

Горбач Павел Сергеевич,
к.т.н., зав. кафедрой ПГС, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: gorbachps@mail.ru

Пилипенко Александр Николаевич,
студент гр. СТ-22, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: pgs@mail.ru

ОБСЛЕДОВАНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Gorbach P.S., Pilipenko A.N.

INSPECTION OF THIN-WALLED BUILDING STRUCTURES

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы, возникшие при эксплуатации стальной дымовой трубы с башней высотой 150 м.

Ключевые слова: промышленная безопасность, безопасная эксплуатация, обследование строительных конструкций.

Abstract. The article examines the main problems that arose during the operation of a steel chimney with a 150 m high tower.

Keywords: industrial safety, safe operation, inspection of building structures.

В нефтехимической и сопряженных отраслях промышленности часто используются тонкостенные емкости и оборудование. Данные компоненты подвержены сложным нагрузкам, включая локальные. Воздействие локальных сил приводит к повреждениям материала, нарушению его структуры, формированию и развитию пор и микротрещин, что может повлечь за собой внезапное разрушение аппарата и, как следствие, вредные выбросы в окружающую среду.

Постоянное увеличение рабочих параметров установок, направленное на интенсификацию процессов, и стремление к экологической безопасности делают актуальной задачу оперативного анализа прочности тонкостенных конструкций и оценки их безопасной эксплуатации.

Примером такого объекта является дымовая труба высотой 150 м в Ангарске (рисунок 1). Она состоит из стального ствола, расположенного внутри решетчатой металлической башни.

Ствол трубы представляет собой тонкостенную цилиндрическую оболочку из листовой стали по стандарту DIN. В нижней части он завершается усеченным конусом, служащим неподвижной опорой.

Для компенсации горизонтальных нагрузок и температурных деформаций ствола трубы на башню установлены подвижные ("скользящие") опоры на различных уровнях.



а)

б)

Рисунок 1 – Дымовая труба:
а) – общий вид; б) – верхняя часть

Теплоизоляция ствола трубы выполнена снаружи минераловатными матами толщиной 80 мм, защищенными профилированными оцинкованными стальными листами.

Башня состоит из пирамидальной (до отметки +98.000) и призматической (с отметки +98.000 до +140.000) частей. Ее сечение в плане изменяется от 14080×14080 мм в нижней части до 4000×4000 мм в верхней. Конструкция боковых граней башни – решетчатая, треугольная, с использованием прокатных профилей по стандарту DIN. Сталь соответствует низколегированным сталям российских стандартов. Соединения элементов выполнены на болтах по стандарту DIN, крепеж осуществляется через фасонки и фланцы. В монтажных со-

единениях поясов, раскосов и распорок использованы высокопрочные болты (ГОСТ 52644) различного диаметра и класса прочности.

Для обеспечения горизонтальной жесткости башни на разных отметках установлены горизонтальные диафрагмы. Их жесткость обеспечивается неизменяемой геометрией (треугольник).

Диафрагмы также служат для передачи ветровых нагрузок от трубы на башню и для размещения обслуживающих площадок. На некоторых отметках на площадках размещено оборудование для устройства заградительных огней.

Пояса башни опираются на фундамент через опорные плиты из листовой стали. Крепление опор к фундаменту осуществляется восемью анкерными болтами М80 по стандарту DIN.

В процессе проведения обследования выявлены следующие дефекты:

1. Направляющие элементы ствола трубы находятся выше нижних пластин скользящих опор башни на отметке +98.000. Прорезь в обечайке расположена на высоте +95.000.

2. Крепления заградительных огней на отметке +98.000 демонстрируют ослабленные болтовые соединения; часть крепежа была заменена саморезами. Оборудование заградительных огней на отметке +148.800 закреплено лишь одним болтом вместо двух, причем имеющиеся крепежные элементы ослаблены.

3. На отметке +28.600 отсутствует болт в месте соединения поясов. Не затянут болт в стыке поясов на отметке +42.600. На отметке +56.700 отсутствует гайка в стыке поясов. Два болта в стыке поясов на отметке +98.050 не затянуты. Вместо прочного болта в стыке поясов на отметке +112.600 установлен штырь.

4. В узле, где ветви связей соединяются с поясами башни, на отметке +0.500 отсутствуют шайбы. Ветвь связи, расположенная с отметки +7.000 до +14.000, имеет деформацию до 20 мм. На отметке +14.000 в узле сопряжения решетки связи с поясом башни отсутствует болт. Два болта отсутствуют в узле соединения раскоса связи с фасонкой на отметке +28.000.

5. На отметке +42.000 в местах соединения решетки связей с поясами башни болты либо отсутствуют, либо не затянуты; в одном из узлов вместо болта вставлен штырь. На отметке +56.000 отсутствует болт в узле сопряжения раскоса связи с фасонкой. Также на этой отметке болтовые соединения раскоса связи с фасонкой не затянуты.

6. В связях, идущих с отметки +105.000 до +112.000, в узле сопряжения раскосов отсутствует болт. Ветвь связи, расположенная с отметки +133.000 до +140.000, деформирована до 50 мм.

7. В вертикальных крестовых связях, расположенных на отметках от +112.000 до +119.000 и от +126.000 до +133.000, обнаружены дефекты, негативно влияющие на устойчивость поясов башни и снижающие ее несущую спо-

способность. К таким дефектам относятся отсутствие креплений раскосов к фасонкам, а также деформации и выходы из плоскости как отдельных раскосов, так и всей плоскости связей, достигающие 300 мм.

8. В зоне монтажа сервисной площадки были устранены полки, которые служили для горизонтального соединения.

9. Крепеж пластины скользящей опоры к балке не включает в себя болт.

10. На соединениях балок диафрагмы жесткости болты либо вовсе не установлены, либо не затянуты.

11. Во всех точках расположения скользящих опор наблюдается недовыставка болтов и пластин, либо их полное отсутствие. Кроме того, обнаружены существенные деформации верхней части поясов балок диафрагмы жесткости.

Указанные дефекты являются следствием постоянного динамического воздействия ветровых пульсаций на дымовую трубу. При отсутствии своевременного планово-предупредительного обслуживания, которое подразумевает замену или выпрямление деформированных элементов, а также протяжку или замену болтовых соединений, дефекты прогрессируют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Федерация. Законы. ГОСТ 31937-2024. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния" (введен в действие Приказом Росстандарта от 10.04.2024 N 433-ст).

2. Российская Федерация. Законы. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений" (принят Постановлением Госстроя РФ от 21.08.2003 N 153).

3. Российская Федерация. Законы. СП 28.13330.2017. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (утв. Приказом Минстроя России от 27.02.2017 N 127/пр) (ред. от 08.05.2024).

4. Российская Федерация. Законы. Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 N 533 (ред. от 12.04.2016) "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30992).

5. Российская Федерация. Законы. ПСП 266.1325800.2016. Свод правил. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования" (утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 N 1030/пр) (ред. от 28.11.2024).