

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технические системы»  
«20» января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению практических (семинарских) занятий**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Процессы и аппараты при очистке сточных вод»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**08.03.01 – "Строительство"**

с профилем  
**"Водоснабжение и водоотведение"**

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-01-22

Тула 2022 год

## Разработчик(и) методических указаний

Бурдова М.Г., доцент, к.т.н., доцент  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1**

### **1. Классификация электродов электрохимической очистки вод.**

По конструкции;  
По материалу;  
По конфигурации;  
По пространственному расположению;  
По отношению к друг другу.  
Требования, предъявляемые к конструкции электродов.

### **2. Способы включения электродов.**

Монополярное подсоединение, его особенности.  
Биполярное подсоединение, его особенности.

### **3. Общие сведения о работе электродов.**

Повышение производительности и интенсивности процессов.  
Схема электролизера с псевдооживленными электродами. Принцип работы.  
Типы загрузок электролизера с псевдооживленными электродами.

### **4. Выбор анодов.**

Аноды ОРТА и ОКТА.  
Технология изготовления.  
Материалы катодов.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2**

### **1. Конструкция электрокоагулятора и принцип его действия.**

Однопоточные электрокоагуляторы.  
Многopotочные электрокоагуляторы.  
Смешанные конструкции.

### **2. Электрокоагулятор колонного типа.**

Конструкция. Принцип работы.  
Назначение электролита.

### **3. Электрокоагулятор на базе вертикального отстойника.**

Конструкция. Принцип действия.  
Эффект осветления.  
Достоинства и недостатки.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3**

### **1. Стружечный электрокоагулятор.**

Конструкция и принцип действия.  
Достоинства и недостатки.

### **2. Диафрагменный электрокоагулятор.**

Конструкция. Принцип действия.  
Особенности эксплуатации.  
Достоинства и недостатки.

### **3. Гальванокоагуляционный барабан.**

Конструкция и принцип действия.  
Тип и соотношение загрузки. (Железо/Алюминий – Медь = 2,5:1;  
Железо – Кокс = 4:1)  
Особенности эксплуатации и производительность.  
Достоинства и недостатки.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4**

### **1. Электрокоагуляторы со стальными электродами.**

Конструкция.

Область применения и рабочие параметры.

Расчет. Основные расчетные параметры: величина силы тока, общая площадь анодов и катодов, требуемое число пластин, удельный расход железа, площадь сечения электрокоагулятора.

Технологическая схема очистки хромосодержащих стоков.

### **2. Принципиальная схема очистки цианосодержащих сточных вод методом электрохимического окисления.**

Конструкция электролизера.

Расчет электролизера периодического действия. Основные расчетные параметры: величина силы тока, общая площадь анодов и катодов с учетом соотношения площади анодов к площади катодов 3:1, площадь сечения электролизера.

### **3. Практическое применение электрокристаллизации.**

Величина слоя металла на катоде 0,1-0,3 мм.

Установка ВЕУТ для извлечения драгоценных металлов с использованием псевдооживленного слоя стеклянных шариков.

Конструкция.

Эксплуатационные затраты (на 1 т металла – 6-10 тыс. кВт\*ч электроэнергии)

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5**

### **1. Электрофлотатор с горизонтальными электродами.**

Конструкция.

Расположение электродов. (Горизонтальное, вдоль днища)

Достоинства и недостатки.

### **2. Электрофлотатор с комбинированными электродами.**

Конструкция. Принцип работы установки.

Особенности расположения анодов в виде трехгранной призмы из графита.

Преимущества использования сетчатого металлического катода.

Область применения и эффект очистки.

### **3. Секционный электрофлотатор.**

Конструкция. Принцип работы.

Назначение Приемной секции, электродной секции, безэлектродной секции, промежуточной секции и сборной секции.

Область применения.

### **4. Электросатураторы.**

Конструктивные особенности и принцип работы.

Режим работы: напорный, давление 0,3-0,5 МПа, плотность тока 5 А/дм<sup>2</sup>, напряжение 9-10 В.

Продолжительность обработки 20-30 с.

Область применения.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6**

### **1. Электрокоагуляторы с алюминиевыми электродами.**

Конструкция и принцип работы.

Область применения и рабочие параметры.

Расчет. Основные расчетные величины: токовая нагрузка, требуемая площадь анодов и катодов, общий объем электрокоагулятора, количество выделяемого газа.

### **2. Современная конструкция электродиализаторов.**

Прямоточная схема, ее особенности.

Циркуляционная схема периодического и непрерывного действия, ее особенности.

Технологические схемы распределения потоков в электродиализаторе:

Последовательная схема, ее достоинства и недостатки;

Параллельная схема, ее достоинства и недостатки;

Комбинированная схема, ее достоинства и недостатки.



## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7**

### **1. Устройство электрофоретического аппарата.**

Конструкция и принцип действия.

Назначение мембран и фильтров, материал их изготовления.

Особенности эксплуатации электрофоретического аппарата.

Ламинарность движения воды.

Оптимальные рабочие параметры  $pH = 7,5-8$ .

Приэлектродное пространство. Назначение промывки.

Выбор анодов и катодов для электрофоретического аппарата.

### **2. Комбинированный электрофлотокоагулятор.**

Конструкция и принцип действия.

Конструкция и предназначение газового стояка.

Степень удаления загрязняющих веществ.

Расчет электрофлотокоагулятора. Основные расчетные величины: токовая нагрузка, площадь электродов, объем флотационной камеры.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8**

### **1. Комбинированный электрофлотокоагулятор для очистки воды от ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов, ПАВ и органических примесей.**

Конструкция и принцип работы.

Последовательность технологических процессов.

Гидромеханический флокулятор и его особенности.

Тип фильтрующей загрузки.

Эффект осветления по загрязняющим веществам.

### **2. Трехсекционная электрофлотокоагуляционная установка.**

Конструкция и принцип действия.

Электродная система 1 камеры: графитовый анод и стальной катод.

Электродная система 2 камеры: 36 ячеек из дюралюминия.

Электродная система 3 камеры: графитовый анод и сетчатый катод.

Эффект осветления.

# ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9

## 1. Колонный электрофлотокоагулятор.

Конструкция. Принцип действия.

Особенности электродных систем.

Расчет. Основные расчетные величины: объем электрофлотокоагулятора, исходя из времени пребывания, сила тока в электрофлотаторе, число и площадь электродов, диаметр колонны.

## 2. Практическое применение методов электрохимической очистки сточных вод.

Гальваностоки. Общие сведения о стоках гальваники. Пути образования стоков.

Электродиализ для промывных вод: Технологическая схема, рабочие параметры анодная плотность  $50-180 \text{ А/м}^2$ , напряжение 12 В.

Регенерации электролитов: технологическая схема, особенности катода и анода, рабочие параметры  $150-200 \text{ А/м}^2$ , напряжение 24 В.

Назначение электролизера.

Растворы кислоты и электролита для прикатодной и прианодной части.

Очистка хромсодержащих, циансодержащих и кислотощелочных стоков. Технологическая схема. Оптимальные pH процессов.

Стоки бытовой химии. Технологическая схема при концентрациях 300-1500 мг/л и при концентрации до 300 мг/л.

## 3. Микрофльтрационные картриджи.

Область применения.

Способы подачи воды.

## Расчет электролизера

Необходимая величина тока в электрической цепи электролизера:

$$I_{cur} = \frac{2,06 \cdot C_{en} \cdot q_w}{\eta_{cur}}, A$$

где  $C_{en}$  – исходная концентрация цианидов, мг/л;

$q_w$  – часовой расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$\eta_{cur}$  – выход по току, принимаемый равным 0,6-0,8;

2,06 - коэффициент удельного расхода электричества, А×ч/г.

Для работы электролизера под постоянным током предусматривается установка выпрямитель переменного тока, вырабатывающий постоянный ток на 300 А.

Требуемая поверхность анодов:

$$f_{an} = \frac{I_{cur}}{i_{an}}, m^2$$

где  $i_{an}$  – анодная плотность тока, в соответствии с п.6.321 100-150 А/м<sup>2</sup>.

В качестве анодов используются графитированные плиты, площадь одной из которых равна:

$$f'_{pl} = 2b \cdot h, m^2$$

где  $b$  и  $h$  – габаритные размеры пластины электрода, м.

Число анодов:

$$N_{pl} = \frac{f_{an}}{f'_{pl}}, шт$$

Принимаем 1 блок с количеством анодов не более 30 шт.

У электролизера есть одна особенность: площадь анодов к площади катодов относится как 3:1.

Общая площадь катодов:

$$f_{кат} = \frac{N_{pl} \cdot f'_{an}}{3}, m^2$$

Объем жидкости в межэлектродном пространстве в блоке составит:

$$W_{el} = N_{an} \cdot l_{el}, m^3$$

где  $l_{el}$  – межэлектродное пространство, принимается 40-50 мм.

Объем анодов:

$$W_{ан} = N_{ан} \cdot \delta_{ан} \cdot f'_{ан}, м^3$$

где  $\delta_{ан}$  – толщина анодов, м.

Объем катодов:

$$W_{кат} = \delta_{кат} \cdot f_{кат}, м^3$$

где  $\delta_{кат}$  – толщина катодов, м.

Общий объем электролизера:

$$W_{ел} = W_{ел} + W_{ан} + W_{кат}, м^3$$

Исходя из числа электродов, их толщины и межэлектродного пространства, определяем длину электролизера:

$$L = N_{ан} \cdot \delta_{ан} + N_{кат} \cdot \delta_{кат} + l_{ел} \cdot (N - 1), м$$

Площадь блока:

$$F = \frac{W_{ел}}{L}, м^2$$

Ширина блока при высоте 0,7 м:

$$B = \frac{F}{H}, м$$

## Расчет электрокоагулятора

В соответствии со СНиП 2.04.03-85 п. 6.329 электрокоагуляторы со стальными электродами применяются при расходах сточных вод до  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  и концентрацией шестивалентного хрома до  $100 \text{ мг/л}$ . Перед электрокоагулятором рН среды должен быть 4-6.

Величина электрического тока определяется по формуле:

$$I = q_w \cdot C_{en} \cdot q_{cur}, A$$

где  $q_w$  – часовой расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$C_{en}$  – концентрация загрязнений по  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{мг/л}$ ;

$q_{cur}$  – удельный расход электричества, принимаемый по п.6.332  $3,1 \text{ А} \cdot \text{ч}$ .

Общая поверхность анодов:

$$f_{an} = \frac{I}{i_{an}}, \text{ м}^2$$

где  $i_{an}$  – анодная плотность тока, в соответствии с п.6.332  $150\text{-}250 \text{ А/м}^2$ .

Поверхность одной пластины:

$$f'_{pl} = 2b \cdot h, \text{ м}^2$$

где  $b$  и  $h$  – габаритные размеры пластины электрода,  $\text{м}$ .

Требуемое число пластин с учетом катода:

$$N_{pl} = \frac{2f_{an}}{f'_{pl}}, \text{ шт}$$

В соответствии со СНиП 2.04.03-85 п. 6.333, в одном блоке должно быть больше 30 пластин.

Общий объем электрокоагулятора:

$$W_{ek} = f \cdot l_3, \text{ м}^3$$

где  $l_3$  – межэлектродное пространство, принимается  $5\text{-}10 \text{ мм}$

Продолжительность пребывания сточных вод в электрокоагуляторе составит:

$$t = \frac{W_{ek}}{q_w}, \text{ с}$$

что соответствует п. 6.332 СНиП, в котором говорится, что время пребывания сточных вод в электрокоагуляторе не должно превышать 3 минут.

Удельный расход железа рассчитывается по формуле:

$$Q_{Fe} = \frac{Q_w \cdot C_{en} \cdot q_{Fe}}{1000 \cdot K_{ek}}, \text{ кг / сут}$$

где  $q_{Fe}$  – удельный расход металлического железа для удаления 1 г Cr (VI), г/г, п. 6.332 – 2-2,5 г/г;

$K_{ek}$  – коэффициент использования электрокоагулятора. Принимается 0,6-0,8.

Масса электродных пластин при толщине 5 мм с учетом плотности электродов 5,5 т/м<sup>3</sup>:

$$M = N_{pl} \cdot \delta \cdot \gamma \cdot f'_{pl}, \text{ т}$$

Продолжительность работы анодов:

$$T = \frac{M}{Q_{Fe}}, \text{ сут}$$

Площадь сечения электрокоагулятора при вертикальном расположении электродов и вертикальном движении воды:

$$F = \frac{Q_w}{v}, \text{ м}^2$$

где  $v$  – скорость движения воды в межэлектродном пространстве, составляющая 30-40 м/ч для восходящего движения потока и 20-30 м/ч – для горизонтального движения.

Требуемая ширина электрокоагулятора при  $\delta = 5$  мм:

$$B_{ek} = N_{pl} \cdot \delta + l_{\vartheta} \cdot (N_{pl} - 1), \text{ м}$$

Длина электрокоагулятора:

$$L_{ek} = \frac{F}{B_{ek}}, \text{ м}$$

Высота электрокоагулятора:

$$H_{ek} = h_{pl} + h_l, \text{ м}$$

## Расчет фильтра с пенополиуритановой загрузкой

Количество промывок определяется по формуле:

$$n = \frac{24}{T_{\phi}}, \text{ раз}$$

где  $T_{\phi}$  – продолжительность фильтроцикла, ч.

Согласно [4] 12 ч.

Суммарная площадь фильтров определяется по формуле:

$$F = \frac{Q_{\text{сут}}}{(T \cdot v_{p.n.} - 3,6 \cdot n \cdot w \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot v_{p.n.})}, \text{ м}^2$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$T$  – время работы станции в течении суток,  $T=6$  ч;

$w$  – интенсивность промывки,  $w=15$  л/(с·м<sup>2</sup>);

$t_1$  – продолжительность промывки,  $t_1=0,25$  ч;

$t_2$  – простой фильтра в связи с промывкой,  $t_2=0,5$  ч;

$n$  – число промывок фильтра в сутки  $n=2$ ;

$V_{p.n.}$  – скорость фильтрования при нормальном режиме, составляет до 10 м/ч.

Принимаем 6,0 м/ч.

Число фильтров рассчитывают по формуле:

$$N = 0,5\sqrt{F}, \text{ шт}$$

где  $F$  – суммарная площадь фильтров, м<sup>2</sup>;

Площадь одного фильтра определяется по формуле:

$$f = \frac{F}{N}, \text{ м}^2$$

где  $F$  – площадь фильтра, м<sup>2</sup>;

$N$  – количество фильтров, шт.

Габаритные размеры фильтров: В x L

Расчетная скорость фильтрования при форсированном режиме:

$$v_{ff} = v_{p.n.} \cdot \frac{N}{N-1}, \text{ м / ч}$$

где  $V_{p.n.}$  – скорость фильтрования при нормальном режиме,  $V_{p.n.}= 6$  м/ч.

$N$  – количество фильтров, шт.



Скорость при форсированном режиме фильтрования не должна быть более 12 м/ч. Данное требование соблюдается.

## Расчёт колонного электрофлотокоагулятора.

Колонный электрофлотокоагулятор имеет все основные элементы: коагуляционную, флотационную и отстойную зоны. Отличием является подача электролита, в качестве которого используется 15% очищенный раствор NaCl или HCl, чтобы концентрация составляла 0,3 г/л. Электролит смешивается со сточной водой, которая подается в колонну. Для продуктивной подачи сточной воды в электродной системе предусмотрены пазы с обратным клапаном. При движении вверх смесь воды и электролита насыщается пузырьками газа, так и происходит процесс коагуляции частиц с гидроксидами металлов. Так как электродная система при впуске электролитов имеет растворимый электрод, обеспечивается получение гидроксидов металлов. Отсюда следует что вверх колонны выполняет функцию коагулятора. Для флотационного разделения предусмотрен флотатор, совместно расположенный с колонной. Для достижения требуемого эффекта флотационного разделения флотатор снабжен нерастворимыми электродами. Пенный продукт во флотаторе поступает в трубопровод с раструбом позволяющий транспортировать пену за пределы сооружения. Более мелкие гидроксиды металлов при прохождении отстойника осаждаются. Вода проходя отстойник стремится вверх и собирается дренажной системой и уходит за пределы конструкции. Такая конструкция позволяет получить определенные технологические показатели:  $\Xi_{\text{вз.вещ.}} - 96\%$ ;  $\Xi_{\text{нефти.}} - 96,6\%$ ;

Расчет производится из продолжительности пребывания в ванне, скорости подъёма в колонне. Исходя из времени продолжительности флотации, скорости движения воды в флотаторе и сходя из тех или иных скоростях в штуцерах.

1. Находим объём электрокоагулятора исходя из продолжительности пребывания сточных вод 10 минут:

$$W_{\text{элк}} = Q_w^1 \cdot t_{\text{элк}}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

Где  $Q_w$  – количество сточной воды,  $\text{м}^3$ ;

$t = 5 \text{ минут} = 0,17 \text{ часа}$ ;

2. Высота электрокоагулятора:

$$H_{\text{элк}} = V_{\text{элк}} \cdot t_{\text{элк}}, \text{ м} \quad (6)$$

Где  $V_{\text{элк}}$  – скорость движения в электрокоагуляторе,  $10 \text{ мм/с} = 0,01 \text{ м/с}$ ;

$$H_{\text{элк}} = 0,01 \cdot 10_{\text{мин}} \cdot 60 = 6 \text{ м}$$

3. Диаметр электрокоагулятора:

$$D_{\text{элк}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W_{\text{элк}}}{H_{\text{элк}} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,44}{6 \cdot 3,14}} = 1,1 \text{ м}$$

4. В электрофлотатор сточная вода подается через штуцер, скорость в котором составляет  $0,3 - 0,6 \text{ м/с}$ , следовательно диаметр штуцера:

$$D_{\text{элк}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{элк}}}{V \cdot \pi \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,995}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 3600}} = 150 \text{ мм}$$

5. Объём электрофлотатора исходя из продолжительности пребывания сточных вод 30 минут:

$$W_{\text{фл}} = Q \cdot t, \text{ м}^3$$

6. Высота электрофлотатора:

$$H_{\text{фл}} = V_{\text{фл}} \cdot t_{\text{фл}}, \text{ м} \quad (7)$$

Где  $V_{\text{эф}}$  – скорость движения в электрофлотаторе,  $2 - 10 \text{ мм/с}$ , Принимаем  $0,003 \text{ м/с}$ ;

7. Диаметр электрофлотатора:

$$D_{\text{фл}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W_{\text{фл}}}{H_{\text{фл}} \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16}{5,4 \cdot 3,14}} = 2 \text{ м}$$

Между стенками электрокоагулятора и электрофлотатора располагаются электроды.

8. Рабочая площадь этих электродов составит:

$$S_{н.эл.ф} = \frac{\pi \cdot (D_{фл}^2 - D_{эл}^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (2^2 - 1,1^2)}{4} = 2,2 м^2$$

9. Токовая нагрузка во флотаторе составит:

$$J = Q_w \cdot Q_{cur}, A \quad (7)$$

Где  $Q_{cur}$  – удельный расход электричества, 200 А·час/м<sup>3</sup>.

10. Необходимая площадь электродов с учетом анодной плотности составит:

$$\zeta_{an} = \frac{J}{i_{an}}, м^2 \quad (8)$$

Где  $i_{an}$  – анодная плотность, 300 А/м<sup>2</sup>.

11. Число электродов, расположенных во флотаторе:

$$N_{an} = \frac{D_{фл}}{(a + b + l)}, шт. \quad (9)$$

Где  $a$  – 30-50 мм;

$b$  – 5-10 мм;

$l$  – 15-20 мм;

12. Площадь одного электрода составит:

$$S_{el} = \frac{\zeta_{an}}{N_{an}} = \frac{21,3}{29} = 0,74 м^2$$

Электроды располагают на глубине 0,4 - 0,5 м от поверхности воды.

13. Площадь отстойной зоны исходя из скорости осаждения 5 мм/с:

$$S_{осажд} = \frac{Q_w}{V_{осажд} \cdot 3600}, м^2 \quad (10)$$

Где  $V_{осажд}$  – скорость, 5 мм/с = 0,005 м/с;

14. Так как отстойная зона совмещена с флотатором, то общая площадь составляет:

$$S_{общая} = S_{фл.} + S_{осажд} = \frac{\pi \cdot D_{фл.}^2}{4} + S_{осажд} = 3,14 + 1,8 = 4,94 м^2$$

15. Диаметр отстойной зоны:

$$D_{отстойн.} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{общая}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,94}{3,14}} = 2,51 м^2$$

16.Количество извлеченной нефти:

$$Q_{эф.}^н = \frac{C_{нефти}}{100} \cdot \mathcal{E} \cdot Q_W \cdot K_{ген}, \text{ г / час} \quad (11)$$

Где  $C_{нефти}$  – содержание нефти в сточной воде; 86 мг/л;

$\mathcal{E}$  – эффект осветления, 96,6%.

17.Объём нефти, выделенной в электрофлотокоагуляторе:

$$W_{нефти} = \frac{Q_{эф.}^н}{\gamma_n}, \text{ л / час} \quad (12)$$

Где  $\gamma_n$  – влажность нефти, 0,9 кг/л;

## Расчёт электрокоагулятора для маслосодержащих сточных вод

Примем продолжительность, цикла очистки  $t_{ch}$ , равной 0,5ч  
(продолжительность электрокоагуляционной обработки  $t_1 = 0,25$  ч;  
продолжительность налива жидкости в аппарат и ее слива  $t_2 = 0,25$  ч).

1 Объем жидкости в электрокоагуляторе:

$$W_{ch} = q_w \cdot t_{ek}$$

где  $q_w$  – среднесуточный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$t_{eh}$  – продолжительность цикла очистки,  $t_{eh} = t_1 + t_2$

2 Общее количество электричества, необходимое для обработки такого объема жидкости, составит:

$$Q_{cur} = W_{ch} \cdot q_{cur}$$

где  $q_{cur}$  – удельный расход электричества,  $430 \text{ А} \times \text{ч}/\text{м}^3$ , допускается

принимать по [табл. 57](#) СНИП

Технологический параметр	Содержание масел, $\text{г}/\text{м}^3$										
	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	8000	10 000
$q_{cur}$ , $\text{А} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$	180	225	270	315	360	405	430	495	540	720	860
$q_{Al}$ , $\text{г}/\text{м}^3$	60	75	92	106	121	136	151	166	182	242	302
$q_H$ , $\text{л}/\text{м}^3$	85	95	113	132	151	170	184	208	227	303	368

3 Величина тока в электрической цепи:

$$I_{cur} = Q_{cur} / t_1$$

4 Рабочая поверхность анодов составит:

$$f_{an} = I_{cur} / i_{an}$$

где  $i_{an}$  – электродная плотность тока,  $\text{А}/\text{м}^2$ ;  $i_{an} = 80-120 \text{ А}/\text{м}^2$ ; (СНИП)

$\delta$  – толщина электродных пластин 4-8 мм, принимаем;

$b$  – величина межэлектродного пространства 12-15 мм,

5 Отсюда общий объем электродов при их толщине 6 мм составит:

$$V_{ch} = f_{an} \cdot \delta$$

6 Масса будет равна:

$$M_{ek} = V_{ek} \cdot \rho_{Al}$$

где  $\rho_{Al}$  - плотность алюминия,  $2,7 \text{ т/м}^3$

В связи с тем, что масса одного электродного блока не должна превышать 50 кг, принимаем число блоков, равное 16.

7 Общий объем жидкости в межэлектродном пространстве всех электродных блоков составит:

$$V_{ж} = f_{ан} \cdot b$$

8 Объем одного электродного блока:

$$W_6 = (V_{ch} + V_{ж})/9$$

9 Условно, приняв форму блока кубической формы, длина его ребра, м:

$$l_6 = \sqrt[3]{W_6}$$

10 Число электродов в одном электродном блоке составит:

$$n = \frac{l_6}{\delta + b}$$

т.е. блок будет состоять из 8 анодов и 8 катодов.

11 Таким образом, с учетом установочных зазоров ( $l_3 = 0,07 \text{ м}$ ;  $l_b = 0,43$ ) общая длина электрокоагулятора составит:

$$L_9 = 6l_b + 7l_3$$

12 Ширина электрокоагулятора, м:

$$B_9 = l_b + 2l_3$$

13 На высоте верхней кромки электродов  $L_1 = l_b + l_3$  объем жидкости в электрокоагуляторе:

$$V_{эж} = L_9 B_9 (l_b + l_3) - V_{ch}$$

14 Высота слоя жидкости над электродами, м

$$h_2 = (W_{эж} - V_{эж}) / L_9 B_9$$

15 Общая высота слоя жидкости в электрокоагуляторе составляет, м:

$$h_3 = h_1 + h_2, \text{ м.}$$

С учетом необходимости размещения пеносгонного устройства полная высота аппарата  $H_9$  составит м.

16 Общие габариты электрокоагулятора  $L_9 B_9 H_9$

17 Эффект очистки жидкости:

$$\Xi = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100\%$$

18 Количество улавливаемых маслопродуктов:

$$Q_{\text{м}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot \mathfrak{Z} \cdot Q \cdot 10^{-6}}{(100 - B) \cdot \gamma}, \text{м}^3/\text{сут}$$



## Расчет электрофлотатора

1 Определяем число электродов расположенных в электродной камере.

$$K_{\phi} = (A - 2a + c) / (\Delta + c)$$

где  $A$  – ширина камеры (2000мм).

$a$  – зазор между крайними пластинами (100мм).

$c$  – расстояние между пластинами (15-20мм).

$\Delta$  – толщина (6-10мм).

4.2 Определяем токовую нагрузку.

$$J = q_w \cdot q_{qqa}, A$$

где  $q_{qqa}$  – удельный расход электричества (100-300А·ч/м<sup>3</sup>).

3 Определяем площадь электродов с учетом анодной плотности.

$$f_{an} = J / i_{an}, m^2$$

где  $i_{an}$  – анодная плотность тока (100-150А/м<sup>2</sup>)

4 Определяем объем электродной системы.

$$W_{ek} = f_{an} \cdot c, m^3$$

5 Определяем объем флотационной камеры с учетом пребывания ст. воды  
0,3 до 0,75 ч.

$$W_f = q_w \cdot t_f, m^3$$

6 Определяем общий объем.

$$W = W_{ek} + W_f, m^3$$

7 Для определения рабочих параметров воспользуемся рекомендацией ,  
примем высоту электродной пластины от 1 до 1,5 м. Тогда длина пластины:

$$l_{pl} = f_{an} / (H_{pl} \cdot n_{pl}), m$$

8 Определяем площадь 1 пластины .

$$f_{pl} = f_{an} / (n_{эл.} - 1), m^2$$

9 Высота электродной камеры.

$$H_{эл.кам.} = h_{pl} + h_n + h_{ш}, m$$

где,  $h_n$  – (0,4-0,6м),  $h_{ш}$  – (0,3-0,4м).

10 Определяем объем электродной камеры.

$$W_{эл.кам.} = A \cdot H_{эл.кам.} \cdot L_{эл.кам.}, m^3$$

где  $L_{эл.кам.} = l_{pl} + 2 \cdot a, m$

11 Определяем объем флотационной камеры.

$$W_{фл.} = q_w \cdot t_{фл.}, m^3$$

где  $t_{\text{фл.}} = (0,3-0,6)$

12 Высота  $H_{\text{эл.кам.}} = H_{\text{фл.}}$ , Ширина  $B_{\text{фл.}} = A$ .

13 Определяем длину флотационной камеры.

$$L_{\text{фл.}} = W_{\text{фл.}} / (H_{\text{фл.}} \cdot B_{\text{фл.}}), \text{ м}$$

14 Количество выделяемого алюминия элект. анодами.

$$m = k_1 \cdot \mathcal{E}_{\text{ал.}} \cdot q_{\text{wa.}} \cdot q_w, \text{ г/ч}$$

где  $k_1 = (0,6-0,8)$ ,  $\mathcal{E}_{\text{ал.}} = 0,336 \text{ А} \cdot \text{ч/г}$ ,  $q_{\text{wa.}} = 100-300 \text{ А/м}^3$

15 Масса электродов.

$$M = p \cdot n_{\text{ал.}} \cdot \delta \cdot f, \text{ кг}$$

16 Продолжительность работы электродов.

$$T = k_2 \cdot (M/m), \text{ сут}$$

где  $k_2 = (0,8-0,9)$  степень изнашиваемости.

17 Кол-во извлекаемой нефти за час.

$$Q_{\text{н.сут}} = (45 \cdot 43,012) \cdot (1000 \cdot \gamma), \text{ л}$$

где  $\gamma = 0,85 \text{ т/м}^3$