

УДК 629.12

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАШЕНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ УПРУГО-ФРИКЦИОННЫМИ ДЕМПФЕРАМИ С ГИЛЬЗОВЫМИ ПРУЖИНАМИ

Ибадуллаев Адель Дамирович¹, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация водного транспорта и промышленное рыболовство»
e-mail: adel.ibadullaev99@mail.ru

¹ Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация. Повышение эффективности гашения крутильных колебаний валопроводов остается критически важной, особенно для обеспечения надежности современных судовых двигательных установок. Упруго-фрикционный демпфер с гильзовыми пружинами представляет собой одно из наиболее эффективных технических решений данной проблемы, в котором функции упругого элемента реализованы посредством гильзовых пружин, а демпфирование колебаний обеспечивается за счёт деформации при сжатии пружинного пакета, граничного трения рабочих поверхностей и дросселирования смазочного масла.

Ключевые слова: упруго-фрикционный демпфер, крутильные колебания, эффективность демпфирования, импортозамещение, судовая двигательная установка.

INCREASING THE EFFICIENCY OF TORSIONAL VIBRATIONS DAMPING OF A MARINE PROPULSION SYSTEM BY ELASTIC-FRICTION DAMPERS WITH SLEEVE SPRINGS

Adel D. Ibadullaev¹, Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department «Operation of Water transport and Industrial fisheries»
e-mail: adel.ibadullaev99@mail.ru

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. Increasing the efficiency of torsional vibration damping in propeller shafts remains critically important, especially for ensuring the reliability of modern marine propulsion systems. An elastic-friction torsional vibration damper with sleeve springs represents one of the most effective technical solutions to this problem. In this damper, the elastic element functions are implemented using sleeve springs, while vibration damping is achieved through compression deformation of the spring pack, boundary friction of the working surfaces, and throttling of the lubricating oil.

Keywords: elastic-friction damper, torsional vibrations, damping efficiency, import substitution, marine propulsion system.

Упруго-фрикционный демпфер крутильных колебаний с гильзовыми пружинами (далее – УФД с гильзовыми пружинами) представляет собой основное комплектующее устройство современных среднеоборотных и высокооборотных судовых дизельных двигателей, обеспечивающее надежность главной энергетической установки и повышение безопасности эксплуатации морского транспортного судна в целом [1]. Проект направлен на импортозамещение критически важного комплектующего, ранее поставлявшегося исключительно зарубежными производителями MAN Energy Solutions SE (Германия), Caterpillar (США), MaK (Германия), что напрямую соответствует приоритетам национальных проектов технологического лидерства «Промышленное обеспечение транспортной мобильности» в части создания основных элементов и систем морских транспортных судов. Кроме того, он способствует развитию отечественного судового машиностроения, обеспечивая технологическую независимость России в данной отрасли и приобретение необходимых научно-инженерных компетенций. Создание первого в России подобного устройства (на этапе жизненного цикла – прототипа) закладывает прочную основу для последующего серийного производства [2].

Настоящая научно-исследовательская работа выполняется в рамках продолжения диссертационного исследования Ибадуллаева А.Д. [3] и направлена на формирование научно-технического задела для подачи заявки от 24.04.2026 г. на конкурс Старт-1-2026 ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

Актуальность тематики исследования подтверждена многочисленными письмами о научно-техническом сотрудничестве, направленными на разработку отечественного инновационного продукта. В числе организаций, поддержавших проект, следует выделить:

1. Главное управление ФАУ Российский морской регистр судоходства, г. Санкт-Петербург.
2. АО «Объединенная судостроительная корпорация», г. Санкт-Петербург.
3. АО «Волгодизельмаш», г. Балаково.
4. АО «Синара-Транспортные Машины», г. Москва.
5. Научно-производственное объединение «ДОНТЕХЦЕНТР», г. Ростов-на-Дону.
6. Atlas Alliance Group LLC, г. Баку.
7. Частное учреждение по обеспечению научного развития атомной отрасли «Наука и инновации» РОСАТОМ, г. Москва.
8. АО «Астраханское центральное конструкторское бюро», г. Астрахань.
9. Филиал «Астраханский судоремонтный завод» Акционерного общества «Центр судоремонта «Звездочка», г. Астрахань.
10. Производственно-коммерческая фирма «Кессон», г. Астрахань.
11. ТОО «Azkaz Marine Group», г. Актау.
12. Астраханский филиал ФАУ «Российский морской регистр судоходства», г. Астрахань.

Целью направления исследования является разработка, создание и испытания прототипа УФД с гильзовыми пружинами с целью повышения эффективности демпфирования и формирования научно-технического задела для разработки опытного образца и последующего импортозамещения демпферов данного типа в судовых дизельных двигателях. Для реализации вышеописанной цели необходимо решить ряд научно-технических проблем, которые остро стоят перед отечественным дизелестроением.

Во-первых, отсутствие в России научно-обоснованной инженерной методики проектирования подобных устройств. Во-вторых, наблюдается полная зависимость от импортных поставок, прекращенных из-за международных геополитических санкций, при полном отсутствии отечественного производства. В-третьих, остаются непроработанными



вопросы экспериментальных исследований по оценке технического состояния и назначению остаточного ресурса. В-четвертых, до сих пор отсутствуют нормативные требования в правилах классификационных обществ к диагностике (как разборной, так и безразборной) [4, 5].

Переходя к описанию конструктивных особенностей (рис. 1, 2), следует отметить, что разрабатываемый УФД-прототип представляет собой устройство, в котором функции упругого элемента реализованы посредством гильзовых пружин, а демпфирование колебаний обеспечивается за счёт деформации при сжатии пружинного пакета, граничного трения рабочих поверхностей и дросселирования смазочного масла [6]. Такая конструкция позволяет эффективнее гасить развиваемые крутильные колебания, чем у существующих силиконовых аналогов.

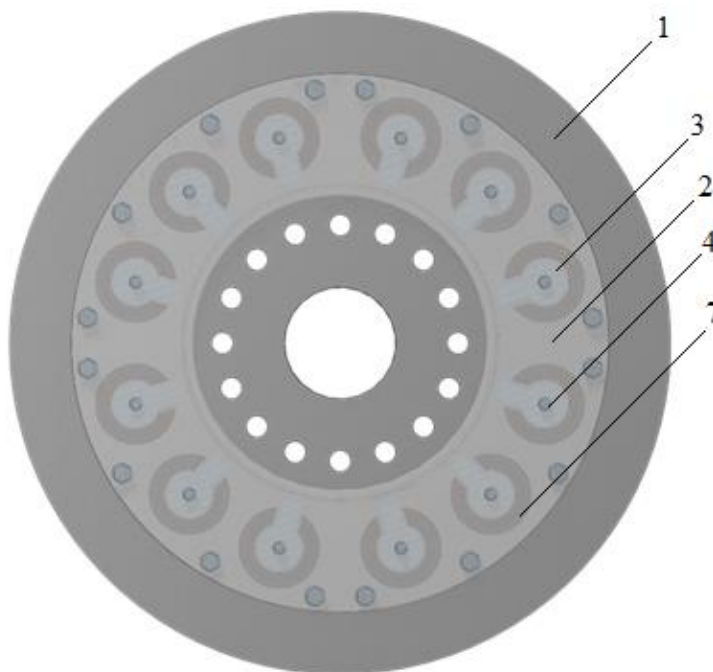


Рисунок 1 – Общий вид УФД-прототипа с гильзовыми пружинами [разработано автором]

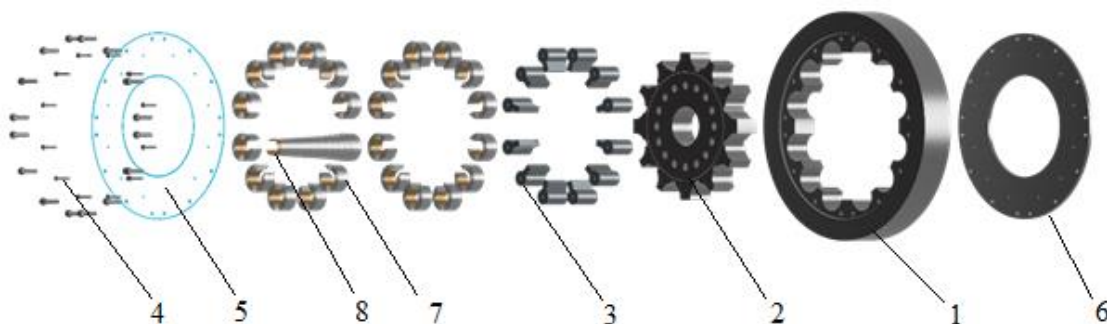


Рисунок 2 – Покомпонентное изображение УФД-прототипа с гильзовыми пружинами [разработано автором]

УФД-прототип содержит корпус 1 и внутренний обод 2, между которыми расположены ограничители 3. Ограничители жестко связаны монтажными болтами 4 с крышкой, содержащей фронтальную поверхность 5 и заднюю поверхность 6. Гильзовые пружины 7 установлены с натягом между корпусом, ограничителями и внутренним ободом. Между гильзовыми пружинами и ограничителями жестко установлены антифрикционные

пластины 8, повторяющие форму гильзовых пружин. Внутренний обод соединен с коленчатым валом дизеля с помощью болтов. Гильзовые пружины деформируются при сжатии за счет знакопеременного скручивания внутреннего и внешнего ободов демпфера. При сжатии гильзовых пружин создается упругий демпфирующий момент, в следствие чего происходит снижение крутильных колебаний. Наличие антифрикционных пластин позволяет уменьшить контактный износ между гильзовыми пружинами и ограничителями, что позволяет увеличить ресурс демпфера. Прозрачная крышка позволяет осуществить первичную безразборную диагностику с помощью визуального контроля внутренних элементов демпфера. Обнаружение повреждения или износа упругих элементов позволит современно принять решение о их замене или диагностике.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что разрабатываемый проект позволяет как повысить компетенцию, знания, умения и навыки машиностроителей, так и укрепить отечественный суверенитет в заявленной области.

Список литературы:

1. Покусаев М.Н. Разработка модельного пружинного демпфера крутильных колебаний / М.Н. Покусаев, К.О. Сибряев, М.М. Горбачев, А.Д. Ибадуллаев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2023. – № 4 (147) – С. 124–138. – DOI: 10.18698/0236-3941-2023-4-124-138.
2. Ibadullaev A.D. Problems of diagnostics of technical condition of torsional vibration dampers of modern marine diesel engines / A.D. Ibadullaev, M.N. Pokusaev, M.M. Gorbachev, K.O. Sibryaev // Recent achievements and prospects of innovations and technologies. – 2023. – Vol. 2, № 2. – P. 137–145.
3. Ибадуллаев А.Д. Создание пружинного демпфера крутильных колебаний с листовыми рессорами с лучшей демпфирующей способностью судовой двигательной установки: дис. канд. техн. наук. Астрахань: АГТУ, 2025. 195 с.
4. Российский морской регистр судоходства. Правила технического наблюдения за судами в эксплуатации. НД № 2-020201-031. – Санкт Петербург: РМРС, 2026. – 837 с.
5. Российское классификационное общество. Оценка работоспособности силиконовых демпферов крутильных колебаний судовых двигателей внутреннего сгорания. Руководство Р.043-2016. – М.: РКО, 2016. – 66 с.
6. Ефремов Л. В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий: монография / Л. В. Ефремов; Российская академия наук, Институт проблем машиноведения. – СПб: Наука, 2007. – 276 с. – ISBN 5-02-025134-8

