

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ В СТУПЕНЯХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ГАЗООЧИСТИТЕЛЕЙ

А. С. Рыжков, аспирант

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Аннотация. Разработаны возможные технологические схемы очистки в ступенях гидродинамических газоочистителей, различные комбинации которых позволяют создавать газоочистные устройства, охватывающие широкий интервал расходов газа и степени очистки.

Ключевые слова: гидродинамика, теоретические расчеты, газоочистка, газоочистители, технологические схемы очистки.

Анотація. Розроблені можливі технологічні схеми очистки в ступенях гідродинамічних газоочисників, різні комбінації яких дозволяють створювати газоочисні пристрої, що охоплюють широкий інтервал витрат газу і ступенів очистки.

Ключові слова: гідродинаміка, теоретичні розрахунки, газоочищення, газоочисники, технологічні схеми очищення

Abstract. Possible technological schemes of clearing in steps of hydrodynamic gas purifiers are developed. Their various combinations allow to create gas-cleaning devices covering a wide interval of loss of gas and extent of clearing.

Keywords: hydrodynamics, theoretical calculations, gas purification, gas purifiers, technological schemes of clearing

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Для мировой цивилизации в целом и Украины в частности новое тысячелетие ставит вопросы создания экологически чистых энергетических установок (ЭУ) в разряд наиболее актуальных проблем. Это вызвано тем, что стационарные и транспортные ЭУ являются одним из основных источников загрязнения атмосферы.

Совершенствование энергетических установок путем их форсирования и повышения коэффициента полезного действия приводит к изменению расходов газовых выбросов, что требует постоянной доработки газоочистных устройств в направлении повышения их эффективности и поиска рациональных массогабаритных показателей. Введение в действие Приложения 6 по огра-

ничению газовых выбросов с судов Международной Конвенции Марпол 73/78 ставит задачу создания высокоэффективных очистителей выпускных газов для судов. Для стационарной и транспортной энергетики, использующей газотурбинные двигатели четвертого поколения с коэффициентом полезного действия более 35 %, таких, как ГТД ДН 80 и ДГ 90, ДП 73, изменение расхода масловоздушной среды в системе суфлирования составило 200...400 % от существовавших ранее. Повышенные требования к очистке выпускных газов и улавливанию масляного аэрозоля в системе суфлирования ГТД диктуются как экологическими, так и ресурсосберегающими аспектами. Решение возникших задач возможно при использовании нового подхода в создании и совер-

шенствовании газоочистных устройств на основе моделирования и расчета рабочих гидродинамических процессов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последние годы достигнуты определенные успехи в создании газоочистного оборудования для энергетических установок. В этой области широко известны работы Центрального котлотурбинного института им. И.И. Ползунова (Россия), Научно-исследовательского института очистки газов (НИИ-ОГаз, Россия), Института тепломассообмена АН Беларуси [2], Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова (г. Николаев), а также зарубежных исследователей [1, 5–7, 9–11, 13]. Во многих работах отмечается эффективность использования воды как нейтрализатора с подачей ее в зоны горения в составе топливоводяной эмульсии в виде пара. Одновременно делаются попытки очистки выпускных газов от оксидов азота с помощью селективных каталитических фильтров с предварительной обработкой газов аммиаком. При достаточно высокой степени очистки такие фильтры дороги, имеют значительные массогабаритные показатели, сложны и опасны в эксплуатации из-за использования аммиака [3, 4, 10]. В работах [5, 10] подтверждена эффективность интенсификации очистки высокодисперсных частиц за счет сил термофореза, которые проявляются при движении дисперсных двухфазных сред в неизотермических условиях в каналах или при обтекании развитых поверхностей осаждения. Однако вопрос снижения затрат на проектирование и создание газоочистных устройств остается актуальным.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ — разработка возможных технологических схем очистки в ступенях гидродинамических газоочистителей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Газовые среды характеризуются полидисперсным составом дисперсной фазы (табл. 1). Для решения вопросов сепарации

необходимо различать две основные группы капель: мельчайшие — от зародышевых (менее 1 мкм) до 10 мкм и крупные капли диаметром более 20 мкм. Движение капель первой группы определяется молекулярными законами переноса, второй — макрозаконами. В трубах Вентури осаждение частиц происходит на каплях рабочей жидкости.

Для очистки грубодисперсных частиц перспективно использование струйной ступени — зоны удара и разворота и жалюзийной ступени очистки; для очистки мелких частиц — сеточных или гидродинамических коагуляторов [8].

На их основе разработаны возможные технологические схемы ступеней очистки газов гидродинамическими методами, которые представлены в табл. 2.

Их различные комбинации позволяют создавать газоочистные устройства, охватывающие широкий интервал расхода газа и степени очистки. При их реализации протекают следующие процессы очистки. В области удара и разворота струи происходит инерционное улавливание грубодисперсных частиц.

Для его интенсификации предлагается увеличивать скорость истечения струи из сопла до 25...50 м/с, что резко снижает минимальный диаметр осаждающихся частиц. Так, при скоростях 25 и 50 м/с этот диаметр составит соответственно 3,8 и 2,7 мкм.

Неосажденные частицы диаметром менее 4 мкм направляются на многофункциональные поверхности, которые генерируют отрывные зоны и где коагулируются осажденные частицы в крупные капли. Для улавливания грубодисперсных частиц, выносимых из коагуляторов, предлагается использовать одноволновые профили, для очистки от твердых частиц и коагуляции мелких — также и гидродинамические коагуляторы в виде труб Вентури.

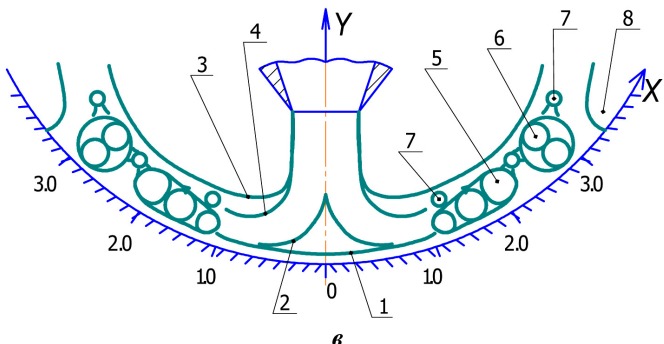
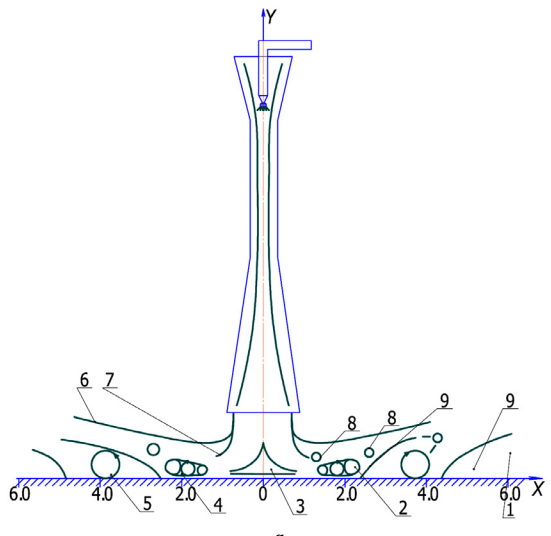
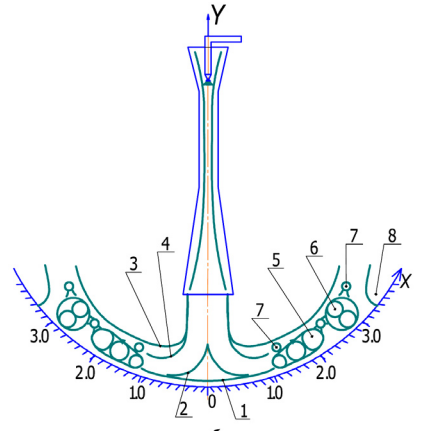
Очистка газов относится к практическим задачам гидродинамики дисперсных двухфазных сред. Исследование гидродинамических характеристик предложенных ступеней очистки позволяет в дальнейшем вносить коррективы в создание газоочистных устройств, снижает время и затраты на проектирование.

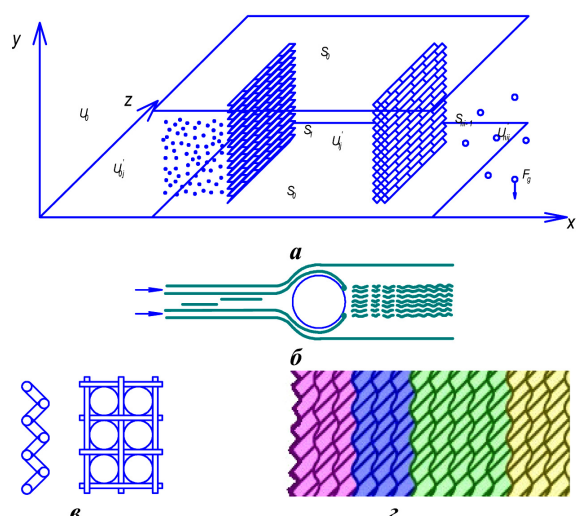
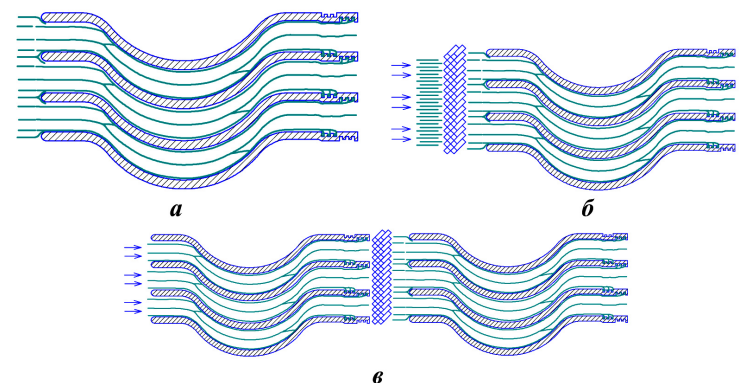
Таблиця 1. Источники образования дисперсных двухфазных газовых сред в энергетических установках и их характеристики

| Источник | Состав аэрозоля | Концентрация, г/м ³ | | Размеры частиц, мкм | |
|--|-------------------------------|--------------------------------|--|---------------------|--|
| | | на выходе | после штатных очистителей | до очистки | после очистки |
| Выпускные газы тепловых двигателей (ДВС, ГТД), котлы | СО | 0,2...0,5 | Очистители отсутствуют | – | – |
| | С _x Н _y | 0,2...0,4 | | – | – |
| | NO _x | 0,4...0,2 | | 0,4...5,0 | 0,4...5,0 |
| | С | 0,01...0,01 | | 1,0...100 | 1,0...50 |
| | НСОН | 0,001...0,01 | | 1,0...2000 | 1,0...50 |
| | | 0,075...0,01 | 0,05...0,1 | – | – |
| | | 0,07...0,35 | 05...0,1 | – | – |
| Вентиляция картера ДВС | Масляный | 1,0...20,0 | 0,4...2,0 | 0,5...200 | 0,5...50 |
| Система суфлирования ГТД | Масляный | 200...5000 | 2,0...10,0 (центробежные суфлеры) 0,6...1,0 (статические маслоотделители) | 0,1...500 | 0,1...50,0 (центробежные суфлеры) 0,1...4,0 (статические маслоотделители) |
| Редуктор ГТЗА | Масляный | 0,25...0,5 | 0,05 | 0,03...20 | 0,03...1,0 |
| Компрессоры | Водомасляный | 5,0...10,0 | 0,05...0,5 | 0,5...500,0 | 0,5...20,0 |
| Маслобак ГЦН АР | Масляный | 0,25...0,5 | Очистители отсутствуют | 0,5...50,0 | 0,5...50,0 |
| Системы кондиционирования | Водяной | 0,25...0,5 | 0,1...0,2 (жалюзийные) | 0,5...50,0 | 0,5...20 |

Таблиця 2. Возможные технологические схемы очистки в ступенях гидродинамических газоочистителей

| Технология очистки | Конструктивная схема очистки |
|--|------------------------------|
| Струйные технологии улавливания грубо и высокодисперсных капель за счет сил инерции, турбофореза | |

| Технологія очищення | Конструктивна схема очищення |
|---|---|
| <p>Струйні технології улавлення грубо і високодисперсних капель за рахунок сил інерції, турбофреза</p> |  <p style="text-align: center;">в</p> |
| <p>Ступені очищення з використанням систем струй, обтекаючих поверхності: 1 — вторинні отрывні вихри; 2 — границя підзони удара; 3 — міжструйні вихри; 4 — пограничний шар зони удара і розвороту; 5 — отрывний «пузырь»; 6 — зовнішній шар; 7 — границя підзони розвороту; 8 — выброси газу; 9 — вторинний пограничний шар</p> | |
| <p>Использование гидродинамических коагуляторов высокодисперсных капель на основе труб Вентури, орошаемых рабочей жидкостью</p> |  <p style="text-align: center;">а</p> |
| <p>Использование гидродинамических коагуляторов высокодисперсных капель на основе труб Вентури, орошаемых рабочей жидкостью</p> |  <p style="text-align: center;">б</p> |

| Технологія очищення | Конструктивна схема очищення |
|---|--|
| <p>Использование механических сеточных многорядных коагуляторов для улавливания высокодисперсных частиц с последующей их коагуляцией за счет капиллярных сил</p> | <p>Ступени очистки с использованием труб Вентури: 1 — вторичные отрывные вихри; 2 — граница подзоны удара; 3 — межструйные вихри; 4 — пограничный слой зоны удара и разворота; 5 — отрывной «пузырь»; 6 — внешний слой; 7 — граница подзоны разворота; 8 — выбросы газа; 9 — вторичный пограничный слой</p>  |
| <p>Использование сепарационных профилей жалюзийного типа для улавливания грубодисперсных капель за счет инерции</p> | <p>Ступени очистки с использованием сеточных многорядных коагуляторов: а — схема общего вида; б — обтекание проволоки сетки; в — один ряд коагулятора; г — многорядный коагулятор из сеток различного диаметра</p>  |
| <p>Ступени очистки с использованием одноволновых профилей НКИ и сеточных многорядных коагуляторов: а — пакет профилей НКИ; б — пакет профилей с коагулятором; в — двойной пакет профилей с коагулятором</p> | <p>Их различные комбинации позволяют создавать газоочистные устройства, охватывающие широкий интервал расходов газа и степени очистки.</p> |

ВИСНОВКИ

Розробані можливі технологічні схеми очищення в ступенях гідродинамічних газоочисників.

Their various combinations allow creating gas-cleaning devices, covering a wide range of gas flow rates and degrees of cleaning.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Декларац. патент України на корисну модель № 10747. Пристрій для рідинного очищення відпрацьованих газів теплового двигуна / С.С. Рижков, О.С. Рижков. — Надрук. 15.11.2005; Бюл. № 11.
- [2] *Долидович А.Ф.* Муниципальные технологии газоочистки, предотвращающие загрязнение окружающей среды теплом и CO₂ // *Промышленная теплотехника: Междунар. науч.-прикл. журнал.* — К., 2003. — Т. 25, № 4. — С. 31–33.
- [3] Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник / Под ред. С. Калверта и Г.М. Инглунда. — М.: Металлургия, 1988. — Ч. 1. — 760 с.
- [4] Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник / Под ред. С. Калверта и Г.М. Инглунда. — М.: Металлургия, 1988. — Ч. 2. — 770 с.
- [5] *Рыжков А.С.* Исследование улавливания аэрозолей в неизотермических гидродинамических коагуляторах типа труба Вентури // *Промышленная теплотехника: Междунар. науч.-прикл. журнал.* — К., 2004. — Т. 26, № 6. — С. 65–69.
- [6] *Рыжков А.С.* Расчет гидродинамических характеристик потока в аппаратах на основе труб Вентури // *Зб. наук. праць НУК.* — Миколаїв: НУК, 2006. — № 6 (411). — С. 121–130.
- [7] *Рыжков А.С., Рыжков Р.С.* Принципиальная схема стенда для исследований маслоотделителя // *Зб. наук. праць НУК.* — Миколаїв: НУК, 2008. — № 6. — С. 90–96.
- [8] *Рыжков С.С. (ст.), Билык Б.И.* Интенсификация инерционно-турбофоретического улавливания высокодисперсных аэрозолей в коагуляторах газоочистных устройств // *Зб. наук. праць УДМТУ.* — Миколаїв: УДМТУ, 2002. — № 8 (386). — С. 66–76.
- [9] *Рыжков С.С., Рыжков А.С.* Повышение экологической чистоты судов за счет комбинированного очистителя выпускных газов // *Зб. наук. праць НУК.* — Миколаїв: НУК, 2007. — № 2 (413). — С. 132–138.
- [10] *Страус В.* Промышленная очистка газов. — М.: Химия, 1981. — 583 с.
- [11] Report to Air Resources Board on the proposed identification of diesel exhaust as toxic air contaminant / J.M. Brooks, G.A. Shiroma, D.J. Anies, P.D. Venturini // Part A: Exposure assessment. — California EPA, Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air Toxicology and Epidemiology Section. — 1998, Jan. — P. 103.
- [12] *Caporali M., Tampieri F.* Transfer of Particles in Nonisotropic Air Turbulence // *J. Atmos. Sci.* — 1975. — Vol. 32, nr 3. — P. 565–568.
- [13] Fabric Filters Model Format Change / R. Dennis et al. — Vol. II. User's Guide, Report No PB 297755/AS, April 1979.