

Расчет установок для снижения уровня загрязнения атмосферы от пылегазовых выбросов сушилок очистных сооружений «Бзугу»

К.О. Оковитая, М.А. Ракульцева, О.А. Суржко

Южно-Российский государственный политехнический университет

(НПИ) имени М.И. Платова

Аннотация: Приведены результаты расчета установок для снижения уровня загрязнения атмосферы от пылегазовых выбросов сушилок очистных сооружений «Бзугу». Выполнен аэродинамический расчет трубопроводов системы очистки пылегазовых выбросов и расчет предотвращенного экологического ущерба при реализации предложенных природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: сушилки, пылегазовые выбросы, пыль, аммиак, турбоскруббер, газоконвектор «Ятаган», аксонометрическая схема.

На очистных сооружениях канализации «Бзугу» г. Сочи отсутствует система очистки пылегазовых выбросов после сушилок осадка. Раннее проведенными исследованиями авторов установлено, что основными загрязнителями атмосферы являются пыль и аммиак. В результате литературного и электронного поиска информации по методам очистки пылегазового выброса от аммиака и пыли, был выбран мокрый способ очистки, а именно-скруббер [1-4]. В качестве орошающей жидкости используем воду с растворённым в ней карбидом кальция. Для достижения необходимого эффекта очистки по аммиаку газовый поток очищаем в газоконвекторе «Ятаган». Принципиальная схема очистки представлена на рисунке 1.

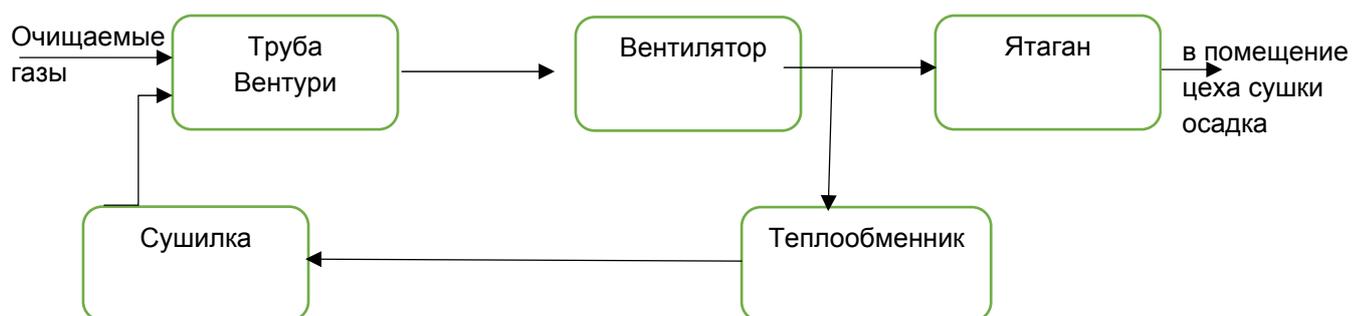


Рис. 1. - Схема очистки пылегазовых выбросов

В разработанной авторами схеме, очищенные от пыли газы после первой ступени очистки возвращаются через теплообменник в сушилку уменьшая нагрузку на газоконвектор, что позволяет осуществить замкнутый цикл воздухообмена.

Турбоскрубберы запроектированные в качестве первой ступени очистки широко используются при улавливании продуктов коксования и очистке промышленных газов от пыли, для увлажнения и охлаждения газов, в различных химико-технологических процессах [5,6]. Водяные пары, проходящие через турбо очиститель, под действием силы тяжести, в сочетании с эффектом центрифугирования и при взаимодействии с технической водой постепенно охлаждаются и конденсируются. Перед выходом из турбо очистителя, газ проходит через сетчатый фильтр из нержавеющей стали и демистер (каплеуловитель), установленные в верхней части турбо очистителя, для задержания частиц воды, содержащихся в газообразных потоках.

Необходимо отметить, что основной проблемой эксплуатации данного вида технических устройств является абразивный износ стенок скруббера, возникающий вследствие высоких скоростей газа, которые в горловине могут достигать значений 500 км/ч[7]. Твёрдые частицы или капли жидкости, двигаясь с такой скоростью и соударяясь со стенками, вызывают быструю эрозию стенок. В случае очистки пылегазовых выбросов от сушилок осадков ОСК абразивные материалы в выбросах отсутствуют, а потому эрозия стенок горловины происходить не будет, что увеличит срок эксплуатации турбоскруббера.

Расчет скруббера заключается в определении требуемого коэффициента очистки, затрат энергии на очистку, гидравлического сопротивления аппарата, расчета размеров циклона-каплеуловителя, гидравлического сопротивления трубы Вентури, скорости газа в трубе Вентури при

стандартных условиях, геометрического размера трубы Вентури и эффективность эффективности газовой смеси.

Требуемый коэффициент очистки был вычислен по формуле:

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \quad (1)$$

где C_1 и C_2 - соответственно концентрация пыли до и после очистки 9,0 и 0,09 мг/м³. Получаем коэффициент очистки равным 99%.

Определяем общее гидравлическое сопротивление ΔP скруббера Вентури:

$$\Delta P = K_t - P_{\text{жт}} \cdot m \quad (2)$$

$$K_t = \sqrt[3]{-\ln(1 - \eta/B)} \quad (3)$$

где X и B - параметры, зависящие от вида пыли, принимаем равными $B = 6,5 \cdot 10^{-4}$; $X = 1,0529$.

Находим гидравлическое сопротивление аппарата, которое состоит из потерь давления в трубе Вентури и циклоне-каплеуловителе.

Удельный расход воды m при улавливании мелкодисперсной пыли и центральной подаче (через сопло) орошаемой воды принимаем равным 0,006 м³/м³; при улавливании грубодисперсной пыли в низконапорных трубах $m = 0,001 - 0,002$ м³/м³. Давление $P_{\text{жт}}$ распыляемой воды принимаем равным 350 кПа. Значение вычисленного гидравлического сопротивления получили равным 1281 Па.

Диаметр циклона (м) вычисляем по формуле:

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \sqrt{L_{\text{г}}/v_{\text{ц}}}, \quad (4)$$

где $L_{\text{г}}$ - расход газа 4,56 м³/с; $v_{\text{ц}}$ - эффективная скорость воздуха в циклоне, принимаем равной 6 м/с. Получаем диаметр циклона равным 0,9 м, а высоту циклона принимаем 2,5 м.

Гидравлическое сопротивление циклона $\Delta P_{\text{ц}}$, Па находим по формуле:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \epsilon_{\text{ц}} \rho v_{\text{ц}}^2 / 2, \quad (5)$$

где $\xi_{\text{ц}}$ -коэффициент местного сопротивления циклона (для пылеуловителей типа ЦВП $\xi_{\text{ц}}=30$); ρ - плотность газа $1,25 \text{ кг/м}^3$. При скорости 6 м/с получаем гидравлическое сопротивление равным 690 Па .

Гидравлическое сопротивление трубы Вентури, при таких значениях ΔP и $\Delta P_{\text{ц}}$ получаем равным 591 Па .

Расчет скорости газа в горловине трубы Вентури м/с , при стандартных условиях вычисляем по формуле:

$$v_r = 3,33 \sqrt{\Delta P (1 + 0,525 m^{0,7} \times 10^3)} = 32,0 \text{ м/с}, (6)$$

В результате расчета были также определены геометрические размеры трубы Вентури.

При полученных расчетных параметрах концентрация загрязнений на выходе очищенной газовой смеси составит $0,09 \text{ мг/м}^3$. Полученная концентрация удовлетворяет нормативным требованиям к пылевым выбросам, т.к. не превышает $0,3 \text{ мг/м}^3$.

После скруббера газ поступает во всасывающую линию вентилятора, который подает часть газа в теплообменник, для нагрева. Из теплообменника нагретый газ подается вновь в сушилку для сушки осадка, совершая замкнутый цикл. Газ после скруббера проходит вторую ступень очистки в газоконвекторе «Ятаган». Достоинствами газоконвектора являются малое энергопотребление (до $0,12 \text{ Вт/м}^3$), независимость газовой среды от влажности и температуры, эффективность достигающая $99,9\%$ [9,10]. При такой эффективности достигаются нормативные показатели выбросов по аммиаку, в частности, концентрация на выходе составит $0,002 \text{ мг/м}^3$. После двух ступеней очистки воздух поступает для кондиционирования в помещение для сушки осадка. Авторами выполнен аэродинамический расчет трубопроводов системы очистки пылегазовых выбросов от сушилок осадков сточных вод.

Аэродинамическое сопротивление технологической схемы складывается из сопротивления отдельных элементов, определяемое суммой потерь давления при движении потока воздуха в газоходах, местных сопротивлениях, дроссельных заслонках и собственно в аппаратах.

В процессе расчета определяли расходы очищаемой пылегазовых потоков на участках, скорость, диаметр и потери давления на участках с учетом местных сопротивлений. В конце расчета были вычислены общие потери давления на участках, которые составили 631 Па. Расчетная аксонометрическая схема системы очистки пылегазовых выбросов с указанием расходов и диаметров воздуховодов представлена на рисунке 2.

В заключительной части статьи выполнен расчет предотвращенного экологического ущерба при реализации предложенных природоохранных мероприятий. Внедрение инженерных решений по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами ОСК «Бзугу» позволит предотвратить экологический ущерб в курортной зоне г. Сочи. Определена экономия на платежах за уменьшение выброса загрязняющих веществ.

Величина предотвращенного экологического ущерба по пыли и аммиаку составила около 47 млн.руб/год. Выполненный расчет показывает, что запроектированные мероприятия по снижению негативного воздействия пылегазовых выбросов на атмосферу позволят получить не только экологический, но и экономический эффект.

Таким образом, внедрение двухступенчатой схемы очистки пылегазовых выбросов от сушилок осадков существенно улучшит состояние окружающей среды в курортной зоне вблизи очистных сооружений и позволит получить сухой осадок, который можно использовать в качестве удобрений.

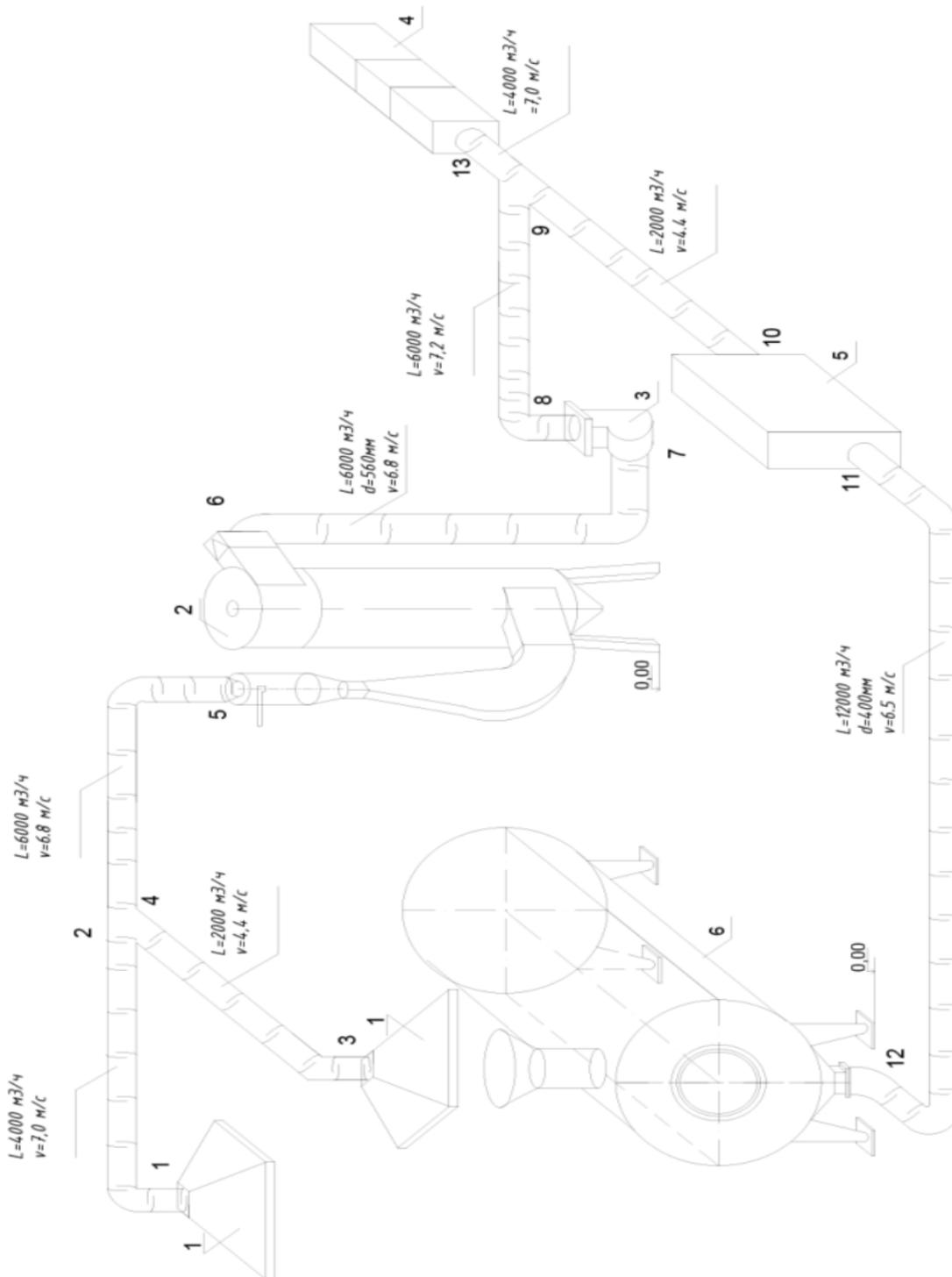


Рис.2.-Аксонметрическая схема очистки воздуха

Литература

1. Азаров В. Н., Кошкарев С. А., Николенко М. А. Снижение выбросов систем обеспыливания с использованием дисперсионного анализа пыли в стройиндустрии // Инженерный вестник Дона, 2015. №1 (часть 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2838.
2. Азаров В. Н., Кошкарев С. А., Соломахина Л. Я. К экспериментальной оценке эффективности аппарата мокрой очистки в системах обеспыливания выбросов в атмосферу от печей обжига керамзита // Инженерный вестник Дона, 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2572.
3. Ризаев Дониёр Бахтиёрович, Хужжиев Маьмуржон Янгибоевич ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ // Вопросы науки и образования. 2017. №5.с. 34-39
4. Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Обоснование перечня маркерных веществ для оценки негативного воздействия на окружающую среду свиноводческих и птицеводческих предприятий // Вестник ВНИИМЖ. 2017. №3 (27). URL:[cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-perechnya-markernyh-veschestv-dlya-otsenki-negativnogo-vozdeystviya-na-okruzhayuschuyu-sredu-svinovodcheskih-i](http://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-perechnya-markernyh-veschestv-dlya-otsenki-negativnogo-vozdeystviya-na-okruzhayuschuyu-sredu-svinovodcheskih-i-pticevodcheskih-predpriyatiy).
5. Полосин И.И., Бунина Э.Н., Плотников В.В. Очистка вентиляционных выбросов, содержащих пылегазовые смеси // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2014. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/ochistka-ventilyatsionnyh-vybrosov-soderzhaschih-pylegazovye-smesi.
6. Калаева Сахиба ЗиядинКзы, Чистяков Ярослав Владимирович, Муратова Ксения Михайловна, Чеботарев Павел Владимирович Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2016. №3. URL: cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-melkodispersnoy-pyli-na-biosferu-i-cheloveka.
7. Bardin□Monnier N. et al. Comparison of two methods of cyclones simulation:

- semi-empiric model and CFD. Example of a specific cyclone design //Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering. 2013. V. 8. №. 1. pp. 93- 103.
8. Li L. et al. Numerical Simulation of Three-phase Flow in the Scrubber for a Cascade-ring Foam Tower Using a Combined Euler-discrete Phase Model //Proceedings of the CSEE. 2012. V. 5. 12 p.
9. Wang Q., Chen X., Gong X. Theoretical and experimental investigation on the characteristics of fly-ash scrubbing in a fixed valve tray column //AIChE Journal. – 2013. V. 59. №. 6. pp. 2168-2178.
10. Strelets K. I., Kitain M. B., Petrochenko M. V. Welding Spark Parameters Determination for Cyclone Removal Calculation //Advanced Materials Research. 2014. V. 941. pp. 2098-2103.

References

1. Azarov V. N., Koshkarev S. A., Nikolenko M. A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1 (part 2). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2838.
2. Azarov V. N., Koshkarev S. A., Solomahina L. YA. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2572.
3. Rizaev D. B., Huzhzhiev M., YA. 2017. №5. pp.34-39
4. Bryuhanov A.YU, SHalavina E.V., Vasil'ev EH.V. Vestnik VNIIMZH. 2017. №3 URL: cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-perechnya-markernyh-veschestv-dlya-otsenki-negativnogo-vozdeystviya-na-okruzhayuschuyu-sredu-svinovodcheskih-i
5. Polosin I.I., Bunina EH.N., Plotnikov V.V. 2014. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/ochistka-ventilyatsionnyh-vybrosov-soderzhaschih-pylegazovye-smesi
6. Kalaeva S. Z. K., CHistyakov YA. V., Muratova K. M., CHEbotarev P. V. IzvestiyaTulGU. Nauki o Zemle. 2016. №3. URL: cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-melkкодисперсной-пыли-na-biosferu-i-cheloveka.
7. Bardin-Monnier N. et al. Journal of Chemical Engineering. 2013. V. 8. №. 1. pp. 93- 103.



8. Li L. et al. Numerical Simulation of Three-phase Flow in the Scrubber for a Cascade-ring Foam Tower Using a Combined Euler-discrete Phase Model Proceedings of the CSEE. 2012. V. 5. 12 p.
9. Wang Q., Chen X., Gong X. AIChE Journal. 2013. V. 59. №. 6. pp. 2168-2178.
10. Strelets K. I., Kitain M. B., Petrochenko M. V. Advanced Materials Research. 2014. V. 941. pp. 2098-2103.