

Рис. 3. Локализованное пластическое деформирование образца с отверстием 10 мм

ЛИТЕРАТУРА:

1. Горб М.И., Капринос Д.М., Островский А.А. Экспериментальное исследование влияния деформационной анизотропии на упруго-пластические свойства тонколистовой стали // Пробл. прочности. 1970. - № 7. - С. 25-30.
2. Полонский В.Ю. Расшифровка голографических и спекл-интерферограмм, характеризующих пластическое деформирование в областях полос Людерса-Чернова. Наук. вісник будівництва - Харків: ХОТБ АБУ, 2012.- Вип. 69. - С. 408-412.
3. Вест Ч. Голографическая интерферометрия / Пер. с англ. Под ред. Ю.И. Островского. М.: Мир, 1982. - 504 с.
4. Островский Ю.И., Бугусов М.М., Островская Г.В. Голографическая интерферометрия. М.: Наука, 1977. - 336 с.
5. Оптическая голография: Практические применения / Под ред. В. М. Гинзбург, Б. М. Степанова. М.: Сов. Радио, 1973. - 240 с.
6. Гинзбург В.М., Степанов Б.М. Голографические измерения. М.: Радио и связь, 1981.- 297с.
7. Джоунс Р., Уайкс К. Голографическая и спекл-интерферометрия / Пер. с англ. Под ред. Г.В.Скродского. М.: Мир, 1986. - 327 с.

УДК 624.012

Яровой С.Н.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЫМОВЫХ ТРУБ ОАО «ТАГАНРОГСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В настоящее время актуальной задачей является оценка технического состояния и определения эксплуатационной пригодности металлических дымовых и вытяжных труб после длительных сроков эксплуатации. Металлические дымовые и вытяжные трубы, возведенные во времена бурного развития промышленности (60-тые – 80-тые годы XX

столетия), эксплуатируются до настоящего времени в условиях сильного агрессивного воздействия. Диагностика их технического состояния и своевременный ремонт по результатам диагностики, позволяют увеличивать сроки безопасной и надежной эксплуатации металлических дымовых и вентиляционных труб.

Две металлические вентиляционные трубы высотой 19.87 метров 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.1).

Ствол труб цилиндрического очертания толщиной 10мм. На отм. 1.300м к стволам труб подходят газоходы диаметром 700мм. Стволы труб изготовлен из стали ВСт3кп. Опорный лист базы труб толщиной 40мм размером 1400х1400мм, приварен к стволам труб и ребрам жесткости. На отм. 10.80м стволы труб раскреплен из плоскости двумя распорками из спаренных швеллеров. Распорки закреплены к элементам каркаса зда-

ния. Футеровка стволов труб отсутствует. Под каждую металлическую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент, размером - 2.10х1.80м, марка бетона фундамента – М200. Грунт в основании фундаментов – суглинок. Металлические трубы закреплены на железобетонных фундаментах 8-ью анкерными болтами диаметром 30мм. Трубы непрерывно эксплуатируются более 30 лет.

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.2, а).

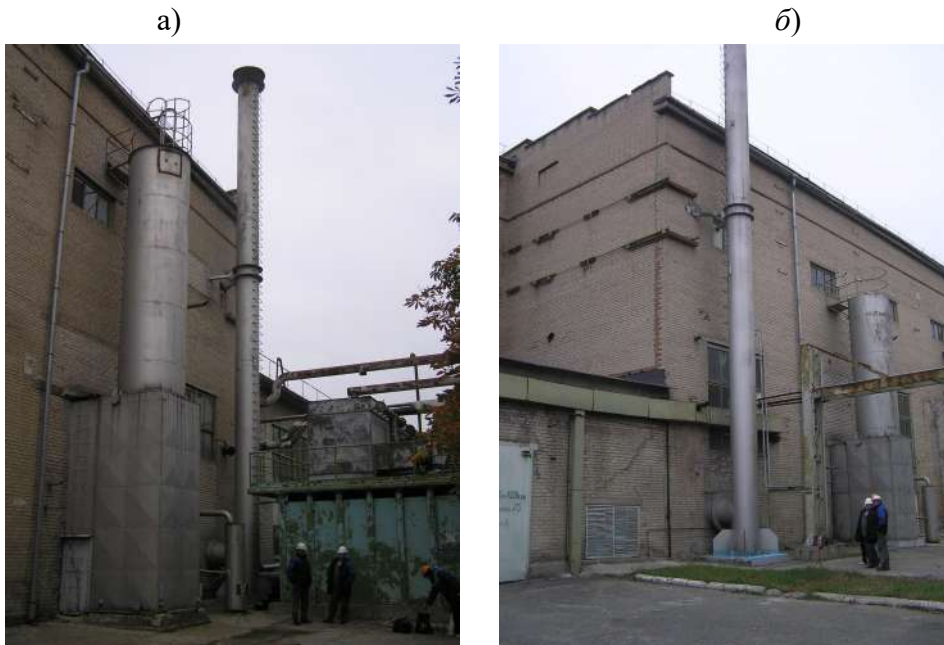


Рис.1. Общий вид металлических вытяжных труб высотой 19.9м кислородного цеха: труба компрессора 4М 10-50/70- (а); труба компрессора 4М 10-50/71- (б).

Ствол трубы с отм. 0.30м до отм.25.00м цилиндрического очертания. На отм. 5.565м к стволу трубы подходит газоход. На отм. 18.60м труба закреплена распорками к несущим конструкциям здания газоочистки. Ствол трубы изготовлен из стали ВСт3пс. Футеровка ствола трубы по всей высоте не предусмотрена. Под металлическую дымовую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент, размер фундаментной плиты - 3.00х3.00м, класс бетона фундамен-

та 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 +120<sup>0</sup>С. Степень агрессивного воздействия – среднеагрессивная. Труба эксплуатируется более 15 лет.



Рис. 2. Общій вид металлических дымовых труб мартеновского цеха: дымовой трубы высотой 25.00м газоочистки печи КС-55 – (а); дымовая труба высотой 24.00м газоочистки сушильного барабана ШОС – (б), дымовая труба высотой 17.80м печи обжига огнеупоров – (в).

Металлическая дымовая труба высотой 24.00м газоочистки сушильного барабана участка ШОС мартеновского цеха построена в 70-тые годы XX столетия. Высота трубы – 3.5м, диаметр выходного отверстия – 0.784м (рис.2, б). Ствол трубы с отм. 0.50м до отм.13.00м и отм. 14.00м и до отм. 24.00м цилиндрического очертания, внутренний диаметр трубы соответственно - 1084мм и 784мм, толщина стенки - 8мм. 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. 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. Температура отводимых газов +100<sup>0</sup>С. Степень агрессивного воздействия – среднеагрессивная.

Металлическая дымовая труба 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.2, в). Ствол трубы цилиндрического очертания, толщина стенки ствола трубы 8мм. На отм. 1.50м к стволу трубы подходит газоход. Ствол трубы изго-

товлен из стали СтЗпс. Футеровка ствола трубы по всей высоте отсутствует. Под металлическую дымовую трубу устроен монолитный железобетонный фундамент, размером - 2.40 x 2.40м, марка бетона фундамента по проекту – М150. Грунт в основании фундамента – суглинок. Металлическая труба закреплена на железобетонном фундаменте 8-ью анкерными болтами диаметром 36мм. Температура отводимых газов +90<sup>0</sup>С, минимальная +60<sup>0</sup>С. Степень агрессивного воздействия – среднеагрессивная.

Для оценки технического состояния металлических дымовых и вытяжных труб после длительного срока эксплуатации было проведено детальное визуальное и инструментальное обследование металлических конструкций и железобетонных фундамента, проведен проверочный расчет в соответствии с действующими нормами [1], с учетом действующих на настоящий момент нагрузок [3] и дефектов и повреждений в трубах.

Степень коррозионного износа определялась измерением фактической толщины стенки труб методом ультразвуковой толщинометрии с использованием толщиномера А 1207.

Толщинометрия стволів труб проводилась с отм. +0.30м через каждые 1.0 м у бази труб і нижче оголовка, через 2.0м – по середині труб. В кожному рівні товщина визначалась в двох-трьох точках сечення.

В результаті замірів встановлено наступне:

- корозійний знос ствола витяжної труби компресора 4М 10-50/70 кислородного цеха – до 15% сечення труби, елементів бази – до 3%, захисне лакофарбове покриття знищено на 10% зовнішньої поверхні труби;

- корозійний знос ствола витяжної труби компресора 4М 10-50/71 того ж цеха – до 5%, елементів бази – 3%, захисне лакофарбове покриття знищено на 10% зовнішньої поверхні труби;

- корозійний знос димової труби газоочистки печі КС-55 мартенівського цеха - не перевищує 3%, елементів бази – 3%, захисне лакофарбове покриття знищено на 50% зовнішньої поверхні труби;

- корозійний знос димової труби газоочистки сушильного барабана ШОС мартенівського цеха - до 10%, опорної плити і ребер бази – до 10%, захисне лакофарбове покриття знищено на 50% зовнішньої поверхні труби;

- корозійний знос димової труби печі обжигу огнеупорів – до 15%, захисне лакофарбове покриття знищено на 50% зовнішньої поверхні труби.

Необхідно відзначити суттєве різниця в корозійному зносі витяжних труб кислородного цеха – 15% труби компресора 4М 10-50/70 і 5% труби компресора 4М 10-50/71. Дві витяжні труби введені в експлуатацію в одне час, виготовлені з однакового металу, експлуатуються в однакових умовах. Це пов'язано, напевно, з неоднаковим часом перебування в режимі експлуатації кожної труби.

При обстеженні в стволах димових труб не виявлені вмятини механічного характеру або втрата стійкості ділянок труб. Якість зварних швів між елементами труби задовільна – несправ і тріщин в зварних швах не виявлено.

Для стійкості металевих вентиляційних труб кислородного цеха і димової труби газоочистки сушильного барабана ШОС мартенівського цеха велике значення має розкріплення труб в горизонтальному напрямку (з площини). Кожна з цих труб розкріплена в одному рівні до стін або каркасу поруч стоячих будівель. Всі розпорки цих труб знаходяться в робочому стані і розкріплюють труби з площини.

Якорні болти кріплення баз димових труб мартенівського цеха і вентиляційних труб кислородного цеха затянуті, встановлені контргайки на болтах.

В результаті візуального і інструментального обстеження технічного стану виявлено знищення зварки багатьох елементів огорожень металевих димових труб мартенівського цеха.

По результатах обстеження металевих димових труб мартенівського цеха і витяжних труб кислородного цеха з визначенням корозійного зносу труб і урахуванням діючих на даний час навантажень, було проведено перевіряючий розрахунок з допомогою проектно-чисельного комплексу SCAD 11.3.

В розрахунковій схемі для трьох труб, в одному рівні по висоті, встановлено обмеження переміщення по горизонталі (на практиці розпорками), димові труби газоочистки печі КС-55 і печі обжигу огнеупорів мартенівського цеха розраховувалися як вільностоячі.

При розрахунку труб [4, 6-10] були враховані пульсаційні складові вітряного навантаження, залежні від частоти і форми власних коливань труби. В розрахунку прийняті фактичні товщини стінок труби з урахуванням корозійного зносу.

Перевірка стійкості димових труб проводилась як для циліндричних оболонок.

В результаті перевіряючих розрахунків металевих труб на міцність встановлено, що максимальні напруження в стволах труб не перевищують розрахункових опору для листового прокату з якого виготовлені ці труби.



Рис. 3. Коррозия ствола трубы и разрушение защитного лакокрасочного покрытия: дымовой трубы газоочистки печи КС-55 – (а); дымовая труба газоочистки сушильного барабана ШОС – (б), дымовая труба печи обжига огнеупоров – (в).

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 вытяжных 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.

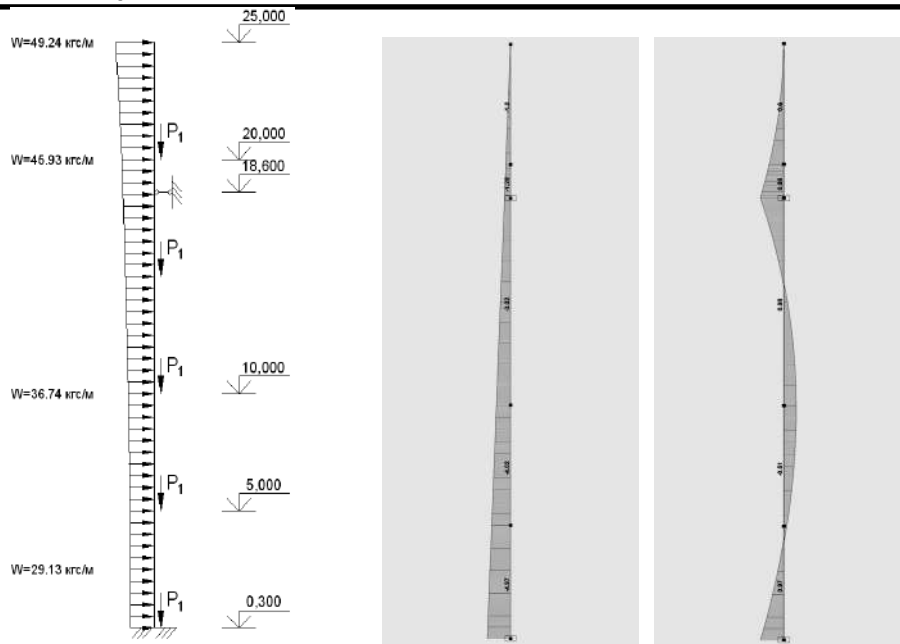


Рис. 4. Расчётная схема дымовой трубы газоочистки печи КС-55 мартеновского цеха и эпюры продольной силы  $N$  (т) и изгибающих моментов  $M$  (т·м).

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 вытяжные трубы кислородного цеха ОАО «Тагмет» были признаны пригодны для дальнейшей нормальной эксплуатации.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*.
2. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.
3. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.

4. Босаков С., Калоша О. К расчету сооружений на ветровую нагрузку // Строительство и недвижимость, №8. 2003 г. С.348.-352.
5. Ведяков И.И., Гукова М.И., Яровой С.Н. Надежность и эксплуатационная пригодность металлических дымовых труб секционных печей трубопрокатного цеха №1 ОАО «Таганрогский металлургический завод» после длительного срока эксплуатации // строительная механика и расчет сооружений, №2. 2016 г. С.47-51.
6. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Нагрузки воздействия на здания и сооружения // М. Издательство «Ассоциация строительных вузов». 2006.450с.
7. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия // Справочник проектировщика. Под ред. Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича. – М. Стройиздат, 1981. 354с.
8. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра // М. Стройиздат, 1978. 237с.
9. EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4 General actions – Wind action. – Brussels: CEN, 2002.
10. ISO 4354: 1997. Wind action on structures. Switzerland. 1997.