Обследование системы аспирации литейного двора, бункерной эстакады, приемного устройства с перегрузочными узлами доменной печи «Россиянка»

Поступила 29.08.2019 г. / Принята к публикации 08.10.2019 г.

© Шушляков Дмитрий Александрович , Кубышкин Андрей Владимирович,
Солдатов Дмитрий Александрович
Общество с ограниченной ответственностью «Глобал Стил Инжиниринг», г. Харьков, Украина

Аннотация. Рассмотрены проблемы в существующих системах аспирации литейного двора, бункерной эстакады, приемного устройства с перегрузочными узлами доменной печи № 7 «Россиянка» Новолипецкого металлургического комбината. Отмечается, что проектная мощность печи составляла 9 450 тонн чугуна в сутки, а, в настоящее время, печь производит порядка 13 000 тонн чугуна. Система аспирации не была рассчитана на такую нагрузку. Повышенная запыленность и загазованность на рабочих местах ведет к целому ряду проблем: со здоровьем работников комбината, снижению качества продукции, потерям продукции, снижению производительности труда. Отмечается, что запыленность воздуха в некоторых точках рабочей зоны литейного двора превышает предельно допустимые концентрации в 1,2...6 раз (7,2...36 мг/м³). Рассмотрены вопросы реконструкции существующих систем аспирации, ремонта или замены установленного оборудования, совершенствования местных отсосов. Весь ряд мероприятий, проводимых на литейном дворе и других переделах, позволит снизить концентрацию пыли в рабочей зоне до уровня предельно допустимых концентраций. Предложены пути снижения количества выбросов в атмосферу твердых взвешенных примесей до уровня 5 мг/м³ на предлагаемых дополнительных системах газоочистки. Предлагаемые реконструктивные мероприятия позволят снизить общее количество твердых примесей, поступающих в атмосферу г. Липецка, на величину порядка 1 794 кг/час или 11 481 600 кг/год.

Ключевые слова. Аспирационные установки, загрязнение воздуха, доменная печь, литейный двор, бункерная эстакада, аспирация, очистка газов.

The examination of the aspiration system of the casting yard, bunker overpass, receiving device with transshipment units of the blast furnace «Rossiyanka»

Received on August 29, 2019 / Accepted on October 08, 2019

© SHushlyakov Dmitriy Aleksandrovich , Kubyshekin Andrej Vladimirovich,
Soldatov Dmitriy Aleksandrovich
Limited liability company «Global Steel Engineering», Kharkiv, Ukraine

Abstract. Problems in existing suction systems of casting yard, bunker rack, receiving device with transshipment units of blast furnace number 7 «Rossiyanka» of Novolipetsk Iron and Steel Works are considered. It is noted that the design capacity of the blast furnace was 9 450 tons of cast iron per day, and the blast furnace produces about 13 000 tons of cast iron per day now. The aspiration system was not designed for such a load. The increased dustiness and gas content at the workplaces leads to a number of problems: health of the plant's employees, decrease in product quality, product losses, decrease in labor productivity. It is noted that the dustiness of the air in some points of the workplace of the casting yard exceeds the maximum allowable concentration by 1.2...6 times (which is 7.2...36 mg / m³). The issues of reconstruction of existing suction systems, repair or replacement of installed equipment, improvement of local suction systems are considered. The whole range of activities carried out in the foundry yard and other processing facilities will reduce the dust concentration in the working area to the level of maximum allowable concentrations. Ways to reduce the amount of suspended solids emissions into the atmosphere to the level of 5 mg/m³ on the proposed additional gas cleaning systems are proposed. The proposed reconstructive measures will reduce the total quantity of solid emissions to the atmosphere of Lipetsk by an amount of about 1,794 kg/hour or 11,481,600 kg/year.

Keywords. Air cleaners, air pollution, blast furnace, casting yard, bunker overpass, aspiration, gas cleaning.

Введение. Одним из крупнейших источников выбросов, загрязняющих атмосферный воздух, являются предприятия черной и цветной металлургии (доля в выбросах в атмосферу составляет до 30%), а, в некоторых случаях, и значительно больше – для конкретного региона. Например, Новолипецкий металлургический комбинат (ПАО «НЛМК») дает до 88% всех выбросов загрязняющих веществ в Липецкой области. Крупные металлургические центры (Кемерово, Липецк, Магнитогорск и Новокузнецк) включены в список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха [1].

В настоящее время, крупнейшая металлургическая компания России, ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», уделяет значительное внимание решению экологических проблем. За 2001–2017 годы группа НЛМК инвестировала 1,46 млрд долларов в природоохранные проекты. В стратегии компании прописана цель: к 2023 году достичь удельных выбросов не более 19 кг на тонну производимой стали [2]. За последние годы на самом комбинате реализован ряд проектов, направленных на повышение эффективности работы существующих систем очистки промышленных газовых выбросов, а также проекты по созданию новых систем очистки газов. Например, реконструкция четырех пылегазоочистных установок на части печей огнеупорного цеха (повышение эффективности очистки отходящих газов печей от пыли в 3 раза); реконструкция аспирационно-технологических установок (АТУ) тракта подачи извести, вагоноопрокидывателей № 1 и № 2 со строительством системы аспирации от приемных бункеров извести в агломерационном производстве; строительство модульной аспирационной системы ДП-4 в доменном цехе № 1; реконструкция цеха улавливания коксохимических продуктов с объединением потоков коксового газа коксовых батарей №№ 1, 2, 5, 6; снижение выбросов в атмосферу специфических веществ, др. проекты [3].

Кроме предприятий, расположенных на территории Российской Федерации, большое внимание вопросам экологической безопасности уделяется и на площадках, размещенных за рубежом. Так на площадке завода по произ-

водству толстолистного проката NLMK DanSteel A/S (г. Фредериксверк, Дания) внедрена система полного экологического менеджмента (контролируется шумовое загрязнение, загрязнение атмосферы, почвы и воды) [4]. Система менеджмента сертифицирована по международному стандарту ISO 14001.

В г. Липецк на площадке ПАО «НЛМК» с декабря 2018 года ведется подготовка к реконструкции аспирационной системы доменной печи № 7.

Материалы и методы исследований. Доменная печь № 7 «Россиянка» ПАО «НЛМК» (рис. 1) была введена в эксплуатацию в 2011 году. Комплекс аспирации доменной печи включает в себя аспирационную систему литейного двора, аспирационные системы бункерной эстакады, приемного устройства и перегрузочных узлов (системы включают в себя местные отсосы, газоходы, электрофильтры для очистки газов от пыли, дымососы и вытяжную трубу).

Однако из-за того, что проектная мощность печи составляла 9 450 тонн чугуна в сутки, а, в настоящее время, печь производит порядка 13 000 тонн, возникла необходимость в обследовании и реконструкции систем аспирации литейного двора доменной печи, бункерной эстакады. Увеличение производительности повлекло за собой увеличение потока материала почти на 40%, а система аспирации не была рассчитана на такую нагрузку.

Для стабильной работы аспирационной системы необходимо регулярно проводить ее обследование. Обследование аспирационной системы – это комплекс мер, включающий в себя различные действия по поддержанию работоспособности системы аспирации.

Рис. 1. Доменная печь № 7 «Россиянка» ПАО «НЛМК» [5]

Обследование системы включает в себя следующие действия:

- изучение технической документации проекта;
- наглядное знакомство с объектом;
- изучение размеров, диаметров и сечений трубопровода, выявление поломок и повреждений;
- выяснение изношенности различных коммуникаций аспирационной системы.

С января по апрель 2019 года специалистами ООО «ИТЦ «Россэннергосталь» и ООО «Глобал стил инжиниринг» было проведено обследование систем аспирации литейного двора (ЛД) доменной печи, бункерной эстакады (БЭ) и приемного устройства с перегрузочными узлами ПУ1 и ПУ2.

Проведен ряд замеров – аэродинамических и пылегазовых (замеры проводились в соответствии с принятыми стандартами [6, 7], с использованием сертифицированного оборудования).

Замеры проводились с помощью следующего оборудования:

- пневмометрической трубки конструкции НИОГАЗ (разборной);
- манометра дифференциального ОКСИ 1Д (0-10 кПа);
- мановакуумметра цифрового МЦ 1-100 кПа;
- цифрового термометра Testo - 50°C до +130°C;
- пробоотборного зонда ПЗ 1,2 с удлинителем и набором сменных накопителей;
- устройство пневматическое аспирационное типа УП-122-АС с установленными ротаметрами Р1, Р5 и Р20, с блоком питания;
- фильтродержатель металлический закрытого типа;
- фильтры АФА-ВП-20;
- аллонжи стеклянные огнеупорные с асбестовой набивкой;
- трубки силиконовые для присоединения оборудования;
- рулетка лазерная ADA Robot 80;
- рулетка портативная (длиной 7,5 м).

Отбор проб пыли проводился методом внешней фильтрации [6], параллельно контролировались скорость газопылевого потока и его температура.

На основании проведенных замеров и обследований были проведены поверочные расчеты [8, 9] требуемых расходов аспирационного воздуха, скоростей

движения газов, аэродинамические расчеты.

Проведено обследование строительных опорных конструкций существующих систем аспирации [10].

При выполнении работ по обследованию применялись следующие приборы и инструменты:

- прибор для определения прочности бетона «ОНИКС-2.5»;
- измеритель защитного слоя бетона ИЗС-10Н;
- ультразвуковой толщиномер ТЭМП-УТ 1 с преобразователями;
- штангенциркуль ШЦ1-125-0.1-2 модель 1004;
- штангенциркуль ШЦ1-160-80 модель 00715;
- микроскоп МПБ-2;
- лазерный дальномер LEICA DISTO X310;
- рулетки – 3 м, 5 м, 50 м;
- лупы просмотровая 6-ти кратного увеличения и измерительная 10-ти кратного увеличения;
- бинокль;
- фотоаппарат OLYMPUS C765UZ.

Проведены обследования следующих конструкций:

- аспирационные газоходы литейного двора;
- магистральный газоход грязного газа от литейного двора до фильтров;
- газоходы чистого газа от фильтров литейного двора до дымососов и от дымососов до вытяжной трубы;
- наружные воздухопроводы аспирации объектов бункерной эстакады;
- газоход грязного газа от участка рассева мелочи;
- магистральные газоходы грязного газа (бункерной эстакады, приемного устройства и перегрузочных узлов);
- газоходы чистого газа от фильтров бункерной эстакады до дымососов и от дымососов до вытяжной трубы, газоходы чистого газа от фильтра приемного устройства и перегрузочных узлов до дымососов и от дымососов до вытяжной трубы;
- магистральные газоходы грязного газа от приемного устройства и перегрузочных узлов.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведенных обследований и расчетов, отмечается следующее:

- во многих зонах система аспирации работает не эффективно из-за про-

блем, связанных с тем, что изначально было закуплено оборудование с показателями, не соответствующими проектным (клапаны имели меньшую степень герметичности, чем в проекте, износостойкость оборудования ниже необходимой);

- в результате достаточно длительной эксплуатации в неблагоприятной среде (высокая температура, абразивность транспортируемого пылегазового потока), не соответствия проектным решениям, недостаточным обслуживанием возникла необходимость в реконструкции системы аспирации;

- изначально, в проектах аспирации были заложены скорости движения пылегазового потока, значительно превышающие рекомендуемые (на некоторых участках, заложены скорости 30...37 м/с, вместо рекомендуемых 20...24 м/с);

Для повышения эффективности работы систем аспирации требуется установка дополнительных мощностей (дополнительных систем аспирации и дополнительного пылеулавливающего оборудования) на литейном дворе и для бункерной эстакады, для приемного устройства с перегрузочными узлами, предлагается увеличение расходов аспирационного воздуха за счет реконструкции системы аспирации.

Требуется значительная реконструкция самих систем аспирации. Для снижения воздействия на работников пылегазовых выбросов (запыленность воздуха в некоторых точках рабочей зоны литейного двора превышает ПДК в 1,2...6 раз (7,2...36 мг/м³), приведенным к нормальным условиям), предлагается провести реконструкцию систем аспирации литейного двора – установить на фурменной площадке дополнительные съемные зонты для улавливания неорганизованных выбросов, изменить конструкцию местных отсосов от качающихся желобов слива чугуна и шлака (рис. 2). Отсосы от главных желобов и дополнительные отсосы от съемных зонтов подключить к новой газоочистке, расположенной возле литейного двора. Предварительная производительность газоочистки (состоящей из местных отсосов, системы газоходов, запорно-регулирующей и предохранительной арматуры, рукавного фильтра, дымососов, вытяжной трубы) должна составлять

700 000 м³/час. Освободившиеся мощности перераспределить на существующие отсосы, увеличив их производительность. Провести реконструкцию газоходов литейного двора, избегая прямых поворотов под 90° (рис. 3). Для снижения запыленности и загазованности рабочей зоны на литейном дворе необходимо соблюдать технический регламент и после бурения летки и отвода бурмашины, летку необходимо закрывать съемным укрытием.

Рис. 2. Зона слива чугуна или шлака (показано схематично): а – существующие аспирационные отсосы качающихся желобов слива чугуна или шлака; б – предлагаемые съемные аспирационные отсосы качающихся желобов слива чугуна или шлака; 1 – местный отсос; 2 – качающийся желоб слива чугуна или шлака; 3 – чугуновоз (шлаковоз); 4 – смотровое окно; 5 – газы, попадающие на литейный двор; 6 – газы, удаляемые системой аспирации; 7 – съемная часть местного отсоса

Рис. 3. Реконструкция системы аспирации литейного двора доменной печи № 7: красным цветом показаны участки газопроводов, подлежащие демонтажу; зеленым – участки газопроводов, которые сохраняются после модернизации; желтым – участки новых (проектируемых) газопроводов

При проектировании систем аспирации и при их реконструкции необходимо учитывать неравномерность поступления пыли в теплый и холодный периоды года, а также отличия для литейного двора и бункерной эстакады с приемным устройством и перегрузочными узлами. Для литейного двора в теплый период примерно 1 вагон уловленной пыли в сутки, в холодный период – 12...14 вагонов за месяц. Для бункерной эстакады, приемного устройства, ПУ1 и ПУ2 – в теплый период 5...6 вагонов в сутки, в холодный период примерно 3 вагона в сутки.

Также требуется учесть данную особенность при оценке влияния на окружающую среду и определении количества

улавливаемой пыли. Замеры количества транспортируемой аспирационным воздухом пыли были проведены в то время, когда поступающее сырье имеет наименьшую степень пыления (сырье мерзлое или мокрое после дождей и снегопадов), в летнее время, по словам службы эксплуатации, уровень запыленности рабочих мест и, соответственно, аспирационного воздуха повышается в несколько раз. В связи с вышеизложенным, при расчетах количества уловленной пыли (поступающей на переработку) необходимо вводить увеличивающий корректирующий коэффициент 2,3 для литейного двора и 1,85 для бункерной эстакады, так как расчеты необходимо вести на наиболее загруженный период.

Необходимо произвести замену существующих клапанов на новые, повышенной герметичности и при этом учесть, что герметичность, соответствующая проектной, может быть обеспечена клапанами шиберного типа.

В настоящее время система аспирации бункерной эстакады громоздкая и слабо настраиваемая. Предлагается эту систему разделить на 3 отдельные независимые системы, подключить к существующим фильтрам бункерной эстакады первую и вторую системы, соответственно, к первому и второму электрофильтру. Третью систему подключить к новому фильтру производительностью 500 000 м³/час, произвести реконструкцию трасс воздухопроводов с заменой клапанов и изношенного оборудования на ЛД, БЭ и приемном устройстве с ПУ1 и ПУ2.

При реконструкции системы аспирации учесть во всех врезках необходимость плавного входа. Рекомендуются, в соответствии с нормами проектирования, предусматривать для систем аспирации отводы с радиусом не менее 3 диаметров. Скорости в системе аспирации должны лежать в рекомендуемых пределах 20...24 м/с.

Рекомендуется также произвести очистку всех существующих газоходов от пылевых отложений; устранить отклонения от проекта в трассировке газоходов. При подключении газоочисток разной производительности к одной вытяжной трубе, учесть необходимость устройства аэродинамических перегородок.

Выводы

В результате проведенных обследований были установлены основные причины того, почему системы аспирации литейного двора, бункерной эстакады, приемного устройства и перегрузочных узлов работают не достаточно эффективно. Предложен ряд мероприятий, позволяющих повысить эффективность работы существующих систем аспирации, снизить запыленность в рабочих зонах до уровня ПДК, снизить суммарные выбросы твердых частиц от систем аспирации, поступающие в атмосферу.

Предлагаемые реконструктивные мероприятия позволят снизить общее количество твердых примесей, поступающих в атмосферу г. Липецка, на вели-

чину порядка 1 794 кг/час или 11 481 600 кг/год.

Таким образом, проведенное обследование, а также, планируемая реконструкция, позволят значительно снизить антропогенное воздействие на окружающую среду одного из крупнейших металлургических центров Российской Федерации.

Библиографический список

1. Большина Е.П. Экология металлургического производства. Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. 155 с.
2. Компания НЛМК. Корпоративный журнал группы НЛМК. 2019, № 1 (8). 68 с.
3. Экологическая программа 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.nlmk.com/ru/responsibility/ecology/environmental-programme-2020/> (Дата обращения 08.10.2019 г.).
4. Environmental Management [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dansteel.dk/1/477/Environment.html> (Дата обращения 08.10.2019 г.).
5. Доменная печь ДП-7 «Россиянка» [Электронный ресурс]. – URL: <http://sedmitriev.com/albums/novolipetskii-metallurgicheskii-kombinat/content/domennaya-pech-6/> (Дата обращения 08.10.2019 г.).
6. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газовых потоков. Общие технические требования и методы контроля: ГОСТ 33007-2014. М.: ФГУП «Стандартинформ». 2015. 24 с.
7. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий. Пособие по проектированию: МДС 13-20.2004. М.: ОАО «ЦНИИПромзданий». 2004. 80 с.
8. Швец М.Н., Сталинский Д.В. Улавливание неорганизованных выбросов крупнотоннажных и среднетоннажных электросталеплавильных печей // Экология и промышленность. 2006. № 1. С. 12-16.
9. Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочное издание. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
10. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга техничес-

кого состояния: ГОСТ 31937-2011. М.: ФГУП «Стандартинформ». 2014. 54 с.

References in roman script

1. Bol'shina E.P. Ekologiya metallurgicheskogo proizvodstva. Novotroick: NF NITU «MISiS», 2012. 155 s.

2. Kompaniya NLMK. Korporativnyj zhurnal gruppy NLMK. 2019, № 1 (8). 68 s.

3. Ekologicheskaya programma 2020 [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.nlmk.com/ru/responsibility/ecology/environmental-programme-2020/> (Data obrashcheniya 08.10.2019 g.).

4. Environmental Management [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.dansteel.dk/1/477/Environment.html> (Data obrashcheniya 08.10.2019 g.).

5. Domennaya pech' DP-7 «Rossiyanka» [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://sedmitriev.com/albums/novolipetskii-metallurgicheskii-kombinat/content/domennaya-pech-6/> (Data obrashcheniya 08.10.2019 g.).

6. Oborudovanie gazoочистное i py-leulavlivayushchee. Metody opredeleniya zapylennosti gazovyh potokov. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody kontrolya: GOST 33007-2014. М.: FGUP «Стандартинформ». 2015. 24 s.

7. Kompleksnaya metodika po obsledovaniyu i energoauditirovaniyu rekonstruirovannykh zdaniy. Posobie po proektirovaniyu: MDS 13-20.2004. М.: OAO «CNIIPromzdanij». 2004. 80 s.

8. SHvec M.N., Stalinskij D.V. Uslavlivanie neorganizovannykh vybrosov krupnotonnazhnykh i srednetonnazhnykh elektrostaleplavil'nykh pechej // Eko-logiya i promyshlennost'. 2006. № 1. S. 12-16.

9. Aliev G.M.-A. Tekhnika py-leulavlivaniya i ochistki promyshlennykh ga-zov. Spravochnoe izdanie. М.: Metallurgiya, 1986. 544 s.

10. Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya: GOST 31937-2011. М.: FGUP «Стандартинформ». 2014. 54 s.

Дополнительная информация

Сведения об авторах:

Шушляков Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент; ООО «Глобал Стил Инжиниринг»; 61000, к. 220, д. 18-а, ул. Отакара Яроша, г. Харьков, Украина; email: shushliakov.dmytro@globsteeleng.com.

Кубышкин Андрей Владимирович, главный инженер проекта; ООО «Глобал Стил Инжиниринг»; 61000, к. 220, д. 18-а, ул. Отакара Яроша, г. Харьков, Украина; email: a_kubishkin@ro.ru.

Солдатов Дмитрий Александрович, управляющий директор; ООО «Глобал Стил Инжиниринг»; 61000, к. 220, д. 18-а, ул. Отакара Яроша, г. Харьков, Украина; email: soldatov.dmitriy@gmail.com.

В этой статье под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License, которая разрешает копирование, распространение, воспроизведение, исполнение и переработку материалов статей на любом носителе или формате при условии указания автора(ов) произведения, защищенного лицензией Creative Commons, и указанием, если в оригинальный материал были внесены изменения. Изображения или другие материалы третьих лиц в этой статье включены в лицензию Creative Commons, если иные условия не распространяются на указанный материал. Если материал не включен в лицензию Creative Commons, и Ваше предполагаемое использование не разрешено законодательством Вашей страны или превышает разрешенное использование, Вам необходимо получить разрешение непосредственно от владельца(ев) авторских прав.

Для цитирования: Шушляков Д.А., Кубышкин А.В., Солдатов Д.А. Обследование системы аспирации литейного двора, бункерной эстакады, приемного устройства с перегрузочными узлами доменной печи «Россиянка» // Экология и строительство. 2019. № 3. С. 20–27. doi: [10.35688/2413-8452-2019-03-003](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2019-03-003).

Additional Information

Information about the authors:

SHushlyakov Dmitriy Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor; Limited liability company «Global Steel Engineering»; 61000, 220, 18-a, Otakara YArasha st.,

Kharkiv, Ukraine; email: shushliakov.dmytro@globsteeleng.com.

Kubyskin Andrej Vladimirovich, chief project engineer; Limited liability company «Global Steel Engineering»; 61000, 220, 18-a, Otakara YArasha st., Kharkiv, Ukraine; email: a_kubishkin@ro.ru.

Soldatov Dmitrij Aleksandrovich, managing director; Limited liability company «Global Steel Engineering»; 61000, 220, 18-a, Otakara YArasha st., Kharkiv, Ukraine; email: soldatov.dmitriy@gmail.com.

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

For citations: SHushlyakov D.A., Kubyskin A.V., Soldatov D.A. The examination of the aspiration system of the casting yard, bunker overpass, receiving device with trans-shipment units of the blast furnace «Rossiyanka» // *Ekologiya i stroitelstvo*. 2019. № 3. P. 20–27. doi: [10.35688/2413-8452-2019-03-003](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2019-03-003).