

УДК 629.526

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ «ТЕСТМОТОР3»**Хмельницкий Константин Евгеньевич**¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры*e-mail:* chuchera80@mail.ru**Покусаев Михаил Николаевич**¹, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой*e-mail:* evtipr@astu.ru**Хмельницкая Анастасия Александровна**¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры*e-mail:* [khmel'nitskayaaa@mail.ru](mailto:khmelnitskayaaa@mail.ru)¹ Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация. Программное обеспечение «ТестМотор3» разработано на базе комплексной математической модели инвентаризации экологических параметров и их зависимости от технических параметров маломерных судов в которую заложены результаты лабораторных и натурных исследований. В настоящее время при составлении экологических паспортов используется методика инвентаризации выбросов автотранспортных предприятий, без учета сезона эксплуатации и то что выброс из-за конструктивных особенностей по сути является сбросом и в которой не заложены реальные результаты измерений, проводимых на маломерных судах. «ТестМотор3» способно заменить существующие методики.

Ключевые слова: маломерное судно, инвентаризация экологических параметров, выбросы, сбросы, шум.

SOFTWARE FOR INVENTORY OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS OF SMALL VESSELS «TECTMOTOR3»**Konstantin E. Khmel'nitsky**¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department*e-mail:* chuchera80@mail.ru**Mikhail N. Pokusaev**¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department*e-mail:* evtipr@astu.ru**Anastasia A. Khmel'nitskaya**¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department*e-mail:* [khmel'nitskayaaa@mail.ru](mailto:khmelnitskayaaa@mail.ru)¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The TestMotor3 software is based on a comprehensive mathematical model of the inventory of environmental parameters and their dependence on the technical parameters of small vessels, which includes the results of laboratory and field studies. Currently, the methodology for inventorying emissions from motor transport enterprises is used to create environmental certificates,

but it does not take into account the season of operation or the fact that emissions due to design features are essentially a discharge, and it does not include the actual results of measurements conducted on small vessels. TestMotor3 can replace these existing methodologies.

Keywords: small vessel, environmental parameters inventory, emissions, discharges, and noise.

Введение

Программное обеспечение (ПО) «ТестМотор.3», разработано с целью дать специалистам, занимающимся экологическими вопросами, программный инструмент, с помощью которого возможно будет оценивать влияния судов на экосистему водоемов, прогнозировать антропогенное воздействие и проводить интегральную оценку качества окружающей среды (далее ОС).

Идея разработки ПО в области прогнозирования загрязнения возникла после выхода распоряжения Губернатора Астраханской области [1]. Распоряжение было дано научной группе, в которой состоят авторы. Так же актуальность разработки ПО подтверждается реализацией НИР по заказу Центра морских исследований МГУ имени Ломоносова по теме «Оценка экологических характеристик ПЛМ на базе ДКПЛМ и в акватории» и НИР, производимой ООО «КУППЕР» по изучению воздействия двухтактных моторов на ОС нижней Волги. В связи с тем, что на основании проведенного большого числа многолетних экспериментов и испытаний было получено большое количество результатов по двух-четырехтактным и дизельным ПЛМ и стационарным моторам с мощностью от 2,5 до 240 л.с. полученная база данных была систематизирована по группам в зависимости от мощности, тактности, видам выбросов, сбросов, уровням шума, виду используемого топлива, материала корпуса МС, а также сезона эксплуатации.

Пользование ПО «ТестМотор3». Расчёт выполняется на основе введенных данных соответствующих типу и количеству двигателей (бензиновые подвесные лодочные моторы (ПЛМ) 2Т/4Т, дизельные ПЛМ, бензиновые/дизельные стационарные, электромоторы) и диапазону мощности двигателей (1–5, 5–10, 10–30, 30–100, 100–150, 150–200, 200–250 л.с.), находящихся в акватории. Рисунок 1.

Основные параметры	Дополнительные параметры						Отчет
Диапазон мощности	Бенз. ПЛМ 2Т	Бенз. ПЛМ 4Т	Дизель ПЛМ	Бенз. стац.	Дизель стац.	Электромотор	
1-5 л.с.	2	0	5	0	0	0	
5-10 л.с.	0	10	0	0	45	0	
10-30 л.с.	0	1	0	20	0	12	
30-100 л.с.	11	0	0	0	0	0	
100-150 л.с.	0	0	0	0	0	0	
150-200 л.с.	0	0	0	0	0	0	
200-250 л.с.	0	0	0	0	0	0	

Научно-Учебно-Производственная лаборатория «ПОДВЕСНЫЕ ЛОДОЧНЫЕ МОТОРЫ» ФГБОУ ВО «АГТУ»
 моб. +79093743232, email chuchera80@mail.ru Хмельницкий Константин Евгеньевич.

Рисунок 1 – Введение данных о количестве маломерных судов в экранную форму

Далее, в следующей экранной форме необходимо ввести режим использования маломерных судов выставив метку либо «сезонное распределение часов», либо «общее время работы» и морфометрические параметры водоёма, указав среднюю глубину и площадь акватории. Рисунок 2.

Рисунок 2 – Введение параметров, отражающих морфометрические формы водоема и режима использования маломерного судна

В режиме «Сезонное распределение часов», ПО произведет расчет, исходя из использования маломерного судна в часах по месяцам в течении года, а в режиме «общее время работы» будет произведен расчет загрязнения в заданный временной отрезок. После введения всех необходимых параметров, необходимо нажать кнопку «Сформировать отчет», после чего ПО выведет в отдельной экранной форме данные по:

- валовым выбросам загрязняющих веществ в граммах (CO, CH, NOx, SO₂, CO₂, сажа), рассчитанных согласно ГОСТ ISO 8178-1-2013 [2];
- валовым сбросам выраженных в граммах и в средних концентрациях (мг/дм³) (нефтепродукты растворённые и плёночные, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ-нафталин, аценафтен, флуорен и т.д.), фосфат-ионы, общий фосфор, индивидуальные нефтяные углеводороды (ИНУ) C9–C32), основанных на прямых измерениях в лабораторных;
- Оценка развития шума (дБА) от нескольких источников для МС с ПЛМ основана на общепринятой формуле логарифмического суммирования, при этом авторами экспериментально установлена по отдельности величина уровня шума ПЛМ и уровня шума корпуса МС. Учитывая, что норматив приведенный в ГОСТ 28556-16 [3]; и ТР ТС026/2012 [4] предполагает измерение уровня шума, проходящего МС двумя бортами поочередно на расстоянии 25 метров, принимаем 25 м за радиус круга в котором находится МС, получаем площадь (1962,5 м²) в котором если судно одно, то наложение шумов не происходит, а если больше одного, то шум суммируется.

Таким образом уровень воздушного шума от МС с ПЛМ $L_{\text{возд}}$ (дБА) будет рассчитываться по формуле:

$$L_{\text{возд}} = 10 \lg \cdot (\sum_{i=1}^n (10^{0,1 \cdot L_{\text{ПЛМ}i}} + 10^{0,1 \cdot L_{\text{корп}i}})), \quad (1)$$

где $L_{\text{ПЛМ}i}$ – уровень звука ПЛМ дБА;

$L_{\text{корп.}i}$ – уровень звука, создаваемый корпусом МС при движении, дБА;

i – количество МС с ПЛМ, входящих в зону активного шума, будет зависеть от $k_{\text{скоп}}$ – коэффициента скопления МС в зоне активного шума;

n – максимальное количество МС с ПЛМ в обозначенной площади зоны распространения звука.

Коэффициент скопления МС в зоне активного шума рассчитывается с учетом двух факторов: 1- норматив, приведенный в ГОСТ 28556-16[3]; и ТР ТС 026/2012[4], предполагает измерение уровня шума, проходящего МС двумя бортами поочередно на расстоянии 25 метров. 2- безопасное расхождение МС идущих на полном ходу по расходящимся кормовым волнам встречного судна (по наблюдениям авторов), составляет 20 метров между бортами. Исходя из этого можно принять 25 м за радиус круга (площадь круга 1962,5 м²). Круг можно принять как зону активного шума, в котором могут находиться до 4 МС. Рисунок 3. Если суда одновременно находятся в одной зоне активного шума, то их уровень шума логарифмически складывается. При расчете вычисляем отношение произведения количества моторов на площадь зоны активного шума к площади водоема.

$$k_{\text{скоп}} = N / \frac{S_{\text{вод}}}{1962,5} = \frac{N * 1962,5}{S_{\text{вод}}}, \quad (2)$$

где $k_{\text{скоп}}$ – коэффициент скопления ПЛМ в водоеме;

$S_{\text{вод}}$ – площадь водоема, м²;

N - количество ПЛМ в акватории, шт.

1962,5 м² – площадь зоны активного шума.

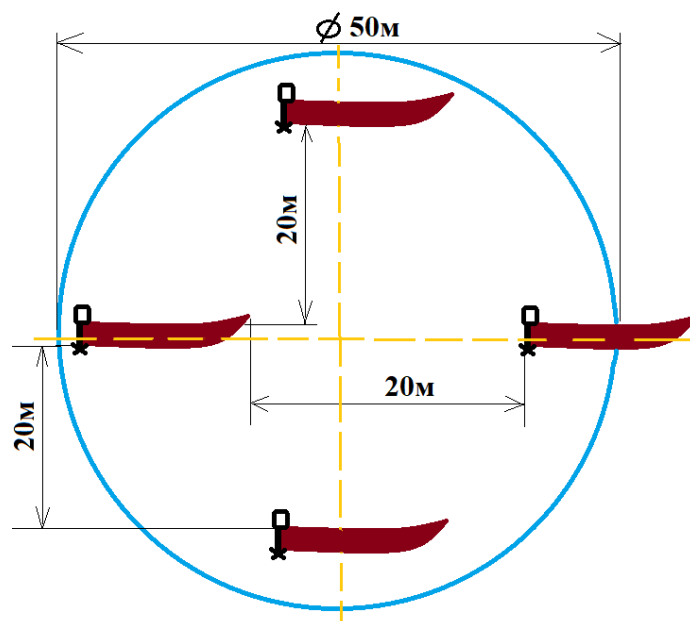


Рисунок 3 – Схема размещения максимального количества МС в зоне с радиусом 25 метров

Таким образом, $k_{\text{скоп}}$ может принимать значения от 1 до 4, соответственно в формуле (9) номера i может принимать значения от 1 до 4 и $N = 4$. Использование коэффициента может быть применено на объектах большого скопления МС, так, например, лодочные станции.

Характеристика ПО «ТестМотор3» и требования к ПК

ПО реализовано на языке C# в среде Windows Forms. Для работы не требуется установка дополнительных систем управления базами данных - все справочные данные и результаты

сохраняются в виде встроенных словарей (без внешних файлов, если не считать возможность расширения). Интерфейс интуитивно понятен и позволяет оперативно задать парк судов и получить детальный экологический отчёт.

Тип реализующей ЭВМ: Pentium IV или выше, объём ОЗУ 4 Гб, свободное дисковое пространство 50 Мб, память видеокарты не регламентируется, так как графика отсутствует.

Язык программирования: C# (.NET Framework 4.7.2 или выше)

Вид и версия операционной системы: MS Windows 7/8/10/11, Linux (через Mono или .NET Core с адаптацией), Astra Linux Special Edition 1.7 (при наличии .NET Framework runtime).

Заключение:

- В процессе исследования установлено, что большинство технических и экологических характеристик ПЛМ в зависимости от частоты вращения и мощности ПЛМ имеют аналитические зависимости, что упрощает применение математического и компьютерного моделирования для инвентаризации вредного воздействия маломерных судов на ОС.

- Для определения антропогенного воздействия на ОС пользователь данного ПО вводит данные о количестве маломерных судов, находящихся в акватории либо в местах группирования или стоянки маломерных судов с учетом мощностных характеристик и тактности, вводит параметры водоема и требуемый временной отрезок в часах, либо сезонность эксплуатации и получает отчет по валовому загрязнению выбросами, сбросами и шуму.

- ПО «ТестМотор3» рекомендуется использовать при составлении экологических паспортов предприятия в составе которого используется маломерный флот, так как данное ПО основано на реальных измерениях, а также специалистам занимающимся влиянием судовых энергетических установок на ОС.

Список литературы:

1. Распоряжения Губернатора Астраханской области от 02.02.2022 г. N 38-р "О плане осуществления на территории Астраханской области научно-технической деятельности в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений", пункт 14. «Оценка эффективности и экологичности установок морских и маломерных судов, снижение токсичности выбросов отработавших газов судовых двигателей» (документ предоставлен в системе КонсультантПлюс (www.consultant.ru), дата сохранения: 27.10.2022 г.).

2. ГОСТ ISO 8178-1-2013. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Измерение выброса продуктов сгорания. Часть 1. Измерение выбросов газов и частиц на испытательных стендах. М.: Стандартинформ, 2015. – 107 с.

3. ГОСТ 28556-2016. Моторы лодочные подвесные. Общие требования безопасности. - М.: Стандартинформ, 2016. - 5 с.

4. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 026/2012. О безопасности маломерных судов, 2012. – 27 пункт.

