

К вопросу снижения энергозатрат в экозащитных установках путем использования струйных аппаратов

В.А. Финоченко

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: В статье рассмотрены методы и способы защиты окружающей среды путем очистки отработавших газов энергоустановок, с помощью эффекта вибротурбулизации. Теоретически обоснованы преимущества применения струйных аппаратов над использованием вибрационной техники в экозащитных установках.

Ключевые слова: вибротурбулизация, экозащитные технологии, энергоэффективность.

В настоящее время актуально стоят вопросы, связанные с защитой окружающей среды. Её нестабильность, потепление и природные аномалии лишь подтверждают это утверждение. Исходя из чего, необходимо продолжать поиск новых экозащитных технологий, позволяющих снижать вредные выбросы, в том числе и парниковые газы. При этом необходимо обращать внимание на энергоэффективность предлагаемых установок [1].

Необходимо отметить, что имеется много методов и способов защиты окружающей среды. В частности, технология очистки отработавших газов энергоустановок (котельных, тепловозов и т.п.) с помощью эффекта вибротурбулизации, посредством которого осуществляется подведение энергии к взаимодействующим средам, что приводит к интенсификации массообмена и, как следствие, повышению растворения газов в жидкости. На этой основе разработан и внедрен ряд установок по поглощению газовых выбросов [2].

Как показал теоретический анализ, процесс массообмена при вибротурбулизации зависит от мощности перемешивания и газосодержания [3], при этом если обратить внимание на мощность, чем она выше, тем больше скорость диссипации, т.е. рассеивания – потеря энергии. Исходя из этого, встают вопросы снижения энергетических затрат экозащитных установок, реализующих данный процесс.

Следует отметить, что повышение эффективности поглощения газов жидкостью зависит от увеличения поверхности контакта на разделе фаз газ-жидкость, чего можно добиться за счет применения струйных аппаратов без больших затрат энергии. Т.е. как альтернативу технологиям, реализующим процесс вибротурбулизации, можно рассмотреть возможность применения струйной техники для снижения как выбросов, так и сбросов в окружающую среду. Учитывая это, в данной работе рассматриваются вопросы эффективности работы струйной техники в различных системах очистки.

Для создания газожидкостных потоков можно использовать струйные аппараты, преимуществами которых являются то, что они:

- энергоэффективны;
- выполняют функции как насосов, так и смесителей;
- имеют простое устройство и обладают малыми габаритами;
- не требуют постоянного обслуживания при эксплуатации;
- обладают высокой надежностью при работе с агрессивными и загрязненными жидкостями [4, 5].

Итак, при использовании струйных аппаратов в системах очистки, их эффективность достигается за счет минимальных энергозатрат при высоких степенях смешивания газов с жидкостью.

Подтвердим этот довод, рассмотрев два случая применения струйных аппаратов в системах очистки без и с вибротурбулизацией.

Первый случай, когда система очистки работает без вибротурбулизации, т.е. осуществляется очистка отработавших газов энергоустановок с применением струйных аппаратов. При таком варианте должна обеспечиваться такая объемная подача газа V_g при заданной объемной подаче жидкости $V_{жс}$, которая бы могла организовать наибольший поток массы загрязняющих частиц.

Здесь критерием эффективности является величина степени очистки газов (θ_2) при наименьших значениях отношения объёмной подачи газа к объёмной подачи жидкости ($V_2/V_{ж}$) и минимальных затратах механической энергии $N_{жс}$, затраченной на подачу жидкости и газа. Т.е. необходимо решить следующую задачу:

$$\theta_{жс} = \max(\min V_2/V_{жс}, \min N_{жс}).$$

Теперь рассмотрим второй случай. Для систем очистки отработавших газов энергоустановок с применением эффекта вибротурбулизации и струйного аппарата. При оценке критерия эффективности необходимо учитывать также величину механической энергии N , затраченной на вибрационное перемешивание. Здесь необходимо решать следующую задачу оптимизации:

$$\theta_2 = \max(\max V_2/V_{жс}, \min N_{жс}, \min N).$$

Из этого очевидно, что энергозатраты, при использовании эффекта вибротурбулизации, будут выше за счет затрат на механическую энергию N .

Этот довод также можно подтвердить, исходя из расчётов геометрических характеристик струйных аппаратов. Так, при определении размеров камеры смешения необходимо учитывать процессы, проходящие в двухфазных средах жидкость-воздух.

Площадь поперечного сечения камеры смешения $F_{кс}$ определяется из уравнения неразрывности:

$$v_{кс} F_{кс} = V_{жс} + V_{кс}, \quad (2)$$

где $V_{кс}$ – объем воздуха в камере смешения при давлении в камере $P_{кс}$; $V_{жс}$ – расход жидкости; $v_{кс}$ – скорость потока в камере.

Разделив (2) на величину $V_{жс}$, получим:

$$v_{кс} F_{кс} / V_{жс} = 1 + V_{кс} / V_{жс} = 1 + \varphi_{кс}, \quad (3)$$

где $\varphi_{кс}$ – объемное газосодержание воздуха в камере смешения, $\varphi_{кс} = V_{кс} / V_{жс}$.

В этом случае:

$$F_{kc} = V_{жс} / v_{kc} (1 + \varphi_{kc}). \quad (4)$$

Скорость v_{kc} определяется из уравнения импульсов:

$$v_{kc}(V_{жс} + V_{кс}) = V_{жс} v_1 + V_2 v_3, \quad (5)$$

где V_2 – объем забираемого воздуха; v_3 – скорость воздуха.

Разделив (5) на $V_{жс}$, получим:

$$v_{kc} + v_{kc} \varphi_{kc} = v_1 + v_3 \bar{V}_2, \quad (6)$$

где \bar{V}_2 – объем воздуха при атмосферном давлении, приходящийся на один объем затраченной жидкости.

$$\text{Из (6)} \quad v_{kc} = (v_1 + v_3 \bar{V}_2) / (1 + \varphi_{kc}). \quad (7)$$

Подставляя (7) в (4), получим:

$$F_{kc} = V_{жс} (1 + \varphi_{kc}) / (v_1 + v_3 \bar{V}_2). \quad (8)$$

Здесь можно сказать, что площадь поперечного сечения камеры смешения F_{kc} при постоянных величинах расхода $V_{жс}$, отношения объема воздуха к объему затраченной жидкости \bar{V}_2 , скоростей рабочей жидкости v_1 и воздуха v_3 зависит от объемного газосодержания воздуха в потоке камеры φ_{kc} . Очевидно, что потери энергии в данном случае минимальны.

Этот довод также подтверждает энергоэффективность применения в системах очистки струйных аппаратов. Учитывая это, и на основе проведенных исследований, предложены нижеследующие схемы экозащитных установок.

В настоящее время после проведения текущего ремонта тепловозов они проходят реостатные испытания для оценки его качества. При этом станции реостатных испытаний тепловозов, расположенные вблизи жилых массивов, являются мощными источниками локального загрязнения атмосферного воздуха. Радикальным способом сокращения вредных выбросов может служить очистка отработавших газов.

Примеры внедрения экозащитных технологий, направленных на очистку отработавших газов, есть, однако они или не доведены до стадии надежной эксплуатации, или недостаточно эффективны. Учитывая это, требуется разработка очистных установок токсичных составляющих выбросов тепловозов [6,7] или перевод их на альтернативные, экологически безопасные виды топлива [8,9], но это уже другое направление, требующее отдельного внимания.

На рис. 1 представлена схема установки с использованием струйного насоса для обеспечения эффективной очистки отработавших газов дизелей тепловозов на пунктах их реостатных испытаний.

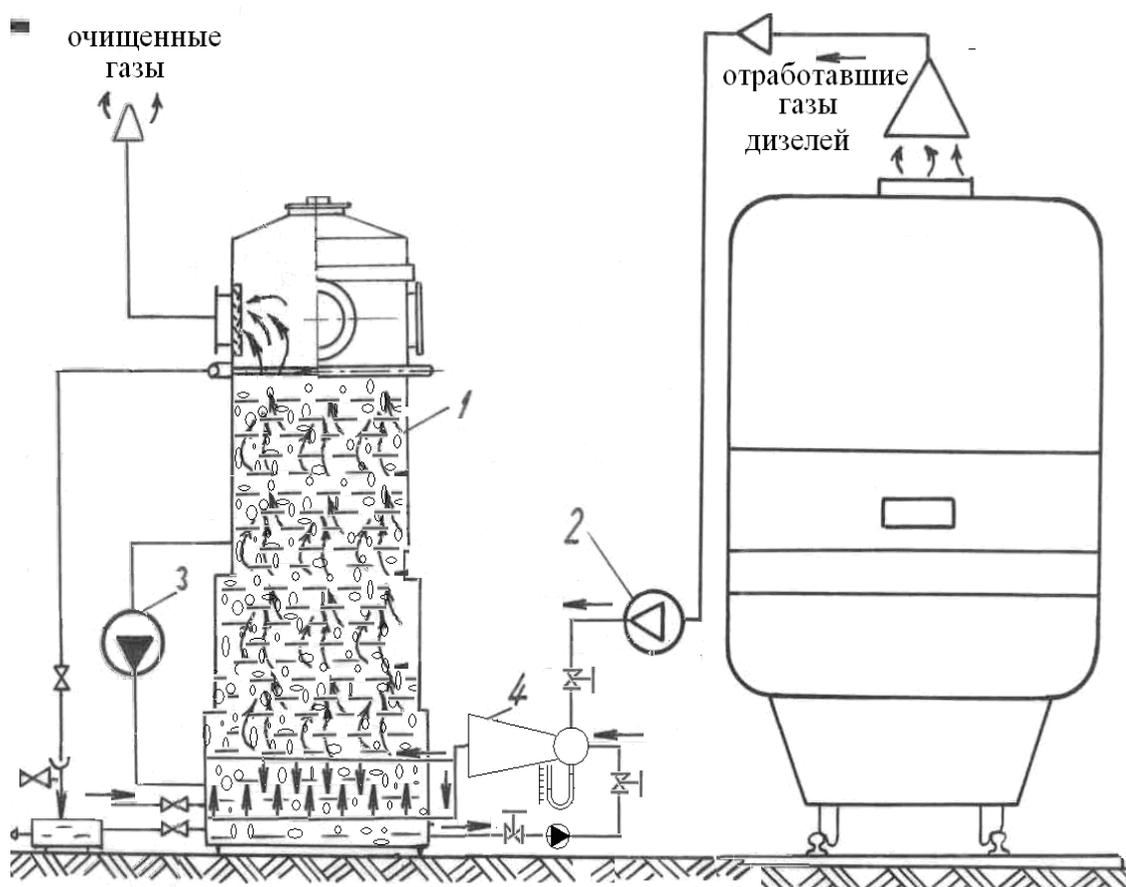


Рис. 1 – Схема установки очистки отработавших газов на станции реостатных испытаний (с использованием струйного аппарата): 1 – установка очистки отработавших газов; 2 – дымосос; 3 – насос; 4 – струйный аппарат

Эта установка предпочтительнее предложенных ранее, так как диссипация энергии в ней меньше. Поэтому в перспективе предлагается использовать струйные аппараты для предварительной подачи и перемешивания газожидкостной среды и снижения затрат энергии.

Что касается использования струйной техники, дополнительно следует сказать, что она проектируется в зависимости от назначения [10, 11]. С теоретической точки зрения, основы расчёта газожидкостных струйных аппаратов для систем очистки составляют соотношения, полученные на основе законов сохранения массы, количества движения и энергии для газожидкостных сред [5]. Динамические характеристики гидравлических систем, содержащих струйные насосы, могут быть рассчитаны по [11].

Выводы. Теоретически обоснованы преимущества применения струйных аппаратов по сравнению с использованием вибрационной техники в экозащитных установках.

Литература

1. Айдаркина Е.Е. Анализ действующего экономического механизма стимулирования рационального водопользования Ростовской области // Инженерный вестник Дона. 2014. №1 URL:ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2220
2. Komissarov K.B., Fil A.V., Finochenko V.A. Efficiency of Pulsed Delivery of Gas Flows to Gaseous-Emissions Absorption Units / Chemical and Petroleum Engineering. 2018. 53(11). pp. 814-817. Doi 10.1007/s10556-018-0427-x
3. Финоченко В.А. Теоретическое описание процесса вибротурбулизации в объеме газожидкостной системы и на смоченной



поверхности // Инженерный вестник Дона. 2020. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2020/6659

4. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. М.: Машиностроение. 1988. 256 с.

5. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.

6. Смайлис В.И. Малотоксичные дизели / Л.: Машиностроение, 1972. 128 с.

7. Мелиди Г.Е., Олимпиади В.Б. Нейтрализатор вредных выбросов дизеля тепловоза ТЭМ // Хабаровск: ХабИИЖТ.1988. С. 56–60.

8. Васильев Ю.Н., Гриценко А.И., Золотаревский Л.С. Транспорт на газе // М.: Недра. 1992. 342 с.

9. Боксерман Ю.И., Мкртчян Я.С., Чириков К.Ю. Перевод транспорта на газовое топливо // М.: Недра. 1988. 220 с.

10. Abbott M., Cohen B. Productivity and efficiency in water industry. UtilitiesPolicy 17. 2009. pp. 233-244.

11. Сапрыкин В.И., Финоченко В.А., Финоченко Т.А. К расчету основных геометрических характеристик струйных аппаратов / Известия вузов. Сев.-Кав. регион. Техн. науки. 2001. № 4. С. 84–85.

References

1. Ajdarkina E.E. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2220

2. Komissarov K.B., Fil A.V., Finochenko V.A. Efficiency of Pulsed Delivery of Gas Flows to Gaseous-Emissions Absorption Units. Chemical and Petroleum Engineering: 53(11). 2018. pp. 814-817. Doi 10.1007/s10556-018-0427-x



3. Finochenko V.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2020/6659
4. Lyamaev B.F. Gidrostruynye nasosy i ustanovki [Water jet pumps and installations]. M.: Mashinostroenie. 1988. 256 p.
5. Bashta T.M., Rudnev S.S., Nekrasov B.B. Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives] M. Mashinostroyeniye. 1982. 423 p.
6. Smaylis V.I. Malotoksichnyye dizeli [Low-toxic diesel engines] L. Mashinostroyeniye. 1972. 128 p.
7. Melidi G.E., Olimpiadi V.B. TEM Diesel Locomotive Diesel Hazardous Emissions Neutralizer. Xabarovsk: XabiIZhT.1988. pp. 56–60.
8. Vasil`ev Yu.N., Gricenko A.I., Zolotarevskij L.S. Transport na gaze [Gas transport]. M. Nedra. 1992. 342 p.
9. Bokserman Yu.I., Mkrтчan Ya.S., Chirikov K.Yu. Perevod transporta na gazovoe toplivo [Conversion of vehicles to gas fuel]. M. Nedra. 1988. 220 p.
10. Abbott M., Cohen B. Productivity and efficiency in water industry. Utilities Policy 17. 2009. pp. 233-244.
11. Saprykin V.I., Finochenko V.A., Finochenko T.A. Izvestiya vuzov. Sev.-Kav. region. Tekhn. nauki. 2001. № 4. pp. 84–85.