

## **Практическая работа №10**

### **Очистные сооружения для нефтесодержащих стоков**

Источниками нефтесодержащих стоков на нефтебазах и перекачивающих станциях являются танкеры, резервуары, системы охлаждения подшипников насосов, ливневые воды с территории резервуарных парков, открытых площадок, технологических установок, не имеющих водонепроницаемого покрытия и др.

#### **4.3.1. Методы очистки нефтесодержащих стоков**

В воде нефтяные частицы находятся в грубодисперсном, тонкодисперсном (эмульгированном) или (и) растворенном состоянии.

В основном, нефтяные частицы, попав в воду, ввиду меньшей плотности легко всплывают на поверхность воды. Такие частицы называют грубодиспергированными или всплывающими. Их содержание в стоках нефтебаз составляет от 350 до 14700 мг/л.

Меньшая часть нефтяных частиц находится в тонкодиспергированном состоянии, образуя эмульсию типа «нефть в воде». Такие эмульсии в течение длительного времени сохраняют устойчивость и разрушить их относительно сложно. Содержание нефти в таких эмульсиях от 50 до 300 мг/л.

Некоторые компоненты нефти частично растворяются в воде. Содержание нефти в растворенном состоянии составляет 5 - 20 мг/л.

Для очистки нефтесодержащих вод используются механический, физико-химический, химический и биохимический методы.

Механический метод применяют для отделения грубодисперсных нефтяных частиц. Он реализуется, например, в нефтеловушках. После очистки в них вода может быть использована, в основном на технологические нужды предприятия или спущена в водоемы.

Для извлечения эмульгированных и частичного удаления растворенных нефтяных частиц используются физико-химические методы (например, флотация).

Окончательная очистка нефтесодержащих стоков осуществляется с помощью химических и биохимических методов.

Наибольшее распространение на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов получили нефтеловушки.

Нефтеловушки предназначены для отделения воды от капель нефти методом отстаивания. Принцип работы основан на разности удельных весов воды и отделяемых частиц, в частности, нефти. В процессе отстаивания происходит всплывание нефти или нефтепродуктов и выпадение осадка механических примесей. Нефтеловушки обеспечивают очистку сточных вод до остаточного содержания нефти или нефтепродуктов 50—100 мг/л. В зависимости от объема сточных вод применяют нефтеловушки различной производительности и конструкции.

На рис.4.1 показана типовая нефтеловушка, рассчитанная на расход воды 30 л/с. Сточные воды поступают в распределительную камеру 2, из

которой по самостоятельным трубопроводам распределяются по секциям нефтеловушки. На входе в отстойную часть секции устраивают щелевую перегородку, благодаря которой происходит равномерное распределение потока сточных вод в отстойной части секций. В конце отстойной части вода проходит под затопленной нефтеудерживающей стенкой и через водослив попадает в поперечный сборный лоток, а затем в сбросный коллектор.

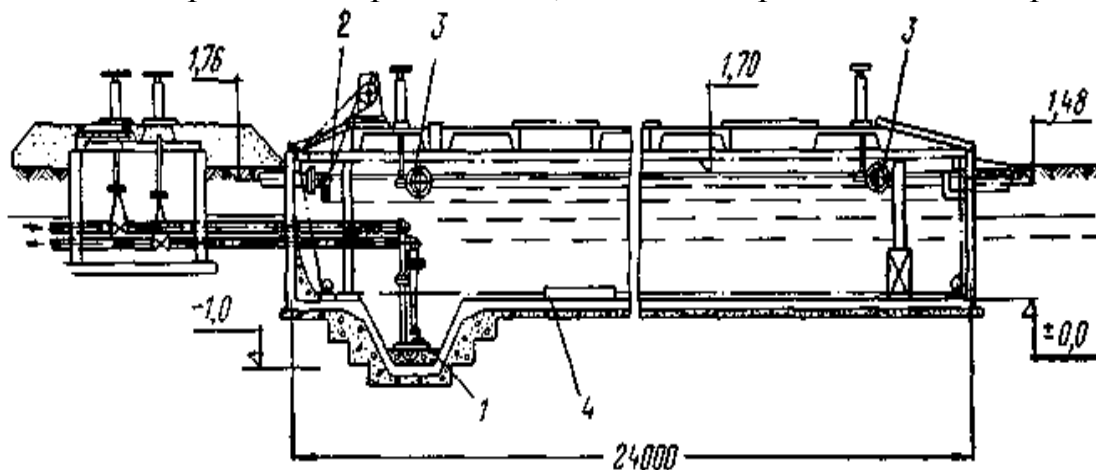


Рис. 4.1. Типовая нефтеловушка пропускной способностью 30 л/с  
1 — гидроэлеватор; 2 — распределительное устройство; 3 — нефтесборная труба; 4 — скреперный скребок

Всплывшие нефтепродукты собираются и отводятся щелевыми поворотными трубами 5, установленными в начале и в конце секции. Осадок, выпадающий на дно секции, сгребается к приямкам с помощью скреперного скребка 4, который передвигается вдоль каждой секции на непрерывном тросе, укрепленном на барабане электрифицированной лебедки. Осадок из приямков нефтеловушки удаляется гидроэлеватором 1 или шламовым насосом. Управление щелевыми нефтесборными трубами осуществляется с помощью штурвальных колонок. Уловленная нефть или нефтепродукт из нефтесборных труб по самотечному трубопроводу направляется в приемный колодец, а затем в нефтесборные резервуары.

#### 4.3.2. Подбор нефтеловушки

Исходными данными для расчета типоразмера нефтеловушки являются средний расход нефтесодержащих вод  $Q_{\text{ср}}$ , минимальный диаметр нефтяных частиц  $d_n$ , которые должны быть отделены в нефтеловушке, а также температура очищаемых вод  $T_B$ .

Нефтеловушка представляет собой динамический отстойник, в котором за время пребывания нефтесодержащих вод нефтяные частицы диаметром  $d_n$  успевают достичь поверхности воды. Необходимая длина нефтеловушки рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{h_n \cdot w}{k \cdot \left( \omega_o - w^* \right)} \quad (4.10)$$

где  $h_n$  - глубина проточной части нефтеловушки,  $h_n = 1,2 - 2$  м;  
 $w$  - средняя скорость потока; рекомендуется принимать  $w = 4 - 6$  мм/с;  
 $k$  - коэффициент использования объема нефтеловушки, учитывающий наличие зон циркуляции и мертвых зон, которые практически не участвуют в процессе очистки,  $k = 0,5$ ;  
 $u_o$  - скорость всплытия (гидравлическая крупность) нефтяных частиц диаметром  $d_n$ ;  
 $w^*$  - удерживающая скорость потока; при ламинарном режиме течения в нефтеловушке  $w^* = 0$ , а при турбулентном:

$$w^* = w \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{8}}, \quad (4.11)$$

где  $\lambda$  - коэффициент гидравлического сопротивления.

Скорость всплытия нефтяных частиц определяется по формуле Стокса:

$$u_o = \frac{g \cdot d_n^2 \cdot (\rho_B - \rho_H)}{18 \cdot \mu_B}, \quad (4.12)$$

где  $\rho_B$ ,  $\mu_B$  - соответственно плотность и динамическая вязкость воды при температуре  $T_B$  (табл.4.1).

Расчетный часовой расход нефтесодержащих вод:

$$Q_p = \frac{Q_{cp} \cdot k_{час}}{24}, \quad (4.13)$$

где  $k_{час}$  - часовой коэффициент неравномерности поступления нефтесодержащих вод,  $k_{час} = 1,3$ .

Необходимая ширина секции нефтеловушки

$$B = \frac{Q_{cp} \cdot k_{час}}{N \cdot h_p \cdot w}, \quad (4.14)$$

где  $N$  - число секций нефтеловушки (табл.4.2).

Найденные величины  $L$  и  $B$  сравниваются с размерами типовых нефтеловушек, после чего выбирается ее тип.

Таблица 4.1

*Зависимость динамической вязкости и плотности воды от температуры*

Т, К	273	275	278	283	288	293	298	303
$\mu_B \cdot 10^3$ , Па·с	1,792	1,673	1,519	1,308	1,140	1,005	0,894	0,801
$\rho_B$ , кг/м <sup>3</sup>	999,8	999,9	1000,0	999,7	999,0	998,2	997,1	995,7

Таблица 4.2

*Основные параметры типовых горизонтальных нефтеловушек*

Пропускная	Число	Глубина	Размеры одной секции, м	Номер
------------	-------	---------	-------------------------	-------

способность, м <sup>3</sup> /ч	секций	проточной части, м	ширина	длина	высота	типового проекта
18	1	1,20	2	12	2,4 и 3,6	902-2-157
36	2	1,20	2	12	2,4 и 3,6	902-2-158
72	2	1,25	3	18	2,4 и 3,6	902-2-159
108	2	1,50	3	24	2,4 и 3,6	902-2-160
162	2	2,00	3	30	2,4 и 3,6	902-2-161
396	2	2,00	6	36	2,4	902-2-3
594	3	2,00	6	36	2,4	902-2-17
792	4	2,00	6	36	2,4	902-2-18

**Пример 4.3.** Подобрать нефтеловушку для отделения нефтяных частиц диаметром  $d_n = 76 \cdot 10^{-6}$  м.

*Исходные данные.* Средний расход нефтесодержащих вод  $Q_{cp} = 3000$  м<sup>3</sup>/сут, их температура  $T_B = 283$  К. Плотность нефтяных частиц  $\rho_n = 840$  кг/м<sup>3</sup>.

**Решение.**

1. Определяем расчетный часовой расход нефтесодержащих вод по формуле (4.13):

$$Q_p = \frac{3000 \cdot 1,3}{24} = 162,5 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

В соответствии с табл. 4.2 предварительно принимаем к сооружению нефтеловушку по типовому проекту 902-2-161, для которой число секций  $N = 2$ , длина секции  $L = 30$  м, ширина секции  $B = 3$  м и глубина проточной части  $h = 2$  м.

2. Средняя скорость потока в нефтеловушке:

$$w = \frac{Q_p}{N \cdot h_n \cdot B} = \frac{162,5}{3600 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3} = 3,76 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$$

3. Гидравлический радиус нефтеловушки:

$$r = \frac{h_n \cdot B}{2 \cdot (h_n + B)} = \frac{2 \cdot 3}{2 \cdot (2 + 3)} = 0,6 \text{ м}.$$

4. Кинематическая вязкость воды при температуре 283 К:

$$\nu_n = 1,308 \cdot 10^{-3} / 999,7 = 1,308 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}.$$

5. Число Рейнольдса для потока в нефтеловушке рассчитываем по формуле:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{w \cdot 2r \cdot \rho_B}{\mu_B};$$

$$Re = \frac{4 \cdot 0,6 \cdot 3,76 \cdot 10^{-3}}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 6899.$$

6. Так как режим течения турбулентный, то коэффициент гидравлического сопротивления рассчитывается по формуле Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{6899^{0,25}} = 0,0347.$$

7. Удерживающая скорость потока – по формуле (4.11):

$$w^* = 3,76 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{0,0347}{8}} = 2,48 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}.$$

8. Скорость всплытия частиц диаметром  $d_H$  рассчитываем по формуле (4.12):

$$u_o = \frac{9,81 \cdot (76 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (999,7 - 840)}{18 \cdot 1,308 \cdot 10^{-3}} = 3,86 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}.$$

1. Расчетная длина нефтеловушки рассчитывается по формуле (4.10):

$$L = \frac{2 \cdot 3,76 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot (3,86 \cdot 10^{-4} - 2,48 \cdot 10^{-4})} = 109 \text{ м}.$$

Так как расчетная длина значительно превышает фактическую для выбранного типового проекта нефтеловушки, необходимо повторить расчет для другого типоразмера. Приняв типоразмер 902-2-3, повторим все вычисления:

$$w = \frac{162,5}{3600 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6} = 1,88 \cdot 10^{-3} \text{ м/с};$$

$$r = \frac{2 \cdot 6}{2 \cdot (6)} = 0,75 \text{ м};$$

$$Re = \frac{4 \cdot 0,75 \cdot 1,88 \cdot 10^{-3}}{1,308 \cdot 10^{-6}} = 4312;$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{4312^{0,25}} = 0,0391;$$

$$w^* = 1,88 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{0,0391}{8}} = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ м/с};$$

$$L = \frac{2 \cdot 1,88 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot (3,86 \cdot 10^{-4} - 1,31 \cdot 10^{-4})} = 24,5 \text{ м}.$$

Поскольку расчетная длина нефтеловушки типоразмера 902-2-3 меньше фактической, то выбор сделан верно.