

МОНИТОРИНГ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ЭСТАКАДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ УСТАНОВКИ У196

Касимов Р.Г.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Эстакада технологических трубопроводов установки У196 является одним из звеньев технологической цепи переработки природного газа и согласно [1], приложение 1 относится к опасным производственным объектам, подлежащим периодически экспертизе промышленной безопасности.

Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений проводится для оценки их соответствия требованиям и нормам промышленной безопасности, а также для выявления возможных дефектов и повреждений строительных конструкций, оценки остаточного срока эксплуатации, принятием мер, обеспечивающих надежность строительных конструкций.

Эстакада под технологические трубопроводы представляет собой открытое протяженное наземное горизонтальное или наклонное (в нашем случае, горизонтальное) инженерное сооружение для размещения трубопроводов различного назначения (пара, газов и продуктов переработки газа) и состоит из ряда опор, пролетных строений, траверс. Условия эксплуатации сооружения относятся к неблагоприятным. Повреждение эстакады, повлекшее повреждение технологических трубопроводов, чревато весьма серьезными последствиями не только для близлежащих объектов.

Эстакада установки У196 запроектирована протяженностью 210 м в осях 2...23, ширина эстакады 6,0 м, шаг колонн по длине эстакады переменный от 4,5 до 13 м. Высота эстакады переменная.

На торцы железобетонных колонн опираются металлические П-образные одно и двухъярусные рамы, на ригелях которых лежат технологические трубопроводы. Рамы одноярусные высотой 3 м, 2,5 м и 3,5 м и двухъярусные рамы высотой 3,7 м.

Пространственная жесткость эстакады обеспечивается в поперечном направлении работой поперечных рам, образованных колоннами жесткозащемленными в фундаменте и шарнирно связанными с ригелями, в продольном направлении жесткость обеспечивается работой продольных рам и вертикальными связями, расположенными по продольным осям эстакады А и Б, в осях 4-5, 15-16, 22-23. Колонны эстакады сборные железобетонные К.30-7, К27-1, К25-9 из бетона класса В22,5 (М300) сечением 400х400 мм, бесконсольные индивидуального изготовления по чертежам проекта эстакады по типовой серии 3.015-2/77 в П-4. Колонны армированы 4 стержнями арматуры класса АIII (А400) диаметром 25 мм и 4 стержнями диаметром 14 мм. Поперечная арматура класса АI (А240) диаметром 8 мм расположена с шагом по высоте колонны 350 мм. Фундаменты под колонны монолитные, железобетонные, столбчатые из бетона класса В15 (М200).

Первая экспертиза промышленной безопасности эстакады технологических трубопроводов У196, построенной в 1984 году, в соответствии с регламентом по эксплуатации опасных производственных объектов [2] приложение 4, была проведена через 15 лет эксплуатации в 2000 году, последующие экспертизы проводились в 2005, 2010, 2015 годах. Все экспертизы промышленной безопасности эстакады У196 проводились экспертной организацией АНО «Технопарк ОГУ».

Выявленные при обследовании колонн дефекты и повреждения, в основном, однотипны - продольные и поперечные коррозионные трещины, несоосное опирание стоек металлических рам на оголовки железобетонных колонн, сколы.

Результаты проведенных обследований железобетонных колонн эстакады за 2000, 2005, 2010, 2015 годы сведены в таблицу

Таблица 1 – Сводная ведомость мониторинга железобетонных колонн эстакады технологических трубопроводов за 2000-2015 годы

№ п/п	Координаты колонны	Даты проведения экспертизы			
		2000	2005	2010	2015
		Дефекты и повреждения	Дефекты и повреждения	Дефекты и повреждения	Дефекты и повреждения
1	2	3	4	5	6
1	2-А	НС 15x20	НС 50x20	НС 50x20	НС 50x20
2	2-Б	НС 40x10	НС 40x10	НС 40x10	НС 40x10
3	3-А	НС 70x10	НС 70x10	НС 70x10	НС 70x10
4	3-Б	НС 100x20	НС 100x20 ТКВ t=3	НС 100x20 ТКВ, p t=3	НС 100x20 ТКВ, ТКП
5	4-А	-	ТКВ t=0,2 ТКП, а	-	-
6	4-Б	СБ 400x60 ТКВ t=0,3	ТКВ t=3	ТКВ t=3	ТКВ, p t=0,4
7	5-А	-	-	-	ТКВ, t=0,1 ТКП, t=0,1
8	5-Б	НС 60x30	НС 60x30	НС 60x30	НС 60x30 ТКВ, t=2,0
9	6-А	ТКВ, а t=0,5 ТКП	ТКВ, p, а	ТКВ, p, а	ОТ, ТКП, p t=0,3 ТКВ, p t=0,2
10	6-Б	ТКВ, а t=0,3 ТКП	ТКВ, p	ТКВ t=0,3 ТКВ, p t=0,2	ОТ, ТКВ, p, а
11	7-А	ТКП, а t=1мм	ТКВ, p t=0,2 ТКП, p	ТКВ t=0,4 ТКП t=0,3	ТКВ, p t=0,1 ТКП, p t=0,2
12	7-Б	ТКВ, а ТКП, t=0,3	-	-	ТКВ t=1,0

Продолжение

1	2	3	4	5	6
13	8-А	ТКВ t=0,3 НС 70x10	НС 70x10	НС 70x10	НС 70x10
14	8-Б	ТКВ t=0,5 ТКП, t=0,5	ТКВ, p t=0,3	ТКВ t=0,5 ТКП, t=0,2	-
15	9-А	-	-	-	-
16	9-Б	ТКВ t=0,05	ТКВ, p t=0,3 ТКП, p t=0,2	ТКВ t=0,4 ТКП, t=0,4	-
17	10-А	ТКВ, a	-	-	ТКВ t=0,1...0,4 ТКП, t=0,3
18	10-Б	-	-	-	ТКВ t=0,1 ТКП, t=0,1
19	11-А	ТКВ, t=0,3	СБ, 50x60	СБ, 50x60	СБ, 50x60
20	11-Б	-	-	-	-
21	12-А	ТКВ, a t=0,5	ТКВ, p t=0,2	ТКВ, p t=0,05 ТКП, p t=0,05	ОТ, ТКВ, p t=0,1 ТКП, p t=0,1
22	12-Б	ТКВ, t=0,3 ТКП, a	ТКВ, p t=0,1 ТКП, p t=0,2	ТКВ, p t=0,1 ТКП, p t=0,2	ТКВ, p t=0,3 ТКП, p t=0,2
23	13-А	ТКП, a	ТКП, p, ОТ	ТКВ, a	ТКВ, a, p
24	13-Б	ТКВ, a t=0,5 ТКП, t=0,5	ТКВ, p t=0,2 ТКП, p t=0,2	ТКВ, p t=0,2 ТКВ, п t=0,2	ОТ, ТКВ, p t=0,1 ТКП, p t=0,2
25	14-А	ТКВ, a	ТКВ, p t=0,3	ТКВ, p t=0,05	ТКВ, a, p
26	14-Б				ТКВ, t=0,2
27	15-А	НС 100x20	НС 100x20	НС 100x20	НС 100x20
28	15-Б	ТКВ, t=0,15 НС 80x20	НС 80x20	НС 80x20	ТКВ, ТКП, t=0,2 НС 80x20
29	16-А	ТКВ, a t=0,5 ТКП, a t=0,5	ТКВ, p t=0,3 ТКП, p t=0,3	-	-
30	16-Б	ТКВ, a НС 50x10	ТКВ, p t=0,2 НС 50x10	ТКВ, p t=1,5 НС 50x10	СБ, ТКВ, a t=0,3 НС 50x10
31	17-А	ТКВ, a t=0,5	ТКВ, p t=0,2	-	ТКВ, p t=0,3 ТКП, p t=0,2
32	17-Б	ТКВ, t=0,3 ТКП, a	ТКВ, p t=0,1 ТКП, p t=0,2	-	ТКВ, p t=0,2 ТКП, p t=0,3

Продолжение

1	2	3	4	5	6
33	18-А	ТКВ, t=0,3 ТКП, а	ТКВ, p t=0,2 ТКП, p t=0,3	-	ТКВ, а
34	18-Б	-	-	-	-
35	19-А	НС 60x10	НС 60x10	НС 60x10	ТКВ, а НС 60x10
36	19-Б	НС 50x15	НС 50x15 ТКВ t=0,05	НС 50x15 ТКВ, p t=0,1	ТКВ, t=0,2 НС 50x15
37	20-А	-	-	-	ТКВ, а t=0,4 ТКП, а t=0,4
38	20-Б	ТКВ, а t=0,5	ТКВ, p t=0,2	ТКВ, p t=0,1	ТКВ, а ТКВ, p
39	21-А	ТКВ, а t=0,5 НС 120x15	СБ, НС 120x15, ТКВ, p t=0,3	ТКВ, p t=0,5 НС 120x15	ТКВ, p, а ОТ НС 120x15
40	21-Б	-	-	-	СБ 150x50
41	22-А	НС 100x20, ОВ 17, ТКВ, а	НС 100x20, ОВ 17, ТКВ, p t=0,3	ТКВ, p t=0,4	ОТ, ТКВ, p, а
42	22-Б	ТМ t=1,5	ТМ, p t=0,5	ТМ, p t=0,5	СБ 200x30
43	23-А	ТКВ, t=0,5	ТКВ, p t=0,4	ТКВ, p t=0,5	ТКВ, p, а ТКВ, t=0,2
44	23-Б	ТКВ, а t=0,4 ТКП, а	ТКВ, p t=0,3 ТКП, p t=0,2	ТКВ, p t=0,4 ТКП, p t=0,4	СБ ТКВ, а

Принятые обозначения дефектов и повреждений колонн:

ТКВ - трещины коррозионные, вертикальные без оголения арматуры, шириной раскрытия t (мм).

ТКВ, а - трещины коррозионные, вертикальные с оголением арматуры

ТКП, трещины поперечные без оголения арматуры, шириной раскрытия t (мм)

ТКП, а- трещины поперечные с оголением арматуры

СБ - лещадки, сколы бетона, $a \cdot b$, (мм)

ОВ - отклонения от вертикали, (мм)

НС - несоосное опирание стойки рамы на колонну x, y (мм)

ТКВ, p - трещины коррозионные, вертикальные по отремонтированным участкам, шириной раскрытия t (мм)

ТКП, p - трещины коррозионные, вертикальные по поперечным участкам

ТМ - трещины от механического воздействия

ОТ - отслоение бетона отремонтированного участка.

Анализ результатов экспертизы сборных железобетонных колонн эстакады У196 за 2000, 2005, 2010, 2015 годы позволил установить основные дефекты и повреждения, динамику их развития по годам.

Наиболее распространенным (12 колонн), неустраняемым дефектом является несоосное опирание стоек металлических рам, установленных на железобетонные колонны.

Выполненный расчет показал, что n_4a запроектированные с большим запасом прочности колонны, внецентренная передача нагрузки от металлических рам не оказала существенного воздействия.

Наиболее распространенным повреждением явилась коррозия бетона и арматуры, вызвавшая образование коррозионных трещин вдоль стержней продольной и поперечной арматуры, в ряде случаев с отслоением защитного слоя и оголением арматуры. Коррозионное повреждение бетона и арматуры вызвано совокупностью причин: неблагоприятные условия эксплуатации под воздействием атмосферных осадков (агрессивных по отношению к бетону), переменных сезонных и суточных температур, солнечной радиации; недостаточной толщиной защитного слоя бетона; недостаточной плотностью бетона; отсутствием защитного покрытия.

На основании представляемой дефектной ведомости и рекомендаций по эксплуатации объекта экспертизы эксплуатирующей объект организацией проводились ремонтные работы с периодичностью 5 лет.

Как показали результаты проведенных экспертиз, проводимые ремонтные работы и применяемые ремонтные составы не обеспечивали долговременную защиту от коррозии конструкции. Работы зачастую выполнялись по упрощенной схеме, без тщательной подготовки ремонтируемых участков к восстановлению защитного слоя бетона, устранению трещин. В основном ремонт выполнялся штукатурными приемами. Не всегда применялись рекомендуемые ремонтные составы, не выдерживалась дозировка компонентов, растворов и бетонов.

При обследовании выявлялись трещины, проходящие по отремонтированным участкам, образовавшиеся через 2-3 года после ремонтных работ. Необходимо отметить, что начавшийся процесс коррозии арматуры практически невозможно остановить, можно только снизить скорость коррозии. Толщина защитного слоя бетона, на гранях наиболее подверженных коррозии, составляла от 10 до 20 мм, при диаметре рабочей арматуры 25 мм.

При проведенном первом обследовании железобетонных колонн в 2000 году после 15 лет эксплуатации выявились признаки коррозионного повреждения в 28 колоннах из 44. При обследовании в 2005 году признаки повреждения коррозией выявлены в 25 колоннах, в 21 колонне трещины и отслоения прошли по отремонтированным участкам. При обследовании в 2010 году, поврежденных коррозией колонн - 20 колонн и в 2015 году поврежденных колонн стало 27. В 8 колоннах эстакады за время эксплуатации признаков коррозии в виде трещин не было выявлено. В 3 колоннах признаки коррозии проявились только к 2015 году.

В ряде случаев, после проведенного ремонта, коррозионные трещины проявлялись через 10 - 15 лет (колонна 7-Б, 10-А, 17-Б, 18-А).

Проведенные лабораторные испытания прочности бетона колонн за период с 2000 года по 2015 год выявили незначительные отклонения от проектного класса, в диапазоне допускаемых ошибок измерений прибора.

Заключение

Причиной образования коррозионных трещин в железобетонных колоннах эстакады явились, наряду с неблагоприятными условиями эксплуатации, недостаточная толщина защитного слоя бетона и отсутствие защитного покрытия. За более чем 30 летний срок эксплуатации при относительно удовлетворительной технической эксплуатации (проведение периодически, раз в 5 лет, ремонтных работ) коррозионное повреждение бетона и арматуры не привело к существенной потере прочности и надежности конструкции, состояние которых можно было оценить как «работоспособное».

Список литературы

1 *Федеральный закон от 21.07.1987 №116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Консультант Плюс. - 23 с.*

2 *РД – 22-01-97. Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (Обследование строительных конструкций специализированными организациями). М. 1997.*

