

Анализ влияния отбора проб бетона стволов, полученных методом кернения, на несущую способность стволов промышленных дымовых и вентиляционных железобетонных труб

С.Г. Деркач,
И.И. Федотенкова,
А.И. Пашечко,
В.А. Кравчук

В.М. Жоров

Е.А. Подлесняк,
О.А. Рудых

эксперты ЗАО «НПО «СРЭ» и «ИТЦ «ИРТС»

эксперты ООО «СИБДИЭКС»

Представлены результаты анализа влияния отбора проб бетона методом выбуривания кернов в железобетонных стволах труб.

Ключевые слова: дымовые промышленные трубы, условия, бетон, напряжения.

В целях более точного определения несущей способности стволов дымовых и вентиляционных железобетонных промышленных труб рассмотрен вопрос влияния отбора проб бетона путем выбуривания кернов с точки зрения возможности снижения несущей способности железобетонного ствола. Для этого рассмотрим его напряженно-деформированное состояние при наличии отверстия после отбора пробы бетона. Ограничимся рассмотрением состояния железобетонного ствола дымовой трубы при действии на него нагрузок от веса конструкций, ветра и неравномерного нагрева стенки железобетонного ствола отводимыми газами. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонного ствола проведем в предположении упругого поведения бетона. Наиболее нагружены в железобетонном стволе две диаметрально расположенные образующие (с наветренной и подветренной стороны). Максимальные сжимающие напряжения возникают на образующей с подветренной стороны и воспринимаются бетоном ствола и вертикальной арматурой; максимальные растягивающие напряжения — с наветренной стороны, воспринимаются вертикальной арматурой.

Рассмотрим участок железобетонного ствола с максимальными сжимающими напряжениями. Пусть отверстие, оставшееся при отборе пробы, имеет диаметр $d = 100$ мм. Напряженно-деформированное состояние бетона проанализировано с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Во всех примерах приводятся эквивалентные напряжения, вычисленные по гипотезе энергии формоизменения Рихарда Мизеса.

Для изотропного материала распределение напряжений в районе отверстия, например, при растягивающей (сжимающей) нагрузке на пластину с отверстием, хорошо изучено. Исследование влияния круглого отверстия на прочность бетонной стенки ствола начнем с представления полученного методом конечных элементов решения задачи для плоской пластины, выполненной из изотропного линейно-упругого материала.

Распределение напряжений в пластине показано в виде изополос разного цвета (рис. 1, а). С одной стороны, результаты распределения напряжений можно рассматривать как тестирование примененного метода решения, с другой — следует обратить внимание на то, что на достаточно большом расстоянии от отверстия (четыре-пять его диаметров) сохраняется однородное напряженное состояние ($\sigma_0 = 10$ МПа). На контуре отверстия имеется область, ширина которой не превышает 5 мм, напряжением 29 МПа. Ширина области напряжением 13 МПа составила 50 мм. Таким образом, установлено, что область, напряжение которой превышает в 2,9 раза напряжение в пластине без отверстия, имеет ширину около 5 мм.

Приведем решение задачи для плоской пластины с ромбовидным отверстием при воздействии на нее сжимающей нагрузки. На контуре ромбовидного отверстия (рис. 1, б), выполненного в пластине из изотропного материала, напряжения (их распределение представлено в виде разноцветных изополос) в 3,1 раза превышают напряжения в пластине без отверстия. Ширина данной области не более 3 мм.

Чтобы показать, что сверление отверстия в стенке ствола не снижает его прочность, рассмотрим концентрации напряжения, вызванные крупными фракциями бетона (заполнителя).

Бетон может содержать заполнитель, например, щебень из гранита. Известно, что модуль упругости гранита ($4,9 \cdot 10^6$ МПа) приблизительно в 4 раза превышает модуль упругости цементного камня ($1,2 \cdot 10^6$ МПа) в бетоне. В качестве модели крупного заполнителя (гранитного щебня) рассмотрим пластину из изотропного материала с модулем упругости цементного камня, в которой есть область в виде ромба. Внутренняя область пластины, ограниченная контуром ромба, имеет модуль упругости гранита и обладает изотропными свойствами.

В результате расчетов установлено распределение напряжений в области гранитного камня (рис. 2).

Максимальные напряжения в области кругового отверстия и гранитного заполнителя почти одинаковы. Размеры зоны концентрации напряжений в области кругового отверстия гранитного заполнителя соизме-

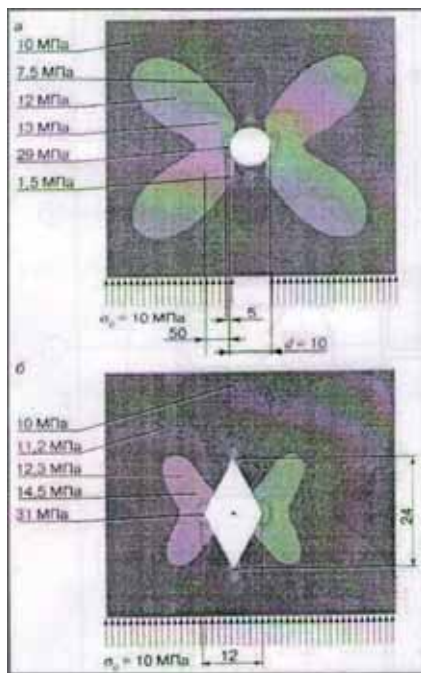


Рис. 1. Распределение напряжений в зоне отверстий

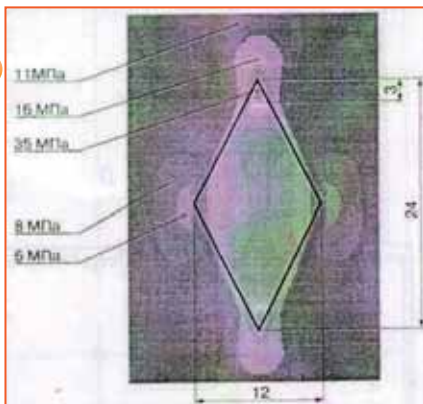


Рис. 2. Распределение напряжений в области гранитного камня

от ветровой нагрузки — около 30 %. К тому же ремонт и работы по отбору проб бетона из ствола трубы проводят при ее остановке, т.е. исключаются нагрев и, следовательно, напряжение от нагрева. На время ремонта ветровую нагрузку также можно снижать приблизительно на 50 %, используя временной фактор по ОСТ 92-9249–80 «Методика расчета ветровых нагрузок».

С учетом изложенного фактическое максимальное напряжение сжатия в бетоне ствола трубы на период ремонта и работ по отбору проб составит не более 30 % его максимального значения. Максимальное напряжение в области отверстия не превысит проектного значения. В то же время практика обследования железобетонных дымовых труб показывает, что фактические напряжения в 2 раза меньше допустимых.

После окончания исследований проб бетона и состояния ствола отверстия, оставленные после отбора проб, заполняют быстротвердеющим составом, обладающим свойством расширения. Напряжения от нагрева и ветрового воздействия будут эффективно передаваться через ремонтный состав, и повышение напряжения за счет концентрации напряжений от этих силовых факторов исключается. Выбуривание в железобетонной дымовой трубе трех отверстий с максимальным диаметром 100 мм, размещенных равномерно по длине окружности в расчетном сечении, приводит к снижению прочности ствола не более чем на 2 %. Эти обстоятельства позволяют брать пробы бетона почти из любой части ствола железобетонной дымовой трубы и фактически не снижают

римы. Таким образом, показано, что сверление отверстия в бетоне ствола трубы не создает увеличения напряжения.

Расчеты ветровых и весовых нагрузок, температуры нагрева бетона стенки и напряженно-деформированного состояния железобетонных стволов дымовых труб при экспертизе промышленной безопасности показали, что почти для всех обследованных труб в I ветровом районе напряжение от нагрева составляет около 50 % суммарного напряжения в бетоне ствола, от веса конструкций дымовой трубы — около 20 %,

irts@bk.ru

Материал поступил в редакцию 8 октября 2015 г.