. Il'ichev, A.A. Firsov

*Keywords: testing of diesel engines, hardware, diesel workflow, torque measurement*

*Examines the process of creating hardware designed to measure torque marine engines in terms of engine room, carried out by the students and staff of the scientific and production group "Tvorets" of the Samara branch together with representatives of department Operation marine engines «Volga State University of Water Transport»*