

Особенности выполнения инженерного обследования газоотводящих стволов из кирпичной кладки

А.С. Перунов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Данная статья посвящена некоторым особенностям выполнения инженерно-технического обследования дымовых труб, выполненных из кирпичной кладки. Актуальность данной темы исследования обусловлена наличием в нашей стране большого количества функционирующих дымовых труб из кирпичной кладки, возраст которых превышает 50 лет, при этом четкого алгоритма выполнения обследований, с учетом всех возможных видов дефектов и особенностями выполнения поверочных расчетов данных конструкций, до настоящего времени не разработано. Автором статьи обоснована актуальность данной темы исследования, приведены виды дефектов, характерных для кирпичных дымовых труб, а также кратко описаны особенности выполнения поверочных расчетов данных сооружений при выполнении их инженерно-технических обследований.

Ключевые слова: обследование строительных конструкций, газоотводящие стволы из кирпичной кладки, дымовые трубы, кирпичная кладка, дефектоскопия дымовых труб, дефектоскопия строительных конструкций.

В современном промышленном производстве на территории только Российской Федерации на настоящий момент эксплуатируется порядка 200 тысяч дымовых труб. При этом большинство указанных сооружений эксплуатируется на опасных производственных объектах [1]. Данные сооружения разделяются по функциональному назначению на дымовые, предназначенные для отвода дымовых газов, которые образуются при сжигании различных видов топлива и вентиляционные, которые служат для отвода газозвоздушных смесей от различного вентиляционного оборудования. Исходя из конструктивных особенностей, данные сооружения выполняются металлическими, из кирпичной кладки, монолитного и сборного железобетона [2]. Большинство, эксплуатируемых на текущий момент, дымовых труб практически выработала заложенные при их возведении ресурсы. Это объясняется тем, что данные сооружения строились по

технологиям, позволяющим безопасно их эксплуатировать в течение 50 лет. В связи с данными особенностями возникают риски разрушения отдельных строительных элементов дымовых труб и аварий, связанных с обрушением сооружений в целом, что характерно для сооружений, возведенных в 1960-1980-е годы [3,4]. Наряду с естественным износом строительных конструкций дымовых труб, также следует отметить и нарушения, связанные неправильной эксплуатацией в течение срока службы сооружения.

Необходимость и важность выполнения плановых обследований и своевременных ремонтно-восстановительных работ для сооружений данного типа подтверждает ряд произошедших и связанных с обрушением аварий. Так, В 2006 году произошло обрушение дымовой трубы на крышу котельной, расположенной в Зеленоградском районе Калининградской области. В 2007-м году произошло обрушение дымовой трубы в поселке Троицк Калманского района в Алтайском крае. Учитывая выработку ресурса основных строительных конструкций для данного типа сооружений число подобных примеров в последнее время растет [5,6].

Практика выполнения инженерных обследований дымовых труб из кирпичной кладки, которые были возведены в период 1960-1980-х годов показала, что большинство из них в той или иной мере не соответствуют требованиям промышленной безопасности из-за наличия отдельных строительных конструкций, находящихся в ограниченно-работоспособном состоянии [7,8].

Таким образом, своевременное выполнение инженерно-технического обследования дымовых труб, в особенности, из кирпичной кладки, должно предупреждать их соответствие требованиям действующей нормативной документации в области промышленной безопасности.

При выполнении обследований кирпичных дымовых труб следует учитывать ряд особенностей сбора необходимой информации. Так, при

обследовании необходимо учитывать категории опасностей дефектов и повреждений, виды дефектов, возможные места возникновения дефектов, причины возникновения дефектов, способы устранения дефектов, а также ряд особенностей при выполнении расчётов, которые являются также неотъемлемой частью заключения [9]. При обследовании рекомендуется использовать возможности современных средств диагностики. Так, тепловизионная диагностика труб позволяет выявлять наличие трещин и иных дефектов в структуре кладки по всей высоте ствола трубы по характерным утечкам тепла. Применение квадрокоптеров позволяет оперативно выполнять осмотр конструкции на высоте в любых погодных условиях.

В настоящее время категории дефектов дымовых труб описаны в действующей редакции нормативного документа СО 153-34.21.408-2003 «Рекомендации по приемке строительства, реконструкции и ремонта дымовых труб тепловых электростанций и котельных». Согласно данному документу, дефекты классифицируются по трём признакам:

- «А» - представляющие опасность разрушения (превышающие нормативные значения крены или искривления стволов; механические повреждения и разрушение с расслоением кирпичной кладки ствола на глубину более 20 мм или раствора более чем на 40 мм; разрушение на участках футеровки более 1 кв.м. и прочее);
- «Б» - не представляющие значимой опасности, но способные вызвать повреждения других элементов и узлов, а также перейти при дальнейшем развитии в категорию «А»;
- «В» - не представляющие значимой опасности и при последующем их развитии не влияющие на основные несущие конструкции труб.

При обследованиях кирпичных дымовых труб могут быть выявлены

характерные дефекты и повреждения:

1. Деформации в виде изгиба в верхней части ствола трубы.

Данные повреждения могут относиться к категории «А» при изгибе более 300мм или к категории «Б» при изгибе менее 300 мм. Причиной возникновения дефектов может быть сульфатная коррозия кирпичной кладки. Данные дефекты устраняются путем демонтажа верхней части ствола трубы до прочной кладки с последующей антикоррозионной обработкой внутренней поверхности трубы.

2. Деформации (крен) основного ствола трубы от вертикальной плоскости.

Данные повреждения относятся к категории «А» - аварийному состоянию. Причиной возникновения дефектов может быть деформация основания трубы, некачественный монтаж ствола, локальное разрушение в кладке ствола трубы. Данные дефекты устраняются путем детального изучения причины их возникновения и устраняются путем разработки специального проекта [10,11].

3. Разрушение кирпичной кладки глубиной больше 50 мм на более ½ периметра в зоне оголовка ствола.

Данные повреждения могут относиться к категории «А» при повреждениях на глубину более 50мм вдоль ½ периметра и больше или к категории «Б» при повреждениях менее 50мм. Причинами возникновения дефектов могут быть размораживание кладки, влияние воздействия отрицательных температур, низкая скорость и повышенная влажность отходящих газов. Данные дефекты устраняются путем демонтажа до прочной кладки, повышением газоплотности футеровки, а также повышением гидроизоляционного и антикоррозионного покрытия внутренней части ствола.

4. Полное или частичное разрушение кладки оголовка.

Данные повреждения могут относиться к категории «А». Причиной возникновения дефектов является агрессивное воздействие эксплуатационной среды. Данные дефекты устраняются путем демонтажа поврежденной кладки до прочной кладки с последующей гидроизоляцией, антикоррозионной обработкой внутренней поверхности трубы и повышением газоплотности внутренней поверхности ствола. Важным условием предупреждения данного повреждения является вывод трубы на проектный режим работы.

5. Вертикальные трещины в стволе трубы шириной раскрытия более 10мм.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причиной возникновения дефектов могут быть не учтенные проектом значения температурных напряжений в стенке ствола, а также ослабление натяжения в стяжных кольцах. Данные дефекты предупреждаются соблюдением режима сушки и разогрева трубы при пуске. Устранение дефектов допускается путем устройства дополнительных стяжных колец и заделкой трещин термостойким герметиком. Диагностика данных дефектов упрощается применением теплового метода неразрушающего контроля [12].

6. Горизонтальные трещины к кладке ствола трубы.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причиной возникновения дефектов могут быть неучтенные проектом значения температурных напряжений в стенке ствола. Данные дефекты устраняются перекладкой кирпичной кладки ствола трубы до места повреждения, а также соблюдением режима сушки и разогрева трубы при пуске. После устранения данного вида дефекта необходимо вести особый учет режима эксплуатации трубы. Диагностика данных дефектов упрощается применением теплового метода неразрушающего

контроля.

7. Ослабление натяжения стяжных колец ствола трубы.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причиной возникновения дефектов является коррозия болтовых соединений в замках стяжных колец. Данные дефекты устраняются путем подтяжки болтовых соединений в замках с помощью динамометрического ключа или их заменой.

8. Поверхностная коррозия стяжных колец ствола трубы.

Данные повреждения относятся к категории «В». Причиной возникновения дефектов может быть воздействие внешней среды или дефекты монтажных работ. Данные дефекты устраняются восстановлением антикоррозионного покрытия стяжных колец.

9. Следы выступления конденсата по наружной поверхности ствола трубы. Участки обледенения (в зимнее время) или увлажнения.

Данные повреждения относятся к категории «А». При условии выявления данных дефектов только в период выхода трубы на проектный режим эксплуатации данные повреждения относятся к категории «Б». Причиной возникновения дефектов являются низкие тепловые нагрузки или нарушение газоплотности футеровки. Данные дефекты устраняются путем ремонта футеровки и обеспечением соблюдения проектного режима работы трубы. Диагностика данных дефектов упрощается применением теплового метода неразрушающего контроля [13].

10. Утрата (опрокидывание, падение) чугунных элементов оголовка трубы.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причиной возникновения дефектов является сульфатизация раствора кирпичной кладки футеровки. Данные дефекты устраняются путем переборки 5-7

рядов кирпичной кладки верхнего звена футеровки с восстановлением положения утраченных чугунных элементов оголовка трубы.

11. Сквозные трещины или отверстия в стволе трубы.

Данные повреждения относятся к категории «А» при повреждениях более 0,5 кв.м или к категории «Б» при повреждениях менее 0,5 кв.м. Причинами возникновения дефектов могут быть механические повреждения кирпичной кладки или дефекты монтажа кладки. Данные дефекты устраняются ремонтом ствола заделкой отверстий. При обследовании следует детально изучить причины повреждений кладки, путем выполнения поверочных расчетов с учетом ослабления смежных сечений ствола трубы. В случаях возникновения указанных дефектов может потребоваться разработка специального технического решения по восстановлению надежности трубы.

12. Трещины в конструкциях перекрытия (плитах и балках) зольника дымовой трубы.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причинами возникновения дефектов являются не учтенные проектом зольные отложения, неисправность гидроизоляции конструкций перекрытия или отклонения от проекта при монтаже конструкции. Данные дефекты устраняются путем очистки конструкций перекрытия от зольных отложений. В случаях отклонений от проекта при монтаже указанных конструкций следует выполнить специальный проект по усилению конструкций перекрытия.

13. Повреждение цементно-песчаного отливка в уровне оголовка трубы.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причинами возникновения дефектов является влияние действия среды и агрессивное воздействие газов. Данные дефекты устраняются путем восстановления отливка оголовка трубы.

14. Повреждение штукатурного слоя ствола трубы.

Данные повреждения относятся к категории «Б». Причинами возникновения дефектов является влияние действия среды и агрессивное воздействие газов. Данные дефекты устраняются путем очистки и восстановления штукатурного слоя.

При выполнении поверочных расчетов дымовых труб в разделе отчета по обследованию следует учитывать особенности эксплуатационных на нее воздействий, такие как переменный динамический характер от ветровых или сейсмических нагрузок. Также следует учитывать действие изгибающих моментов от влияния собственной массы трубы при ее горизонтальных смещениях. При расчётах необходимо учитывать зависимость величины усилий, передаваемых на нее от сопротивления трубы и параметров ее сечений. Указанные особенности работы конструкции при выполнении расчетов в настоящее время помогает учесть использование специализированных расчетных комплексов [14,15].

Для выполнения качественного расчетного анализа работы конструкции дымовых труб в процессе инженерного обследования необходимо уточнение параметров ее службы, учет всех конструктивных особенностей, учет влияния на кладку конструкций молниеотводов [16] и ходовых лестниц, учет фактических физико-механических свойств конструкционных материалов на момент обследования, учет данных о районе расположения сооружения, а также данные инженерной геологии.

Также, следует учитывать, что поверочные расчеты дымовых труб включают в себя не только конструктивные расчеты ствола трубы, но и теплоаэродинамические и антикоррозионные расчеты для внутренней стороны ствола трубы. В районах с сейсмической активностью необходимо дополнительно выполнять оценку сейсмобезопасности стволов труб с учётом

последних изменений действующих нормативных документов [17]. Указанные особенности обусловлены наличием частичных или значительных изменений в нормативной базе, регламентирующей надежность данных сооружений за последние 50 лет [18,19].

В заключение следует отметить, что перечисленные в данной статье особенности обследований кирпичных дымовых труб помогут качественнее оценивать работу конструкции в целом, предупреждать и вовремя устранять недопустимые дефекты и повреждения, прогнозировать и максимально продлять срок службы данных сооружений.

Литература

1. Ходько А.А., Лебедев В.Г. О безопасной эксплуатации дымовых и вентиляционных труб опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 5. С. 26-27.

2. Зулкарнеев Г. С., Мелентьев А. С., Гафиятуллина Н. М. Конструктивные решения железобетонных промышленных газоотводящих труб // Молодой ученый. 2016. №10. С. 208-213.

3. Баранников Ю.Н., Сафин И.Ф., Давыденко С.А., Костровский М.А., Братыгин О.А. Обследование технического состояния сооружения на опасном производственном объекте на примере кирпичной дымовой трубы высотой 45,0 метров, установленной на территории котельной // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. №12-2. С. 14-19.

4. Первушкин А., Коробейников С., Асадуллина О., Звездина О. Особенности обследования дымовых труб // Технадзор. 2015. №11(108). С. 180-182.

5. Григорьев Д., Говоров А., Крапивина И., Загидуллин А., Новасельский В. Экспертиза промышленных дымовых и вентиляционных труб//ТехНадзор. 2015. № 10 (107). С. 118-119.

6. Асташкин В. М., Маликов Д. А., Мишнев М. В. Методы реконструкции и ремонта дымовых труб // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. №38(297). С. 14-18.

7. Паутов А.Б. Некоторые подходы по обследованию фундаментов объектов капитального строительства при производстве строительной-технической экспертизы // Аллея науки. 2018. №4. С. 47-52.

8. Коткова О.Н. Учет нарушений высотных сооружений на опасных производственных объектах самарской области // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. №4. С. 72-76.

9. Кошелева Д.Д. Неразрушающие способы диагностики функционирующих промышленных дымовых труб//Молодежный научно-технический вестник. 2017. № 7. С. 25.

10. Шеховцов Г.А. Определение крена промышленных дымовых труб односторонним и двухэтапным способом направлений // Приволжский научный журнал. 2021. №3(59). С. 71-79.

11. Шеховцов Г.А. Определение крена промышленных дымовых труб фотографическим способом продолженного отвеса // Приволжский научный журнал. 2018. №4(48). С. 32-39.

12. Белов А.А., Иванов Ю.Д., Шестаков А.А., Царева С.Г., Черницов Н.С. Опыт применения экспертами теплового метода неразрушающего контроля при диагностике дымовых железобетонных труб // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. №10-1. С. 52-56.

13. Бабушкин Р.А., Гмызов Д.С., Иванов Ю.П. Тепловизионная диагностика дымовых труб // Инновационная наука. 2015. №9. С. 52-57.

14. Костина Е.В. Расчет остаточного ресурса кирпичной дымовой трубы по результатам комплексной экспертизы // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С. 1070-1074.

15. Пряничников А., Кривоногов С. Вопросы расчета остаточного ресурса стальных дымовых труб // ТехНадзор. 2015. № 11 (108). С. 186-187.
16. Тринус Н., Андреева И. Молниезащита дымовых труб // Технадзор. 2016. №1(110). С. 51-52.
17. Махиев Б.Е., Хапин А.В. Оценка сейсмобезопасности дымовых и вентиляционных труб промышленных предприятий // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. 2016. №1. С. 70-76.
18. Евтушенко С.И., Шутова М.Н., Вареница А.П. Применение комплексного подхода к определению надежности и остаточного ресурса дымовых труб промышленных предприятий // Строительство и архитектура. 2021. №1. С. 6-10.
19. Сатьянов В.Г., Бедов А.И., Пилипенко П.Б., Французов В.А., Сатьянов С.В. Определение остаточного ресурса безопасной эксплуатации промышленных дымовых и вентиляционных труб // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2008. №10. С. 19-32.

References

1. Hod'ko A.A., Lebedev V.G. Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2002. № 5. pp. 26-27.
2. Zulkarneev G. S., Melent'ev A. S., Gafiyatullina N. M. Molodoj uchenyj. 2016. №10. pp. 208-213.
3. Barannikov YU.N., Safin I.F., Davydenko S.A., Kostrovskij M.A., Bratygin O.A. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2015. №12-2. pp. 14-19.
4. Pervushkin A., Korobejnikov S., Asadullina O., Zvezdina O. Tekhnadzor. 2015. №11 (108). pp. 180-182.
5. Grigor'ev D., Govorov A., Krapivina I., Zagidullin A., Novasel'skij V. TekhNadzor. 2015. № 10 (107). pp. 118-119.



6. Astashkin V. M., Malikov D. A., Mishnev M. V. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2012. №38 (297). pp. 14-18.
7. Pautov A.B. Alleya nauki. 2018. №4. pp. 47-52.
8. Kotkova O.N. Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2011. №4. pp. 72-76.
9. Kosheleva D.D. Molodezhnyj nauchno-tehnicheskij vestnik. 2017. № 7. pp. 25.
10. Shekhovcov G.A. Privolzhskij nauchnyj zhurnal. 2021. №3(59). pp. 71-79.
11. Shekhovcov G.A. Privolzhskij nauchnyj zhurnal. 2018. №4(48). pp. 32-39.
12. Belov A.A., Ivanov YU.D., Shestakov A.A., Careva S.G., Chernicov N.S. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2015. №10-1. pp. 52-56.
13. Babushkin R.A., Gmyzov D.S., Ivanov YU.P. Innovacionnaya nauka. 2015. №9. pp. 52-57.
14. Kostina E.V. V sbornike: Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya molodyh uchenyh BGTU im. V.G. Shuhova. 2017. pp. 1070-1074.
15. Pryanichnikov A., Krivonogov S. TekhNadzor. 2015. № 11 (108). pp. 186-187.
16. Trinus N., Andreeva I. Tekhnadzor. 2016. №1(110). pp. 51-52.
17. Mahiev B.E., Hapin A.V. Vestnik Vostochno-Kazahstanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. D. Serikbaeva. 2016. №1. pp. 70-76.
18. Evtushenko S.I., Shutova M.N., Varenica A.P. Stroitel'stvo i arhitektura. 2021. №1. pp. 6-10.



19. Sat'yanov V.G., Bedov A.I., Pilipenko P.B., Francuzov V.A., Sat'yanov S.V. Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. 2008. №10. pp. 19-32.