

3. Istomin V.I., Kot V.P. Kompleksnyj kriterij ocenki effektivnosti sistem oчитки нефтесодержащих вод SEU. /Sudovye energeticheskie ustanovki: nauchno-tehnicheskij sbornik. Vyp. 20. – Odessa: ONMA, 2007. – s. 39–43.
4. SOU MPP 47.020-65:2005 «Suda morskije. Predotvrashchenie zagryazneniya morya neft'yu. Normy sutochnogo nakopleniya nefтесoderzhashchih vod mashinnyh pomeshchenij sudov i metodika rascheta propusknnoj sposobnosti sistem oчитки». Sevastopol': Izd-vo SevNTU, 2006. 15 s.
5. Istomin V.I., Kapustin V.V., Istomin M.V. Dopolneniya v Mezhdunarodnuyu Konvenciyu MARPOL 73/78 po terminologii i opredeleniyu propusknnoj sposobnosti sistem oчитки sudovyh нефтесoderzhashchih vod //Visnik SevDTU. Vip. 97: Mekhanika, energetika, ekologiya: zb. nauk. pr. — Sevastopol': Vid-vo SevNTU, 2009.- s.154-159.
6. Normy sutochnogo nakopleniya NSV v mashinnyh pomeshcheniyah sudov i metodika rascheta propusknnoj sposobnosti sudovyh sistem oчитки // Rukovodyashchie materialy tekhnicheskogo regulirovaniya v sudostroenii v NII standartizacii i sertifikacii «LOT» FGUP «CNII im. A.N. Krylova». SPb.: NII «Lot» FGUP «CNII im. A.N. Krylova». 2008.RM 9. S. 17-24.

УДК 628384:622.629

DOI: 10.34046/aumsuomt95/18

## СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НЕФТЕСОДЕРЖАНИЯ В ОЧИЩЕННЫХ СУДОВЫХ ВОДАХ

*С.С. Ходжаев, аспирант*

*Н.А. Страхова, доктор технических наук, профессор*

В статье рассматриваются технические средства для предупреждения загрязнения морской среды с судов - системы автоматического замера, регистрации и управления сбросом нефти (САЗРИУС). Приведена сравнительная характеристика сигнализаторов нефтесодержания, их технических параметров и принципов действия. Рассмотрено новое поколение датчиков EnviroFlu-HC (Компания "TriOS Mess- und Datentechnik GmbH", Германия) для определения в воде различных нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), бензола и его производных (BTX), углеводородного топлива и других органических веществ в очищенных судовых водах.

**Ключевые слова:** нефтесодержащие воды, льельные воды, САЗРИУС, приборы для контроля, сигнализаторы нефтесодержания.

The article discusses technical means for preventing pollution of the marine environment from ships - automatic measurement, registration and management of oil discharges (SAZRIUS), signaling devices, automatic express analyzers. A comparative characteristic of oil detectors, their technical parameters and principles of operation is given. A new generation of EnviroFlu-HC sensors (TriOS Mess- und Datentechnik GmbH, Germany) for the determination of various oil products, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), benzene and its derivatives (BTX), hydrocarbon fuels and other organic substances in purified ship waters.

**Key words:** oil-containing water, bilge water, SAZRIUS, monitoring devices, oil-containing signaling devices.

Автоматизированные системы контроля и управления процессом очистки нефтесодержащих вод (НСВ) используются для анализа протекания технологического процесса. При этом, как в любой автоматической системе управления, используются четыре основные функции:

- измерение;
- комбинация;
- компенсация;
- коррекция.

Также в системе есть три функциональных элемента, необходимых для выполнения функций системы автоматического управления: элемент измерения, элемент обнаружения ошибки, конечный элемент управления.

На судах устанавливаются автоматические системы и устройства следующего назначения:

– САЗРИУС для балластных и промысловых вод с танкеров;

– САЗРИУС для судов, оборудованных сепараторами, обеспечивающими очистку нефтесодержащих вод до 100 ppm;

– системы, контролирующие сброс нефтесодержащих вод с судов, оборудованных сепараторами и фильтрующими устройствами, обеспечивающими очистку нефтесодержащих вод до 15 ppm;

– устройства для определения границы раздела «нефть-вода» в отстойных танках танкеров.

При включении в состав оборудования для очистки нефтесодержащих вод системы САЗРИУС обеспечивается:

– непрерывное измерение нефтесодержания в сбрасываемой за борт очищенной воды;

– автоматическая запись результатов измерений содержания нефти в сбрасываемой за борт воде и подача сигнала на исполнительное устройство, прекращающее сброс в случае, если содержание превышает допустимое значение;

– автоматическая запись результатов измерений, общего количества сброса и количественного содержания нефти.

Установка системы САЗРИУС на судах и ее испытание проводится под наблюдением КО. При установке системы выдается Свидетельство о соответствии ее требованиям МАРПОЛ 73/78. Система и приборы должны проходить освидетельствования в сроки, указанные в Международном свидетельстве о предотвращении загрязнения нефтью. Ответственность за своевременное предъявление системы к освидетельствованию лежит на администрации судна. Ленты с записями самописца САЗРИУС необходимо хранить на судне, считая с момента последней сделанной на них записи, в течение трех лет.

Одним из основных узлов системы САЗРИУС является прибор для измерения концентрации нефти в воде - концентратомер.

Технические требования к судовым приборам для измерения концентрации нефти в воде определяются резолюциями ИМО с учетом специфики морского исполнения. Точность показаний прибора при широком диапазоне измерений нефтесодержания должна быть в пределах  $\pm 10$  или  $\pm 20$  ppm фактического содержания нефти в испытываемой пробе, причем точность показаний

не должна зависеть от наличия механических примесей в контролируемой жидкости, а также от ее цвета, солености и т.п. Точность срабатывания сигнализатора при превышении нефтесодержания 15 ppm должна составлять  $\pm 5$  ppm. Показания прибора не должны зависеть от сорта нефтепродукта, в противном случае требуется дополнительная калибровка. Установка других значений, например 8 или 5 мг/л легко производится кнопками, расположенными на передней панели прибора. Весьма важным моментом является задержка срабатывания прибора по времени (время, прошедшее от начала изменения в составе пробы, направляемой в прибор, до показания прибором окончательного результата не должно превышать 20 с) [1, 2].

Приборы для контроля нефтесодержания в сбрасываемых в море НВ с судов и МС производятся такими фирмами как: RWO WaterTechnology - приборы типа OCD - OCD-1, OCD-2, OCD-1M, OCD-2M (Германия), DECKMA GmbH – сигнализаторы OMD-21, OMD-2005, OMD-2008 (Германия); «Тбилприбор» – сигнализаторы АЮФ-201, СНС-201, мониторы типа Salwiko и Seres (Грузия); HF Scientificinc., – сигнализатор TD 20075 и Separation&RecoverySysteminc. (США), Seres - серия мониторов типа BWAM 3545 (Франция); JOWA Cleantool 9000 (ODMCS) и Salen&Wicander (Швеция); «Люмекс Марин» - «Нева», «ФЛЮОРАТ411» (Россия).

Сравнительная характеристика сигнализаторов нефтесодержания различных производителей приведена в таблице 1.

Таблица 1– Сравнительные характеристики сигнализаторов нефтесодержания зарубежных и отечественных производителей

Характеристики	Прибор, производитель			
	OCD, Фирма RWO Water Technology	OMD, DECKMA HAMBURG GmbH	«ФЛЮОРАТ411», ЛЮМЭКС МАРИН	СНС-201, «Тбилприбор»
Метод измерения	Турбидиметрический	Турбидиметрический	Люминесцентный	Турбидиметрический
Диапазоны измерения нефтесодержания, ppm	От 0 до 30 и от 0 до 200	От 0 до 50	От 0,1 до 30	От 0 до 120
Пороги срабатывания о превышении нефтесодержания ppm 10, 15, 100	10, 15	От 1 до 15	1 до 30 (с шагом 1 ppm)	15
Поток измеряемой жидкости, л/мин	0,5-7	0,1 -4	3,5	10,30,99
Время срабатывания (устанавливается при регулировке), с	От 0 до 60	От 1 до 540	20	20
Напряжение питания, В, постоянное/переменное, 50 Гц	24/230	24/230	220/50	127/50
Потребляемая мощность, Вт	Не более 25	Не более 6	14	100
Давление в потоке измеряемой жидкости, бар	0,1 - 10	0 -10	0 -10	0,1 - 8
Температура окружающей среды, °С	От 0 до 55	От 1 до 55	От 0 до 55	От 0 до 55
Габариты прибора, мм	175*190*220	152*155*91	300*300*150	470*164*356
Масса, кг	3,5	2,55	15	8

Сигнализаторы нефти типа "OMD" производства фирмы "DECKMA" (Гамбург, Германия) разработаны специально для применения совместно с сепараторами льяльных вод. Их технические данные и принцип работы соответствуют международным требованиям, изложенным в соответствующих нормативных документах. Фирма "DECKMA" выпускает несколько типов сигнализаторов. В соответствии с требованиями данной

Резолюции прибор дополнен запоминающим устройством с памятью на 18 месяцев работы.

В 2017 году прекратился выпуск сигнализатора OMD-2005, ему на смену пришел сигнализатор OMD -2008 (Резолюция МЕРС 107(49).

На рис. 1 приведен сигнализатор OMD -2008 [3].



Рисунок 1 – Сигнализатор OMD-2008

Принцип действия приборов основан на явлении рассеяния пучка света водой, проходящей через измерительную ячейку. Достоинством проточных оптических мониторов является их быстрейшее действие, высокая скорость прокачки анализируемой воды, нечувствительность к сортам нефтепродуктов. Недостатком является малая пороговая чувствительность и невозможность учета растворенных в воде нефтепродуктов, и влияние примесей (глины, песка и пр.).

Принцип работы сигнализатора следующий. В трубопровод, по которому протекает анализируемая вода, врезается штуцер, по которому часть воды направляется в сигнализатор. Эта вода проходит через специальную кювету прибора, в которой оптический датчик фиксирует содержание нефтепродуктов. В случае превышения установленного значения (например, 15 мг/л), прибор выдает сигнал, от которого могут быть задействованы аварийная сигнализация или специальные электромагнитные клапаны, управляющие всем потоком воды.

Сигнализатор «НЕВА-412» предназначен для контроля содержания эмульгированных нефтепродуктов в нефтесодержащих (ляльных) вод после очистки сепаратором (рис. 2) [4].



Рисунок 2- Сигнализатор «НЕВА-412»

Основные технологические задачи, решаемые с помощью прибора: контроль за сбросом нефтесодержащих вод с судов, оборудованных фильтрующими установками, независимо от класса автоматизации, контроль судовых нефтесодержащих (ляльных) вод после сепарации, автоматический круглосуточный мониторинг состояния вод с регламентным контролем чистоты измерительной ячейки.

Принцип работы сигнализатора основан на измерении светорассеяния.

На рис. 3 приведена блок-схема системы для определения нефтесодержания в очищенной воде [4].

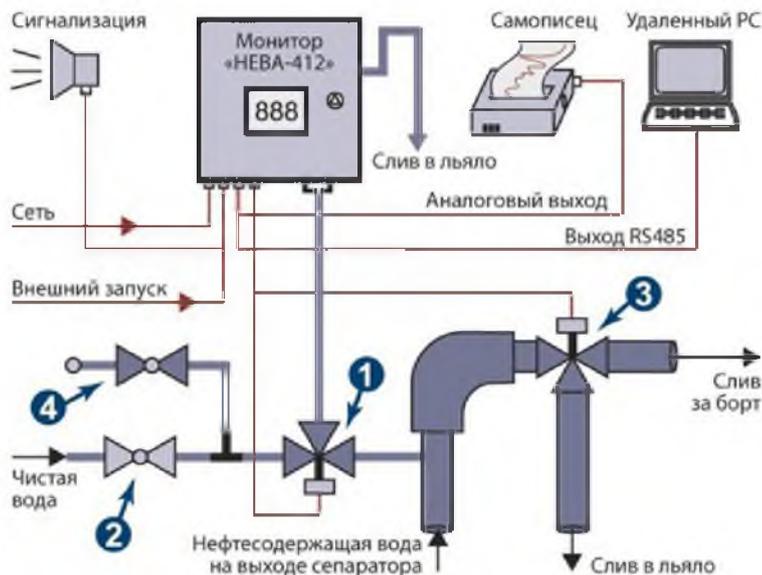


Рисунок 3 – Блок-схема системы для определения нефтесодержания в очищенной воде:

1-управляемый от сигнализатора трехходовой электромагнитный клапан, предназначенный во включенном состоянии для подачи чистой воды (для промывки измерительной ячейки и установки нуля сигнализатора), а в выключенном состоянии — для подачи нефтесодержащей воды из выходного трубопровода сепаратора льяльных вод;  
 2- ручной вентиль (закрыт — при калибровке и проверке срабатывания сигнализатора при включенном клапане 1);  
 3- управляемый от сигнализатора трехходовой клапан сброса водонефтяной смеси; 4 - тройник с ручным клапаном слива воды из сигнализатора из комплекта для калибровки (служит также для заливки раствора при калибровке или проверке срабатывания сигнализатора)

На рис. 4. приведен сигнализатор «ФЛЮО-РАТ411» [5].



Рисунок 4 – «ФЛЮОРАТ411»

На рис. 5 приведена функциональная схема работы сигнализатора - «ФЛЮОРАТ411»: импульсный источник света 1 под управлением микропроцессора 12 вырабатывает световые импульсы, интенсивность которых при проходе через оптическую схему контролируется фотоприемником опорного канала 4 с помощью блока регистрации 13. Попадая через оптическую систему и торцы 7, 9 световода в водную среду, эти импульсы возбуждают импульсы люминесценции, величина которых пропорциональна концентрации растворенных и эмульгированных нефтепродуктов.

Импульсы люминесценции проходят из водной среды через торцы 9, 8 световода в обратном направлении и измеряются фотоприемником канала регистрации - ФЭУ 6 при помощи блока регистрации 13 и обрабатываются микропроцессором 12. Микропроцессор через блок реле 15 управляет вторичными устройствами (здвижками, клапанами, сигнализацией) и передает информацию на блок индикации 11, аналоговый и/или цифровой выходы. Высоковольтный источник питания 14 вырабатывает напряжение для питания ФЭУ. Все электронные схемы сигнализатора используют низковольтный источник питания (на схеме не показан), преобразующий переменное напряжение сети 220 В в постоянное стабилизированное напряжение (+5В, +12В, +15В, -15В).

Блок индикации (11) служит для:

- вывода результатов измерения концентрации нефтепродуктов в воде на трехразрядное цифровое табло;
- сигнализации о норме или превышении заданной концентрации с помощью светодиодов: зеленого - «НОРМА» и красного - «ТРЕВОГА»;
- индикации режима программирования (желтый светодиод «ПР») и питания прибора (желтый светодиод «СЕТЬ»).

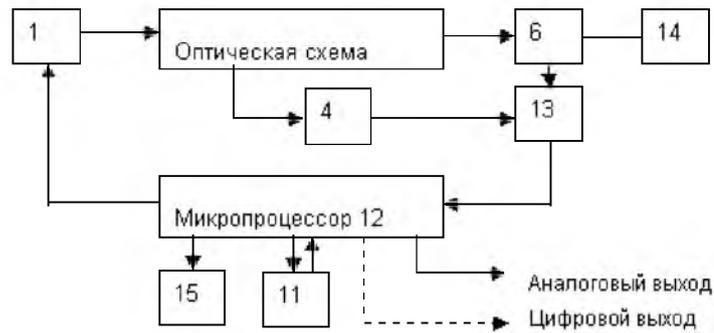


Рисунок 5 – Функциональная схема сигнализатора «ФЛЮОРАТ411»

Существуют различные методы измерения концентрации нефти в воде, из которых в судовых системах используются следующие:

– флуориметрический метод основан на измерении интенсивности флуоресценции нефтепродуктов при воздействии ультрафиолетового облучения в диапазоне длин волн от 200 до 340 нм (интенсивность флуоресценции зависит от концентрации углерода в нефтепродукте). Достоинством метода является то, что флуоресценция происходит в любой фазе существования нефти в воде - диспергированной или растворенной;

– метод поглощения инфракрасного излучения (ИК-метод), основанный на свойстве углеводородов независимо от их природы, состояния, свойств избирательно поглощать инфракрасное излучение с длиной волны 3,4-3,5 мкм. Метод используется при разовых 318 (контрольных) измерениях и калибровке;

– турбидиметрический метод, основанный на способности нефтепродуктов поглощать свет, т.е. на измерении интенсивности затухания светового потока, прошедшего через эмульсию нефти в воде.

Авторами [6, 7] разработан сигнализатор на основе метода, нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), который, не уступая другим физикохимическим методам в точности и удобстве определения нефтесодержания в очищенной воде, превосходит их в экспрессности, обеспечивая в то же время неразрушающий контроль.

В основе метода НПВО лежит явление проникновения световой волны в оптически менее плотную среду  $n_2$ , когда световой поток  $1 \text{ Ф0}$  распространяется из оптически более плотной среды  $n_1$  в менее плотную  $n_2$  под углом  $\Theta$ . Предлагаемая авторами оптоэлектронная система [7] для определения содержания эмульсионной воды в нефти и нефтепродуктах показана на рис. 6.

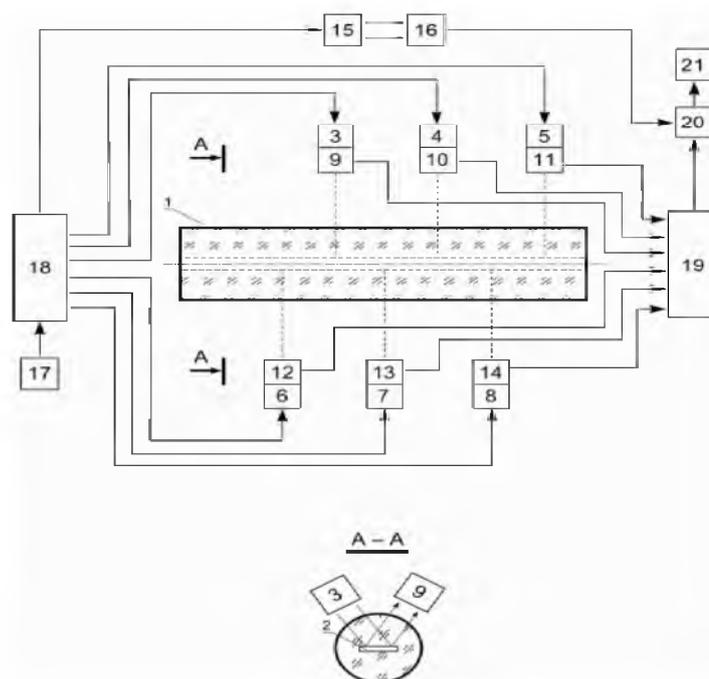


Рисунок 6 – Блок-схема оптоэлектронной системы для определения нефтесодержания в очищенной воде

Устройство содержит цилиндр 1 с полостью в виде призмы 2, проходящей через его центр, задающий генератор (источник импульсного питания) 17, триггер 18 со счетным входом (счетчик), светоизлучающие диоды (СИД) 3-8 и компенсационный СИД 15, измерительные 9-14 и компенсационный 16 приемники оптического излучения (ПОИ), сумматор 19, блок обработки фотоэлектрического сигнала 20 и регистрирующий прибор или ЭВМ 21.

Система работает следующим образом. При включении задающего генератора 17 вырабатываемые им прямоугольные импульсы с частотой 8...10 кГц подаются на вход триггера 18. Разделенные импульсы поступают на СИД 3-8 9 измерительных каналов и СИД 15 опорного канала. Поток излучения светоизлучающих диодов фокусируется на измерительных поверхностях и подается на фотоприемники 9-14. Далее сигналы с фотоприемников суммируются в сумматоре 19. Излучение компенсационного светоизлучающего диода через световод попадает на компенсационный фотоприемник 16. Затем сигнал с компенса-

ционного фотоприемника поступает в блок обработки фотоэлектрического сигнала 20, где измеряется отношение компенсационного и измерительного сигналов. Сигнал отношения, несущий информацию о содержании нефти в среде, подается на регистрирующий прибор или ЭВМ 21, по показанию которого судят о нефтесодержании в очищенной воде.

По мнению авторов, предлагаемое устройство повышает точность за счет многократного объемного измерения, суммирования и осреднения фотоэлектрического сигнала. Кроме этого, с его помощью можно определить содержание нефтепродуктов в эмульсионной воде.

Анализаторы EnviroFlu-НС (Компания "TriOSMess- undDatentechnikGmbH", Германия) - это новое поколение датчиков для определения в воде различных нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), бензола и его производных (ВТХ), углеводородного топлива и других органических веществ в природных, питьевых, технологических и сточных водах [8].

На рис. 7 анализатор enviroFlu-НС (а) и установка его на технологический процесс (б).

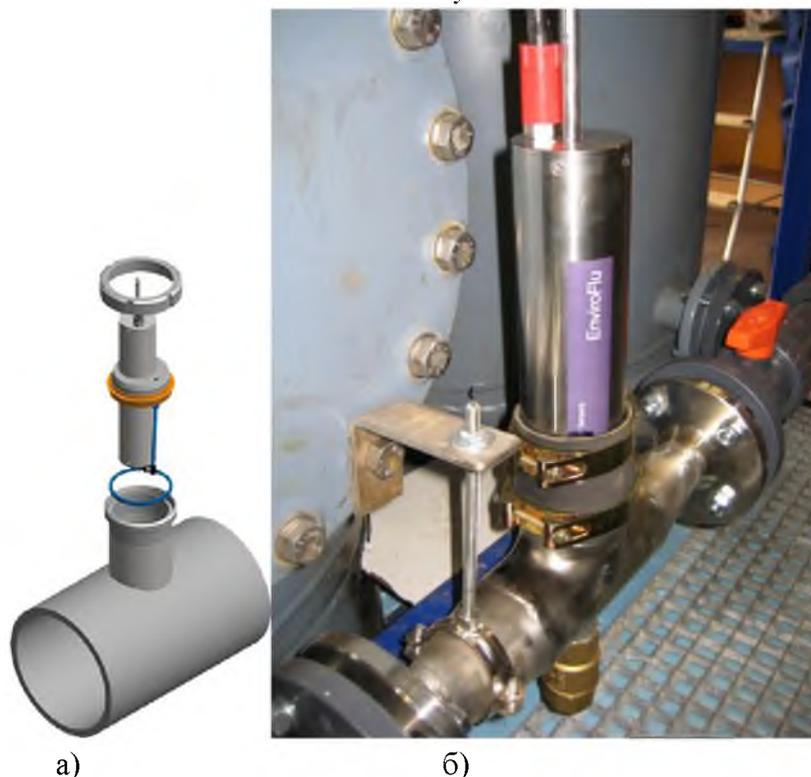


Рисунок 7 – Анализатор enviroFlu-НС (а) и установка его на технологический процесс (б)

Используемый в анализаторах enviroFlu-НС флуориметрический метод анализа нефтепродуктов в воде является одним из самых чувствительных из всех существующих на сегодняшний день и существенно превосходит методы на основе ИК-спектроскопии. По регистрации

УФ-флуоресценции анализаторы enviroFlu позволяют обнаружить даже следовые концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) на уровне порядка мкг/л (ppb) как в очищенных судовых водах, так и в питьевой воде.

Новое инновационное покрытие линз защищает оптику от загрязнений и образования нефтяных пленок на поверхности, что позволяет данным анализаторам работать стационарно с минимальным обслуживанием. В качестве дополнительной опции компания предлагает комплект для установки системы очистки линзы сжатым воздухом, что позволяет свести к минимуму затраты на обслуживание прибора.

Принцип действия анализаторов основан на использовании флуорометрического метода анализа, основанного на свойстве веществ при поглощении световой энергии определённой длины

Таблица 2 - Метрологические и технические характеристики

Параметр	Значение
Диапазоны измерений массовой концентрации ПАУ, мкг/дм <sup>3</sup>	от 0 до 50
	от 0 до 500
	от 0 до 5000
Предел допускаемого значения среднего квадратического отклонения (СКО) повторяемости результатов измерений массовой концентрации ПАУ	5 мкг/дм <sup>3</sup> (в диапазоне от 0 до 50 мкг/дм <sup>3</sup> ) 10% (в диапазонах от 50 до 500 мкг/дм <sup>3</sup> , от 50 до 5000 мкг/дм <sup>3</sup> )
Напряжение питания, В	от 12 до 28
Масса, не более, кг	
– пластик и нержавеющей сталь	2,7
– титан	1,85
Габаритные размеры, не более, мм	68 (диаметр) × 311 (длина)
Условия эксплуатации:	
– температура окружающей среды, °С	от 0 до 40

Анализатор может быть оснащен насадкой для очистки сжатым воздухом. С помощью специального нанопокртия на оптическом стекле в комбинации с системой очистки сжатым воздухом обеспечивается защита от загрязнений масляными плёнками, а также «зарастания» микроорганизмами.

Анализаторы имеют два аналоговых выхода 0-5 В и 4-20 мА постоянного тока, с помощью которых они могут подключаться к любым программируемым логическим контроллерам и регистраторам данных. Анализаторы оснащены

волны частично излучать свет большей длины волны.

Источником излучения света с длиной волны 254 нм, специфичной для обнаружения полициклических ароматических углеводородов, является ксеноновая лампа. Интенсивность излучения, вызванного явлением флуоресценции, измеряют при длине волны 360 нм.

В табл. 2 приведены метрологические и технические характеристики анализаторов EnviroFlu-НС.

интерфейсом RS-232 и также могут работать совместно с контрольно-измерительными приборами – промышленным контроллером TriBox 3 или портативным контроллером PS 201 plus, производства компании TriOS. Все настройки, предустановленные и задаваемые параметры, включая данные о калибровке, хранятся в памяти анализаторов [9].

На рис. 8 и 9 приведены внешний вид промышленного контроллера TriBox и внешний вид анализатора enviroFlu-НС с контроллером TriBox 3, установленного в проточной ячейке.



Рисунок 8 – Внешний вид промышленного контроллера TriBox 3

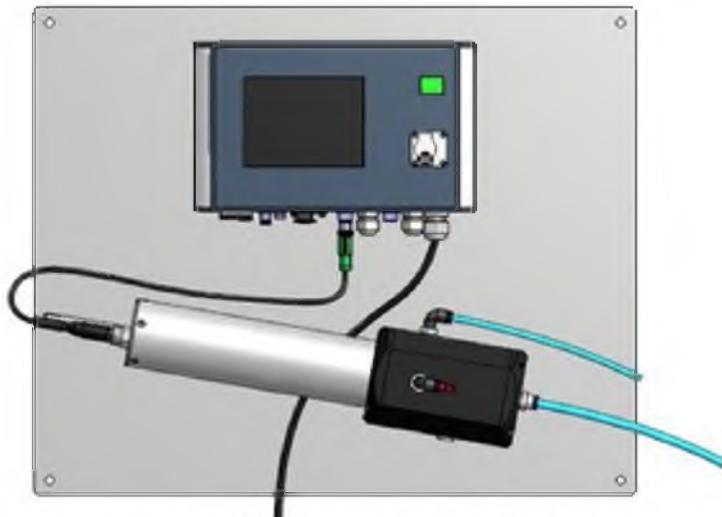


Рисунок 9 - Внешний вид анализатора enviroFlu-НС с контролером TriBox 3, установленного в проточной ячейке

В соответствии с Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2014 г. N 1298 анализаторы EnviroFlu-НС утверждены в РФ в качестве средства измерения.

В настоящее время анализатор enviroFlu-НС не используется в судовых установках контроля нефтесодержания в очищенных судовых водах.

В дальнейшей работе будет изучена возможность применения анализатора enviroFlu-НС для контроля качества очистки жидких судовых отходов.

#### Литература

1. Михрин Л.М. Предотвращение загрязнения морской среды с судов и морских сооружений. – СПб, 2005. – 336 с.
2. Резолюция МЕРС.107(49)
3. <http://www.ekos.su/auf.html>
4. <https://www.lumex.ru/catalog/neva-412.php>
5. <https://www.lumex.ru/catalog/flyuorat-411.php>
6. Патент РУз IAP 20030713 от 17.09.2004 г. Устройство для определения содержания эмульсионной воды в нефти и нефтепродуктах.
7. Рахимов Н.Р., Мадумаров Ш.И., Исломов Д.Д., Серьезнов А.Н. Оптоэлектронная система для контроля нефтесодержания в очищенной воде

на основе элемента нарушенного полного отражения // Автоматика и программная инженерия.– 2013.– №1(3).– С.7-9.

8. <https://imc-systems.ru/products/Analizator-poliaromaticeskikh-uglevodorodov-v-vode-enviroFlu-NS/>
9. <https://imc-systems.ru/news/Analizator-PAU/>

#### REFERENCES

1. Mihrin L.M. Predotvrashchenie zagryazneniya morskoy sredy s sudov i morskikh sooruzhenij. SPb, 2005. – 336 s.
2. Rezolyuciya MERS.107(49)
3. <http://www.ekos.su/auf.html>
4. <https://www.lumex.ru/catalog/neva-412.php>
5. <https://www.lumex.ru/catalog/flyuorat-411.php>
6. Patent RUz IAP 20030713 ot 17.09.2004 g. Ustrojstvo dlya opredeleniya soder-zhaniya emul'sionnoj vody v nefi i nefteproduktah.
7. Rahimov N.R., Madumarov SH.I., Islomov D.D., Ser'eznov A.N. Optoelektron-naya sistema dlya kontrolya neftesoderzhaniya v ochishchennoj vode na osnove elementa naru-shennogo polnogo otrazheniya/Avtomatika i programmnaya inzheneriya, 2013., №1(3), s.7-9.
8. <https://imc-systems.ru/products/Analizator-poliaromaticeskikh-uglevodorodov-v-vode-enviroFlu-NS/>
9. <https://imc-systems.ru/news/Analizator-PAU/>

УДК 574.583

DOI: 10.34046/aumsuomt95/19

## ИХТИОПЛАНКТОН ПОРТОВ И ОТКРЫТОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ТУАПСЕ И ТАМАНИ (2017-2018 ГГ.)

*Н.П. Студиград*

Рассмотрены качественные и количественные характеристики ихтиопланктона портов Тамань и Туапсе в условиях эксплуатации водного транспорта в летний период 2017-2018 гг. Изучен состав доминантов, представленных видами-мигрантами средиземноморского происхождения. Выявлена доля нежизнеспособных особей.