

Тимофеев П.А.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННОЙ ИНЦИНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ СЖИГАНИЯ НЕФТЯНЫХ ОСТАТКОВ

Целью работы является проведение анализа существующих инсинераторных установок с возможностью утилизации нефтяных остатков и других отходов нефтепереработки с обоснованием необходимости разработки технических решений для создания новых инсинераторных установок или модернизации существующих. Анализ выполнялся на базе опыта внедрения инсинераторных установок с возможностью сжигания нефтяных остатков различных производителей, накопленного специалистами ЦКБ «Балтсудопроект» в рамках разработки техно-рабочих проектов судов, а также участия ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в тендере по модернизации платформы «Приразломная». Предложены концептуальные решения по созданию установки для судов и гидротехнических сооружений с возможностью работы на различных видах отходов (нефтяные остатки, отработанное машинное масло, неочищенный попутный нефтяной газ) в качестве жидкого и газового топлива. Данные технические решения позволят существенно уменьшить количество указанных видов отходов на судах и нефтедобывающих платформах, и тем самым сократить издержки на их отгрузку либо дальнейшую переработку и утилизацию.

Ключевые слова: инсинератор, камера сгорания, нефтяные остатки, термическое обезвреживание, попутный нефтяной газ, отработанное машинное масло.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Тимофеев П.А. Обоснование разработки современной инсинераторной установки с возможностью сжигания нефтяных остатков. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; специальный выпуск 1: 142–150.

УДК 629.5.035-6

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-142-150

Timofeev P.

Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

DEVELOPMENT JUSTIFICATION FOR MODERN INCINERATOR CAPABLE OF BURNING OIL RESIDUES

The purpose of this study is to analyse existing incinerators capable of utilizing oil residues and other oil processing waste, as well as to justify the necessity of developing technical solutions in order to set up new incinerators or upgrade existing ones. The analysis relied on the experience accumulated by Baltsudoproekt Central Design Bureau in implementing various brands of incinerators capable of burning oil residues within the scope of technical & workshop ship designs, as well as on the participation of KSRC in the tender for upgrade of Prirazlomnaya platform. The paper suggests conceptual solutions on development of incinerators intended for applications on ships and hydraulic facilities and capable of running on various types of waste (oil residues, spent lube oil, raw oilwell gas) as fluid and gaseous fuel. These technical solutions will significantly reduce the amount of above-mentioned waste aboard ships and oil rigs, thus reducing the costs of their offloading or further processing and utilization.

Key words: incinerator, combustion chamber, oil residues, thermal detoxification, oilwell gas, spent lube oil.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Timofeev P. Development justification for modern incinerator capable of burning oil residues. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; special issue 1: 142–150 (in Russian).

UDC 629.5.035-6

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-1-S-I-142-150

Введение

Introduction

Предотвращение загрязнения окружающей среды нефтепродуктами является одной из приоритетных экологических задач. Международная морская организация (ИМО) приняла ряд мер, направленных на предотвращение аварий танкеров, а также сброса отходов машинных помещений – по тоннажу они причиняют больше вреда, чем загрязнение вследствие аварий. Наиболее важной из этих мер стала Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78), принятая в 1973 г. и измененная Протоколом 1978 г. [1]. Она охватывает все виды загрязнений окружающей среды с судов. Правила предотвращения загрязнения нефтью определены Приложением I Конвенции и циркулярами ИМО.

В соответствии с циркулярами ИМО МЕРС.1/Сигс. 642 сжигание нефтяных остатков (шлама) допускается в следующих одобренных установках [2] с соответствующей системой подготовки нефтяных остатков (шлама) для сжигания:

- инсинераторы;
- вспомогательные паровые котлы;

- нагреватели системы термальной жидкости;
- системы инертных газов.

Наиболее популярной из этих систем является инсинератор – установка для термического обезвреживания нефтяных остатков и твердых отходов. В современных инсинераторах возможно использование нефтяных остатков в качестве вторичного топлива для сжигания твердых отходов [3]. Остальные перечисленные установки в настоящее время на судах практически не используются и в данной статье не рассмотрены.

Типовая схема подключения инсинератора

Typical connection diagram of incinerator

На рис. 1 показана принципиальная схема подключения трубопроводов инсинератора для судна пр. 22420, разработанная специалистами 31 отдела ЦКБ «Балтсудопроект». Система топливная и газовыпускная инсинератора предназначена для заполнения расходной цистерны топлива инсинератора, цистерны подготовки шлама, подвода топлива и шлама к инсинератору и отвода дымовых газов в атмосферу.

В состав системы входят:

- цистерна расходная топлива инсинератора;
- цистерна подготовки шлама;

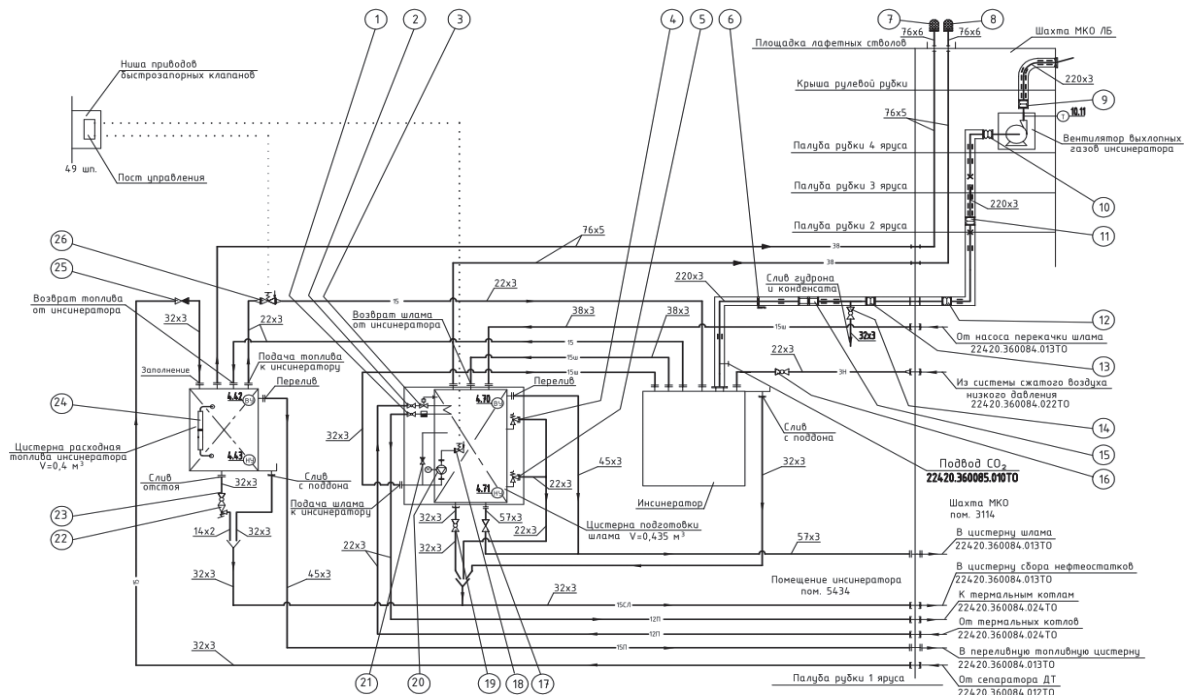


Рис. 1. Принципиальная схема подключения трубопроводов инсинератора, разработанная специалистами 31 отдела ЦКБ «Балтсудопроект»

Fig. 1. Principal connection diagram of incinerator pipelines developed by Baltsudoprojekt experts

- инсинератор;
 - вентилятор выхлопных газов;
 - трубопроводы с арматурой.
- Трубопроводы топливной и газовойпускной системы инсинератора обеспечивают:
- подвод дизельного топлива от сепаратора дизельного топлива к расходной цистерне топлива инсинератора;
 - подвод дизельного топлива от расходной цистерны топлива инсинератора к инсинератору;
 - отвод излишков дизельного топлива от инсинератора в расходную цистерну топлива инсинератора;
 - подвод шлама от цистерны шлама в цистерну подготовки шлама;
 - подвод шлама от цистерны подготовки шлама к инсинератору;
 - отвод шлама от инсинератора в цистерну подготовки шлама;
 - подвод и отвод термальной жидкости к змеевику подогрева шлама в цистерне подготовки шлама;
 - отвод протечек от поддонов насоса инсинератора, расходной цистерны топлива инсинератора, от предохранительных клапанов цистерны подготовки шлама в цистерну сбора нефтеостатков;
 - отвод отстоя от расходной цистерны топлива инсинератора, цистерны подготовки шлама в цистерну сбора нефтеостатков;
 - отвод шлама и перелив из цистерны подготовки шлама в цистерну шлама;
 - перелив из расходной цистерны топлива инсинератора в переливную топливную цистерну;
 - отвод дымовых газов в атмосферу.

Цистерна расходная топлива инсинератора предназначена для хранения дизельного топлива (ДТ) и подачи его к инсинератору. Цистерна подготовки шлама предназначена для подготовки шлама к сжиганию и подачи его к инсинератору. Инсинератор OG 120С производительностью 180000 ккал/ч (210 кВт), предназначен для сжигания шлама и твердых отходов. Вентилятор выхлопных газов инсинератора предназначен для вытяжки дымовых газов.

Устройство и работа отдельных изделий

Components and operation of separate items

Цистерна расходная топлива инсинератора объемом 0,4 м³ оборудована колонкой указательной 24, воздушной трубой с воздушной головкой и сигнализаторами верхнего и нижнего уровня. Цистерна расположена в помещении инсинератора.



Рис. 2. Обвязка цистерны подготовки шлама

Fig. 2. Piping of sludge preparation tank

Цистерна подготовки шлама имеет объем 0,435 м³. На общей раме с цистерной установлен циркуляционный насос шлама. Цистерна оборудована невозвратно-запорным клапаном 21, предохранительными клапанами 4, 5, змеевиком подогрева шлама термальной жидкостью с запорными клапанами 1, 2, термостатом 3, быстрозасторным клапаном 18, воздушной трубой с воздушной головкой и сигнализаторами верхнего и нижнего уровня.

Трубопровод отвода дымовых газов от инсинератора оборудован заслонкой 6 и искрогасителем 15. Для компенсации тепловых расширений на трубопроводе установлены сильфонные компенсаторы 9...13. Трубопровод отвода дымовых газов изолируется и зашивается металлическим кожухом на всю длину. При возникновении пожара в трубопровод дымовых газов подается углекислый газ из системы углекислотного тушения.

На рис. 2 показана обвязка цистерны подготовки шлама на судне снабжения пр. 22420.

Требования к топливу: для инсинератора должно применяться дизельное топливо вязкостью до 6 сСт при 40 ОС, с температурой вспышки не ниже 60 ОС, с характеристиками, соответствующими требованиям производителей оборудования.

Устройство и работа инсинератора

Components and operation of incinerator

На судне пр. 22420 установлен инсинератор TeamTec типа OG120С (рис. 3) производства Норвегии. Он состоит из следующих 4 основных частей:

- камера сгорания с топочным устройством, шламовой форсункой, подогревателем топлива и электрической панелью управления;
- вентилятор дымовых газов с заслонкой дымовых газов или преобразователем частоты (опция);



Рис. 3. Инсинератор TeamTec типа OG120C [9]
Fig. 3. Incinerator TeamTec, tyoe OG120C [9]

- шламовая расходная цистерна с циркуляционным насосом и подогревателем;
- шламовая отстойная цистерна с заливным насосом и подогревателем (опция).

Камера сгорания представляет собой цилиндрическую камеру. Мусор воспламеняется за счет теплоты, выделяемой при сжигании топлива в камере сгорания. Камера сгорания оборудована смотровым люком, который можно открывать только тогда, когда инсинератор не находится в работе. Система управления не допускает открытие люка до тех пор, пока температура в камере сгорания не понизится до определенной величины. Выход дымовых газов расположен сверху камеры для наиболее эффективного использования пламени. Закрученное пламя движется вниз, делает поворот и поднимается вверх в центральной части камеры. Остатки твердых частиц от сгорания отходов дожигаются топочным устройством до такой степени, что становятся экологически безопасными.

Дымовые газы, выходящие из камеры сгорания, смешиваются с охлаждающим воздухом, поступающим из нижней части корпуса, охлаждаются до температуры приблизительно 330 °С перед вентилятором дымовых газов и затем направляются в дымоход. Процесс сжигания управляется программируемым контроллером и отслеживается фотоэлементом. Два смотровых стекла служат для того, чтобы оператор имел возможность следить за количеством мусора в камере и работой системы.

Камера сгорания – стальная конструкция, футерованная специальными огнеупорными блоками, покрытыми изоляцией толщиной 50 мм. Огнеупорный материал выполнен из цемента с высоким содер-

жанием глинозема, является шлакостойким и имеет высокую термостойкость. Двойной стальной корпус с рубашкой воздушного охлаждения образует внешнюю поверхность камеры сгорания. Камера сгорания оборудована топочным устройством и одной шламовой форсункой с паровым или воздушным распылом. На той же стенке имеется кронштейн/поддон для шламового оборудования.

Топочное устройство имеет 1 ступень, которая автоматически регулируется программируемым контроллером. Кроме того, имеются две ступени для сжигания шлама с распылом – паром или сжатым воздухом. Через шламовую форсунку могут проходить частицы размером до 4 мм. Топочное устройство управляется программируемым контроллером и имеет встроенный вентилятор первичного воздуха и насос дизельного топлива.

Назначение вентилятора дымовых газов заключается в удалении дымовых газов из камеры сгорания и создании вакуума в ней. Этот же вентилятор подает воздух в рубашку охлаждения, который затем перемешивается с горячими газами из камеры сгорания, в результате чего температура газов перед вентилятором дымовых газов становится ниже 350 °С. Охлаждающий воздух, подаваемый в рубашку охлаждения, поддерживает температуру поверхности камеры сгорания на 15 °С выше температуры наружного воздуха.

Шламовая цистерна является расходной цистерной шлама инсинератора TeamTec. Подогреватель, управляемый термостатом, поддерживает температуру шлама на нужном уровне (80–90 °С).

Алгоритм автоматического управления подачей шлама разработан таким образом, чтобы обеспечить сжигание максимального количества шлама при минимальном расходе дизельного топлива и поддержании температуры в камере сгорания выше 870 °С. Система может сжигать шлам с высоким содержанием воды, однако это приводит к повышению расхода дизельного топлива.

Опыт внедрения инсинераторных установок

Incinerator implementation experience

В ЦКБ «Балтсудопроект» накоплен значительный опыт внедрения инсинераторных установок с возможностью утилизации нефтяных остатков различных производителей. Перечень инсинераторов, установленных на судах по основным проектам ЦКБ «Балтсудопроект», представлен в таблице.

Таблица. Перечень инсинераторов, установленных на судах по проектам ЦКБ «Балтсудопроект»

Table. List of incinerators installed aboard ships designed by Baltsudoproekt

nn	Проект	Класс судна по РС	Производитель, модель, страна	Производительность по НШ, объем шламовой цистерны
1	23470	КМ ★ Arc4 AUT1 FF3WS EPP Helideck ECO-S Tug	Hansun HSINC-18, KHP	22,5 кг/ч (спец. IMO 20 % воды), 500 л
2	21900M	КМ ★ Icebreaker6 AUT1-ICS FF2 EPP ECO HELIDECK Special purpose ship	TeamTec OG120C, Норвегия	29 л/ч (спец. IMO 20 % воды), 435 л
3	22420	КМ ★ Arc4 AUT1 FF2WS DYNPOS-2 EPP Supply vessel, Special purpose ship	TeamTec OG120C, Норвегия	29 л/ч (спец. IMO 20 % воды), 435 л

Как видно из таблицы, наибольшее доверие у специалистов ЦКБ вызывает оборудование норвежского проиводителя TeamTec – одного из мировых лидеров по производству судовых инсинераторных систем и эжекторов. Инсинератор Hansun HSINC-18 является китайским аналогом TeamTec OG120C, но при этом выигрывает по стоимости.

К сожалению, российских производителей в данном перечне нет. В настоящее время в РФ не существует серийных моделей судовых инсинераторов, соответствующих требованиям резолюций ИМО, одобренных Российским морским регистром судоходства (РМРС) и хорошо зарекомендовавших себя на испытаниях. Согласно положениям МАРПОЛ, инсинератор, установленный на судне, должен соответствовать требованиям резолюций ИМО МЕРС.59(33) или МЕРС.76(40), или МЕРС.244(66), в зависимости от того, что применяется [2].

Актуальность и примеры разработки современного инсинератора

Relevance and examples of state-of-the-art incinerator

Для увеличения доли импортозамещения и поддержки отечественных производителей в 2015 г. Минпромторг объявил конкурс [4] на проведение опытно-конструкторской работы (ОКР) «Разработка инсинератора с системой управления в морском исполнении и организацией серийного производства», шифр «Инсинератор» в рамках государственной программы «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Планируется проведение

двух этапов: в объем работ первого этапа ОКР должен войти анализ потребностей в судовых инсинераторах, объем рынка и основные виды возможного оборудования; второй этап включает в себя разработку и производство современного судового инсинератора, предназначенного к установке на судах.

На сегодняшний день в России ряд компаний занимается промышленным изготовлением инсинераторов для сжигания различных видов отходов, но лишь одна из них планирует начать серийное изготовление судовых инсинераторов. Компания «Безопасные технологии» в 2015 г. поставила инсинератор в морском исполнении (рис. 4) на ледокол пр. 21180 «Илья Муромец» [5].

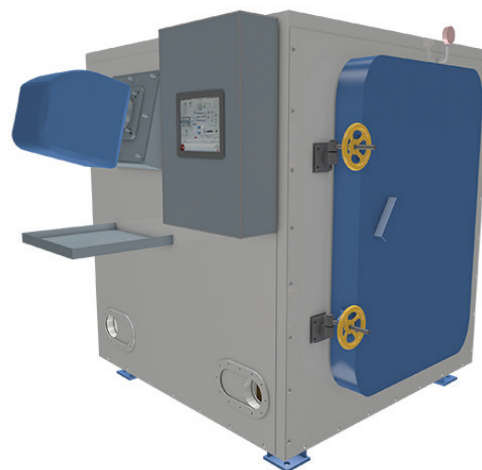


Рис. 4. Судовой инсинератор KTO-50.SI [10]

Fig. 4. Ship incinerator KTO-50.SI [10]



Рис. 5. Установка для сжигания подтоварной воды с утилизацией попутного нефтяного газа

Fig. 5. Bottom water incinerator capable of utilizing oilwell gas

Судовой инсинератор КТО-50.СИ изготовлен в соответствии с требованиями РМРС и предназначен для термического обезвреживания судовых отходов: образующихся при техническом обслуживании, твердых бытовых, нефтяных шламов и нефтеостатков. В случае успешного прохождения испытаний установка будет иметь большие перспективы в рамках государственной программы импортозамещения.

На международной выставке и конференции НЕВА-2017, прошедшей в Санкт-Петербурге в сентябре 2017 г., свою продукцию представляли ведущие европейские производители судовых инсинераторов: норвежская компания TeamTec, датский производитель Atlas, испанская Detegasa, немецкая

OceanClean. Российских производителей современного оборудования для сжигания нефтяного шлама на выставке представлено не было. По словам директора по развитию TeamTec Оле Булиена, в инжиниринговом центре компании ведутся новейшие разработки по возможности перехода установок на газ, в том числе на сжиженный природный газ (СПГ) и попутный нефтяной газ (ПНГ). Данные разработки в настоящий момент находятся на стадии концепта, серийное производство не планируется в силу единичности заказов.

Необходимо отметить, что такое техническое решение может быть интересно российским нефтегазовым компаниям, работающим на континентальном шельфе, в целях сокращения штрафов за сжигание ПНГ. В соответствии с постановлением правительства от 8 января 2009 г. «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках», был установлен целевой показатель сжигания ПНГ на факелах на 2012 и последующие годы в размере не более 5 % от объема добытого попутного газа. В РФ уже имеются технологические установки, работающие на ПНГ, но такие примеры полезного использования ПНГ носят единичный характер.

В нефтяной компании «Комнедра» на Северо-Мастерьевском месторождении функционирует установка (рис. 5) для экологически безопасного высокотемпературного уничтожения (сжигания) подтоварной воды с утилизацией ПНГ, размещенная в стандартном сорокафутовом контейнере [6]. Комплекс позволяет компании безопасно утилизировать



Рис. 6. Комплекс для подогрева нефти и утилизации сточных вод [7]

Fig. 6. System for oil warming and sewage water utilization [7]



до 1500 кг/ч пластовой воды и до 2000 м³/ч попутного газа.

Успешно проведены штатные мероприятия по вводу в эксплуатацию комплекса для подогрева нефти и утилизации сточных вод (рис. 6) на месторождении «Песчаное» (ХМАО). Заказчик – ОАО НАК «Аки-Отыр».

Топливом для инсинератора служит неочищенный попутный нефтяной газ. Потребление ПНГ составляет до 1200 м³/ч; производительность – до 2 м³/ч; нагрев – до 70 м³/ч нефтяной эмульсии; Δt – 40–45 °С.

Данная установка произведена во исполнение постановления Правительства РФ от 8 ноября 2012 г. № 1148 «Об особенностях исчисления платы за выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа», которое вступило в силу с 1 января 2013 г. Данный проект – характерный пример полезного использования попутного газа на малых и труднодоступных месторождениях нефти [7].

Разработка инсинератора в морском исполнении с возможностью использования в качестве топлива нефтеостатков, ПНГ и отработанного масла могла бы вызвать интерес среди российских компаний, занимающихся разработкой и освоением нефтегазовых месторождений континентального шельфа. В 2014 г. ООО «Газпром нефть шельф» объявило конкурс на подготовку технического решения для достижения 95 % утилизации попутного нефтяного газа на Приразломном нефтяном месторождении в рамках работ по техническому перевооружению (модернизации) морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная», участие в котором принимали пять организаций, в том числе и ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Предоставленные ООО «Газпром нефть шельф» документы для участия в открытом тендере [8] по модернизации МЛСП «Приразломная», в том числе общая пояснительная записка и технические описания на системы технологического, бурового и вспомогательного комплексов, позволили определить тип, объем и способы утилизации имеющихся отходов, провести анализ источников загрязнения и указанных систем. Указанные документы позволили определить данные по объемам ПНГ и отработанного масла от потребителей на МЛСП.

Система отработанного масла предназначена для приема отработанного масла от потребителей и его подготовки к дальнейшей отгрузке на судно снабже-

ния. Отработанное масло, сливаемое от всех потребителей, суммарным объемом 15100 л, перекачивается в 2 цистерны по 10 м³. Далее одним из насосов масло перекачивается в 20 бочек объемом по 200 л, расположенных на верхней палубе, для отгрузки на судно снабжения с последующей утилизацией.

Факельная система предназначена для сбора и бездымного сжигания аварийных и предусмотренных технологическим процессом сбросов газа из технологического оборудования, работающего под давлением более (менее) 0,9 МПа.

По данным общей пояснительной записки на МЛСП «Приразломная» удельные расходы (расчетные максимальные) газа составляют:

- главная газотурбогенераторная установка – 10,6 т/ч;
- огневые подогреватели – 7,9 т/ч.

Значительная часть попутного газа после подготовки (очистки, удаления сероводорода и т.д.) используется в качестве топлива для турбогенераторов и огневых подогревателей. Излишки попутного газа сжигаются на факеле, размещение которого выполнено с учетом рассеивания продуктов сгорания.

В связи с тем, что промышленное использование избытков попутного газа нерентабельно, заказчик будет осуществлять в установленном порядке платежи в бюджет за загрязнения атмосферного воздуха при сжигании газа на факеле.

Нерентабельность утилизации попутного нефтяного газа, неиспользуемого в качестве топлива газотурбинных установок и огневых подогревателей и сжигаемого на факельных системах в объеме 687,2 млн м³, определена на основании выполненных на ранней стадии проектирования проработок при подборе оборудования платформы.

При строительстве скважин на МЛСП «Приразломная» реализуется принцип «нулевого сброса» для всех видов отходов. Промышленное захоронение отработанного бурового раствора, шлама и других технологических отходов производится в специально пробуренную поглощающую скважину. При необходимости вредные отходы должны собираться в контейнеры и вывозиться на берег для последующей утилизации; пластовая вода и нефтесодержащие воды должны предварительно очищаться и также закачиваться в скважину.

Очевидно, что для обеспечения данного принципа и достижения указанного уровня утилизации не исключается возможность применения таких технических решений, как сжигание отходов в специальных установках, работающих, в том числе, на

ПНГ и отработанном машинном масле. Применение данной технологии приведет к значительному уменьшению объемов отходов непосредственно на объекте и, тем самым, к сокращению затрат на отгрузку данного вида отходов.

Концепция современного инсинератора

Concept of modern incinerator

В зависимости от вида и объемов отходов, образующихся на судне или на платформе, можно определить следующий состав установки:

- камера сгорания с топочным устройством, шламовой (газовой) форсункой, подогревателем топлива и панелью управления;
- камера дожигания (опция);
- узел регулирования и подачи ПНГ (опция);
- вентилятор дымовых газов с заслонкой дымовых газов;
- шламовая расходная цистерна с циркуляционным насосом и подогревателем;
- морской контейнер с дымовой трубой и эжектором (опция);

Размещение инсинератора возможно в помещении инсинератора (при наличии) либо в 20/40-футовом (в зависимости от состава) контейнере на открытой палубе.

При необходимости установка может быть дополнена водо-нефтяным подогревателем для подогрева нефтяного продукта. Кроме того, отходящие дымовые газы целесообразно использовать для выработки дополнительной энергии, что может быть обеспечено посредством включения в состав микро-турбинной установки.

Заключение

Conclusion

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78 (с приложениями). СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2015. [International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) 73/78 with Annexes (Russian translation). SPb.: CNIIMF, 2015].
2. Руководство по применению положений Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78. НД № 2-030101-026, РМРС. СПб.: 2016. [Guidelines on the application of provisions of the International Convention MARPOL 73/78. ND No. 2-030101-026, RS, SPb.: 2016. (in Russian)].
3. Калугин В.Н., Корнилов Э.В., Кулешов И.Н. Технологии обработки мусора на судах, инсинерато-

ры. Одесса: Студия «Негоциант», 2006. [Kalugin V., Kornilov E., Kuleshov I. Waste treatment technologies for ships, incinerators. Odessa: Studiia Negotsiant, 2006. (in Russian)].

4. Минпромторг объявил конкурс на ОКР в сфере судового оборудования и агрегатов на общую сумму более 1,12 млрд руб. [Электрон. ресурс] / Информационно-аналитическое агентство PortNews. URL: <http://portnews.ru/news/209893/> (дата обращения 04.12.2017). [Minpromtorg announces 1.12+ billion RUR tender for development of marine equipment and assemblies. Web site of Port News information & analysis agency. (in Russian)].
5. Судовой инсинератор КТО-50.СИ отгружен для ОАО «Адмиралтейские верфи» [Электрон. ресурс] / Сайт промышленной группы «Безопасные технологии». URL:

Библиографический список

References

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78 (с приложениями). СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2015. [International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) 73/78 with Annexes (Russian translation). SPb.: CNIIMF, 2015].
2. Руководство по применению положений Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78. НД № 2-030101-026, РМРС. СПб.: 2016. [Guidelines on the application of provisions of the International Convention MARPOL 73/78. ND No. 2-030101-026, RS, SPb.: 2016. (in Russian)].
3. Калугин В.Н., Корнилов Э.В., Кулешов И.Н. Технологии обработки мусора на судах, инсинераторы. Одесса: Студия «Негоциант», 2006. [Kalugin V., Kornilov E., Kuleshov I. Waste treatment technologies for ships, incinerators. Odessa: Studiia Negotsiant, 2006. (in Russian)].
4. Минпромторг объявил конкурс на ОКР в сфере судового оборудования и агрегатов на общую сумму более 1,12 млрд руб. [Электрон. ресурс] / Информационно-аналитическое агентство PortNews. URL: <http://portnews.ru/news/209893/> (дата обращения 04.12.2017). [Minpromtorg announces 1.12+ billion RUR tender for development of marine equipment and assemblies. Web site of Port News information & analysis agency. (in Russian)].
5. Судовой инсинератор КТО-50.СИ отгружен для ОАО «Адмиралтейские верфи» [Электрон. ресурс] / Сайт промышленной группы «Безопасные технологии». URL: <http://incinerator.ru/news/sudovoj-insinerator-kto-50-si-otgruzhen-dlya-oao-admiraltejskie-verfi> (дата обращения 04.12.2017). [Ship incinerator KTO-50.SI delivered to Admiralty Shipyard. Web-site of Safe Technologies industrial group. (in Russian)].
6. Все по плану [Электрон. ресурс] / Журнал «Знай наших!». № 41. URL: <http://www.znainashix.ru/article/vse-po-planu-690/> (дата обращения 04.12.2017). [All goes as planned // Znai Nashikh! (in Russian)].
7. Инсинератор ИН-50.7КЦ ОАО НАК «Аки-Отыр» м. Песчаное [Электрон. ресурс] / Сайт Российской ин-



- синераторостроительной компании № 1. URL: http://turmalin.ru/index.php?option=com_joomgallery&func=viewcategory&catid=128&Itemid=69 (дата обращения 04.12.2017). [Incinerator IN-50.7KTs by JSC NAK Aki-Otyr, Peschanoye field. Web-site of Turmalin incinerator engineering company. (in Russian)].
8. Тендер: разработка проектно-сметной документации по техническому перевооружению (модернизации) МЛСП «Приразломная» [Электрон. ресурс] / Сайт «Все тендеры России». URL: <http://rostender.info/region/sankt-peterburg-gorod/20182615-tender-razrabotka-proektno-smetnoj-dokumentacii-potehnicheskomu-perevooruzheniyu-modernizacii-mlsprirazlomnaya> (дата обращения 04.12.2017). [Tender: development of design and budget documentation on technical upgrade of Prirazlomnaya marine ice resistant platform. (in Russian)].
9. TeamTec incinerators. Web-site of TeamTec company. URL: <https://www.teamtec.no/wp-content/uploads/2015/05/Preliminary-tech.-doc.-OG120C-TG-5.pdf>.
10. КТО-50.СИ [Электрон. ресурс] / Сайт промышленной группы «Безопасные технологии». URL: <http://incinerator.ru/incinerators/kto-50-si> (дата обращения 04.02.2018). [KTO-50.SI. Web site of Safe Technologies industrial group (in Russian)].
-

Сведения об авторе

Тимофеев Павел Анатольевич, ведущий инженер-конструктор сектора главных конструкторов проектов ЦКБ «Балтсудопроект» ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-48-24; E-mail: bsp@ksrc.ru.

About the author

Timofeev P., Lead Design Engineer, Sector of Chief Designers, Central Design Bureau Baltsudoproekt, Krylov State Research Centre. Address: Moskovskoye sh. 44, St. Petersburg, Russia, 196158. Tel.: 8 (812) 415-48-24; E-mail: bsp@ksrc.ru.

Поступила / Received: 07.03.18
Принята в печать / Accepted: 18.04.18
© Тимофеев П.А., 2018