



УДК 629.12-:502.7

А.С. Курников, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Н.Н. Арефьев, аспирант ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603951, г.Н.Новгород, ул. Нестерова, д. 5

МЕТОДЫ КОНТАКТНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Ключевые слова: жидкостная очистка, скруббер, циклонно-пенный аппарат.

В данной работе рассматриваются различные методы контактной жидкостной очистки отработавших газов и их применимость в судовых условиях.

Принцип контактной жидкостной нейтрализации отработавших газов (ОГ) является одним из наиболее простых и экономичных способов нейтрализации вредных выбросов. Он заключается в пропускании ОГ через слой жидкости, или распыления жидкости в потоке ОГ. При этом происходит улавливание твердых частиц и частичное растворение и химическая нейтрализация компонентов ОГ [1].

Основные преимущества жидкостной очистки:

- Одновременное удаление твердых частиц и нейтрализация водорастворимых компонентов;
- Охлаждение ОГ;
- Эффективное искрогашение;
- Снижение уровня шума;
- Простота конструкции и доступность воды в судовых условиях.

Основные недостатки жидкостной очистки:

- Недостаточная эффективность нейтрализации газообразных компонентов ОГ;
- Унос паров жидкости потоком газов;
- Значительные массо-габаритные параметры установки с резервуаром рабочей жидкости;
- Необходимость утилизации жидкости после процесса очистки;

Одним из главных недостатков систем очистки ОГ судовых дизелей является избирательность нейтрализации, т.е. установка эффективно удаляет только некоторые компоненты газов, практически не затрагивая другие. Так контактная жидкостная очистка водой не способна удалить оксиды азота и оксид углерода [2]. Для расширения возможностей нейтрализации вредных веществ необходимо использовать специальные реактивы, наиболее распространены щелочи и растворы, имеющие щелочную реакцию, а также различные соли. Однако, это вызывает дополнительные трудности в виде хранения реактивов, а также квалифицированного обслуживания такой установки в судовых условиях [3].

Установки жидкостной очистки можно разделить на следующие группы по способу контакта ОГ и жидкости [4]:

- поверхностные

- пленочные
- насадочные
- тарельчатые
- распыливающие
- пенные

В поверхностных аппаратах газ пропускается над поверхностью движущейся жидкости (рис.1). Так как поверхность контакта фаз невелика, то устанавливают несколько последовательно соединенных секций, в которых газ и жидкость движутся противоток друг к другу. Обычно скруббер представляет собой конструкцию из горизонтальных труб, внутри которых протекает жидкость, а противоток к ней движется газ. Уровень жидкости в трубах поддерживается с помощью порога. К недостаткам данного типа можно отнести невысокую эффективность и, следовательно, высокие массо-габаритные характеристики установки. Также поддержание постоянного уровня жидкости затруднительно в судовых условиях во время качки.

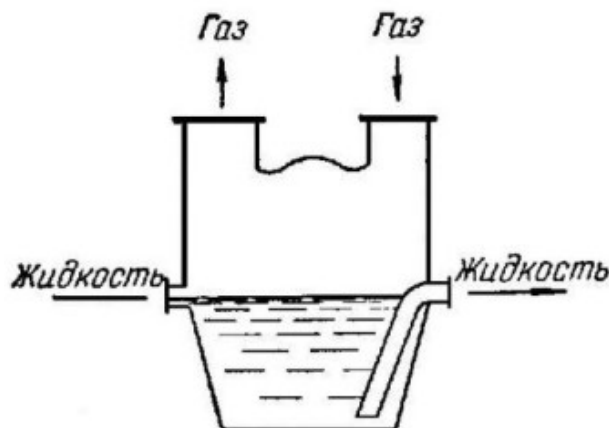


Рисунок 1. Аппарат поверхностной очистки газов.

Пленочные скрубберы более компактны и эффективны, чем поверхностные. В пленочных аппаратах поверхностью контакта фаз является поверхность стекающей пленки жидкости. К установкам этого типа относятся трубные аппараты, в которых жидкость стекает по внешней поверхности вертикальных труб сверху вниз, а ОГ подаются снизу противоток стекающей пленке. В зависимости от относительной скорости движения жидкости и газа, пленки могут стекать вниз либо захватываться газовым потоком и течь вверх. С увеличением относительной скорости движения пленки и газа увеличиваются коэффициент массоотдачи и поверхность контакта фаз за счет турбулизации пограничного слоя и образования вихрей. Недостаток такого типа установок в судовых условиях – ложность в поддержании постоянных параметров пленки в условиях качки, а также регулирование аппарата при долевых режимах работы двигателя.

Насадочные скрубберы получили широкое распространение в технике. В насадочном аппарате жидкость, подаваемая в аппарат, течет по элементу насадки в виде тонкой пленки (рис.2). Поверхностью контакта фаз является смоченная поверхность насадки, и в этом режиме насадочные аппараты могут рассматриваться как пленочные. Однако применение насадки позволяет существенно повысить площадь контакта фаз. Чтобы жидкость не растекалась к стенкам аппарата, насадки загружаются посекционно. Между секциями устанавливают устройство для перераспределения жидкости. Чтобы насадка работала эффективно, она должна удовлетворять следующим требованиям: обладать, большой удельной поверхностью; оказывать небольшое гидравлическое сопротивление газовому потоку; хорошо смачиваться рабочей жидкостью; равномерно распределять жидкость по сечению аппарата; быть коррозионностойкой по отношению к рабочей жидкости и газу; обладать высокой механической прочностью; быть легкой;

иметь невысокую стоимость. Основной недостаток такого типа аппаратов – значительное ухудшение эффективности насадок при загрязнении жидкости, т.е. установка требует дополнительных мер по очистке рабочей жидкости.

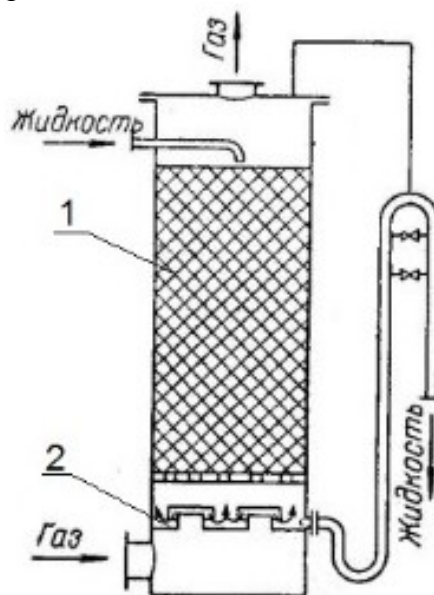


Рисунок 2. Насадочный скруббер
1-насадка, 2-газораспределительное устройство.

Тарельчатые колонны являются эффективными и достаточно распространенными аппаратами, внутри которых одна под другой размещено определенное количество горизонтальных перфорированных перегородок — тарелок, обеспечивающих течение жидкости сверху вниз, а газа — снизу вверх. Тарельчатые колонны бывают с колпачковыми, клапанными, провальными сетчатыми тарелками, на которых имеет место неорганизованный перелив жидкости через отверстия, и с сетчатыми тарелками с переливными устройствами (рис.3). В колоннах с провальными тарелками ОГ проходят через отверстия тарелки и распределяется в слое жидкости, находящейся на тарелке, в виде струек и пузырьков. На тарелках одновременно происходит барботаж газов через слой жидкости и частичный проход жидкости через отверстия тарелок. Такие конструкции тарелок очень чувствительны к расходу и давлению газа в колонне. Более устойчиво работают сетчатые тарелки с переливными устройствами. Эти аппараты имеют горизонтальные тарелки, переливные устройства и пороги. Порог служит для разрушения пены, стекающей с вышерасположенной тарелки и поддержания высоты столба жидкости на тарелке. Жидкость подается на верхнюю тарелку, переливается через переливные устройства сверху вниз и удаляется из нижней части скруббера. Такие установки имеют более высокое гидравлическое сопротивление по газам из-за прохождения ОГ через слой жидкости в тарелке [5], а также чувствительны к углу наклона аппарата, что делает их применение на судне малоэффективным.

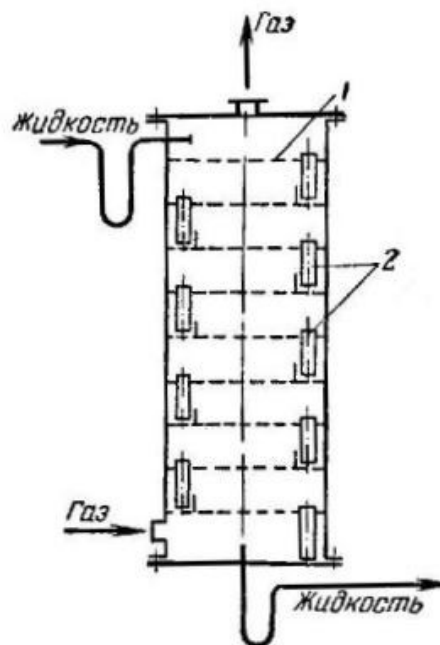


Рисунок 3. Тарельчатый скруббер
1 – тарелки, 2 – переливные устройства.

Распыливающие скрубберы работают по принципу контакта фаз в результате распыления или разбрызгивания жидкости в газовом потоке (рис.4). Такие установки получили наибольшее распространение на флоте. Простейшим примером распыливающих скрубберов является полый аппарат с механическими форсунками. Рабочая жидкость в этом случае распыляется форсунками по всему объему аппарата. Наибольшие коэффициенты массопередачи имеют место в момент распыления жидкости, а затем они резко снижаются вследствие коалесценции капель и уменьшения поверхности фазового контакта.

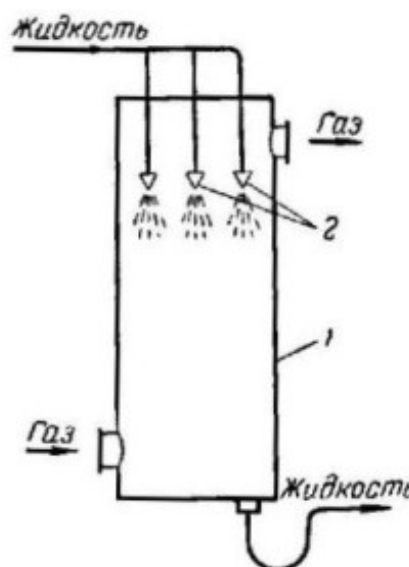


Рисунок 4. Распыливающий скруббер
1 – корпус, 2 – форсунки.

В пенных аппаратах массообмен между фазами происходит при контакте ОГ с пеной (рис.5). В зависимости от типа образования пены такие установки могут быть прямоточными, циклонными и др. В циклонно-пенном аппарате ОГ подаются через тангенциально расположенный патрубок в кольцевое пространство, образованное наружным и внутренним цилиндрами. Получив вращательное движение, газ поступает в нижнюю часть, закручивает жидкость, находящуюся там и переходит во внутренний цилиндр. Жидкость, вытесненная из бункера давлением газа, проходит через завихритель,

получая дополнительное вращение и подхватывается газовым потоком. При этом в корпусе образуется турбулизованный газо-жидкостный слой подвижной пены, в котором происходит интенсивный массо и теплообмен между средами. За счет применения рабочей жидкости в виде динамического слоя пены, данный тип аппаратов способен работать в условиях качки, а также имеет небольшой расход жидкости, по сравнению с другими скрубберами.

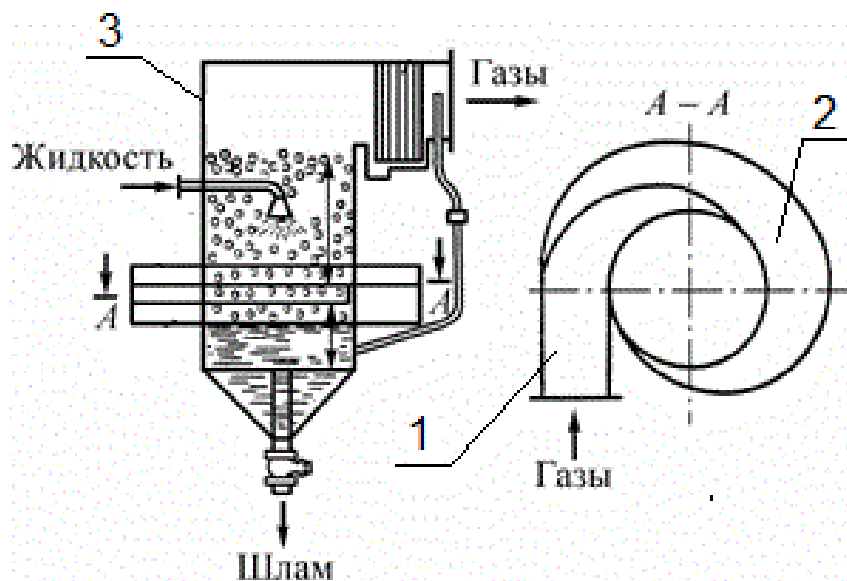


Рисунок 5. Циклонно-пенный аппарат.

1 – патрубок, 2 – кольцевое пространство, 3 – корпус.

Таким образом, для судов наиболее подходящими по условиям эксплуатации и удобству обслуживания являются пенные аппараты, в частности циклонно-пенный аппарат.

Список литературы:

- [1] Богатых С.А. Циклонно-пенные аппараты / С.А. Богатых – Л.: Машиностроение, 1978 – 224 с.
- [2] Марков В.А. Токсичность отработавших газов дизелей/ В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И. Габитов, – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 – 376 с.
- [3] Новиков Л.А. Основные направления создания малотоксичных транспортных двигателей / Л.А. Новиков — Двигателестроение, 2002 - №3.
- [4] В. Страус Промышленная очистка газов / В. Страус — М.: Химия 1981. — 616 с.
- [5] Альтшуль В.Д. Гидравлические сопротивления / В.Д. Альтшуль – М.: Недра, 1970 – 216 с.

METHODS FOR CONTACT LIQUID PURIFICATION OF EXHAUST GASES OF MARINE DIESEL ENGINES

Kurnikov A.S., Arefyev N. N.

Key words: liquid cleaning, scrubber, cyclone foam unit.

This article considers various methods of exhaust gases purification in contact liquid units and their applicability with ship utility conditions.