

УДК 628.5:504.61

А.Е. ФРОЛОВ

ведущий инженер ОНИЛ «Реконструкция»
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

О.Н. КОТКОВА

старший преподаватель кафедры стоимостного инжиниринга и технической экспертизы зданий и сооружений
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

EFFECT OF TREATMENT PLANTS ON ENVIRONMENTAL SAFETY

Очистка воды и возвращение очищенной воды в производство очень актуально для нефтеперерабатывающих и нефтехимических отраслей. Техническое состояние системы водоотведения и водоочистки с характерными повреждениями конструктивных элементов существенно влияет на экологию окружающей среды и заводнение заводской территории с возможным загрязнением грунтовых вод. Эти вопросы рассмотрены по материалам обследования отдельных объектов нефтехимии.

Ключевые слова: водоотведение, очистка воды, отстойник, повреждения, восстановление.

На каждом предприятии нефтепереработки, нефтехимии очень важна роль отводится блокам очистки воды, от состояния которых зависит экологическая безопасность. Нарушение эксплуатационного режима приводит к заводнению площадки в зоне расположения предприятия, загрязнению грунтовых вод, нарушению ПДК окружающей среды.

В зависимости от назначения и технологических особенностей предприятия принимается соответствующая система очистки промстоков с возвращением в производство очищенной воды.

На нефтеперерабатывающих заводах этим целям служат блоки очистки воды (БОВ), в состав которых входят градирни, резервуары, магистральные трубопроводы и заглубленные насосные, которые возвращают очищенную воду для производственных нужд.

Длительная эксплуатация блоков очистки без капитального ремонта приводит к преждевременному износу как магистральных трубопроводов, так и запорной арматуры. Технологическая вода проникает в грунты основания, поднимает уровень грунтовых вод. На момент строительства грунтовые

Water treatment and returning the treated water into the production is very important for refining and petrochemical industries. The technical condition of wastewater and water treatment with characteristic lesions of structural elements significantly affect the ecology of the environment and the plant area with flooding possible contamination of groundwater. These issues are discussed based on a survey of individual objects petrochemicals.

Key words: sanitation, water treatment, septic tank, damage, restoration.

воды залегали довольно глубоко и эксплуатационников не волновали. Образовавшийся подпор воды вызвал замачивание несущих конструкций каркаса, неравномерную просадку фундаментов, чрезмерные деформации кровельного покрытия и несущих стен здания с образованием трещин разной ориентации. Поступающая через трещины вода способствует замачиванию строительных конструкций и осложняет эксплуатацию объекта, а попавшая в почву неочищенная вода загрязняет грунтовые воды, вызывая нарушение экологии далеко за пределы промплощадки. На рис. 1 показано расположение объекта БОВ.

Нарушение технического состояния здания насосной, несвоевременный ремонт кровли привели к протеканию последней и замачиванию конструктивных элементов кровли и каркаса, а возникающая коррозия арматуры приводит к преждевременному их износу. Для восстановления первоначальной несущей способности строительных конструкций предусматривается выполнение мероприятий по усилению. Наиболее слабым звеном в цепочке блока очистки являются вентиляторные градирни, предна-

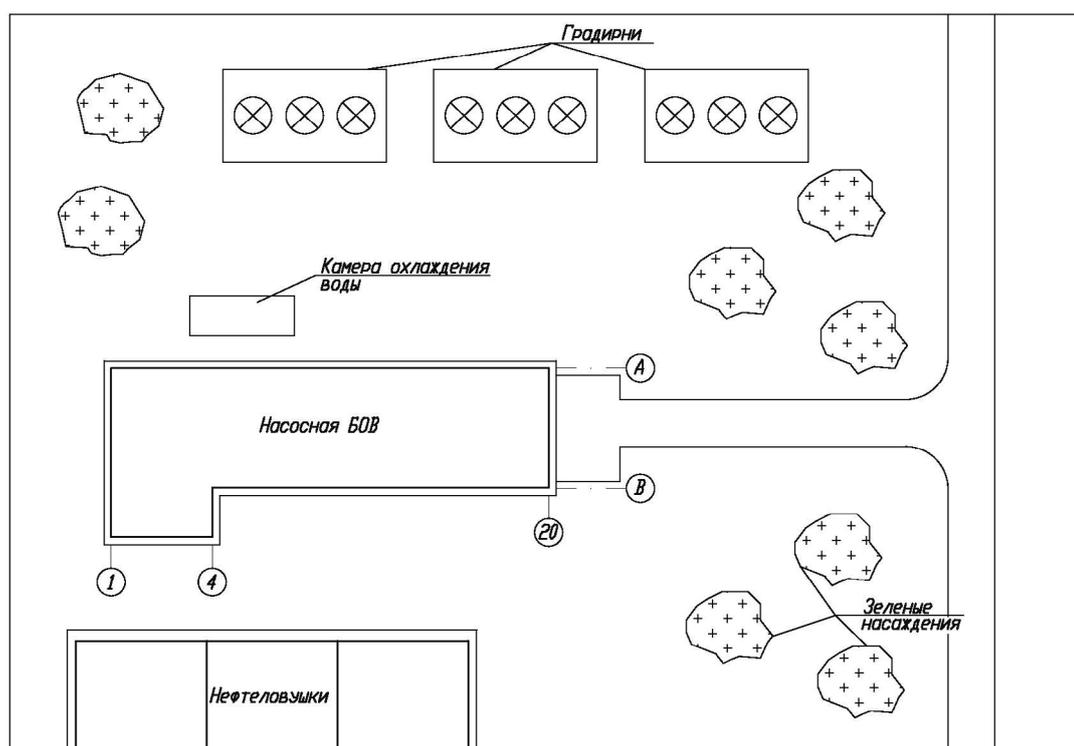


Рис. 1. Ситуационный план блока очистки воды

значенные для очистки и охлаждения воды. В зимнее время в верхней зоне градирни возникает высокая влажность и повышенная температура. Длительное воздействие этих факторов на металлические закладные детали вызывают слоистую коррозию, приводя их к преждевременному износу.

На рис. 2 показан фрагмент поврежденных закладных деталей, через которые передается нагрузка от элементов железобетонного каркаса, состоящего из стоек и неразрезных балок. Балки, кроме собственного веса, воспринимают нагрузку от распределительных щитов и веса падающей воды. По контуру градирни несущие элементы каркаса, будучи в замоченном состоянии, испытывают многократное воздействие отрицательных температур. Из-за большого срока эксплуатации (более 50 лет) произошло исчерпание заложенного цикла морозостойкости бетона в начале с локальным повреждением защитного слоя бетона, с последующим осыпанием бетонной составляющей и оголением арматурного каркаса.

На рис. 3 и 4 показаны характерные фрагменты поврежденных элементов каркаса. Осыпавшийся бетон попадает в нижерасположенный сборный бассейн и нарушает нормальную работу градирни. При длительной эксплуатации появлялись трещины в приемном бассейне, а вытекающая вода способ-

ствовала заводнению территории и подъему уровня грунтовых вод. Большая часть стоек находится в работоспособном состоянии.

Для восстановления работоспособного состояния всего каркаса предложено заменить закладные крепежные детали, а также сборные балочные элементы на монолитные, отремонтировать конструкции приемного бассейна.

На крупных нефтехимических предприятиях очистные сооружения перерабатывают большой объем технологической воды, а потому по площади занимают несколько квадратных километров, имеют сложную структуру, выносятся за пределы промплощадки. Особенности эксплуатации и характер повреждений можно проследить на примере одной экспертизы нефтехимического предприятия.

Сбрасываемые технологические стоки проходят несколько ступеней очистки, куда входят следующие объекты и службы: отстойники различной формы, реагентное хозяйство, воздуходушная станция, склады сухой хлорки, хлораторная, химическая и биологическая лаборатории, механические мастерские, аэротенки, АБК и др. По заданию собственника было проведено обследование комплекса.

Целью экспертизы являлось определение технического состояния первичных отстойни-



Рис. 2. Поврежденная закладная деталь градирни



Рис. 3. Повреждения стойки каркаса градирни



Рис. 4. Повреждения балок каркаса градирни

ков и возможности продления срока безопасной их эксплуатации в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Заказчиком были частично представлены строительные чертежи на очистные сооружения, а также паспорта на железобетонные изделия, отпускная прочность, что позволило иметь представление о проектных характеристиках объекта, заложенных в основу исследований.

Объект построен и введен в эксплуатацию в 1967 г., строительный объем – 13387 м³, высота отстойника - 3,5 м. На рис. 5 показан план расположения отстойников, где технологическая вода по-

ступает через первый пруд-отстойник и проходит последовательно через последующие пруды. С момента пуска пруды эксплуатировались по прямому назначению, периодически проводился поддерживающий ремонт поврежденных участков.

Согласно представленным чертежам, первичные отстойники представляют собой заглубленные емкости открытого типа с железобетонным покрытием дна и боковых откосов (стенок-перемычек). На рис. 6 показан разрез отстойника. Четыре отстойника подлежали обследованию, размер каждого из них по верху стенок составляет 50x24 и 40x15 м в донной части, средняя высота – 3,5 м.

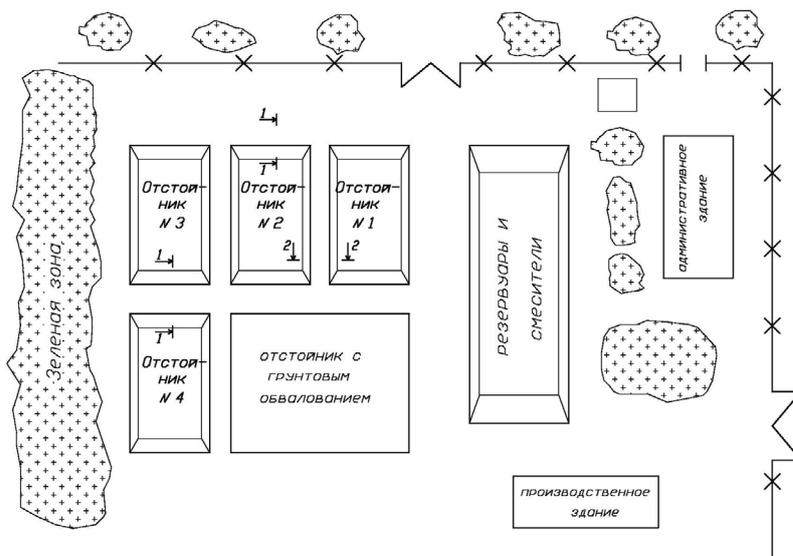


Рис. 5. Расположение отстойников очистной системы

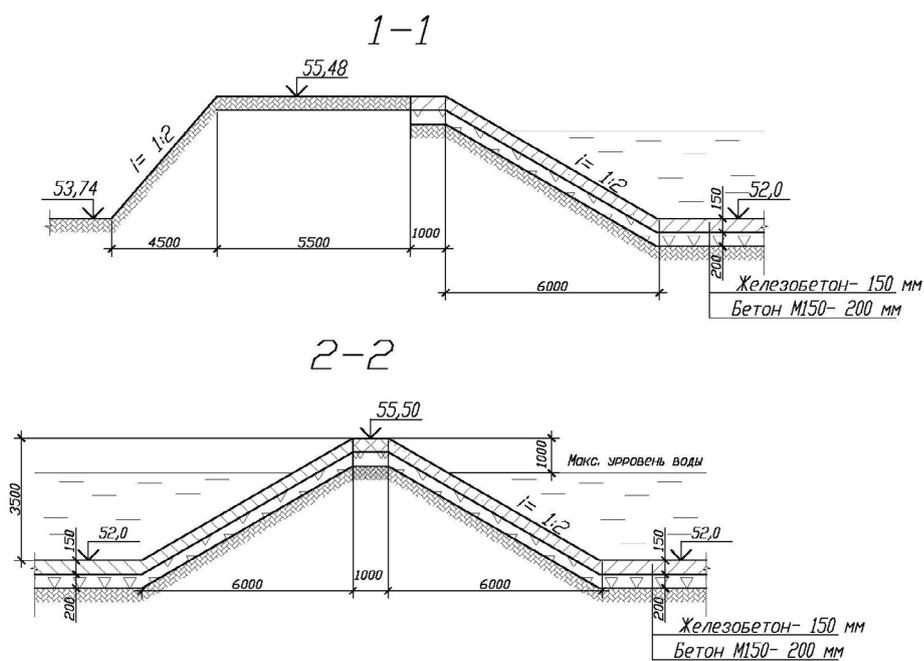


Рис. 6. Поперечные разрезы по обвалованию отстойников (см. совместно с рис. 5)

Таблица 1

Содержание веществ в технологических водах

Название вещества	Содержание	Примечание
Фенол	До 50 мг	При норме 27.4 мг/л
Al	До 20 мг	Норма – 20 мг/л
Сульфаты	300-400 мг/л	
Хлориды	100 мг/л	
Нефтепродукты	400 мг/л	
Степень загрязнения ХПК	1500 мг/л	Среднегодовая - 1008 мг/л
Взвешенные вещества	300-309,7 мг/л	
Сухой остаток	От 1200-1457 мг/л	
Фосфаты	400 мг/л	

В сбрасываемых для очистки стоках содержится фенол, алюминий, сульфаты, хлориды, нефтепродукты, фосфаты, взвешенные вещества, толуол и бензол в малых количествах. На момент обследования содержание веществ в технологических водах приведено в табл. 1.

Для оценки технического состояния обследуемого объекта были проведены визуальное и инструментальное обследования в соответствии с требованиями нормативно-технической литературы [1-4].

При визуальном осмотре установлено, что конструктивные элементы первичных отстойников имеют повреждения в виде трещин различной ориентации как в самом днище, так и в боковых стенках ограждающих перемычек; коррозионные повреждения бетона и арматуры; нарушение стыков между железобетонными лотковыми элементами как между собой, так и в примыкании к железобетонному покрытию отстойника. Наибольшие повреждения получили отстойники №1 и 2.

Характерные повреждения конструкций отстойника №1 – многочисленные трещины в его днище и стенках с наибольшим повреждением боковой стенки, обращенной к отстойнику №2 в зоне расположения столбов, предназначенных для энергообеспечения.

Установлены места значительного промыва грунтового заполнения перемычки между первым и вторым отстойниками в разных местах на площади до 10 м². Доминирующим фактором разрушения является коррозия бетона и арматуры. При вскрытии защитного слоя бетона на отдельных участках стены оказалось, что арматура скорродировала от 80 до

100 %. Из-за появления продуктов коррозии произошло разрушение наружного слоя бетона, из-за чего толщина защитного покрытия уменьшилась до 35 мм, а в отдельных местах образовались сквозные отверстия. Из-за отсутствия профилактического ремонта нарушена герметичность в местах примыкания сборных лотков с железобетонным покрытием стенок отстойников, что послужило причиной проникновения сбросовой технологической воды в земляную часть перемычки. Это вызвало ее размыв, заводнение и химическое загрязнение грунтов основания.

После длительной эксплуатации коррозией повреждены металлические задвижки в лотках, из-за чего нарушено регулирование и подача стоков в соседние отстойники для дальнейшей очистки.

Третий и четвертый отстойники повреждены в меньшей степени, имеют место небольшие трещины, затухающие на глубине 20-30 мм. Состояние их работоспособное.

По результатам визуального обследования установлено, что при существующих условиях эксплуатации доминирующим механизмом отказов являются коррозионные разрушения арматуры и бетона, провалы бетонного покрытия и промыв грунтового обвалования перемычек. Зона просевшего грунта определялась простукиванием молотком (при ударе бетон издает глухой звук), затем устанавливались границы пустот. В донной части пустот практически не обнаружено.

На рис. 7 показана эрозия наружного слоя бетона, видны следы скорродировавшей арматуры. На рис. 8 даны провалы бетонного покрытия с разрушением в зоне установки одного из несущих бетонных



Рис. 7. Эрозия наружного слоя бетона



Рис. 8. Провалы бетонного покрытия

столбов линии электропередачи. Бетонное заполнение столба имеет деструктивные повреждения, причиной которых явилось исчерпание заложенного предела морозостойкости бетона и электрокоррозии под воздействием токов высокой частоты.

На рис. 9 показан участок промыва грунтовой засыпки на длине 2,5 м, глубина проседания грунта составляет от 1,2 до 2,0 м.

Для инструментального исследования прочности были выполнены работы по определению фактической прочности бетона разрушающим и неразрушающим методами контроля.

Участки с деструктивным повреждением бетона во внимание не принимались. Для разрушающего контроля были отобраны образцы бетона из нарушенной структуры бетона в виде выпиленных

брусков, из которых изготавливались стандартные образцы и испытывались вначале ультразвуковым прибором типа УК 1401, а затем разрушающим методом на гидравлическом прессе. Полученная зависимость (скорость УЗ – прочность бетона) в графической форме использовалась при дальнейшем более детальном исследовании прочности бетона неразрушающим методом на натуральных объектах. Намечались зоны пробных испытаний, которых было не менее 5. В каждой зоне проводилось 10-12 измерений. Полученные данные подвергались статистической обработке. Прочность бетона, по данным механических испытаний, составляла 15,3 МПа. При неразрушающем методе из четырех обследованных отстойников наиболее низкая прочность оказалась в первом – 16,8 МПа (бортовые зоны) и 27,3 МПа (дни-



Рис. 9. Участок промыва грунта



Рис. 10. Повреждение стыка лотков и коррозия рамки аварийного затвора

ще), в остальных отстойниках прочность составила 32-33 МПа и в бортовых элементах, и в днище.

Наибольшие повреждения первого бассейна объясняются тем, что именно в него попадает активная технологическая вода с химическими реагентами, вступающими в реакцию с бетоном и арматурой. Сказывается низкая прочность бетона. Агрессивная среда промстоков вызывает разрушение карбонатного заполнителя. Отдельные куски заполнителя превратились в пушонку. Защитный слой отсутствует, что способствует замачиванию арматуры. Наличие слабокислой среды в сочетании с низкой прочностью бетона первого отстойника привело к полной коррозии арматуры в железобетонных рубашках откосов.

Для определения параметров арматурной сетки было сделано несколько вскрытий бетона, в результате которых удалось установить, что на неповрежденных участках диаметр арматурных стержней составляет 6 мм при толщине защитного слоя 100 мм.

Промыв глиняного массива перемычек смежных отстойников произошел в результате местного разрушения оболочки покрытия откосов. Вода проникала через проломы в момент заполнения и опорожнения отстойников, а так как таких циклов за период эксплуатации было достаточно много, то и зона повреждения оказалась обширной. Размыву глиняного грунта способствовали также нарушения в сопряжениях перепускных лотков и в зоне примыкания их к бетонному покрытию откосов.

На рис. 10 показано нарушение стыка лотков. Рамка аварийного затвора сильно скорродировала и не функционирует по своему назначению.

Во избежание экологического загрязнения грунтов основания после анализа результатов обследования были предложены следующие рекомендации по обеспечению работоспособного состояния очистных сооружений, которые должны выполняться в два этапа.

На первом этапе – усиление первого и второго отстойников:

- убрать железобетонные столбы электроснабжения;
- удалить слабый бетон в пределах первого и второго бассейнов;
- в зоне расположения столбов расширить отверстия 1х1 м;
- в зоне обнаруженных пустот на отдельных участках бровки между первым и вторым бассейнами вскрыть отверстия 0,8х0,8 м через 1,2 м;

- через открытые отверстия заложить мягкую глину с послойным уплотнением ручными трамбовками; в глину втрамбовать щебень до полного отказа (толщина каждого слоя по 200 мм);

- после заполнения полостей края отверстий очищаются, делается насечка, укладывается арматурная сетка и заполняется бетоном М300 (В25).

На втором этапе – усиление 3-го и 4-го отстойников:

- заделать все раковины и крупные трещины заливкой горячим дорожным битумом;
- очистить отстойники от грязи, мусора, крошек, слабого бетона, сделать насечку в старом бетоне;
- уложить арматурные сетки диаметром 12 мм класса А - II с ячейкой 200х200 мм, пристрелить их к старому бетону;
- забетонировать цементно-песчаным бетоном М300 (В25) на гранитном щебне с толщиной укладываемого слоя 150 мм. Предусмотреть поверхностную гидроизоляционную обмазку.

Выполнение намеченных мероприятий позволило остановить экологическое загрязнение и продлить срок службы восстановленного сооружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон РФ. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. № 116-ФЗ от 21.07.1997 г.
2. РД 22.01-97. Требования к проведению оценки безопасной эксплуатации производственных зданий и сооружений, поднадзорных промышленных производств и объектов (обследование строительных конструкций специализированными организациями). ЦНИИПроектстальконструкция. – М., 1997.
3. ПБ-03-246-98. Правила проведения экспертизы. Госгортехнадзор России. – М., 2000.
4. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. Минрегион России. – М., 2012.

© Фролов А.Е., Коткова О.Н., 2013