

УДК 624.012

НАДЕЖНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРИГОДНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЫМОВЫХ ТРУБ МАРТЕНОВСКОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЦЕХОВ ОАО «ТАГАНРОГСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

ФУРСОВ В.В.^{1*}, д.т.н., проф.,
ЯРОВОЙ С.Н.², к.т.н., проф.

^{1*} Кафедра металлических и деревянных конструкций, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская 40, 61102, Харьков, Украина, тел. +38(057)7061763, e-mail: vadfursov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0086-0156.

² Кафедра металлических и деревянных конструкций, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская 40, 61102, Харьков, Украина, тел. +38(057)7061763, e-mail: psp-nauka@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-2886-9456.

Аннотация. *Цель.* Определение надежности и эксплуатационной пригодности металлических дымовых и вентиляционных труб после длительных сроков эксплуатации является актуальной задачей для промышленных предприятий. Выход из эксплуатации дымовых и вентиляционных труб приводит к остановке производства, большим финансовым потерям и несет опасность для жизни сотрудников предприятий. Своевременная техническая диагностика с последующими ремонтными работами способна обеспечить надежность и эксплуатационную пригодность металлических труб. С целью оценки надежности и эксплуатационной пригодности было проведено детальное обследование трех металлических дымовых труб мартеновского цеха и двух вытяжных труб энергетического цеха после длительного срока эксплуатации. По результатам обследования проведен проверочный расчет с учетом действующих на настоящий момент нагрузок, дефектов и повреждений труб. *Методика.* Была разработана методика проведения работ по диагностике технического состояния конструкций металлических дымовых и вентиляционных труб, включающая в себя, работы по визуальному и инструментальному обследованию металлических труб. Было определено реальное техническое состояние труб и действующие на момент обследования нагрузки, проведен проверочный расчет труб с учетом коррозионного износа элементов, определены фактические напряжения в элементах труб. *Результаты.* На основании визуального и инструментального обследований металлических дымовых и вентиляционных труб, проверочных расчетов получены результаты о надежности и эксплуатационной пригодности труб, разработаны рекомендации по ремонту и дальнейшей эксплуатации. На основании выявленного значительного коррозионного износа металлических дымовых и вентиляционных труб, состояния защитного лакокрасочного покрытия, механического повреждения ходовых скоб и их ограждений техническое состояние труб признано ограниченно работоспособным (категория III). После выполнения ремонтных работ дымовые и вентиляционные трубы были признаны пригодными для дальнейшей эксплуатации. *Научная новизна.* Получены данные о коррозионном износе, других дефектах и повреждениях металлических дымовых и вентиляционных трубах после 15-50 лет эксплуатации. *Практическая значимость.* Результаты технического обследования и экспертизы промышленной безопасности металлических дымовых и вентиляционных труб позволили оценить их техническое состояние, их надежность и эксплуатационную пригодность, и продлить срок дальнейшей безопасной эксплуатации после проведения ремонтных работ.

Ключевые слова: металлические дымовые трубы; металлические вентиляционные трубы; надежность; эксплуатационная пригодность; коррозия.

НАДІЙНІСТЬ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ПРИДАТНІСТЬ МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ ТРУБ МАРТЕНІВСЬКОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЦЕХІВ ВАТ «ТАГАНРОГСЬКИЙ МЕТАЛЛУРГІЙНИЙ ЗАВОД» ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

ФУРСОВ В.В.^{1*}, д.т.н., проф.,
ЯРОВИЙ С.М.², к.т.н., проф.

^{1*} Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Харківський національний університет будівництва і архітектури, вул. Сумська 40, 61102, Харків, Україна, тел. +38(057)7061763, e-mail: vadfursov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0086-0156.

² Кафедра металевих та дерев'яних конструкцій, Харківський національний університет будівництва і архітектури, вул. Сумська 40, 61102, Харків, Україна, тел. +38(057)7061763, e-mail: psp-nauka@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-2886-9456.

Анотація. Мета. Визначення надійності та експлуатаційної придатності металевих димових та вентиляційних труб після тривалого терміну експлуатації є актуальною задачею для промислових підприємств. Вихід з експлуатації димових та вентиляційних труб призводить до зупинки виробництва, великим фінансовим втратам та несе загрозу життям співробітникам підприємств. Своєчасне технічне діагностування з наступними ремонтними роботами здатна забезпечити надійність та експлуатаційну придатність металевих труб. З метою оцінки надійності та експлуатаційної придатності було проведено детальне обстеження трьох металевих димових труб мартенівського цеху та двох металевих вентиляційних труб енергетичного цеху після тривалого терміну експлуатації. По результатам обстеження зроблений перевірочний розрахунок з урахуванням діючих на теперішній момент навантажень та дефектів та пошкоджень труб. **Методика.** Була розроблена методика проведення робіт по діагностуванню технічного стану металевих димових та вентиляційних труб, зосереджуючи в собі, роботи по візуальному та інструментальному обстеженні металевих труб. Був виявлений реальний технічний стан і діючі на час обстеження навантажень, зроблений перевірочний розрахунок труб з урахуванням корозійного зносу елементів, визначені фактичні напруження в елементах труб. **Результати.** На основі візуального та інструментального обстеження металевих димових та вентиляційних труб, перевірочних розрахунків отримані дані по надійності та експлуатаційній придатності труб, розроблені рекомендації з ремонту та подальшої експлуатації. Виявлені суттєві пошкодження в розкріплені труб та їх технічний стан було визнано непридатним до подальшої експлуатації. На підставі виявленої значної корозії металевих димових та вентиляційних труб, захисного лакофарбового покриття, механічного пошкодження скоб та їх огороження технічний стан труб визначено обмежено працездатним (категорія III). Після виконання робіт по ремонту димові та вентиляційні труби були визначені придатними для подальшої експлуатації. **Наукова новизна.** Отримані дані про корозійні пошкодження, інших дефектах та пошкодженнях металевих димових та вентиляційних труб після 15-50 років експлуатації. **Практична значимість.** Результати технічного обстеження та експертизи промислової безпеки металевих димових труб дозволили оцінити їх технічний стан, їх надійність та експлуатаційну придатність, та продовжити термін подальшої експлуатування після проведення ремонтних робіт.

Ключові слова: металеві димові труби; металеві вентиляційні труби; надійність; експлуатаційна придатність; корозія

RELIABILITY AND OPERATIONAL SUITABILITY OF METAL CHIMNEYS HEARTH AND POWER PLANTS OF OAO "TAGANROG METALLURGICAL PLANT" AFTER A LONG PERIOD OF OPERATION

FURSOV V.V.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,

YAROVOJ S.N.², Cand. Sc. (Tech.), Prof.

^{1*} Department of metal and wooden structures, Kharkiv National University of Construction and Architecture, st. Sumskey 40, 61102, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 7061763, e-mail: vadfursov@mail.ru. ORCID ID: 0000-0003-0086-0156.

² Department of metal and wooden structures, Kharkiv National University of Construction and Architecture, st. Sumskey 40, 61102, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 7061763, e-mail: psp-nauka@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0003-2886-9456.

Abstract. Purpose. Determining the reliability and serviceability of the metal flue and vent pipes after long periods of operation is an important task for the industrial enterprises. Exiting the operating smoke and ventilation ducts leading to the suspension of production, large financial losses and is a danger to the life of company employees. Timely technical diagnosis and subsequent repair work can provide the reliability and serviceability of the metal pipes. In order to assess the reliability and serviceability was conducted a detailed survey of three metal chimneys hearth shop and two chimneys of power plant after a prolonged period of operation. According to a survey carried out a verification calculation with regard to the existing at the moment loads and defects and damage to pipes. **Methodology.** It was developed a method of work on the diagnosis of the technical state of structural metal flue and chimney, which includes, work on visual and instrumental inspection of metal tubes. It has been determined the actual technical condition of the pipes and the load current at the time of the survey, conducted test tubes calculation taking into account the corrosive wear of the elements to determine the actual stress in the pipe elements. **Findings.** Based on visual inspections and instrumental metal flue and chimney, checking calculations of results on the reliability and serviceability of the pipe, the recommendations for repair and further operation. On the basis of the identified significant corrosion wear metal flue and ventilation pipes, the state of the protective paint coating, mechanical damage and normal staple fences technical condition of the pipe recognized Limited Function (category III). After repairs smoke and ventilation pipes were considered fit for further use. **Originality.** The data on the corrosion wear and other defects and damages the metal flue and vent pipes after 15-50 years of operation. **Practical value.** Results of technical survey and examination of industrial safety of metal flue and vent pipes it possible to evaluate their technical condition, reliability and usability and extend the term of further safe operation after repairs.

Keywords: metal chimneys; metal ventilation pipes; reliability; operational suitability; corrosion.

Определение надежности и эксплуатационной пригодности металлических дымовых труб после длительных сроков эксплуатации является актуальной задачей для промышленных предприятий. Выход из эксплуатации дымовых труб

приводит к остановке производства, большим финансовым потерям и несет опасность для жизни сотрудников предприятий. Своевременная техническая диагностика с последующими ремонтными работами способна обеспечить

надежность и эксплуатационную пригодность металлических дымовых труб. Рассмотрим надежность и эксплуатационная пригодность трех металлических дымовых труб мартеновского цеха и двух вытяжных труб энергетического цеха ОАО «Тагмет» после длительных сроков эксплуатации.

Металлическая дымовая труба высотой 25.00м газоочистки печи КС-55 мартеновского цеха построена в 2001 году по проекту АООТ «Проектгазоочистка» в г.Санкт-Петербург. Высота трубы – 25.00м, диаметр выходного отверстия – 1.004м (рис.1).



Рис 1. Общий вид металлической дымовой трубы высотой 25.00м газоочистки мартеновского цеха /

The overall appearance of the metal chimney height 25.00 m gas purification open-hearth shop

Ствол трубы с отм. 0.30м до отм.25.00м цилиндрического очертания, внутренний диаметр трубы - 1004мм, толщина стенки - 8мм. На отм. 5.565м к стволу трубы подходит газоход. На отм. 1.0м на трубе расположен технологический люк, размером 1.30x1.30м. На отм. 18.60м труба закреплена распорками к несущим конструкциям здания газоочистки. Ствол трубы изготовлен из стали ВСтЗпс. Футеровка ствола трубы по всей высоте не предусмотрена. Под металлическую дымовую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент. Размер фундаментной плиты - 3.00x3.00м, железобетонный стакан высотой - 3.450м, размером – 2.00x2.00м. Класс бетона фундамента по проекту – В 15 (марка М200). Грунт в основании фундамента – суглинок. Металлическая труба закреплена на железобетонном фундаменте 16-ью анкерными болтами диаметром 25мм. Известково-обжигательная печь КС-55 работает на природном газе, максимальная температура отводимых газов +120⁰С. Степень агрессивного воздействия – среднеагрессивная. На трубе приварены ходовые

скобы с ограждением с отм. 2.00м до отм. 25.00м. Металлическая дымовая труба высотой 25.00м мартеновского цеха предназначена для отвода газов, образующихся при работе известково-обжигательной печи КС-55. Труба эксплуатируется более 15 лет.

Металлическая дымовая труба высотой 24.00м газоочистки сушильного барабана участка ШОС мартеновского цеха построена в 70-тые годы XX столетия. Высота трубы – 23.5м, диаметр выходного отверстия – 0.784м (рис.2).



Рис 2. Общий вид металлической дымовой трубы высотой 24.00м газоочистки сушильного барабана /

The overall appearance of the metal chimney height 24.00 m gas cleaning of the drying drum.

Ствол трубы с отм. 0.50м до отм.13.00м цилиндрического очертания, внутренний диаметр трубы - 1084мм. толщина стенки - 8мм. Ствол трубы с отм. 0.50м до отм.13.00м цилиндрического очертания, внутренний диаметр трубы - 1084мм. толщина стенки - 8мм. С отм. 14.00м и до отм. 24.00м ствол трубы также цилиндрического очертания, внутренний диаметр – 784мм, толщина стенки – 8мм. С отм. 13.00м до отм. 14.00м труба имеет конусообразное очертание с переходом диаметра трубы с 1084мм до 784мм. На отм. 7.50м к стволу трубы подходит газоход. Ствол трубы изготовлен из стали ВСтЗпс. Футеровка ствола трубы по всей высоте не предусмотрена. Под металлическую дымовую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент, размером - 2.00x2.00м. отметка низа фундамента -1.50м, отметка верха фундамента +0.50м. Класс бетона фундамента по проекту – В 15 (марка М200). Грунт в основании фундамента – суглинок. Металлическая труба закреплена на железобетонном фундаменте 4-ью анкерными болтами диаметром 42мм. Сушильный барабан работает на природном газе, максимальная температура отводимых газов +100⁰С. Степень

агрессивного воздействия – среднеагрессивная. На трубе приварены ходовые скобы с ограждением с отм. 1.50м до отм. 24.00м. На трубе установлен один молниеприемник с заземляющим контуром. Металлическая дымовая труба высотой 24.00м мартеновского цеха предназначена для отвода газов, образующихся при работе газоочистки сушильного барабана участка ШОС.

Металлическая дымовая труба высотой 17.8м печи обжига огнеупоров мартеновского цеха построена в 1961 году по проекту проектно-конструкторского отдела «Таганрогского металлургического завода» в г. Таганроге. Высота трубы – 17.8м, диаметр выходного отверстия – 0.95м (рис.3).



Рис 3. Общий вид дымовой трубы высотой 17.80м печи обжига огнеупоров /General view of the chimney height 17.80 m kiln refractories

Ствол трубы цилиндрического очертания, с геометрическими параметрами ствола трубы с отм. 0.200м до отм. 17.80м – внутренний диаметр трубы 934мм, толщина стенки ствола трубы 8мм. На отм. 1.50м к стволу трубы подходит газоход. Ствол трубы изготовлен из стали СтЗпс. Футеровка ствола трубы по всей высоте отсутствует. Под металлическую дымовую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент, размером - 2.40 x 2.40м. Железобетонный фундамент стаканного типа высотой - 1.4м, отметка верха фундамента +0.20м. Марка бетона фундамента по проекту – М150. Грунт в основании фундамента – суглинок. Металлическая труба закреплена на железобетонном фундаменте 8-ью анкерными болтами диаметром 36мм. Печи обжига огнеупоров работают на природном газе, максимальная температура отводимых газов +90⁰С, минимальная +60⁰С. Степень агрессивного воздействия – среднеагрессивная. На трубе установлена ходовая лестница с отм. 4.00м до отм. 17.70м. Ограждение ходовой лестницы с отм. 5.00м

и до оголовка трубы. Молниеприемник на трубе отсутствует. Металлическая дымовая труба высотой 17.8м мартеновского цеха предназначена для отвода газов, образующихся при работе печи обжига огнеупоров.

Две металлические вентиляционные трубы высотой 19.87метров для забора воздуха в камеру фильтров компрессоров 4М 10-50/70 и 4М 10-50/72 кислородной станции энергетического цеха построена в 1985 году по проекту института «Гипрометз» в г. Днепропетровск. Высота труб – 19.87м, диаметр выходного отверстия – 700мм (рис.4).



Рис 4. Общий вид металлической вентиляционной трубы высотой 19.9м энергетического цеха компрессора забора воздуха/ General view of metal vent pipe with a height of 19.9 m energy shop compressor air intake

Ствол трубы цилиндрического очертания толщиной 10мм. На отм. 1.300м к стволам труб подходят газоходы диаметром 700мм. Стволы труб изготовлен из стали ВСтЗкп. Опорный лист базы трубы толщиной 40мм размером 1400x1400мм, приварен к стволам труб и ребрам жесткости. К стволам труб и опорным плитам приварены восемь ребер жесткости из листа толщиной 10мм через 45⁰ в горизонтальной плоскости. Размеры ребер жесткости – 750x130мм. На отм. 10.80м стволы труб раскреплен из плоскости двумя распорками из спаренных швеллеров. Распорки закреплены к элементам каркаса здания. Футеровка стволов труб отсутствует. Под каждую металлическую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент, размером - 2.10x1.80м. Глубина заложения фундамента -2.2м, отметка верха фундамента +0.20м, марка бетона фундамента – М200. Грунт в основании фундаментов – суглинок. Металлические трубы закреплены на железобетонных фундаментах 8-ью анкерными болтами диаметром 30мм. На трубах приварены ходовые скобы без ограждения с отм. 0.80м до отм.

19.87м. На оголовках труб установлены металлические колпаки. Металлические промышленные вытяжные труба высотой 19.87метров предназначена для забора воздуха в камеру фильтров компрессора 4М 10-40/70 кислородной станции энергетического цеха. Трубы непрерывно эксплуатируются более 30 лет.

С целью оценки технического состояния металлических дымовых и вытяжных труб после длительного срока эксплуатации было проведено детальное визуальное и инструментальное обследование металлических конструкций и железобетонных фундаментов, проведен проверочный расчет в соответствии с действующими нормами [8], с учетом действующих на настоящий момент нагрузок [5] и дефектов и повреждений в трубах. Визуальному обследованию подвергались железобетонные фундаменты под трубы и анкерные болты крепления, металлические стволы и базы дымовых и вентиляционных труб, металлические распорки раскрепления труб к зданиям.

Для определения фактического технического состояния металлоконструкций дымовых и вытяжных труб были произведены подъемы по трубам до верхнего обреза. В ходе обследования определялись:

- степень коррозионного износа и состояние лакокрасочного покрытия элементов металлических дымовых и вентиляционных труб;
- состояние распорок раскрепляющих трубы;
- наличие механических повреждений и потери устойчивости элементов металлических труб;
- состояние сварных соединений элементов металлических вытяжных и дымовых труб.



Рис 5. Коррозия ствола и разрушение защитного лакокрасочного покрытия дымовой трубы /Corrosion of the barrel and destruction of the protective paint coating of the chimney gas purification

Степень коррозионного износа определялась измерением фактической толщины стенки труб методом ультразвуковой толщинометрии с использованием толщиномера А 1207. Толщинометрия стволов труб производилась с отм. +0.30м через каждые 1.0 м у базы труб и ниже оголовка, через 2.0м – посередине труб. В каждом уровне толщина определялась в двух-трех точках сечения. В результате замеров установлено следующее:

- коррозионный износ ствола вытяжной трубы компрессора 4М 10-50/70 кислородного цеха – до 15% сечения трубы, элементов базы – до 3%, защитное лакокрасочное покрытие разрушено на 10% наружной поверхности трубы;

- коррозионный износ ствола вытяжной трубы компрессора 4М 10-50/71 того же цеха – до 5%, элементов базы – 3%, защитное лакокрасочное покрытие разрушено на 10% наружной поверхности трубы;

- коррозионный износ дымовой трубы газоочистки печи КС-55 мартеновского цеха - не превышает 3%, элементов базы – 3%, защитное лакокрасочное покрытие разрушено на 50% наружной поверхности трубы;

- коррозионный износ дымовой трубы газоочистки сушильного барабана ШЮС мартеновского цеха - до 10%, опорной плиты и ребер базы – до 10%, защитное лакокрасочное покрытие разрушено на 50% наружной поверхности трубы;

- коррозионный износ дымовой трубы печи обжига огнеупоров – до 15%, защитное лакокрасочное покрытие разрушено на 50% наружной поверхности трубы.



Рис 6. Коррозия ствола дымовой трубы печи обжига огнеупоров /

Corrosion of the barrel of the chimney of a kiln refractories

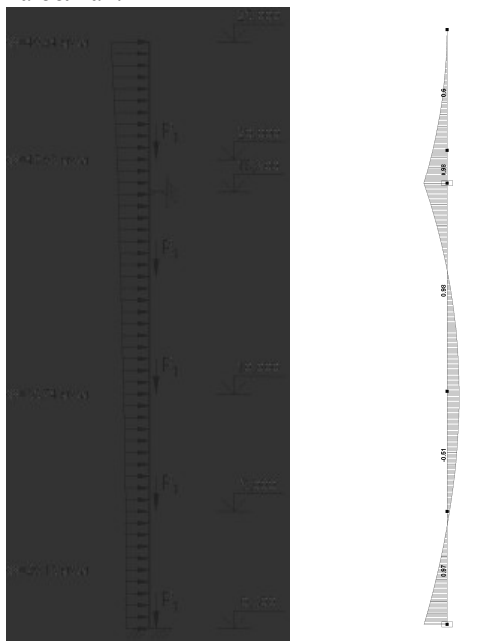
Необходимо отметить существенное различие в коррозионном износе вытяжных труб кислородного

цеха – 15% трубы компрессора 4М 10-50/70 и 5% трубы компрессора 4М 10-50/71. Две вытяжные трубы введены в эксплуатацию в одно время, изготовлены из одинакового металла, эксплуатируются в одинаковых условиях. Это связано, с неодинаковым временем нахождения в режиме эксплуатации каждой трубы.

При обследовании в стволах дымовых труб не выявлены повреждений механического характера или потеря устойчивости участков труб. Качество сварных швов между элементами трубы удовлетворительное – непроваров и трещин в сварных швах не обнаружено.

Для устойчивости металлических вентиляционных труб кислородного цеха и дымовой трубы газоочистки сушильного барабана ШОС мартеновского цеха большое значение имеет раскрепление труб в горизонтальном направлении (из плоскости). Каждая из этих труб раскреплена в одном уровне к стенам или каркасу рядом стоящих зданий. Все распорки этих труб находятся в работоспособном состоянии и раскрепляют трубы из плоскости.

Анкерные болты крепления баз дымовых труб мартеновского цеха и вентиляционных труб кислородного цеха затянуты, установлены контргайки на болтах.



*Рис 7. Расчётная схема дымовой трубы газоочистки мартеновского цеха и эпюры и изгибающих моментов M /
A design scheme of chimney gas purification OHP and plot the bending moments M*

В результате визуального и инструментального обследования технического состояния выявлено

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия / Справочник проектировщика. Под ред. Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича. – М. Стройиздат, 1981. 354с.
2. Защита строительных конструкций от коррозии. Свод правил / СП 28.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. М.: - Минрегионразв., РФ, 2012.-123с.

разрушение сварки многих элементов ограждений металлических дымовых труб мартеновского цеха.

При расчёте трубы [4, 6-8, 11] была учтена пульсационная составляющая ветровой нагрузки, зависящая от частоты и формы собственных колебаний трубы. Дымовая труба рассчитывалась по программе, основанной на методе конечных элементов, в котором представлена стержневой системой с массами, сосредоточенными в 5 узлах. Узлы сосредоточения масс равномерно распределены по высоте трубы.

Проверка устойчивости дымовой трубы проводилась как для цилиндрической оболочки.

В результате проверочных расчетов металлических труб на прочность установлено, что максимальные напряжения в стволах труб не превышают расчетных сопротивлений для листового проката из которых изготовлены эти трубы. Проверочные расчеты на устойчивость показали, что устойчивость металлических труб как стержневых элементов и как цилиндрических оболочек обеспечена.

На основании визуального и инструментального обследований, проверочных расчетов металлических дымовых и вентиляционных труб сделан вывод, что все они находятся в ограниченно работоспособном состоянии (категория III), из-за существенно коррозионного износа.

Металлические трубы эксплуатируются на протяжении от 15 лет до 45 лет, коррозионный износ достигает величины 15%. В таких условиях особое внимание необходимо уделять антикоррозионной защите труб, так как это напрямую связано с надежностью и эксплуатационной пригодностью металлических дымовых и вентиляционных труб. Необходимо вести мониторинг коррозионного износа труб.

Техническим службам ОАО «Тагмет» было предписано устранить выявленные при обследовании дефекты и повреждения металлических и вентиляционных дымовых труб при проведении ремонтных работ. Основными работами по ремонту являлись – восстановление разрушенных сварных швов между элементами ограждения ходовых лестниц, очистка всех элементов металлических дымовых и вентиляционных труб от продуктов коррозии, восстановление защитного лакокрасочного покрытия на поверхности труб.

После выполнения ремонтных работ три металлические дымовые трубы мартеновского цеха и две вентиляционные трубы кислородного цеха ОАО «Тагмет» были признаны пригодны для дальнейшей нормальной эксплуатации.

3. Металлические конструкции / Г.С. Ведеников и коллектив авторов.- М.: Стройиздат, 1998.-758с.
4. Металлические конструкции. Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.В.Кузнецова. ЦНИИПроектстальконструкция им. Мельникова. М.:Стройиздат, 1989. -654с.
5. Нагрузки и воздействия. Свод правил / СП 20.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.: - Минрегионразв., РФ, 2011.-81с.
6. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинский, А.В. Перельмутер, С.Ф. Пичугин. М.: Ассоциации строительных вузов. 2006. -478с.
7. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра // М. Стройиздат, 1978. 237с.
8. Стальные конструкции. Свод правил СП 16.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*.- М.: -Минрегионразв., РФ, 2011.-172.
9. Яровой С.Н. Надежность и жизнеспособность металлических дымовых труб компрессорных станций магистрального газопровода «Кременчуг-Ананьев-Черновцы-Богородчаны» после длительного срока эксплуатации / С.Н. Яровой, А.И. Горовый // Расчет и проектирование металлических конструкций. Сб. научн. тр. М.: - МГСУ. 2013. -с.251-256.
10. Яровой С.Н. Эксплуатационная пригодность металлических дымовых труб печей цеха №1 ОАО «Тгамет» после длительного срока эксплуатации / И.И.Ведяков, М.И. Гукова, С.Н. Яровой // Строительная механика и расчет сооружений. Научно-технический журнал. №2. М.: -ЦНИИСК им. Кучеренко, 2016. – с.7-12.
11. EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. General actions . Wind action. / Brussels: CEN, 2002. –р.151.
12. ISO 4354: 1997. Wind action on structures / Swizerland, 1997. –р.143.
13. Zuransky J.A. Obcizenia wiatrem budowa i konstrukcji / J.A.Zuransky/ -Warszawa, 1978. -240p.

REFERENCES

1. Dinamicheskiy raschet sooryzenij na specialnie vozdeystvij [Dynamic calculation of structures for special effects]. Spravochnik proektirovchika [Designer's Handbook]. Ed. B.G.Koreneva, I.M.Rabinovicha. Moscow, Stroyizdat, 1981, 354p.
2. Zachina stroitelnih konstrukcij ot korrozij [Protection of building constructions against corrosion]. Svod pravil [Rulebook] . SP 28.13330.2012. The updated edition of SNiP 2.03.11-85. Moscow, Minregionrazv, 2012, 123p.(in Russian).
3. Metallicheskie konstyrukcij. [Metal construction]. G.S. Vedenikov and staff authors. Moscow, Stroyizdat, 1998. 758p.
4. Metallicheskie konstyrukcij. Spravochnik proektirovchika [Metal construction. Designer's Handbook]. Edited by V.V.Kuznetsov. TsNIIproektstalkonstruksiya them. Melnikova. Moscow, Stroyizdat, 1989. 654p.
5. Nagruzki i vozdeystvij [Loads and effects]. Svod pravil [Rulebook]. SP 20.13330.2011. The updated edition of SNiP 2.01.07-85 *. Moscow, Minregionrazv, 2012, 81p.(in Russian).
6. Gordeev V.N., Lantukh-Lyashenko A.I., Pashinsky V.A., Perel'muter A.V., and Pichugin S.F.. M. Nagruzki i vozdeystvij na zdaniy i sooruzenij [Loads and effects on buildings and structures]. Moscow, Association building universities, 2006. 478p. (in Russian).
7. Rukovodstvo po rachety zdaniy i sooryzensj na dejstvie vetra [Guidance on the calculation of buildings and structures on the effect of wind]. Moscow, Stroyizdat, 1978, 237p.
8. Stalnie konstrukcij [Steel construction]. Svod pravil [Rulebook]. SP 16.13330.2011. The updated edition of SNiP II-23-81 *. Moscow, Minregionrazv, 2011, 172p. (in Russian).
9. Yarovoj S.N., and Gorovij A.I. Nadeznost i ziznestojkost metallucheskikh dumovuh trub kompressornuh stancij magistralyogo gszoprovoda "Kremenchug-Ananiev-Chernovtsy-Bogorodchany" posle dlitel'nogo sroka ekspluatatsii [Reliability and viability metal chimneys compressor stations of main gas pipeline "Kremenchug-Ananiev-Chernovtsy-Bogorodchany" after a long service life]. Raschet i proektirovanij metallicheskih konstrukcij [Calculation and design of steel structures]. Moscow, MSUCE, 2013, pp.251-256.
10. Vediaikov I.I., Gukova M.I.,and Yarovoj S.N. Ekspluatatsionnaj prigodnost metallicheskih dumovuh trub pechej ceha №1 ОАО 'Tagmet' posle dlitel'nogo sroka eksplyatatsii [Usability metal flue pipes of furnaces of shop №1 JSC "Tagmet" after a long period of time]. Stroitel'naj mehanika i rascet sooruzenij. Načno tehnsceskij gyrnal №2.[Structural mechanics and calculation of structures]. Moscow, CNIISK by Kycherenko, 2016, no.2, pp.7-12. (in Russian).
11. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. EN 1991-1-4.General actions . Wind action. Brussels: CEN, 2002. - 151p.
12. Wind action on structures . ISO 4354: 1997. Swizerland, 1997. -143p.
13. Milfroad R.V. Structural reliability and cross-wind response of tall chimneys.-Engeniaring Structures, 1982, vol.4, №4, pp.263-270.