Судовые энергетические установки

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-9>
УДК 629.5.03

М.Н. Покусаев, К.Е. Хмельницкий, Е.Г. Ильина

ПОКУСАЕВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Эксплуатация водного транспорта», SPIN: 9543-2110, e-mail: evt@astu.org
ХМЕЛЬНИЦКИЙ КОНСТАНТИН ЕВГЕНЬЕВИЧ – аспирант, e-mail: chuchera80@mail.ru
ИЛЬИНА ЕЛЕНА ГЕОРГИЕВНА – к.э.н., доцент, e-mail: ilyinaeg@mail.ru
Астраханский государственный технический университет
Астрахань, Россия

Оценка эффективности капотов подвесных моторов маломерного судна в реальных условиях эксплуатации

Аннотация: Шум энергетических установок судов различного типа и назначения – актуальная проблема не только для экипажа, но и для окружающей среды. Снижение шума судовых двигателей, включая подвесные лодочные моторы, производится с применением шумоизолирующих конструкций, но многослойные конструкции с различными гидравлическими наполнителями практически не рассматриваются. В данной статье мы попытались экспериментально оценить эффективность применения капота многослойной конструкции с использованием подвесного лодочного мотора «Ханкай 4.0» в сравнении с различными шумоизолирующими капотами в реальных условиях эксплуатации. Определено, что применение стандартного пластикового капота дает снижение шума некапотированного мотора на 9,3%; шумоизолирующего капота – на 10,1%; многослойного капота – на 12,5%, что говорит о перспективности подобных разработок на водном транспорте.

Ключевые слова: шум судовой энергетической установки, шумоизолирующий капот, маломерное судно, подвесной лодочный мотор.

Введение

Снижение шума подвесных лодочных моторов – инженерная задача, связанная с экологическими ограничениями: шум водного транспорта так же, как и вредные выбросы с отработавшими газами судовых энергетических установок и сбросы в воду, негативно влияет на окружающую среду. На сегодня, изучение шума двигателей внутреннего сгорания различного назначения рассматривается в работах М.Г. Шатрова [10], В.С. Руссинковского [9], К. Uzuneanu, I.V. Ion [14], D.A. Bies, С.Н. Hansen [13] и др. Превышение уровня шума подвесных лодочных моторов является правонарушением согласно статье 8 Кодекса РФ об административных правонарушениях [5]. Снижение шума энергетических установок производится несколькими способами, включая шумоизоляцию. Как правило, шумоизолирующие кожухи и капоты представляют собой однослойные и многослойные конструкции из шумопоглощающих материалов. Для оценки эффективности применения капота новой конструкции были проведены испытания в реальных условиях эксплуатации моторной лодки с подвесным лодочным мотором «Ханкай 4.0» на реке Волга.

Цель и новизна исследования

В данной статье мы попытаемся сравнить степень снижения шума подвесных лодочных моторов при помощи шумоизолирующих капотов различной конструкции. Для этого нам необходимо провести практические эксперименты с популярным подвесным лодочным мотором «Ханкай 4.0» с различными шумоизолирующими капотами в реальных условиях эксплуатации моторной лодки на реке Волга и сравнить полученные результаты с допустимыми нормами, что ранее не было сделано.

Методы проведения эксперимента

Предыдущие исследования кафедры «Эксплуатация водного транспорта» Астраханского государственного технического университета в области снижения шума подвесных лодочных моторов привели к созданию нового шумоизолирующего капота «Капонистр». Название устройства поясняет принцип его конструкции: модель включает два основных элемента: капот, выполняющий оградительную и шумоизолирующую функцию, и канистра (емкость) для топлива (на конструкцию в 2019 г. получен патент [11]). Шумоизолирующий капот выполнен из стеклопластика, армированного стекломатой, в виде литой емкости, заполненной топливом. Топливо дополнительно используется в качестве шумоизолирующей среды, при этом нижнее основание капота повторяет конструкцию верхней части мотора, а внешний кожух имеет горловину с наружной резьбой для заправки топливом, снабженную крышкой с внутренней резьбой. Используемый полиэфирный материал подбирался по принципу химической нейтральности к бензину. При создании физической модели предполагалось, что устройство обеспечит значительное снижение шума подвесного лодочного мотора за счет создания многослойных препятствий звуковым волнам из разных сред, а именно: двух слоев армированного стеклопластика, топливной прослойки и воздушной прослойки. Предлагаемое устройство работает следующим образом: заполненный топливом капот устанавливается на подвесной лодочный мотор вместо штатного капота, пристегивается защелками, далее через быстросъемное соединение гибкого патрубка через штуцер капота подается топливо в топливную аппаратуру двигателя.

В качестве объекта применения шумоизолирующих капотов использовался подвесной лодочный мотор «Ханкай 4.0» со следующими техническими характеристиками:

- тип двигателя: двухтактный карбюраторный;
- мощность двигателя: 4 л.с.;
- масса: 13,5 кг;
- используемое топливо: смесь бензина АИ-92 по ГОСТ 32513-2013 [4] с маслом *Yamalube2*, по ГОСТ 17479.1-2015 в пропорции 1/50 [1];
- уровень шума: 74,3 дБА (в паспорте мотора не указан, но определен экспериментально).

Подвесной лодочный мотор установлен на транец, выполненный из деревянной доски, прикрепленной болтовым соединением к плоскостной металлической лодке из оцинкованного листа, спаянного в местах соединений.

Капоты, используемые для проведения эксперимента:

- штатный пластиковый капот мотора «Ханкай 4.0»;
- шумоизолирующий капот (пластиковый капот, обклеенный внутри автомобильной фольгированной шумоизоляцией);
- шумоизолирующий капот «Капонистр».

Контрольно-измерительные приборы и нормативно-техническая документация

Основное измерение шума производилось при помощи измерительного комплекса «Экофизика-110А». «Экофизика-110А» – трехканальный вибромметр, шумомер, анализатор спектра, предназначенный для оценки вибрации и шума, номер в Госреестре средств измере-

ния РФ: 48433-11. Согласно паспорту ПКДУ.411000.001.02ПС на измерительный комплекс «Экофизика-110А» [12], при использовании прибора в качестве шумомера достигаются следующие технические характеристики: класс 1 по МЭК 61260; наименование встроенного программного обеспечения: EPH-V; набор фильтров: октавные, 1/3-октавные фильтры; номинальные среднегеометрические частоты октавных фильтров: 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц; погрешность измерения: 0,4 дБ; минимальный уровень измеряемого шума: 22 дБА; максимальный уровень измеряемого шума: 139 дБА. В состав измерительного комплекса также входит микрофонный предусилитель P200 [7], акустический калибратор АК-1000 [6], микрофонный капсюль ВМК-205: [8], программное обеспечение *Signal +*.

Скорость ветра при измерениях шума измерялась анемометром *Union GM8901* с погрешностью не более 3%.

Частота вращения подвесного лодочного мотора измерялась тахометром с погрешностью менее +2%.

Процедура измерения шума на свободной воде производилась на основании ГОСТ ISO 14509-1-2015 [3]. В данном ГОСТе регламентируются условия испытаний для измерения максимального уровня внешнего шума, который создается при движении прогулочным судном с подвесным мотором.

Процедура проведения эксперимента

Перед проведением испытаний произведена оценка соответствия условий эксперимента требованиям ГОСТ ISO 14509-1-2015 [3], скорость ветра на уровне расположения микрофона не превышала 7 м/с, дождь и иные осадки отсутствовали, высота речной волны в районе испытаний не превышала 0,1 м. Микрофон расположили на жесткой поверхности на высоте 3,5 м от поверхности воды и 1,2 м над поверхностью берега (см. рисунок).

Пример схемы расположения микрофона на берегу (по ГОСТ ISO 14509-1-2015) [3]):
1 – судно; 2 – микрофон; 3 – ось микрофона

Измерения проводились при движении лодки на расстоянии 25 м обоими бортами с разными вариантами капотирования подвесного лодочного мотора.

Результаты эксперимента

Обработанные при помощи методов математической статистики и программного обеспечения *Signal+* результаты измерений уровня шума представлены в таблице.

Разница между уровнем измеренного шума и уровнем фона (55 дБА) составляет 10 дБА, что является допустимой величиной, поэтому корректировка результатов испытаний не требовалась. Допустимый уровень шума по ТР ТС 026/2012 «О безопасности маломерных судов» и по ГОСТ 17.2.4.04-82 «Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Нормирование внешних шумовых характеристик судов внутреннего и прибрежного плавания» [2] для подвесных лодочных моторов, изготовленных ранее 01.01.2017, составляет 75 дБА. Перед и после про-

ведения испытаний шумомер «Экофизика-110А» подвергался калибровке по уровню звука 114 дБА, результаты обрабатывались в программном обеспечении *Signal +*.

**Результаты экспериментов с шумоизолирующими капотами
подвесного лодочного мотора «Ханкай 4.0»**

№	Вид капотирования	Максимальный уровень шума, дБА	Снижение шума по сравнению с вариантом без капота, %	Нормы предельного уровня шума, дБА
1	Без капота	74,3	–	75
2	Стандартный капот	67,4	9,3	
3	Шумоизолирующий капот	66,8	10,1	
4	Комбинированный многослойный капот	65	12,5	

Выводы

Капотирование позволяет снизить шум подвесного лодочного мотора ниже допустимых норм в 75 дБА, и, как показали исследования, уровень шума и его характер будет зависеть от конструкции шумоизолирующего капота. Так, применение стандартного пластикового капота дает снижение шума некапотированного мотора на 9,3%; шумоизолирующего капота на 10,1%; многослойного капота на 12,5%, что говорит о перспективности подобных разработок на водном транспорте. Следует отметить, что применение многослойных капотов требует проведения дальнейшего анализа на предмет обеспечения нормального теплового режима мотора, его долговечности и герметичности, а капотирование в целом является перспективным видом направления снижения шума подвесных лодочных моторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 17479.1-2015. Масла моторные. Классификация и обозначение. М.: Стандартинформ, 2016. 10 с.
2. ГОСТ 17.2.4.04-82. Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Нормирование внешних шумовых характеристик судов внутреннего и прибрежного плавания. М.: Стандартинформ, 2004. 5 с.
3. ГОСТ ISO 14509-1-2015. Суда малые. Измерение шума малых моторных прогулочных судов. Ч. 1. Измерение шума проходящего судна. М.: Стандартинформ, 2016. 19 с.
4. ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
5. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях. Текст с последними изменениями и дополнениями на 1 октября 2018 года. М.: Эскмо, 2018. 544 с.
6. Паспорт на калибратор акустический АК-1000 / ПКФ Цифровые приборы. М., 2015. 8 с.
7. Паспорт-формуляр на микрофонный предусилитель P200. ООО «ПКФ Цифровые приборы». М., 2018. 4 с.
8. Протокол испытаний капсюля микрофонного конденсаторного ВМК-205, № 6115. М., 2017. 1 с.
9. Руссинковский В.С. Разработка метода расчета вибрации и структурного шума корпусных деталей автомобильных дизелей: дис. ...канд. техн. наук. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 182 с.
10. Шатров М.Г., Яковенко А.Л., Микерин Н.А., Глазков А.О., Кузнецов С.М. Моделирование двигателя внутреннего сгорания как источника акустического излучения // Волны и вихри в сложных средах: 9-я Междунар. конф.-школа молодых ученых: сб. 2018. М.: МАДИ, 2018. С. 184–187.
11. Шумоизолирующий капот для подвесного лодочного мотора: патент на полезную модель RU 194855 U1, 25.12.2019 г. / К.Е. Хмельницкий, М.Н. Покусаев; Астрахань. ФГБОУ ВО «АГТУ». Заявка № 2019131228 от 01.10.2019 г.

12. Шумомер-виброметр, анализатор спектра «Экофизика-110А». Паспорт ПКДУ.411000.001.02ПС. «ПКФ Цифровые приборы». М., 2014. 12 с.
13. David A. Bies, Colin H. Hansen. Engineering Noise Control: Theory and Practice, 4th ed., 2009. 745 p.
14. Uzuneanu K., Ion I.V. Impact of noise and vibrations on the ship microclimate // Proceedings of the 3rd Intern. Conf. of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2014). Mamaia, Romania, 2014, 12–14 June, 4 p.

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2020. N 3/44

Marine Engines and Auxiliary Machinery

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2020-3-9>

Pokusaev M., Khmelnitsky K., Ilyina E.

MIKHAIL POKUSAEV, Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department *Operation of Water Transport*, e-mail: evt@astu.org
KONSTANTIN KHMELNITSKY, Postgraduate, e-mail: chuchera80@mail.ru
ELENA ILYINA, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
e-mail: ilyinaeg@mail.ru
Astrakhan State Technical University
Astrakhan, Russia

Evaluation of the effectiveness of outboard engine hoods of a small vessel in real operating conditions

Abstract: The noise of power plants of various types and purposes is a considerable problem not only for the crew, but also for the environment, so reducing the noise of marine engines, including outboard motors, is an urgent and necessary task. At present, noise reduction is performed using noise-insulating structures, but multilayer structures with various hydraulic fillers are practically not considered. This study examines the use of a multi-layer hood with the use of a popular Russian outboard motor «Hangkai 4.0». The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of various noise – insulating hoods, in real conditions of operation. The experiments were conducted by specialists of the Department *Operation of water transport* of the *Astrakhan State Technical University* using the software and hardware complex «Ecophysics-110A». As a result of experiments, it was determined that the use of a standard plastic hood reduces the noise of an unpowered motor by 9,3%; a noise-insulating hood by 10,1%; a multi-layer hood by 12,5%, which indicates the prospects for such developments in water transport.

Keywords: ship power plant noise, noise-insulating hood, small vessel, outboard boat motor.

REFERENCES

1. GOST 17479.1-2015. Engine oils. Classification and designation. М., Standardinform, 2016, 10 p.
2. GOST 17.2.4.04-82. Nature protection (SSOP). Atmosphere. Normalizing external noise characteristics of inland and coastal vessels. М., Standardinform, 2004, 5 p.
3. GOST ISO 14509-1-2015. Small vessels. Noise measurement of small motor pleasure craft. Part 1. Measuring the noise of a passing vessel. М., Standardinform, 2016, 19 p.
4. GOST 32513-2013. Motor fuels. Unleaded petrol. Technical conditions. М., Standardinform, 2014, 12 p.
5. The Code of administrative offences of the Russian Federation. Text with the latest changes and additions as of October 1, 2018. М., Escmo, 2018, 544 p.
6. Passport for the AK-1000 acoustic calibrator. LLC PKF *Digital devices*. М., 2015, 8 p.
7. Passport formular microphone preamp P200. LLC PKF *Digital devices*. М., 2018, 4 p.
8. Test report of the microphone condenser capsule VMK-205, N 6115. М., 2017. 1 p.

9. Russinkowski V.S. Development of a method of vibration and structural noise of car body parts diesel engines. M., Bauman Moscow State Technical University, 2005, 182 p.
10. Shatrov M.G., Yakovenko A.L., Mikerin N.A., Glazkov A.O., Kuznetsov S.M. Modeling of an internal combustion engine as a source of acoustic radiation. Waves and vortices in complex environments, 9th international conference-school of young scientists. M.: MADI, 2018. p. 184–187.
11. Noise-insulating hood for outboard motor: patent for utility model RU 194855 U1, 25.12.2019 / K.E. Khmelnsky, M.N. Pokusaev; Astrakhan. ASTU. Application no. 2019131228 dated 01.10.2019.
12. Sound meter-vibration meter, spectrum analyzer Ekofizika-110A. Passport PKDU.411000.001. 02 PS. LLC PKF *Digital devices*. M., 2014, 12 p.
13. David A. Bies, Colin H. Hansen. Engineering Noise Control: Theory and Practice, 4th ed., 2009. 745 p.
14. Uzuneanu K, Ion. I.V. Impact of noise and vibrations on the ship microclimate. Proceedings of the 3rd Intern. Conf. of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2014). Mamaia, Romania, 2014, 12–14 June, 4 p.