

УДК 629.526

DOI: <https://doi.org/10.37890/jwt.vi65.130>

СНИЖЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ НА РУМПЕЛЕ ПОДВЕСНОГО ЛОДОЧНОГО МОТОРА ПРИ ПОМОЩИ ТРАНЦЕВОЙ МНОГОСЛОЙНОЙ ВИБРОНАКЛАДКИ

М.Н. Покусаев

*Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань, Россия*

А.А. Хмельницкая

*Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань, Россия*

К.Е. Хмельницкий

*Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань, Россия*

А.А. Кадин

*Астраханский государственный технический университет,
г. Астрахань, Россия*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы измерения и снижения локальной вибрации от подвесных лодочных моторов на маломерных судах. Уровень локальной вибрации на румпеле подвесного лодочного мотора маломерного судна согласно ГОСТ 28556-2016 «Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности» должен быть указан в инструкциях по эксплуатации моторов, но, согласно проведенному авторами анализу, такие сведения производителями не указываются. Для измерения вибрации использовалась современная поверенная аппаратура, включая виброметр «Экофизика-110А». Для снижения вибрации подвесных лодочных моторов авторами была разработана многослойная транцевая накладка и проведены измерения на моторной лодке с подвесными лодочными моторами «SEA PRO 2.5» и «SEA PRO 5.0». В результате исследования установлено, что разработанная транцевая многослойная накладка обеспечивает максимальное снижение локальной вибрации на 77% при измерениях виброускорения, m/s^2 . Также установлено, что в России фактически нет нормативных требований к уровню вибрации на румпеле подвесных лодочных моторов, при этом, предусмотренная в ГОСТ 28556-2016 «Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности» норма заводов-производителей, чаще всего не указывается в реальных инструкциях по эксплуатации. Это требует разработки и введения норм по локальной вибрации на румпеле подвесных лодочных моторов или расширения деятельности существующих нормативных документов в области маломерных судов.

Ключевые слова: вибрация, маломерное судно, подвесной лодочный мотор, виброизоляция

Введение

Вибрацию, возникающую при работе активного судового энергетического оборудования и воспринимаемую экипажем, следует разделять на общую и локальную. Локальная вибрация передается судовым механикам, рулевым и другим членам экипажа через кисти рук при работе с инструментами, штурвалами, рукоятками и т.д. Особенная ситуация с локальной вибрацией обстоит (на наш взгляд) с маломерными судами, оснащенными подвесными лодочными моторами в качестве главных двигателей. В процессе эксплуатации маломерного судна неизбежен контакт рулевого с подвесным лодочным мотором через румпель управления. В связи с этим, помимо общей вибра-

ции от корпуса лодки, рулевой испытывает локальную вибрацию, передаваемую от подвесного лодочного мотора через рукоятку управления на его кисть. Локальная вибрация оказывает вредное влияние на человека и может приводить к нарушениям потоков крови в периферических сосудах, нарушений неврологических и локомоторных функций рук. При эксплуатации моторной лодки локальная вибрация может воздействовать длительное время на человека и, соответственно, представляет опасность для его здоровья, поэтому тема исследования является актуальной и необходимой.

В различное время исследованиями вибрации на судах занимались такие специалисты, как: Шербакова О.В., [1]; Худяков С.А., [2]; Дятченко С.В., [3]; Барановский А.М., [4]; Tian Ran Lin, [5]; Ravindra B. Ingle, [6] и другие, однако, эти исследования касаются крупных морских и речных судов и не рассматривают вибрацию маломерных судов, количество которых в России достигает 1,5 млн. шт. по данным Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС) на 2018 год.

Для изучения уровня локальной вибрации от подвесного лодочного мотора, которая передается на рулевого, нами был проведен анализ нормативно-технической литературы в данной области и ряд практических экспериментов на моторной лодке с подвесными моторами. Практическая значимость данного исследования заключается в получении новых результатов локальной вибрации на румпелях управления подвесных лодочных моторов китайского производства моделей «SEA PRO 2.5» и «SEA PRO 5.0» при различных вариантах виброизоляции.

Материалы и методы:

Сведения о локальной вибрации на органах управления подвесных лодочных моторов содержатся в ГОСТ 28556-2016 «Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности», [7]. В данном нормативном документе есть общие требования по уровню вибрации: моторы с румпельным управлением должны быть сконструированы и изготовлены таким образом, чтобы при правильной их установке и нормальной эксплуатации вибрация, передающаяся через руки рулевого, была бы минимизирована насколько это возможно. Во-вторых, указано, что среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения, выражаемого в m/s^2 , измеренное по ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования», [8] в контакте руки с рычагом румпеля при частоте вращения двигателя, равной половине максимальной частоты вращения при эффективной мощности, указывается изготовителем в инструкции пользователя или ином аналогичном документе.

Для измерения локальной вибрации на румпеле подвесного мотора был проведен ряд экспериментов с лодкой по типу «Riverboat 36 Chirok» (длиной 3400 мм и шириной 1230 мм с фанерным транцем толщиной 40 мм), оснащенной двумя вариантами виброизоляции крепления мотора: с разработанной авторами транцевой многослойной накладкой и с резино-техническим полотном марки БК-2045. Транцевая изолирующая накладка (с толщиной 4,5 мм) имеет пятислойную конструкцию - слои прорезинированной ткани УНКЛ-3 (0,5 мм), силиконового герметика (1,5 мм), армирующей металлической сетки (0,5 мм), силиконового герметика (1,5 мм), прорезиненной ткани УНКЛ-3 (0,5 мм).

В соответствии с ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования», [8] измерения локальной вибрации на румпеле производились согласно схеме контакта типа «сжатая ладонь» (рис. 1) по трем направлениям: оси X, Y, Z.

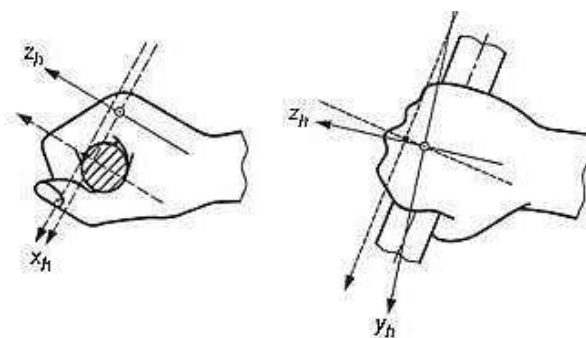


Рис. 1 – Схема измерения локальной вибрации на румпеле подвесного лодочного мотора

В инструкции по эксплуатации подвесных лодочных моторов «SEA PRO», [9] отсутствуют данные по уровню средней вибрации на румпеле. Каких-либо отдельных документов, регламентирующих нормы локальной вибрации на румпеле подвесного лодочного мотора в России на сегодняшний день нет. Наиболее близкими в данном случае можно с некоторой долей допущения считать требования СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», [10], согласно которым допустимый уровень локальной вибрации по всем трем направлениям не должен превышать 126 дБ в относительной величине. Согласно этому же документу, логарифмические уровни виброускорения в относительных единицах - дБ определяются по формуле:

$$L_a = 10 \cdot \lg_{10} \left(\frac{a^2}{a_0^2} \right), \quad (1)$$

Где a - величина виброускорения, м/с^2 ;
 a_0 - величина виброускорения, м^2 , принимаемая за опорную величину и равная 10^{-6} м/с^2 , соответствующая 0 дБ.

Результаты

Результаты измерения виброускорения на румпеле в зависимости от варианта виброизоляции и режима работы подвесного лодочного мотора «SEA PRO 2.5» представлены в табл. 1, а для «SEA PRO 5.0» в табл. 2.

Таблица 1

Результаты измерения вибрации на румпеле мотора «SEA PRO 2.5», дБ

Вид виброизоляции	Ось	Режим работы подвесного мотора		
		Малый ход	Средний ход	Полный ход
Без виброизоляции	X	148,3	148,5	150,4
	Y	145,0	147,9	150,4
	Z	148,6	154,9	152,3
С резино-техническим полотном	X	147,1	147,5	144,5
	Y	144,5	146,3	150,6
	Z	148,6	150,9	156,6
С вибронакладкой	X	143,5	145,8	141,7
	Y	143,1	148,3	149,8
	Z	147,4	152,0	147,2

Таблица 2

Результаты измерения вибрации на румпеле мотора «SEA PRO 5.0», дБ

Вид виброизоляции	Ось	Режим работы подвесного мотора		
		Малый ход	Средний ход	Полный ход
Без виброизоляции	X	144,9	149,0	155,8
	Y	143,6	149,6	154,7
	Z	149,6	148,5	154,0
С резино-техническим полотном	X	144,1	155,1	149,0
	Y	139,6	154,4	155,5
	Z	141,6	152,0	155,1
С вибронакладкой	X	142,9	144,0	144,6
	Y	141,0	136,9	149,8
	Z	141,1	138,7	148,9

Результаты табл. 1 и 2 для наглядности изображены на рис. 2 и 3 в виде столбчатых диаграмм.

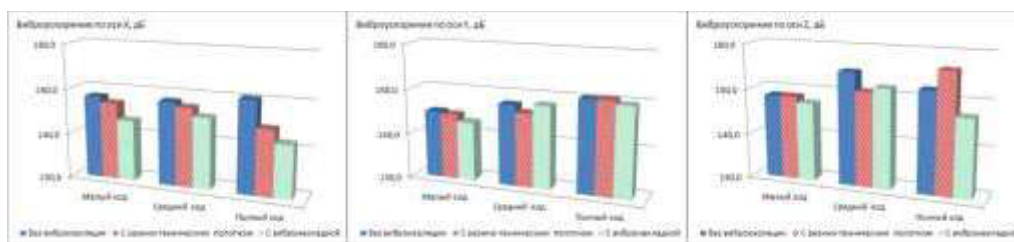


Рис. 2 – Локальная вибрация на румпеле мотора «SEA PRO 2.5»

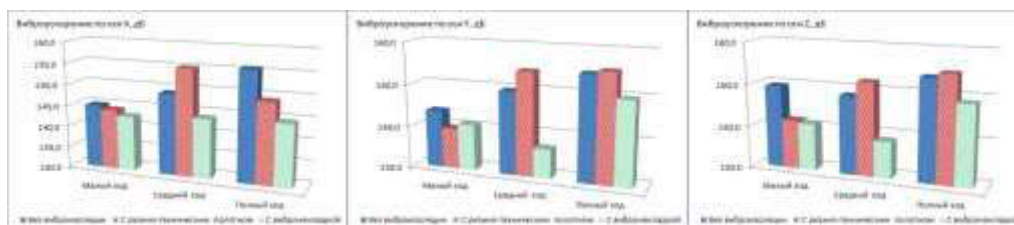


Рис. 3 – Локальная вибрация на румпеле мотора «SEA PRO 5.0»

Обсуждение

Измеренная в ходе проведенных экспериментов величина виброускорения при всех вариантах виброизоляции и режимов работы моторов превышает 126 дБ, согласно требованиям СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», если использовать этот нормативный документ для нормирования вибрации на румпеле подвесных лодочных моторов. Максимальное превышение составляет 19,5% при использовании виброускорения в дБ. Наиболее большие значения виброускорения у подвесных моторов обеих марок наблюдаются на полном ходу. Изоляция при помощи разработанной многослойной

накладки является перспективным способом снижения вибрации подвесных лодочных моторов, поскольку снижает виброускорение до 8,5% при анализе результатов в дБ и до 77% при анализе результатов в м/с².

Заключение, выводы

В России нет нормативных требований к уровню вибрации на румпеле подвесных лодочных моторов; при этом, предусмотренная в ГОСТ 28556-2016 «Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности» норма заводов-производителей, чаще всего не указывается в реальных инструкциях по эксплуатации. Это требует разработки и введению норм по локальной вибрации на румпеле подвесных лодочных моторов или расширения деятельности существующей нормативных документов в области маломерных судов.

Список литературы:

1. Щербакова О.В. Виброизоляция структурного шума на судах: диссертация ... кандидата технических наук: 05.08.05 // Щербакова Ольга Валерьевна; [Место защиты: Новосибирская государственная академия водного транспорта]. - Новосибирск, 2014. - 149 с.
2. Худяков С.А. Вибростойкость и конструировании упругих систем судовых энергетических установок: диссертация ... доктора технических наук: 05.08.05 // Худяков Сергей Алексеевич; [Место защиты: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет]. - Комсомольск-на-Амуре, 2014. - 318 с.
3. Дятченко С.В. Разработка методов проектного обеспечения нормативных характеристик вибрации на судах промышленного флота: диссертация ... доктора технических наук : 05.08.03, 05.08.01 // Дятченко Сергей Васильевич; [Место защиты: Нижегород. гос. техн. ун-т им Р.Е. Алексеева]. - Калининград, 2011. - 435 с.
4. Барановский А.М. Теоретические основы эффективной виброизоляции на судах: Дис. ... д-ра техн. наук : 05.08.05 Новосибирск, 2000. - 316 с.
5. Tian Ran Lin, Jie Pan, Peter J.O'Shea, Chris K. Mechefske. A study of vibration and vibration control of ship structures // *Marine Structures*, Volume 22, Issue 4, October 2009, p. 730 - 743.
6. Ravindra B. Ingle, Brijendra K. Saxena, Md. Ayaz J. Khan. A theoretical investigation of natural frequencies of vibration and noise due to engine and propeller systems of an UltraLarge Crude Carrier (ULCC) // *JOURNAL OF LOW FREQUENCY NOISE, VIBRATION AND ACTIVE CONTROL*, Vol. 29, №1, 2010. p. 41 – 43.
7. ГОСТ 28556-2016. Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности. - М.: Стандартинформ, 2016. - 8 с.
8. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001). Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. - М.: Стандартинформ, 2010. - 24 с.
9. Инструкция по эксплуатации подвесных лодочных моторов «SEA PRO». ZHEJIANG PIONEER MACHINERY & ELECTRON, 2020. – 98 с.
10. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. - М.: Стандартинформ, 2016. - 72 с.

REDUCTION OF LOCAL VIBRATION ON THE TILLER OF AN OUTBOARD MOTOR USING A TRANSOM MULTI-LAYER VIBRATION PAD

Mikhail N. Pokusaev

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Anastasia A. Khmel'nitskaya

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Konstantin E. Khmel'nitsky

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Aleksei A. Kadin

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The article deals with the measurement and reduction of local vibration from outboard motors on small vessels. The level of local vibration on the tiller of an outboard motor of a small vessel according to GOST 28556-2016 "Outboard Motors. General safety requirements" should be specified in the motor operating instructions, but, according to the authors' analysis, such information is not specified by manufacturers. To measure the vibration, modern verified equipment was used, including the "Ecofizika-110A" vibrometer. To reduce the vibration of outboard motors, the authors developed a multi-layer transom plate and carried out measurements on a motor boat with outboard motors "SEA PRO 2.5" and "SEA PRO 5.0". As a result of the study, it was found that the developed multi-layer transom overlay provides a maximum reduction of local vibration by 77% when measuring vibration acceleration, m/S². It is also established that in Russia there are actually no regulatory requirements for the level of vibration on the tiller of outboard motors, while the system provided for in GOST 28556-2016 "Outboard motors. General safety requirements" standard of manufacturing plants, most often not specified in the actual operating instructions. This requires the development and introduction of standards for local vibration on the tiller of outboard motors or the expansion of existing regulations in the field of small vessels.

Keywords: vibration, small boat, outboard motor, vibration isolation

References:

1. Shcherbakova O.V. Vibroizolyaciya strukturnogo shuma na sudah: dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.08.05. Shcherbakova Olga Valer'evna; [Mesto zashchity: Novosibirskaya gosudarstvennaya akademiya vodnogo transporta]. - Novosibirsk, (2014): 149 s.
2. Hudyakov S.A. Vibrostojkost' i konstruirovaniy uprugih sistem sudovyh energeticheskikh ustanovok: dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.08.05. Hudyakov Sergej Alekseevich; [Mesto zashchity: Komsomol'skij-na-Amure gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet]. Komsomol'sk-na-Amure, (2014): 318 s.
3. Dyatchenko S.V. Razrabotka metodov proektnogo obespecheniya normativnyh karakteristik vibracii na sudah promyslovogo flota: dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk : 05.08.03, 05.08.01 / Dyatchenko Sergej Vasil'evich; [Mesto zashchity: Nizhegor. gos. tekhn. un-t im R.E. Alekseeva]. - Kaliningrad, (2011): 435 s.
4. Baranovskij A.M. Teoreticheskie osnovy effektivnoj vibroizolyacii na sudah: Dis. ... d-ra tekhn. nauk : 05.08.05 Novosibirsk, (2000): 316 s.
5. Tian Ran Lin, Jie Pan, Peter J.O'Shea, Chris K. Mechefske. A study of vibration and vibration control of ship structures // Marine Structures, Volume 22, Issue 4, October 2009, p. 730- 743.
6. Ravindra B. Ingle, Brijendra K. Saxena, Md. Ayaz J. Khan. A theoretical investigation of natural frequencies of vibration and noise due to engine and propeller systems of an UltraLarge Crude Carrier (ULCC). JOURNAL OF LOW FREQUENCY NOISE, VIBRATION AND ACTIVE CONTROL, Vol. 29, №1, (2010): 41- 43.
7. GOST 28556-2016. Motory lodochnye podvesnye. Obshchie trebovaniya bezopasnosti. M.: Standartinform, (2016): 8 s.
8. GOST 31192.1-2004 (ISO 5349-1:2001). Vibraciya. Izmerenie lokal'noj vibracii i ocenka ee vozdejstviya na cheloveka. CHast' 1. Obshchie trebovaniya. - M.: Standartinform, (2010): 24 s.
9. Instrukciya po ekspluatacii podvesnyh lodochnyh motorov «SEA PRO». ZHEJIANG PIONEER MACHINERY & ELECTRON, (2020): 98 s.
10. SanPiN 2.2.4.3359-16. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k fizicheskim faktoram na rabochih mestah. M.: Standartinform, (2016): 72 s.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Покусаев Михаил Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация водного транспорта», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: evt2006@rambler.ru

Mikhail N. Pokusaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department «Operation of water transport», Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva st., Astrakhan, 414056

Хмельницкая Анастасия Александровна, ассистент кафедры «Эксплуатация водного транспорта», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: khmelnitskayaaa@mail.ru

Anastasia A. Khmelnitskaya, assistant of the Department "Operation of water transport", Astrakhan state technical University (AGTU), 414056, Astrakhan, Tatishcheva str., 16

Хмельницкий Константин Евгеньевич, аспирант кафедры «Эксплуатация водного транспорта», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: chuchera80@mail.ru

Konstantin E. Khmelnitsky, postgraduate student of the Department «Operation of water transport», Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva st., Astrakhan, 414056

Кадин Алексей Алексеевич, магистрант кафедры «Эксплуатация водного транспорта», Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО «АГТУ»), 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: evt2006@rambler.ru

Aleksei A. Kadin, master's student of the Department «Operation of water transport», Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva st., Astrakhan, 414056

Статья поступила в редакцию 24.09.2020 г.