

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

АЛМАТИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА
INTERNATIONAL ACADEMY OF REFRIGERATION



**Х ЮБИЛЕЙНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КАЗАХСТАН-ХОЛОД 2020»**

**X ANNIVERSARY INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
«KAZAKHSTAN-REFRIGERATION 2020»**

Сборник докладов конференции
4-5 марта 2020г.
Proceedings of the Conference
March 4-5 , 2020

Нур-Султан, 2020

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392
К 14

Сборник подготовлен под редакцией
доктора технических наук, академика Кулажанова Т.К.

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Радченко Н.И., Грановский А.С., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К 14 Казахстан-Холод 2020: Сб. докл. межд. науч-техн. конф. (4-5 марта 2020г.) =
Kazakhstan-Refrigeration 2020: Proceeding sof the Conference (March 4-5, 2020). –
Алматы: АТУ, 2020. –249 с., русский, английский

ISBN 978-601-263-529-4

На конференции при участии Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан обсуждалось стратегическое видение и поиск среднесрочных решений по применению экологически безопасных холодильных агентов и развитию «Зеленых» технологий переработки пищевых продуктов и холодильных технологий для Республики Казахстан.

В докладах из Казахстана, России, Украины, Германии, Бельгии, Дании, Японии, Южной Кореи, Италии представлены результаты научных исследований, посвященные экологически безопасным холодильным агентам, компрессорам, теплообменным аппаратам, компонентам, системам автоматизации, технологиям холодильного хранения и переработки пищевых продуктов. Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях холодильной техники, пищевой и нефтегазовой промышленности, а также на специалистов систем кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения.

At the conference, the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan jointly discussed the strategic vision and search for medium-term solutions for the use of environmentally friendly refrigerants and the development of "Green" food processing and refrigeration technologies for the Republic of Kazakhstan.

The reports from Kazakhstan, Russia, Ukraine, Germany, Belgium, Denmark, Japan, South Korea, Italy present the results of scientific research on environmentally friendly refrigerants, compressors, heat exchangers, components, automation systems, technologies for refrigerated storage and processing of food products and practical implementation. The Proceedings are intended for specialists and scientists working in the areas of refrigeration, food and oil and gas industries, as well as for specialists in air conditioning and life support systems.

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.392

ISBN 978-601-263-529-4

© АТУ, 2020

THE FILTER ON THE BASIS OF THE EJECTOR OF THE HEAT EXCHANGER FOR PURIFICATION OF HARMFUL SUBSTANCES FROM FLUE GASES

ФИЛЬТР НА БАЗЕ ЭЖЕКТОРА ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Bushmanov V.M. ^a , graduate student Kogut V.E. , Cand. Tech. Sc., associate professor Zhikhareva N.V. , Cand. Tech. Sc., associate professor	Бушманов В.М. ^a Когут В.Е. , канд. тех. наук, доцент Жихарева Н.В. , канд. тех. наук, доцент
Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, 65039, Odessa, Kanatnaya Street, 112	Одесская Национальная Академия Пищевых Технологий, Украина, 65039, Одеса, улица Канатная, 112
E-mail: a – vvypio@gmail.com	

Abstract

This work is devoted to a possible solution to the problem of cleaning flue gas emissions. The proposed device can be a universal cheap and reliable tool. The paper describes the general principles of the device, its design, and some calculations. According to the data received by us, the device meets the goals set for it.

Аннотация

Данная работа посвящена решению проблемы выбросов дымовых газов. Представленное устройство может быть универсальным дешевым и надежным инструментом. В статье описаны общие принципы устройства, его конструкция и некоторые расчеты. Согласно полученным данным, устройство соответствует поставленным целям. Содержание в исходных дымовых газах оксидов серы, азота, углерода, образующихся при сжигании твердого или жидкого топлива, представляет собой серьезную экологическую угрозу. Например, такие химические соединения, как сернистый ангидрид SO^2 и серной ангидрид SO_3 , оксиды азота NO , оксиды углерода CO_2 , при сочетании в атмосфере с водяным паром образуют кислоты H_2SO_3 , H_2SO_4 , HNO_3 , HNO_2 , H_2CO_3 которые вызывают вредное воздействие на здоровье людей, приводят к гибели лесов и плодовых деревьев, снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Очистка дымовых газов все еще остается актуальной проблемой до сих пор требует решения.

В результате наших разработок мы можем предложить устройство для очистки дымовых газов от оксидов серы, азота и углерода,

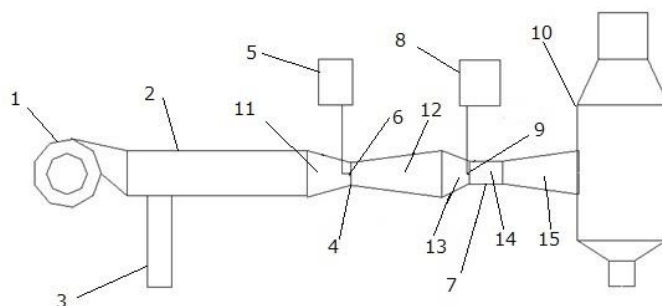
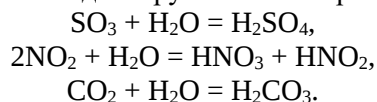


Рисунок 1 – Устройство для очистки дымовых газов от оксидов серы, азота и углерода:

1 – нагнетатель; 2 – камера смешивания; 3 – патрубок подачи дымовых газов в камеру смешивания; 4 – первый теплообменник-эжектор (ТОЭ); 5 – емкость для охлаждающего агента; 6 – первая форсунка; 7 – второй теплообменник-эжектор; 8 – емкость для воды; 9 – вторая форсунка; 10 – отделитель жидкости; 11 – конфузор; 12 – диффузор первого ТОЭ; 13 – конфузор; 14 – камера смешивания; 15 – диффузор второго ТОЭ

Поток дымовых газов через патрубок 3 подают в камеру смешивания 2, куда также подают нагнетателем 1 воздуха из окружающей среды со скоростью 10...20 м/с. Смешивания воздуха окружающей среды с дымовыми газами осуществляют для окисления оксидов загрязняющих веществ, содержащихся в дымовых газах, и снижение температуры. Образовавшуюся смесь со скоростью 10...15 м/с подают в конфузоре 11 первого ТОЭ 4, где ускоряют до скорости 60...70 м/с. В поток через первую форсунку 6 впрыскивают жидкий охлаждающий агент (например, азот).

В результате контакта с мелкодисперсной распыленным охлаждающим агентом происходит мгновенное смешивание с понижением температуры потока до температуры начала реакции выделения загрязняющих веществ. Охлажденный поток подают в конфузоре 13 второго ТОЭ 7, где ускоряют до 70 ... 80 м/с, подают в камеру смешивания 14, где в поток через вторую форсунку 9 впрыскивают воду. При контакте потока дымового газа, содержащего в себе оксиды загрязняющих веществ, например SO₃, CO₂, NO₂, с мелкодисперсной распыленной водой, происходит реакция с образованием кислот, молекулы которых конденсируются на микрочастицы пыли, образуя ядра:



Далее поток поступает в отделитель жидкости 10, где конденсат кислот отделяется, а дымовые газы выбрасываются в окружающую среду.

Температура начала реакции гидратации (выделение загрязняющих веществ из дымовых газов) составляет 400...500 °С. Обычно температура поступления дымовых газов к устройству для очистки составляет 600...700 °С, то есть значительно выше. Поэтому в заявленном устройстве предусмотрено охлаждение дымовых газов перед очисткой в узле предварительного охлаждения.

Расход жидкого охлаждающего агента, необходимую для снижения температуры дымовых газов от начальной до необходимой, в зависимости от начальных температуры и расхода дымовых газов, можно определить с помощью уравнения:

$$t_{\text{см}} = \frac{G_d \cdot C_{\text{pd}} \cdot t_d + G_n \cdot C_{\text{pn}} \cdot t_n}{G_d \cdot C_{\text{pd}} + G_n \cdot C_{\text{pn}}};$$

- $t_{\text{см}}$ – температура смеси «дымовые газы – жидкий охлаждающий агент», °С;
- G_n – расход жидкого охлаждающего агента, м³/с;
- C_{pn} – теплоемкость жидкого охлаждающего агента, Вт / (кг · °С);
- t_n – температура жидкого охлаждающего агента, °С;
- G_d – расход дымовых газов, м³/с;
- C_{pd} – теплоемкость дымовых газов, Вт / (кг · °С);
- t_d – температура дымовых газов, °С.

Это значительно упрощает настройку устройства и повышает энергетическую эффективность его работы.

Например, при использовании для охлаждения дымовых газов жидкого азота. По вышеприведенным уравнением рассчитали затраты жидкого азота, необходимые для охлаждения дымовых газов при различных их расходах. По результатам расчетов построили график зависимости температуры смеси «дымовые газы – жидкий азот» от расхода жидкого азот:

- 1 - объемный расход дымовых газов 4,05 м³/с;
- 2 - объемный расход дымовых газов 5,248 м³/с;
- 3 - объемный расход дымовых газов 6,286 м³/с;
- 4 - объемный расход дымовых газов 7,662 м³/с.

По полученным графиком зависимости выбирают необходимую температуру смеси «дымовые газы – жидкий азот», при которой при контакте потока с водой произойдет реакция с образованием кислот, и определяют необходимый для ее достижения расход жидкого азота.

Такие расчеты могут быть проведены для различных охлаждающих агентов.

Заявленное устройство обеспечивает повышение качество очистки дымовых газов от загрязняющих веществ и снижение энергетических затрат.

Разработанное нами устройство можно использовать не только для очистки от окислов.

При стартовых и переходных режимах количество выбросов и количество вредных веществ в составе дымовых газов возрастает на 90%. Это связано с тем, что стартовый режим не попадает в правильную температурную область, и окислитель (воздух или кислород) может неправильно распределяться в топливе.

В составе продуктов сгорания кроме таких загрязняющих веществ как окись азота, сера, углерод образуются канцерогены. Канцерогенов известно несколько сотен веществ, однако из них достаточно подробно изучены лишь несколько десятков.

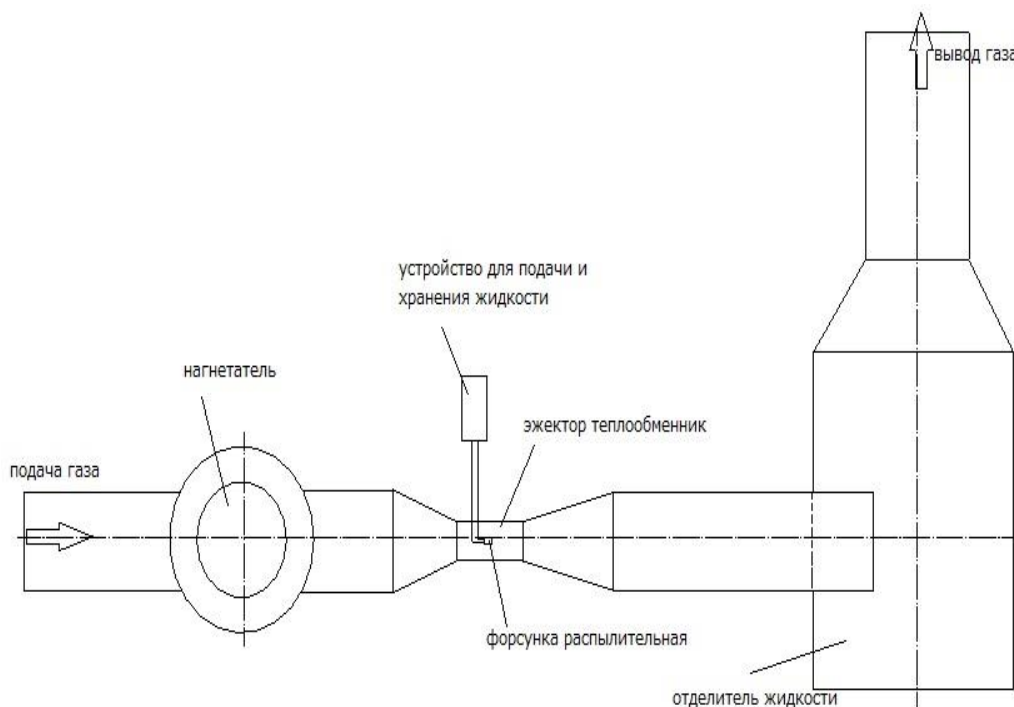


Рисунок 2 – Конструкция фильтра

Конструкция данного фильтра является следующие компоненты: вентилятор для прокачки газов, создает с одной стороны избыток давления, а с другой его недостаток что и приводит к движению газовых масс, прямые участки труб перед фильтром необходимые для стабилизации потока, сам фильтр конструктивно представляет собой сопло Лаваля и имеет сужающийся патрубок, прямой участок называемый камерой смешивания, что расширяется патрубок.

В камере смешивания расположена форсунка впрыска жидкости которая распыляет в газовый поток охлаждающую жидкость. После фильтра следует устройство для отделения капель жидкости из газового потока. Оно представляет собой корпус с отбойным устройством для того чтобы капли жидкости оседали на стенках устройства, и под гравитационным воздействием скатывались вниз.

Выводы

Используя созданный нами фильтр теплообменник возможно очистить дымовые газы почти от всех загрязняющих факторов. На начальных режимах работы котла, когда выделяется большое количество канцерогенных веществ фильтр можно использовать для их конденсации.

Когда котел выходит на основной рабочий режим и канцерогены вещества разлагаются от высокой температуры на простые безвредные компоненты, основной проблемой в дымовых газах становятся оксиды, которые также возможно очистить благодаря нашему фильтра эжектору.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонникова, А. А. Физико-математическая модель испарения капельных аэрозолей / А. А. Антонникова, Н. В. Коровин, О. Б. Кудряшов, И. М. Васенин // Ползуновский вестник. – № 1. – 2013. – С. 123-126.
2. Волинская, М. С. Необычная жизнь обыкновенной капли / Волинская М. С. – М.: Знание, 1986. – 144 с.
3. Волков, Р. С. Числа Вебера для стадий водотрансформационных оболочек при их свободном падении в воздух / Р. С. Волков, Г. В. Кузнецов, П. А. Куйбин, П. А. Стрижак // Письма в ЖТФ. – 2015. – том 41, вып. 20. – С. 103-110.
4. Лыков, А. В. Теория сушки: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.: ил.
5. Дохов, М. П. Расчет времени испарения дисперсных частиц // Успехи современного естествознания физико-математических наук Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 10. – С. 65-66.

Bushmanov V.M., Kogut V.E., Zhikhareva N.V. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases Бушманов В.М., Когут В.Е., Жихарева Н.В. Фильтр на базе эжектора теплообменника для очистки вредных веществ из дымовых газов	55
Volchok V.A., Volchok H.V. Efficiency of low-temperature preparation of natural gas for transportation in a single-phase state Волчок В.А., Волчок Е.В. Эффективность низкотемпературной подготовки природного газа для транспортировки в однофазном состоянии	58
Verkhivker Y.G., Altman E.I. Investigation of vapor contact heating of fruits and vegetables Верхивкер Я.Г., Альтман Э.И. Исследование контактного нагрева плодов и овощей насыщенным водяным паром	60
Vorobiev A.M., Makaveev A.T., Machuev Yu.I. Methods for temperature mode stabilizing of underground structures Воробьев А.М., Макавеев А.Т., Мачуев Ю.И. Способы обеспечения температурного режима подземных сооружений	64
Gryshchenko R.V., Vasylenko S.M., Forsiuk A.V., Pylypenko O.Y., Samiilenko S.M. Analysis of energy efficiency of cold storage units Грищенко Р.В., Василенко С.М., Форсюк А.В., Пилипенко О.Ю., Самойленко С.Н. Анализ энергетической эффективности установок аккумулирования холода	66
Gryshchenko R.V., Vasylenko S.M., Forsiuk A.V., Pylypenko O.Y., Samiilenko S.M. Heat exchange during ice melting in the cold storage device Грищенко Р.В., Василенко С.М., Форсюк А.В., Пилипенко О.Ю., Самойленко С.Н. Теплообмен при таянии льда в аппарате аккумулирования холода	68
Danko V.P. Specialties features of hydrodynamic modes of heat and mass transfer apparatus Данько В.П. Особенности гидродинамических режимов тепломассообменных аппаратов	70
Danichenko N.V., Geraskina E.A. Analysis and development of mathematical model which optimize the parameters of energy saving systems Даниченко Н.В., Гераскина Э.А. Анализ и разработка математической модели по оптимизации параметров работы систем энергосбережения	74
Furkalo. S.V., Danko V.P. Rating and systematization of the reasons for damages of refrigerating equipment Фуркало С.В., Данько В.П. Оценка и систематизация причин поломок холодильного оборудования	80
Ermolaev V.A., Dvirny G.V. Relevance of low-temperature vacuum drying of biologically valuable raw materials Ермолаев В.А., Двирный Г.В. Актуальность низкотемпературной вакуумной сушки биологически ценного сырья	82