

УДК 69.027.1

**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА  
И ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ  
НА ОБЪЕКТАХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*В.А. АКАТЬЕВ, Б.С. САЖИН, С.П. СУЩЕВ, В.И. ЛАРИОНОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина,  
ООО "Центр исследований экстремальных ситуаций" (ЦИЭКС), г. Москва)

На объектах текстильной промышленности, многие из которых классифицируются как опасные производственные объекты, эксплуатируются десятки промышленных дымовых труб. В связи с тем, что уровень обслуживания и качество ремонтов в последние 15 лет резко снизились, эксплуатация такого оборудования связана с рисками его обрушения.

Для обеспечения безопасной эксплуатации потенциально опасного и критически важного оборудования и сооружений необходимо, чтобы риск аварии указанного оборудования оценивался с применением инструментальных методов. При этом следует учитывать, чтобы подход был комплексным, а аппаратура позволяла осуществлять его без остановки трубы.

Комплексность подхода заключается в применении последовательно мониторингов внешней поверхности и футеровки трубы, проведении динамических испытаний дымовой трубы, а на базе анализа полученных результатов – использовании неразрушающих методов контроля.

До последнего времени внутренний мониторинг функционирующих дымовых труб не проводился, поскольку отсутствовала соответствующая технология.



Рис. 1

В ООО "ЦИЭКС" создан диагностический комплекс [1], позволяющий проводить внутренний мониторинг функционирующей дымовой трубы. Автономный аппарат (рис.1) диагностического комплекса в своем составе имеет энергетическую установку, излучатели лазерного и видимого спектра, приемники лазерного и видимого сигналов и компьютер.

Автономный аппарат на тросе с помощью специального крана, монтируемого на внешней стороне трубы, спускается в дымовую трубу. При движении в трубе (при температуре движущихся дымовых газов до 300 °С) он способен записать (в электронном виде) информацию о дефектах слоев футеровки высотой по 1200...1500 мм.

Такая информация записывается по двум каналам: в лазерном диапазоне – сплошная кольцевая развертка изображения внутренней поверхности трубы или в видимом спектре – "сшитые" фотографии (рис.2 – фрагмент полосы изображения футеровки дымовой трубы, полученной в результате "сшивания" отдельных изображений).



Рис. 2

Наружное обследование ствола трубы осуществляется с поверхности земли, све-

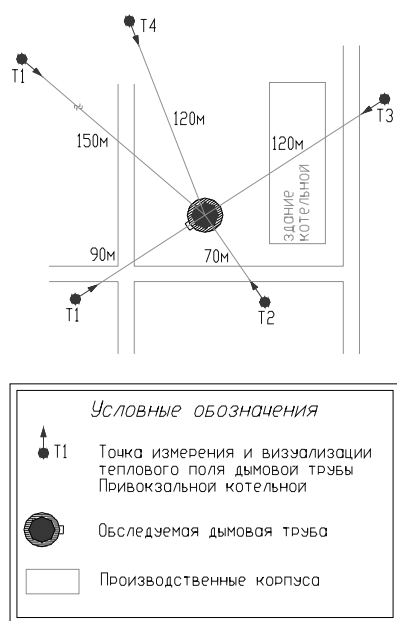


Рис. 3

При обследовании строительных элементов, выполненных из композитных материалов (типа железобетон), возникает необходимость в определении количественных и качественных характеристик составляющих таких материалов (количество стержней арматуры и ее диаметр, расстояние между стержнями, класс металла, толщина защитного слоя бетона и т.д.) Для этих целей существуют неразрушающие методы и приборы контроля.

Поверхностная прочность железобетонного ствола определяется методом упругого отскока с использованием склеро-

тофорных площадок, балконов и ходовой лестницы. Съемка температурного поля на внешней поверхности трубы производится в ночное время из точек, находящихся на разных расстояниях и с разных сторон трубы (рис.3 – схема расположения точек съемки температурного поля).

Распределение температуры на внешней поверхности дымовой трубы может свидетельствовать о состоянии футеровки и ствола, местах сосредоточения дефектов (рис.4 – температурное поле (точка 1)) и тем самым давать возможность планировать последующее инструментальное обследование этих мест.

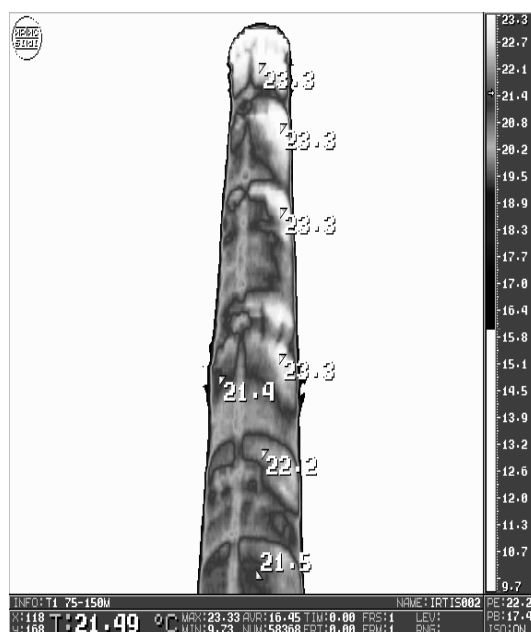


Рис. 4

метра ОМШ-1. Толщина защитного слоя бетона и расположение арматуры в железобетонной конструкции определяется с применением магнитных и электромагнитных методов.

Динамические испытания дымовой трубы проводятся с использованием беспроводного диагностического комплекса "Стрела-2", созданного в ЦИЭКС (рис.5 и 6).

На рис. 5 представлен диагностический комплекс "Стрела-2": 1 – измерительные модули; 2 – базовый модуль, содержащий блок обработки и управления, аналого-цифровой преобразователь и УКВ ЧМ ра-

диостанции; 3 — переносной компьютер, а на рис. 6 показано крепление датчиков на

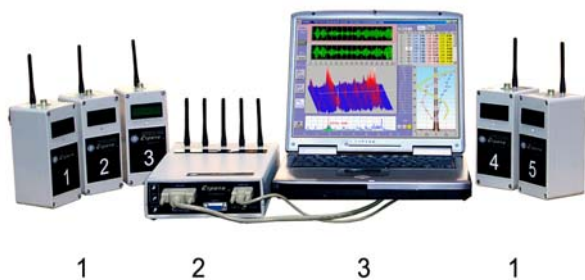


Рис. 5

Комплекс "Стрела-2" представляет собой новое поколение аппаратуры для динамического анализа устойчивости сооружений [2...6].

При динамических испытаниях автоматически анализируются изменения спектральных характеристик сооружения сопоставлением экспериментально измеряемых и расчетных (проектных) жесткостей его сечений по отношению квадратов соответствующих частот собственных колебаний.

Высокочувствительные сейсмовибрационные датчики с диапазоном неискаженной регистрации процессов от 0,1 до 300 Гц позволяют исследовать как высотные трубы, имеющие большие периоды собственных колебаний, так и сооружения с жесткой конструктивной схемой. Связь датчиков с компьютером осуществляется посредством радиосвязи на дальности до 1 км.

В комплексе можно выделить оконечные узлы и центральный узел.

Каждый оконечный узел содержит трехкоординатный аналоговый датчик вибрации. Сигналы с датчика по трем каналам поступают через усилитель и контроллер на трехканальный блок модуляции, который осуществляет частотную модуляцию сигнала радиопередатчика данного оконечного узла для последующей передачи на центральный узел. Радиосигнал, принятый на центральном узле радиопри-

внешней поверхности ствола дымовой трубы.



Рис. 6

емником, настроенным на несущую частоту радиопередатчика соответствующего оконечного узла, подвергается детектированию в блоке детектирования. После детектирования получают три аналоговых сигнала, повторяющие по форме сигналы на выходе датчика вибрации оконечного узла. Сигналы поступают в компьютер, где подвергаются обработке и анализу с помощью программного обеспечения.

Центральный узел содержит два пульта управления: пульт управления радиотрактом и командный пульт. Все радиостанции комплекса являются приемо-передающими станциями, работающими в 433...434-мегагерцовом диапазоне, позволяющими поддерживать постоянный контакт между собой на дальности до одного км [4].

Процедура оценки физического состояния сооружения в целом устанавливается циклом анализа по основным несущим конструктивным элементам. В предположении, что при оценке прочности и устойчивости сооружений можно пренебречь изменением массовых характеристик, несущую способность можно охарактеризовать изгибной жесткостью опасных сечений несущих конструктивных элементов  $B = EJ$ , то есть произведением модуля упругости  $E$  на момент инерции нормального сечения  $J$ .

Указанные предпосылки дают возможность оценивать несущую способность сооружения по спектру частот собственных

колебаний.

Далее полагается, что начальное состояние конструкции соответствует некоторым исходным (проектным) данным, то есть если сооружение запроектировано на несущую способность от конкретной нагрузки, то процент уменьшения жесткости будет соответствовать снижению данной (проектной) несущей способности.

В ходе измерений производится регистрация акселерограмм, то есть изменений со временем ускорений различных точек объекта, а также (при возможности) синхронно-скоростного напора ветра.

Число точек измерения зависит от количества анализируемых форм колебаний, требуемой детальности построения эпюр и предварительной информации о поврежденности конструкции. При ограниченном количестве акселерометров возможна их поочередная перестановка в различные точки измерения.

Благодаря использованию радиосвязи для передачи сигналов измерительной информации минимизировано время развертывания и свертывания комплекса и существенно облегчен труд монтажников, особенно на высотных сооружениях.

Результаты обследования состояния дымовых труб, полученных с применением мобильного диагностического комплекса "Стрела-2", хорошо согласуются с результатами, полученными с применением других методов диагностики, и позволяют вы-

явить причины повреждений отдельных частей и конструкций, прогнозировать скорость их износа и остаточный ресурс.

Результаты обследования и оценки технического состояния являются основой для принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений. Они могут оформляться в форме заключения экспертизы промышленной безопасности сооружения, в котором указывается срок следующей экспертизы промышленной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Акатьев В.А., Суцев С.П.* // Безопасность жизнедеятельности. – 2005, № 3. С.32...44.
2. *Самолинов Н.А.* // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2002, №3. С.54.
3. *Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П.* Энциклопедия безопасности. Строительство. Промышленность. Экология. – М.: Наука. Т.1, 2005.
4. *Акатьев В.А., Суцев С.П.* // Вестник РУДН. Серия: Проблемы комплексной безопасности. –2005, № 1. С.77...92.
5. *Акатьев В.А., Суцев С.П., Ларионов В.И. и др.* // Безопасность труда в промышленности. – 2003, № 6. С.38...41.
6. *Гиндоян А.Г.* Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М.: АО "ЦНИИПРОМЗДАНИЙ", 1997.

Рекомендована заседанием научного совета ЦИЭКС. Поступила 07.04.06.