

Научная статья

УДК 656.52; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-216-225

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОЛЛЮТАНТОВ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ПОДВЕСНОГО ЛОДОЧНОГО МОТОРА HANGKAI T6 ПРИ ОБКАТКЕ И В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ложкина Ольга Владимировна;

✉ **Мальчиков Константин Борисович.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ *malchikov87@mail.ru*

Аннотация. Активное развитие рынка водной рекреации приводит к заметному росту числа моторизованных маломерных судов и, как следствие, усугублению их техногенного воздействия на окружающую среду. Новые подвесные лодочные моторы должны пройти достаточно продолжительный период обкатки в целях лучшей приработки движущихся частей. На режиме обкатки в топливо добавляется, в среднем, в два раза больше моторного масла, чем в период повседневной эксплуатации, и это оказывает влияние на количественный состав загрязняющих веществ в отработавших газах. В результате экспериментального исследования 2-тактного бензинового подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 было установлено, что на режиме обкатки (при соотношении топлива и масла 25:1) в отработавших газах содержание CO, CO₂ и CH увеличилось соответственно на 19,0–62,8 %, 32,3–60,7 % и 18,1–64,7 % по сравнению с режимом повседневной эксплуатации (при соотношении топлива и масла 50:1).

Ключевые слова: техногенное воздействие, маломерные суда, подвесной лодочный мотор, отработавшие газы, поллютанты

Для цитирования: Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Определение концентраций поллютантов в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 при обкатке и в повседневной эксплуатации // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 216–225. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-216-225.

Scientific article

DETERMINATION OF CONCENTRATIONS OF POLLUTANTS IN EXHAUSTS OF HANGKAI T6 OUTBOARD ENGINE AT BREAK-IN MODE AND DURING DAILY OPERATION

Lozhkina Olga V.;

✉ **Malchikov Konstantin B.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ *malchikov87@mail.ru*

Abstract. Active development of water recreation market leads to a noticeable increase in the number of motorized recreational boats and, as a consequence, to an aggravation of their technogenic impact on the environment. New outboard motors should go through a fairly long break-in period to allow the moving parts to better break in. During the mode, on average, twice as much engine oil is added to the fuel as during daily operation, and this affects the concentration of pollutants in the exhausts. The results of the experimental study of the HANGKAI T6 2-stroke gasoline outboard motor, have shown that the content of CO, CO₂ and CH in the exhausts

has increased, respectively, by 19,0–62,8 %, 32,3–60,7 % and 18,1–64,7 % in the break-in mode with a fuel-oil ratio 25:1 compared to daily operation mode with a fuel-oil ratio 50:1.

Keywords: technogenic impact; small vessels; outboard boat motor; exhaust gases; pollutants

For citation: Lozhkina O.V., Malchikov K.B. Determination of concentrations of pollutants in exhausts of HANGKAI T6 outboard engine at break-in mode and during daily operation // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 4 (68). P. 216–225. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-216-225.

Введение

Маломерные суда, оборудованные двигателями внутреннего сгорания (ДВС), наряду с автомобильным транспортом, вносят вклад в загрязнение атмосферного воздуха городов с развитой инфраструктурой внутренних водных коммуникаций, как, например, Санкт-Петербург [1, 2].

Новые ДВС перед началом их активного использования по назначению должны пройти обкатку, при которой двигатель эксплуатируется на режимах неполной нагрузки, а в топливо добавляются специальные присадки или, если дело касается 2-тактных моторов, увеличивается количество добавляемого в топливо моторного масла. Обкатка ДВС проводится также после ремонта. Дело в том, что поверхности трения деталей новых или отремонтированных моторов могут иметь шероховатости, быть неприработанными, вследствие чего увеличивается сила трения и износ, появляются условия для возникновения задиров или прихватаывания. Кроме того, в отличие от 4-тактных двигателей, многие 2-тактные моторы не имеют в своей конструкции отдельной картерной системы смазки с циркулирующим маслом, а масло вводится непосредственно в топливо, то есть такую систему смазки можно охарактеризовать как одноразовую или утрачиваемую. Смазочное масло уменьшает трение в двигателе, но одновременно влияет на расход топлива и состав отработавших газов [3–6].

Принцип работы 2-тактных ДВС, заключающийся в непосредственном добавлении моторного масла в топливо, обуславливает необходимость применения смазывающих материалов с относительно низкой температурой вспышки и кинематической вязкостью [3, 6] в целях минимизации влияния масляного компонента топливно-воздушной смеси на ее воспламенение. Чем ниже температура вспышки масла, тем ниже и температура его кипения, что означает, что внутри цилиндра ДВС часть масла может испариться и принять участие в пламенной реакции окисления.

Введение масла в систему топливного питания 2-тактного подвесного лодочного мотора обусловлено не только необходимостью защиты трущихся деталей и отсутствием картерной системы смазки. Это позволяет достичь двигателю номинальной (максимальной или полной) мощности. Данное обстоятельство подтверждается исследованиями влияния смазочных моторных масел на частоту вращения коленчатого вала подвесных лодочных моторов, проведенных под руководством М.Н. Покусаева [7]. В результате была выявлена зависимость частоты вращения коленчатого вала 2-тактного подвесного лодочного мотора марки SEA-PRO T2.5 и 4-тактного двигателя Yamaha F4B от качества применяемого моторного масла. Было показано, что при использовании на режиме полного хода в 2-тактном двигателе моторного масла TC-W3 двух разных производителей частота вращения коленчатого вала изменялась на 5 %, а в 4-тактном применение моторного масла 10W-40 тоже двух разных производителей приводило к изменению частоты вращения коленчатого вала на 6,3 %. По мнению авторов, качество масла может влиять на стабилизацию работы двигателей, способствуя уменьшению (или увеличению) трения, возникающего в подвижных сочленениях двигателя и редуктора. Таким образом, моторные

масла могут по-разному влиять на мощность подвесного лодочного мотора [7], а следовательно, и концентрации загрязняющих веществ в их отработавших газах.

Этой же научной группой было подтверждено влияние режима работы 2-тактного подвесного лодочного мотора на количество выбрасываемой в гидросферу несгоревшей топливно-масляной смеси (нефтепродуктов) [8].

Как было сказано выше, присутствие масла в топливной смеси оказывает влияние на состав отработавших газов 2-тактных подвесных лодочных моторов. Согласно ранее проведенным исследованиям, увеличение концентрации моторного масла в двигателях ухудшает процесс горения, способствует нагарообразованию в двигателе и повышает токсичность отработавших газов [9–11]. Вместе с тем следует также сказать, что некоторые моторные масла могут содержать присадки, улучшающие их эксплуатационные свойства, в том числе снижающие выбросы вредных веществ [12].

Среднее значение периода эксплуатации 2-тактных подвесных лодочных моторов населением составляет от 30 до 35 ч в год [13]. То есть, на период обкатки нового лодочного мотора может приходиться около 1/3 всего сезонного времени эксплуатации такого силового двигательного агрегата, что является значительным по продолжительности периодом, в течение которого количество и состав выбросов могут отличаться от эксплуатации такого мотора в обычном режиме.

Проведенный анализ показал, что вопрос изучения количественного состава поллютантов в отработавших газах 2-тактных подвесных лодочных моторов актуален и изучен недостаточно.

Это определило цель работы, которая заключалась в измерении концентраций поллютантов, образующихся при эксплуатации 2-тактного подвесного лодочного мотора на различных режимах работы в период обкатки и при обычной эксплуатации, с целью изучения влияния моторного масла на состав выбросов.

Методы исследования

В работе было проведено экспериментальное исследование количественного состава отработавших газов 2-тактного подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 (его основные технические характеристики представлены в табл. 1) с использованием газоанализатора «Инфракар 5МЗТ.02Л» (его основные технические характеристики подробно изложены в статьях авторов [14, 15]). Подвесной лодочный мотор HANGKAI T6 эксплуатируется только с лета 2023 г.

Таблица 1

Основные технические характеристики 2-тактного подвесного лодочного мотора HANGKAI T6

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Год выпуска	2021	Макс. кол-во оборотов, об./мин	4 500–5 500
Мощность, кВт (л.с.)	4,41 (6,0)	Система выхлопа	Через винт
Кол-во цилиндров, ед.	1	Система охлаждения	Принудительное водяное охлаждение
Объем цилиндра, см ³	102	Система смазки	Смесь масла и бензина

Для 2-тактного подвесного лодочного мотора марки HANGKAI T6 2021 года выпуска номинальной мощностью 6 л.с. (4,41 кВт) период обкатки составляет около 10 ч, в течение этого времени, в соответствии с инструкцией по эксплуатации, рекомендуется его работа на режимах небольшой и средней нагрузки (до 3 000 об./мин). Во время обкатки лодочного мотора смесь топлива с моторным маслом типа TC-W3 брали в соотношении 25:1, а после

обкатки (обычный режим работы) заменили на обычное соотношение 50:1. После обкатки топливно-масляную смесь слили из топливного бака и топливных шлангов подвесного лодочного мотора. Проверка полноты их осушения была осуществлена посредством повторного запуска мотора с закрытым клапаном подачи топлива, работы его в течение некоторого времени на режиме холостых оборотов и последующей остановки, что гарантировало полный расход остатков топливно-масляной смеси в карбюраторе.

Конструктивные особенности лодочного мотора HANGKAI T6, у которого отвод отработавших газов осуществляется через гребной винт, не позволяют провести непосредственные натурные измерения концентраций загрязняющих веществ, поэтому испытания двигателя проводились вне воды, а для охлаждения двигателя авторами было разработано специальное устройство для промывки системы охлаждения подвесного лодочного мотора, подробно описанное в патенте [16]. Это устройство может быть подсоединено к антикавитационной плите мотора в месте расположения входного отверстия для забора воды таким образом, чтобы обеспечить подачу воды в систему охлаждения и полноценное ее функционирование без погружения нижней части лодочного двигателя в воду.

Схема измерительной системы представлена на рис. 1, а сам процесс измерения – на рис. 2.

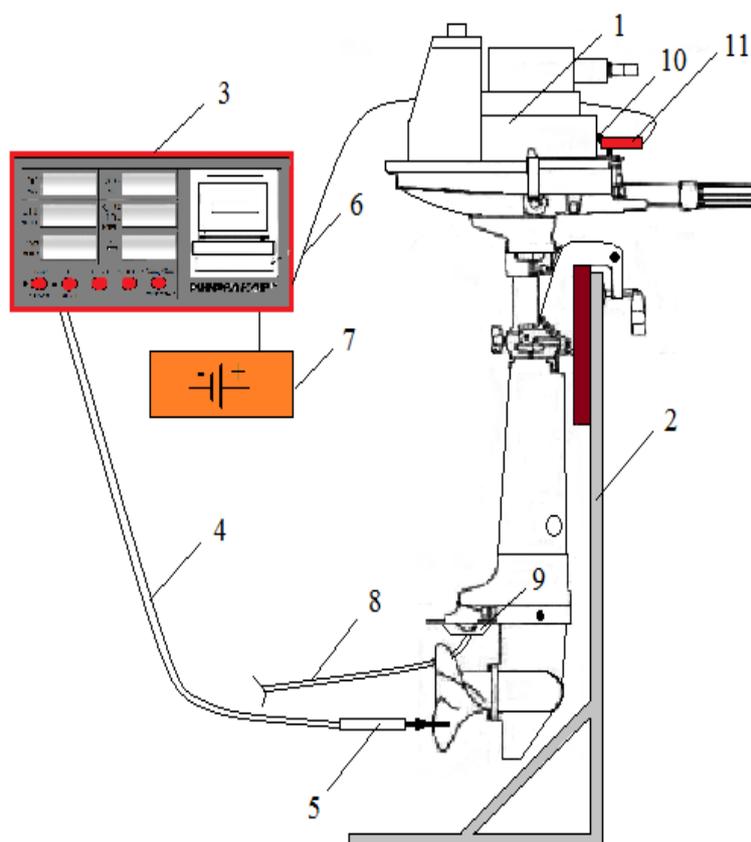


Рис. 1. Схема системы для измерения концентраций поллютантов в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6:

- 1 – подвесной лодочный мотор (верхняя крышка мотора снята);
- 2 – стойка для лодочного мотора; 3 – газоанализатор; 4 – пробоотборный шланг;
- 5 – газозаборный зонд; 6 – провод тахометра; 7 – аккумулятор; 8 – шланг для воды;
- 9 – устройство для промывки двигателя (над отверстием для забора воды);
- 10 – высоковольтный провод свечи зажигания; 11 – датчик тахометра



Рис. 2. Замер концентраций поллютантов в выбросах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 (Ленинградская обл., июль 2023 г.)

Испытания проводились летом 2023 г. на территории одного из населенных пунктов Гатчинского р-на Ленинградской обл. при следующих условиях окружающей среды: на режиме обкатки 21 июля 2023 г. – температура атмосферного воздуха 19 °С, атмосферное давление 750 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 40 %; на режиме повседневной эксплуатации 4 августа 2023 г. – температура атмосферного воздуха 21 °С, атмосферное давление 745 мм рт. ст., относительная влажность воздуха 56 %.

Испытания проводили на 3, 4 режимах и холостом ходу Испытательного цикла Е4 согласно требованиям ГОСТ ISO 8178-4–2013 «Межгосударственный стандарт. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выброса продуктов сгорания. Часть 4. Испытательные циклы для двигателей различного применения на установившихся режимах» – для двигателей с искровым зажиганием судов длиной менее 24 м. Эти режимы (режимы небольшой и средней нагрузки до 3 000 об./мин) рекомендуются для режима обкатки.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных испытаний представлены на рис. 3–5 и в табл. 2, 3.

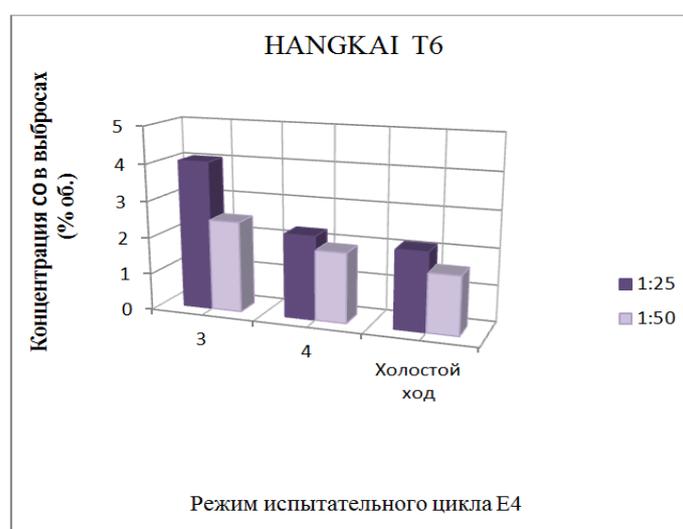


Рис. 3. Концентрация монооксида углерода CO, % об., в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 в зависимости от соотношения масла и топлива

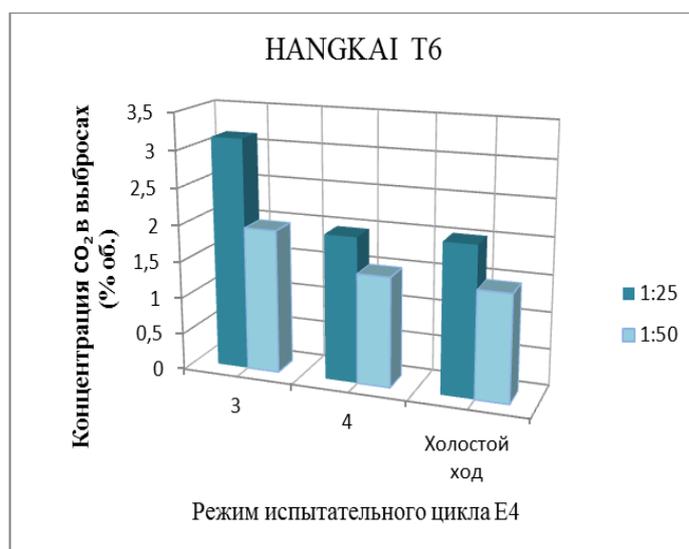


Рис. 4. Концентрация диоксида углерода CO₂, % об., в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 в зависимости от соотношения масла и топлива

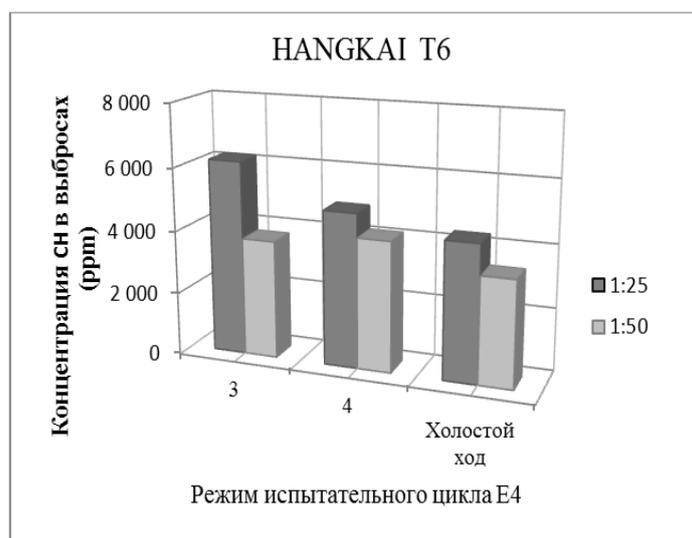


Рис. 5. Концентрация суммы углеводородов CH, ppm, в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 в зависимости от соотношения масла и топлива

Таблица 2

Концентрации загрязнителей в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 на режиме испытания E4 при обкатке (соотношение масла и топлива 1:25)

Номер режима испытания цикла E4	n _{ном} , об./мин	n _{факт} , об./мин	Загрязнитель				O ₂ , % (об.)	λ
			CO, % (об.)	CO ₂ , % (об.)	CH, ppm	NO _x , ppm		
3	3 000	3 180	4,044	3,147	6 173	< п.о.	12,48	1,281
4	2 000	2 160	2,278	1,976	4 889	< п.о.	15,82	1,983
Холостой ход	–	1 740	2,128	2,028	4 338	< п.о.	15,96	2,121

Примечание: n_{ном} и n_{факт} – номинальная и фактическая частота вращения коленчатого вала двигателя; < п.о. – содержание загрязнителя меньше предела обнаружения газоанализатора; λ – коэффициент избытка воздуха

Таблица 3

Концентрации поллютантов в отработавших газах подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 на режиме испытания E4 при повседневной эксплуатации (соотношение масла и топлива 1:50)

Номер режима испытания цикла E4	P _{ном.} об./мин	P _{факт.} об./мин	Поллютант				O ₂ , % (об.)	λ
			CO, % (об.)	CO ₂ , % (об.)	CH, ppm	NO _x , ppm		
3	3 000	3 060	2,483	1,958	3 747	< п.о.	15,64	2,123
4	2 000	2 040	1,913	1,493	4 137	< п.о.	16,87	2,431
Холостой ход	–	1 560	1,594	1,453	3 381	< п.о.	17,26	2,836

Из представленных экспериментальных данных следует, что выбросы оксида углерода CO, диоксида углерода CO₂ и суммы углеводородов CH на испытательных режимах цикла E4 выше во время обкатки подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 при большем содержании моторного масла в топливе (при соотношении 1:25) в сравнении с обычным режимом эксплуатации при соотношении масло-топливо 1:50:

- концентрация оксида углерода на 3-м режиме выше на 62,8 %, на 4-м режиме – на 19,0 %; на режиме холостого хода – на 39,1 %;
- концентрация диоксида углерода на 3-м режиме выше на 60,7 %, на 4-м режиме – на 32,3 %; на режиме холостого хода – на 39,5 %;
- концентрация углеводородов на 3-м режиме выше на 64,7 %, на 4-м режиме – на 18,1 %; на режиме холостого хода – на 28,3 %.

На отсутствие или относительно низкое содержание в отработавших газах подвесных лодочных моторов оксидов азота, а также на их возможные причины, указано в статье авторов [14]. Возможными причинами невысокого содержания в отработавших газах лодочного мотора оксидов азота могут быть: относительно низкая температура пламенного окисления топлива, обусловленная относительно малым рабочим объемом цилиндра; более эффективной охлаждающей способностью воды как теплоносителя в системе охлаждения; некоторым разбавлением свежей топливно-воздушной смеси отработавшими газами вследствие особенностей работы 2-тактного двигателя и др. Полученные новые данные соответствуют результатам наших предыдущих исследований [14].

Заключение

В результате проведенных исследований были получены новые научные данные по содержанию таких поллютантов, как оксид углерода, диоксид углерода и углеводородов, в отработавших газах 2-тактного бензинового подвесного лодочного мотора на режиме обкатки и режиме повседневной эксплуатации, когда в топливо добавляется различное количество моторного масла. Было подтверждено, что увеличение содержания масла в топливно-воздушной смеси такого силового агрегата приводит к увеличению объемной доли в отработавших газах всех рассматриваемых загрязняющих веществ на всех режимах испытаний.

Сравнение новых данных с ранее полученными авторами результатами [14] показывает, что выбросы CO, CO₂ и CH нового подвесного лодочного мотора HANGKAI T6 на всех режимах повседневной эксплуатации меньше, чем выбросы 2-тактных лодочных моторов, имеющих более значительную степень эксплуатационной изношенности:

- концентрация оксида углерода на 3-м режиме меньше на 22,3–53,2 %;
- концентрация диоксида углерода на 3-м режиме меньше на 13,7–62,9 %;
- концентрация углеводородов на 3-м режиме меньше на 44,9–51,5 %.

Данные по концентрациям загрязняющих веществ в отработавших газах силовых установок, полученные на различных эксплуатационных режимах, могут использоваться для

уточнения физико-химических моделей рабочих процессов сгорания топлива в ДВС [17], а также при разработке методики расчетного мониторинга [18] и прогнозирования воздействия выбросов двигательных установок маломерных судов [13–15].

Список источников

1. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Современное состояние расчетного мониторинга и прогнозирования опасного воздействия выбросов маломерных судов на окружающую среду // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 3 (59). С. 46–53.
2. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Анализ структуры флота однопалубных прогулочных теплоходов Санкт-Петербурга в контексте контроля опасного воздействия на окружающую среду // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 123–134.
3. Lubricating oil influence on exhaust hydrocarbon emissions from a gasoline fueled engine / P.C. Cardoso de Albuquerque [et al.] // Tribology International. 2011. Vol. 44. Iss. 12. P. 1796–1799. DOI: 10.1016/j.triboint.2011.07.003.
4. Effect of lubricating oil characteristics on solid particle number and CO₂ emissions of a Euro 6 light-duty compressed natural gas fuelled vehicle / T. Lahde [et al.] // Fuel. 2022. Vol. 324. P. 124763. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.124763.
5. Comprehensive analysis on the effect of lube oil on particle emissions through gas exhaust measurement and chemical characterization of condensed exhaust from a DI SI engine fueled with hydrogen / B. Apicella [et al.] // Int. J. Hydrogen Energy. 2023. Vol. 48. P. 22277–22287. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.03.112.
6. Effects of fresh lubricant oils on particle emissions emitted by a modern gasoline direct injection passenger car / L. Pirjola [et al.] // Environ Sci Technol. 2015. Vol. 49. P. 3644–3652.
7. Влияние смазочных масел на частоту вращения коленчатого вала подвесных лодочных моторов / М.Н. Покусаев [и др.] // Вестник АГТУ. 2021. № 4. С. 84–90.
8. Покусаев М.Н., Хмельницкая А.А. Количественная оценка загрязнения гидросферы водоема выбросами нефтепродуктов от двухтактных подвесных лодочных моторов // Рыбное хозяйство. 2019. № 6. С. 18–21.
9. Климентова Г.Ю., Маврин В.Ю. Компоненты топливных присадок для двухтактных двигателей // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 9. С. 114–116.
10. Долгова Л.А. Влияние испаряемости моторного масла на токсичность отработавших газов // Аллея науки. 2018. № 6. С. 865–870.
11. Shao H., Roos J.W., Remias J.E. Evaluation of the role of lubricant additives in emission control // Lubricants. 2022. Vol. 10. P. 362. DOI: 10.3390/lubricants10120362.
12. Оценка влияния антифрикционной присадки на экономические, мощностные и экологические показатели двигателей внутреннего сгорания / А.Б. Лагузин [и др.] // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 50–58.
13. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. К вопросу гармонизации отечественных и зарубежных методик оценки и прогнозирования выбросов маломерных судов // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2022. № 2 (60). С. 37–43.
14. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Методы прогнозирования техногенных опасностей на основе определения содержания поллютантов в отработавших газах лодочных моторов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 127–138.
15. Ложкина О.В., Мальчиков К.Б. Определение содержания поллютантов в отработавших газах четырехтактных подвесных лодочных моторов в контексте разработки методов прогнозирования техногенных опасностей // Безопасность жизнедеятельности. 2023. № 12. С. 35–41.
16. Устройство для промывки системы охлаждения подвесного лодочного мотора: пат. на полезную модель RU 221399 / Мальчиков К.Б., Ложкина О.В.; заявка № 2023102935/11 (006340) от 09.02.2023; опубл. 03.11.2023.

17. Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. О научно-технической стратегии улучшения экологических характеристик пожарных автомобилей на современном этапе // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 4 (64). С. 73–79.

18. Ложкин В.Н. Метод парирования рисков сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха транспортом // Транспорт Российской Федерации. 2021. № 5-6 (96–97). С. 9–13.

References

1. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Sovremennoe sostoyanie raschetnogo monitoringa i prognozirovaniya opasnogo vozdeystviya vybrosov malomernykh sudov na okruzhayushchuyu sredu // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2021. № 3 (59). S. 46–53.

2. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Analiz struktury flota odnopalubnykh progulochnykh teplohodov Sankt-Peterburga v kontekste kontrolya opasnogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 2 (62). S. 123–134.

3. Lubricating oil influence on exhaust hydrocarbon emissions from a gasoline fueled engine / P.C. Cardoso de Albuquerque [et al.] // Tribology International. 2011. Vol. 44. Iss. 12. P. 1796–1799. DOI: 10.1016/j.triboint.2011.07.003.

4. Effect of lubricating oil characteristics on solid particle number and CO₂ emissions of a Euro 6 light-duty compressed natural gas fuelled vehicle / T. Lahde [et al.] // Fuel. 2022. Vol. 324. P. 124763. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.124763.

5. Comprehensive analysis on the effect of lube oil on particle emissions through gas exhaust measurement and chemical characterization of condensed exhaust from a DI SI engine fueled with hydrogen / B. Apicella [et al.] // Int. J. Hydrogen Energy. 2023. Vol. 48. P. 22277–22287. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.03.112.

6. Effects of fresh lubricant oils on particle emissions emitted by a modern gasoline direct injection passenger car / L. Pirjola [et al.] // Environ Sci Technol. 2015. Vol. 49. P. 3644–3652.

7. Vliyanie smazochnykh masel na chastotu vrashcheniya kolenchatogo vala podvesnykh lodochnykh motorov / M.N. Pokusaev [i dr.] // Vestnik AGTU. 2021. № 4. S. 84–90.

8. Pokusaev M.N., Hmel'nickaya A.A. Kolichestvennaya ocenka zagryazneniya gidrosfery vodoema vybrosami nefteproduktov ot dvouhtaknykh podvesnykh lodochnykh motorov // Rybnoe hozyajstvo. 2019. № 6. S. 18–21.

9. Klimentova G.Yu., Mavrin V.Yu. Komponenty toplivnykh prisadok dlya dvouhtaknykh dvigatelej // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2015. T. 18. № 9. S. 114–116.

10. Dolgova L.A. Vliyanie isparyaemosti motornogo masla na toksichnost' otrabotavshih gazov // Alleya nauki. 2018. № 6. S. 865–870.

11. Shao H., Roos J.W., Remias J.E. Evaluation of the role of lubricant additives in emission control // Lubricants. 2022. Vol. 10. P. 362. DOI: 10.3390/lubricants10120362.

12. Ocenka vliyaniya antifrikcionnoj prisadki na ekonomicheskie, moshchnostnye i ekologicheskie pokazateli dvigatelej vnutrennego sgoraniya / A.B. Laguzin [i dr.] // Agroiuzheneriya. 2020. № 6 (100). S. 50–58.

13. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. K voprosu garmonizacii otechestvennykh i zarubezhnykh metodik ocenki i prognozirovaniya vybrosov malomernykh sudov // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa. 2022. № 2 (60). S. 37–43.

14. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Metody prognozirovaniya tekhnogennykh opasnostej na osnove opredeleniya sodержaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah lodochnykh motorov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2023. № 1 (65). S. 127–138.

15. Lozhkina O.V., Mal'chikov K.B. Opredelenie sodержaniya pollyutantov v otrabotavshih gazah chetyrekhtaknykh podvesnykh lodochnykh motorov v kontekste razrabotki metodov prognozirovaniya tekhnogennykh opasnostej // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2023. № 12. S. 35–41.

16. Ustrojstvo dlya promyvki sistemy ohlazhdeniya podvesnogo lodochnogo motora: pat. na poleznuyu model' RU 221399 / Mal'chikov K.B., Lozhkina O.V.; zayavka № 2023102935/11 (006340) ot 09.02.2023; opubl. 03.11.2023.

17. Gavkalyuk B.V., Lozhkin V.N. O nauchno-tekhnicheskoy strategii uluchsheniya ekologicheskikh harakteristik pozharnyh avtomobilej na sovremennom etape // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 4 (64). S. 73–79.

18. Lozhkin V.N. Metod parirovaniya riskov sverhnormativnogo zagryazneniya atmosfernogo vozduha transportom // Transport Rossijskoj Federacii. 2021. № 5-6 (96–97). S. 9–13.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 07.11.2023; одобрена после рецензирования: 10.11.2023; принята к публикации: 12.11.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 07.11.2023; approved after review: 10.11.2023; accepted for publication: 12.11.2023

Информация об авторах:

Ложкина Ольга Владимировна, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, e-mail: olojkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>, SPIN-код: 6275-4249

Мальчиков Константин Борисович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: malchikov87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8173-6850>, SPIN-код: 1309-1859

Information about the authors:

Lozhkina Olga V., professor of the department of chemistry and combustion processes of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, candidate of chemical sciences, professor, e-mail: olojkina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8604-2698>, SPIN: 6275-4249

Malchikov Konstantin B., adjunct of the faculty of higher education of Saint-Petersburg university of the State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: malchikov87@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8173-6850>, SPIN: 1309-1859