

Раздел второй  
**ОХРАНА ВОДНОГО БАССЕЙНА ОТ СБРОСОВ**

**2.3. Очистка промышленных и поверхностных сточных вод энергопредприятий**

**2.3.3. Очистка поверхностных сточных вод на энергопредприятиях**

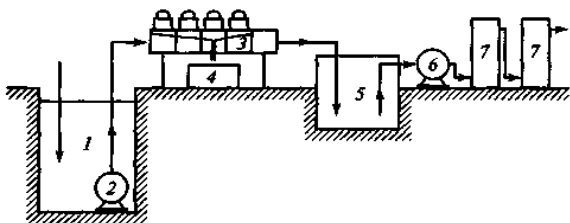
**2.3.3.1. Флотационная очистка поверхностных сточных вод**

*Ксенофонтов Б.С., МГТУ им.Баумана*

Разработанные в НИИ энергетического машиностроения МГТУ им. Н.Э.Баумана и в ОАО «ГосНИИ-синтезбелок» установки для очистки нефтесодержащих сточных вод, в том числе поверхностных, включают приемную решетку, песколовку, отстойник, флотатор, коалесцентные и сорбционные фильтры доочистки.

Рассмотрим более подробно предлагаемую схему очистки поверхностных сточных вод (рис. 2.29). Поверхностные сточные воды с производственной территории, проходя через решетку, собираются в резервуаре-отстойнике.

Сточная вода из резервуара 1 откачивается насосом 2 и подается в пневматическую флотационную машину 3 типа ПФМ-0,5 с тонкослойным блоком осветления (см. рис. 2.23). В указанной флотационной машине происхо-

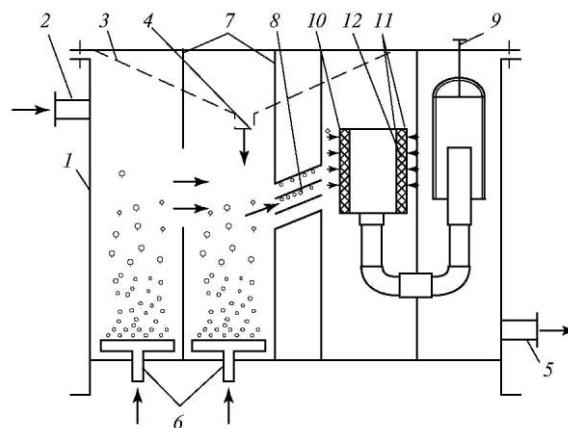


**Рис. 2.29. Схема очистки поверхностных сточных вод** дит извлечение тонкодисперсных капель нефтепродуктов при всплывании их вместе с пузырьками воздуха, образующимися при диспергировании воздуха путем подачи его под давлением через пористые аэраторы, выполненные из специальной резины. Аэраторы в количестве 12 штук устанавливаются по три штуки в каждой из четырех камер указанной флотационной машины. В дополнительной пятой камере флотационной машины установлен блок тонкослойного осветления для доизвлечения тонкодисперсных капель нефтепродуктов. Очищаемая сточная вода последовательно проходит все указанные камеры, при этом улавливаемые нефтезагрязнения в виде пенного продукта собираются в верхней части слоя очищаемой воды. Всплывающие нефтепродукты вместе с пузырьками воздуха создают пенный слой, который самотеком удаляется в сборник пенного продукта 4 (поставляется вместе с флотационной машиной). После отстоя пенного продукта, представляющего собой смесь воды и уловленных нефтепродуктов, декантированная вода сливается в заглубленный резервуар 5. Очищенная жидкость выводится из флотационной машины путем последовательного прохождения через блок тонкослойного осветления и устройство поддержания заданного уровня очищаемой жидкости во флотационной машине и самотеком поступает в промежуточный резервуар (сборник) 5 с рабочим объемом не менее 3 м<sup>3</sup>. Промежуточный резервуар 5 выполняют из монолитного или сборного железобетона.

С помощью поверхностного насоса 6 предварительно очищенная вода подается на доочистку в сорбционные фильтры 7. Первый по ходу движения жидкости фильтр имеет комбинированную загрузку, включающую слой

керамзита (нижний слой) и слой активированного угля, а второй фильтр полностью загружен активированным углем. В этих фильтрах напорного типа используется уголь, близкий по своим свойствам к марке угля АГ-3. Это позволяет проводить глубокую доочистку поверхностных сточных вод до остаточного содержания нефтепродуктов не более 0,05 мг/л. С учетом сезонной специфики работы очистной установки предлагается не регенерировать угольную загрузку, а использовать ее только в течение одного сезона. Отработанную загрузку целесообразно ликвидировать сжиганием, например, в котельной или в специальной печи, где в качестве топлива используется уголь. Очищенная сточная вода с содержанием нефтепродуктов не более 0,05 мг/л может быть сброшена на рельеф или в расположенный рядом водоем.

Флотационная машина указанного типа была внедрена на различных предприятиях, и в этой связи технологическая схема очистки сточных вод в отдельных случаях отличалась от описанной выше. Установки для очистки сточных вод, включающие флотационную машину, схема которой представлена на рис. 2.23, внедрены на различных предприятиях энергетики.



**Рис. 2.30. Схема флотационной машины с фильтрующим элементом**

Существенным усовершенствованием машин типа ПФМ-0,5 является флотационная машина с фильтрующим элементом (рис. 2.30). Указанная флотационная машина для очистки сточных вод включает корпус, который разделен перегородками на камеры с установленными внутри них у дна аэраторами. В последних по ходу движения очищаемой жидкости камерах расположены блок тонкослойного осветления и устройство для регулирования уровня сточной жидкости. На внешней стороне корпуса находятся входной и выходной патрубки, а на боковой стороне — желоба для отвода уловленных загрязнений. Отличительной особенностью этой флотационной машины является дополнительно установленная промежуточная камера между блоком тонкослойного осветления и устройством регулирования уровня жидкости с находящимся в ней фильтрующим элементом, выполненным в виде двух полых цилиндров с перфорированными поверхностями с расположенной между ними за-

грузкой. Оптимальный диапазон величин живого сечения перфорированной поверхности был определен в результате проведения экспериментальных исследований и составил 10...25 % общей площади. При этом было установлено, что при живом сечении менее 10 % не достигается повышение эффективности очистки сточных вод, а при живом сечении более 25 % достигнутый эффект очистки не изменяется.

Загрузка выполнена из адсорбционного материала, например активного угля, сипрона, визопрона, мегасорба и т.п.

Флотационная машина с фильтрующим элементом для очистки сточных вод (см. рис. 2.30) состоит из корпуса 1, на внешней стороне которого установлены патрубков 2 для подачи исходной сточной воды, пенный желоб 3 и патрубок 4 для вывода загрязнений в виде пенного продукта, патрубок 5 для вывода очищенной воды. Внутри корпуса установлены дисковые аэраторы 6, через которые подается газ (воздух), а также полупогружные перегородки 7, блок тонкослойного осветления 8, устройство для регулирования уровня жидкости 9 и фильтрующий элемент, включающий каркас 10 с перфорированными внешней и внутренней поверхностями 11, между которыми расположена фильтрующая загрузка 12.

Принцип работы рассматриваемой флотационной машины для очистки сточных вод заключается в следующем. Исходная сточная вода подается через патрубок 2 и далее в нижнюю часть корпуса машины 1 в зону аэрации, создаваемую дисковыми аэраторами 6, являющимися генераторами пузырьков газа (воздуха). При движении воды в зоне аэрации гидрофобные загрязнения при контактах с пузырьками слипаются в комплексы (частица — пузырек). Образовавшиеся флотокомплексы — частицы загрязнений и пузырьки воздуха — поднимаются вверх, образуя пенный слой, который самотеком или принудительно выводится из корпуса машины через пенный желоб 3 и патрубок 4 в шламосборник. Очищенная вода из зоны аэрации выводится через блок тонкослойного улавливания пузырьков 8. Флотокомплексы, попавшие в междуполочное пространство, быстро достигают верхней полки из-за малости расстояния между полками (от 10 до 150 мм). Прилипшие к верхней полке флото-комплексы объединяются (коалесцируют) в большие агрегаты, что способствует появлению большой выталкивающей силы и быстрому всплыванию этих комплексов в верхний пенный слой. Очищенная жидкость, прошедшая междуполочное пространство, попадает в зону фильтрования, в которой находится фильтрующий элемент адсорбционного типа. Прилипшие флотокомплексы на внешней перфорированной поверхности 11 фильтрующего элемента коалесцируют между собой так же, как в блоке тонкослойного осветления. Внутри фильтрующего элемента находится специальный материал 12, улавливающий загрязнения, находящиеся во взвешенном состоянии. Далее очищенная вода проходит через устройство регулирования уровня жидкости 9 и выводится из корпуса флотационной машины через патрубок 5. Эффективность очистки сточной жидкости в предлагаемой флотационной машине составляет 98...99,5 %, причем концентрация гидрофобных загрязнений в очищенной жидкости изменяется от 0,05 до 0,5 мг/л, что заметно выше по эффективности, чем в известных флотационных машинах, в которых остаточная концентрация гидрофобных загрязнений, как правило, составляет 2...4 мг/л.

Усовершенствованные образцы флотационной техни-

ки, в том числе и ПФМ-0,5, были заложены в различные проекты реконструкции существующих технологических установок и вновь создаваемых очистных сооружений, в частности, на предприятиях энергетического комплекса, например Южной и Первомайской ТЭЦ ОАО «Ленэнерго», и Усть-Илимской ГЭС ОАО «Иркутскэнерго», в процессах очистки сточных вод от нефтепродуктов.

**Реализация разработанных технических решений на Усть-Илимской ГЭС** включала в себя выполнение технологической части рабочих проектов локальных очистных сооружений (ЛОС) поверхностного стока и очистных сооружений мойки автомобилей автотранспортного цеха; изготовление по нашей документации оборудования; авторский надзор за монтажом оборудования; пусконаладочные работы и пуск очистных сооружений в постоянную эксплуатацию.

Усть-Илимская ГЭС относится к объектам с относительно хорошей экологической обстановкой. Однако очистка поверхностного стока на территории автотранспортного цеха (АТ Ц) осуществлялась только в горизонтальном отстойнике, что не позволяло получать нормативные значения основных контролируемых показателей: по нефтепродуктам (должно быть не более 0,05 мг/л) и взвешенным веществам (не более фоновой концентрации +0,75, где в качестве фона принимается концентрация взвешенных веществ в ручье Симаха, впадающем в р. Ангару).

*1. Состав и принцип работы ЛОС АТЦ Усть-Илимской ГЭС*

Схема ЛОС включает в себя отстойник, который одновременно является приемным резервуаром, две флотомашин типа ПФМ-0,5, резервуар для сбора уловленных нефтепродуктов, четыре напорных фильтра, загруженных активным углем марки АГ-3 и промежуточный резервуар с погружным насосом марки КР250А1 (рис. 2.31).

Согласно проекту сооружение может работать в двух режимах: в ручном и автоматическом. Автоматический режим используется при нормальной ежедневной работе оборудования, а ручной — при наступлении аварийных или каких-либо иных чрезвычайных ситуаций, когда работа в автоматическом режиме невозможна.

Во время дождя стоки собираются с поверхности АТЦ и по канализационным коллекторам направляются в отстойник. Когда в отстойнике уровень достигает максимального значения, поплавков 401 (здесь и далее — номера элементов схемы, принятые на ЛОС Усть-Илимской ГЭС), всплыв, включает насос 301, который перекачивает очищаемую воду через флотационную машину в промежуточный резервуар 102 и компрессор 305, который начинает подавать воздух во флотомашину 201. Когда уровень воды в отстойнике понижается до минимального значения, поплавков опускается и отключает насос и компрессор.

Пройдя основную очистку в отстойнике и флотационной машине, стоки собираются в промежуточном резервуаре 102. В последнем имеются насосы 303 и 304, снабженные поплавковыми выключателями 403 и 404, которые также автоматически при максимальном уровне включают насосы и перекачивают воду через сорбционные фильтры и отключают насосы, когда уровень опустится до минимального значения. Пройдя через фильтры, очищенная вода сливается на рельеф. Если расход дождевых вод увеличивается и откачивающий насос перестает справляться с поступающим потоком воды, то,

когда уровень воды достигает второго критического уровня, включается резервный насос от своего поплавкового выключателя и перекачивает воду через параллельную линию очистки. Аналогично в резервуаре 102 имеется второй резервный насос, для которого предусмотрен второй критический уровень.

При аварийных ситуациях, связанных с выходом из строя автоматики, работа сооружения осуществляется в ручном режиме. При этом во время отсутствия дождей должны проводиться работы по восстановлению повреждений и ликвидации аварийной ситуации.

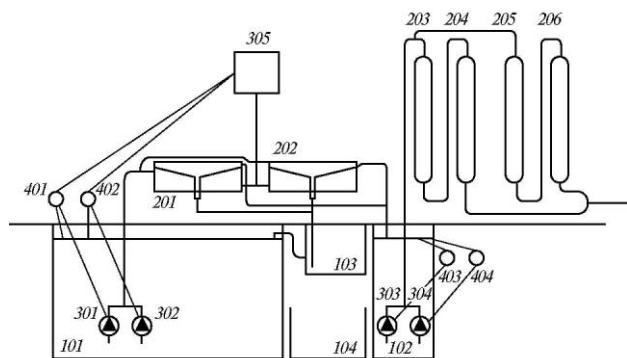


Рис. 2.31. Принципиальная схема очистных сооружений поверхностного стока АТЦ Усть-Илимской ГЭС

Отстойник состоит из трех частей. В первой части происходит усреднение и осветление сточных вод. В этой части установлен погружной насос КР250А1, с помощью которого происходит подача стоков во флотомашину. Вторая часть отстойника не используется. Третья часть используется для выпуска очищенных сточных вод в ручей Симаха.

Отстойник имеет следующие габаритные размеры, м:

Длина .....	12,82
Ширина .....	3,0
Высота .....	4,26

Отстойник ранее использовался в качестве основного сооружения для очистки поверхностных сточных вод АТЦ Усть-Илимской ГЭС.

Из отстойника сточные воды подают на очистку от нефтепродуктов во флотационные машины типа ПФМ-0,5 (2 шт.).

#### Техническая характеристика ПФМ-0,5

Число камер .....	4
Габаритные размеры камеры, мм:	
длина .....	500
ширина .....	1000
высота .....	1000
Удельный расход воздуха, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·мин) .....	1,2

Согласно санитарно-эпидемиологическому заключению № 77.01.03.485.П.34421.11.2 от 27.11.02 при использовании для очистки сточных вод флотационной машины ПФМ-0,5 в комплекте с фильтром доочистки остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде не превышает 0,05 мг/л.

Из промежуточного резервуара предварительно очищенная жидкость с помощью погружного насоса поступает на доочистку в фильтры с угольной загрузкой (активный уголь марки АГ-3 производства ОАО «Сорбент», г. Пермь).

Напорные фильтры предназначены для доочистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ до нормативных показателей, установленных для сброса очищенных сточных вод в водоемы рыбохозяйственного назначения (по нефтепродуктам 0,05 мг/л; по взвешен-

ным веществам + 0,75 к фону — концентрации взвешенных веществ в ручье Симаха).

#### Техническая характеристика напорного фильтра:

Рабочий объем, м <sup>3</sup> .....	0,15
Размеры рабочей камеры, м:	
диаметр .....	0,5
высота .....	0,8
Загрузка .....	Активный уголь марки АГ-3 (по проекту)

Масса загрузки в один фильтр, кг .....

80

Очищенная вода после фильтров поступает через счетчик расхода воды и далее сбрасывается в ручей Симаха.

#### II. Проверка работоспособности и технологической эффективности ЛОС

Проверка работоспособности ЛОС осуществлялась в три этапа.

На первом этапе проводились испытания на оборудовании без какой-либо его предварительной подготовки. Технологическая эффективность работы ЛОС представлена в табл. 2.7 (строка 1). При этом установлено, что достигается снижение концентрации нефтепродуктов с 10,5 мг/л на входе (в отстойнике) до 0,15 мг/л на выходе (после фильтров).

Для установки ЛОС в соответствии с проектными рекомендациями был выполнен ряд необходимых мероприятий, в том числе была проведена замена загрузки фильтров на активный уголь марки АГ-3 из новой партии, полученной от ОАО «Сорбент» (г. Пермь). После проведения указанных мероприятий были продолжены испытания ЛОС (второй этап испытаний), результаты которых представлены в табл. 2.27 (строки 2—6). Анализ представленных в табл. 2.27 данных показывает, что с заменой загрузки фильтров улучшилось качество очищенных сточных вод.

Полученные данные удовлетворяет нормативным требованиям, предъявляемым к качеству очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоем рыбохозяйственного назначения.

#### III. Контрольные испытания ЛОС

Для итоговой оценки эффективности работы ЛОС были проведены контрольные испытания с определением концентраций нефтепродуктов и взвешенных веществ на входе в ЛОС (в отстойнике) и выходе (после фильтров). Ниже приведена характеристика пробы:

место отбора — Усть-Илимская ГЭС, очистные сооружения;  
 дата и время отбора — 1.07.05 г., начало отбора — 10 ч 45 мин, отбор проб через 10 мин;  
 акт отбора пробы № 7;  
 нормативный документ, регламентирующий проведение испытаний и их оценку, — ГОСТ Р 51592—2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».

Результаты контрольных испытаний приведены в табл. 2.8.

Данные контрольных испытаний свидетельствуют о том, что по нормируемым показателям (нефтепродуктам и взвешенным веществам ПДК соответственно 0,05 мг/л и фоновая концентрация в ручье Симаха +0,75) достигнуты показатели, значения которых не превышают установленные ПДК. Примерно аналогичные результаты были получены на других энергопредприятиях.

Таблица 2.7. Результаты натуральных испытаний ЛОС по извлечению нефтепродуктов из сточных вод

Номер пробы	Дата отбора проб	Концентрация нефтепродуктов, мг/л, в очищаемых стоках				Примечание
		Отстойник	Входная камера фло- тационной машины	Выходная камера фло- тационной машины	После фильтров	
1	16.06.05 г.	10,5	–	–	0,15	Старая загрузка фильтров
2	21.06.05 г.	–	0,79	0,54	0,07	Новая загрузка
3	22.06.05 г.	9,14	–	–	0,02	То же
4	23.06.05 г.	3,53	–	–	0,06	»
5	23.06.05 г.*	3,52	–	–	0,052	»
6	24.06.05 г.**	1,42	–	–	0,019	»

\*Измерения выполнены Усть-Илимским межрайонным отделом анализа и мониторинга окружающей среды.

\*\* Измерения выполнены лабораторией Усть-Илимского водоканала.

Таблица 2.8. Результаты контрольных (итоговых) испытаний ЛОС поверхностного стока

Определяемый	Нормативный документ на МВИ	Результат измерения*, мг/дм <sup>3</sup>		Погрешность результата измерений**, мг/дм <sup>3</sup>		Примечание
		Отстойник	После фильтров	Отстойник	После фильтров	
Взвешенные вещества	ПНДФ 14.1:2.110—97	114,6	11,3	Для всех 10,0	Для всех 2,0	Норма + 0,75 к фону
		120,1	11,1			
		112,4	11,2			
		116,6	10,8			
		117,8	10,5			
Нефтепродукты	ПНДФ 14:1:2:4.128—98 Издание 2002 г.	4,99	0,02	1,25	0,01	
		1,48	0,02	0,37	0,01	
		1,42	0,03	0,36	0,015	
		1,49	0,04	0,37	0,02	
		1,16	0,02	0,29	0,02	

\*Результат получен как среднее арифметическое из двух параллельных определений.

\*\* Указанная погрешность получена в лаборатории и обеспечена результатами контроля точности измерений.