

УДК 628.165

В.М. ЛАПШОВА, инженер (ООО «НПП «АНТАРУС»)
Научный руководитель М.В. КОЗЛОВА, к.т.н., доцент (ИГЭУ)
г. Иваново

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ГАЗОКОНТАКТНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С АКТИВНОЙ НАСАДКОЙ

Пресная вода является одним из важнейших и наиболее потребляемых природных ресурсов, ежегодно из различных водных источников отбирается порядка 4000 км³ воды, что в разы превышает потребление остальных природных ресурсов в совокупности. В условиях, когда доступ к пресным водным ресурсам ограничен, использование морской воды и ее преобразование в пресную становится все более актуальным.

Опреснение воды газоконтактным методом с использованием дымовых газов позволяет снизить тепловое загрязнение, связанное с выбросами горячих дымовых газов в окружающую среду, а также способствует уменьшению углеродного следа. Также использование морской воды в процессе очистки дымовых газов позволяет одновременно решать проблему опреснения, что особенно актуально в регионах с большими выбросами дымовых газов и недостаточным количеством обессоленной воды для технологических процессов [1]. В этой связи создание опреснительных установок, использующих теплоту дымовых газов, и последующее их применение становится востребованным в первую очередь на прибрежных территориях, где находятся промышленные комплексы, а также для морского судоходства [2].

Авторами была разработана принципиальная тепловая схема газоконтактной опреснительной установки с активной насадкой (рис. 1).

Процесс опреснения в оригинальной тепловой схеме осуществляется следующим образом. Дымовые газы после энергетической установки разделяются на два потока. Первый поток дымовых газов подается в нижнюю часть контактной колонны, второй поток – в активную насадку опреснительной установки.

Контактная колонна опреснителя схожа по конструкции с контактным теплообменником с активной насадкой (КТАН), но отличается назначением активной насадки. В разработанной принципиальной тепловой схеме активная насадка используется для дополнительного вноса теплоты, обеспечивая больший унос влаги с дымовыми газами, тем самым увеличивая производительности установки.

Морская вода предварительно нагревается за счет теплоты потока отработанных дымовых газов после активной насадки, тем самым позволяя

утилизировать их теплоту и сокращать тепловое воздействие на атмосферу. Далее с помощью форсунок морская вода распыляется в верхней части контактной колонны, создавая противоточное движение с дымовыми газами.

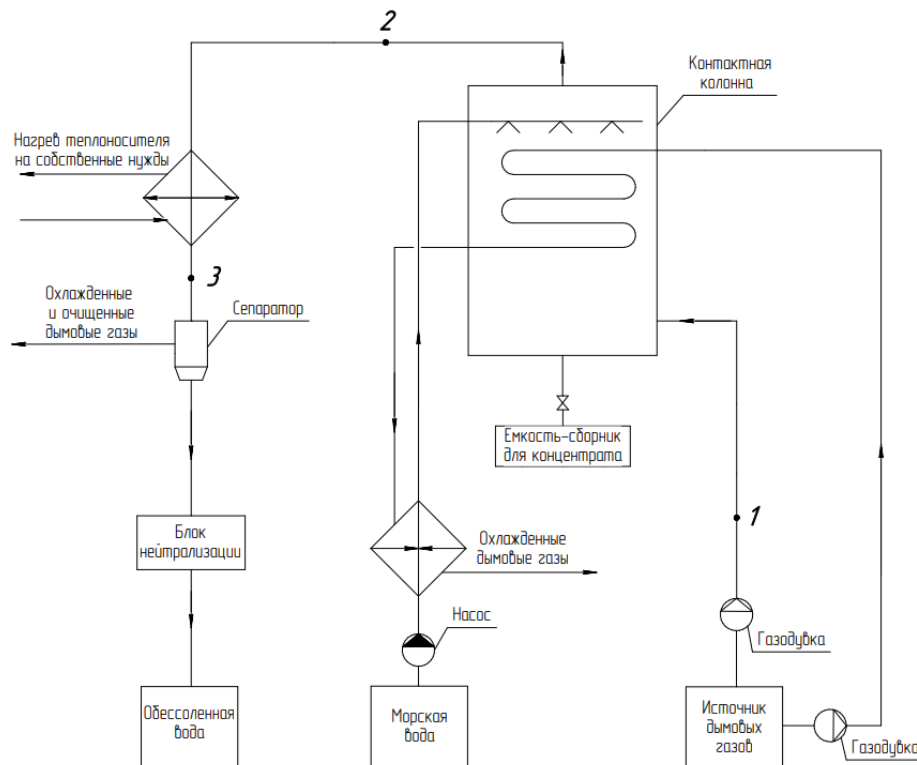


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема газоконтактной опреснительной установки с активной насадкой

В ходе тепломассообменных процессов дымовые газы насыщаются влагой, охлаждаются, очищаются и покидают контактную колонну в верхней ее части.

При взаимодействии морской воды и дымовых газов происходят химические реакции, в результате которых дымовые газы очищаются от сажи, диоксида углерода и диоксида серы. Образовавшийся концентрат, содержащий продукты реакции дымовых газов и морской воды, а также удаленную соль в процессе опреснения, направляется в емкость-сборник концентрата для дальнейшего хранения и утилизации.

Увлажненные дымовые газы после контактной колонны направляются в теплообменный аппарат, где происходит их охлаждение и осушка, после чего через сепаратор происходит разделение на охлажденные и очищенные дымовые газы, выбрасываемые в атмосферу, и обессоленную морскую воду, которая подается в блок нейтрализации для восстановления нейтральной pH среды. Далее обессоленная вода используется для технических и коммунально-бытовых нужд.

Цикл работы газоконтактной опреснительной установки изображен в h - d -диаграмме (рисунок 2). Процесс 1-2 – это процесс политропного увлажнения дымовых газов, протекающий в контактной колонне. Температура распыляемой морской воды в данном случае выше температуры дымовых газов по мокрому термометру на входе в установку. Процесс 1-3 – охлаждение и осушка дымовых газов в поверхностном охладителе.

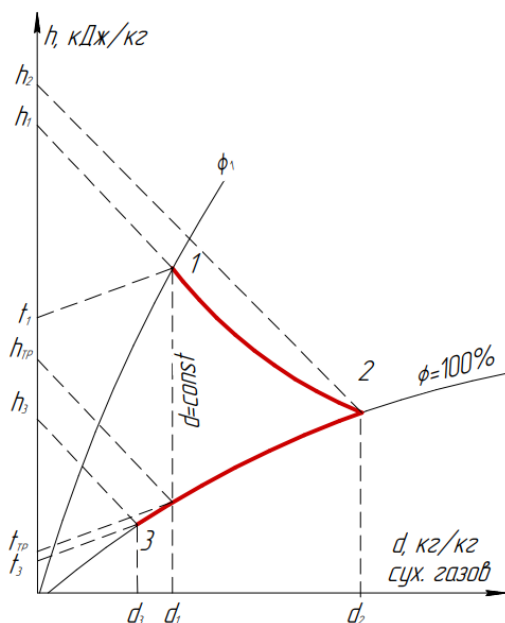


Рис. 2. Цикл работы газоконтактной опреснительной установки с активной насадкой в h - d -диаграмме: 1-2 – увлажнение дымовых газов за счет их взаимодействия с морской водой в контактной колонне; 2-3 – охлаждение и осушка дымовых газов в теплообменном аппарате

Авторами была разработана и запатентована методика расчета тепловой схемы газоконтактной опреснительной установки, базирующаяся на уравнениях теплового и материального балансов. С помощью нее можно рассчитать свойства дымовых газов, влагосодержание, энтальпию, относительную влажность, температуру в характерных точках процесса, а также производительность установки [3].

При утилизации теплоты дымовых газов двигателя мощностью 20 МВт и температуре уходящих газов 365°C производительность газоконтактной опреснительной установки с активной насадкой составляет $0,331 \text{ кг/с}$ ($1191,6 \text{ кг/ч}$). Расчет выполнен для солёности воды, составляющей 30 г/л , температуры воды на входе в установку – 10°C .

Двигатель работает на флотском мазуте-5 с составом, %: С (углерод) = 84,4; Н (водород) = 12,3; О (кислород) = 0,15; N (азот) = 0,15; S (сера) = 2; А (зольность) = 0,1; W (влажность) = 1.

Для работы установки в таком случае потребляется только электрическая энергия для приводов газодувок и насосов. Исходя из выполненных расчетов можно заключить, что для данной установки на 1 кг полученной пресной воды необходимо 3,6 кг уходящих газов.

Таким образом, авторами была разработана принципиальная тепловая схема опреснительной установки, которая позволяет снижать тепловое загрязнение атмосферы за счет утилизации теплоты дымовых газов, сокращать воздействие углеродного следа, а также способствовать снижению затрат энергии на процесс опреснения в целом за счет использования вторичных энергетических ресурсов.

Список литературы:

1. Повышение эффективности судовых энергетических установок путем утилизации вторичных энергетических ресурсов / В.М. Лапшова, М.В. Козлова // Энергия-2024. Том 1. Теплоэнергетика: Девятнадцатая всероссийская (одинадцатая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2024», 14-16 мая 2024 г., г. Иваново: материалы конференции: В 6 т. – Иваново: ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". – 2024. – Т.1. – С.112 – 112.

2. Исследование работы контактной опреснительной установки, утилизирующей теплоту дымовых газов / В.М. Лапшова, М.В. Козлова // XIII Конгресс молодых ученых. Энергоэффективные инженерные системы, технологии СПГ, Санкт-Петербург, 9–11 апреля 2024 года. [Электронный ресурс]: сборник тезисов. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО. – 2024. – С.71 – 72.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666115 Российская Федерация. Расчет тепловой схемы газоконтактной опреснительной установки : № 2024664340 : заявл. 24.06.2024 : опубл. 10.07.2024 / М. В. Козлова, А. В. Банников, В. М. Лапшова ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Информация об авторах:

Лапшова Виктория Михайловна, инженер, ООО «Научно-производственное предприятие «АНТАРУС», 188640, Ленинградская область, р-н Всеволожский, г. Всеволожск, ул. Дизельная, д. 2.

Козлова Мария Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская д.34, kozlova.mv@ispu.ru