

# КОНТРОЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КАЧЕСТВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Лекция 3 Методы и средства восстановления качества нефти  
и нефтепродуктов

# Методы восстановления качества нефти и нефтепродуктов

---

- Отстаивание
- Центрифугирование
- Фильтрация
- Адсорбционные методы
- Химические методы
- Смешение и добавление недостающих компонентов



# Отстаивание

---

- Наиболее простой способ восстановления качества нефтепродуктов.
  - Отстаиванием можно удалить из топлив и масел значительную часть механических примесей и воды.
  - Эффективность процесса увеличивается с ростом различия в плотности загрязнений и нефтепродуктов, а также размеров частиц загрязнений.
  - Отстаивание предшествует, как правило, фильтрации, но может быть и самостоятельным процессом восстановления качества
- 
- ▶ нефтепродуктов.

# Теоретические основы устойчивости суспензий и эмульсий

---

- Оседание частицы происходит под действием силы тяжести

$$F_1 = V\rho_3 g$$

- Выталкивающая сила, действующая на частицу в нефтепродукте

$$F_2 = V\rho_H g$$

- Сила сопротивления нефтепродукта

$$F_3 = Aw$$

- Уравнение равновесия, верное при постоянной скорости

$$Vg (\rho_3 - \rho_H) = Aw.$$

- Скорость оседания (для сферических частиц)

$$\omega = [2r^2 / 9\eta](\rho_3 - \rho_H)g$$

---



# Факторы, влияющие на скорость оседания частиц

---

- Скорость оседания частиц падает с уменьшением разности плотностей частиц и (среды) нефтепродукта.
  - С уменьшением размеров частиц скорость оседания снижается, и при их размерах менее 1—2 мкм отстаиванием восстановить качество нефтепродуктов практически невозможно.
  - С увеличением вязкости нефтепродуктов скорость отстаивания уменьшается.
  - Процесс оседания еще более замедляется при понижении температуры.
- 



# которые могут быть удалены отстаиванием

---

$$r = \sqrt{9\eta H / [2(\rho_3 - \rho_n)g\tau]}.$$

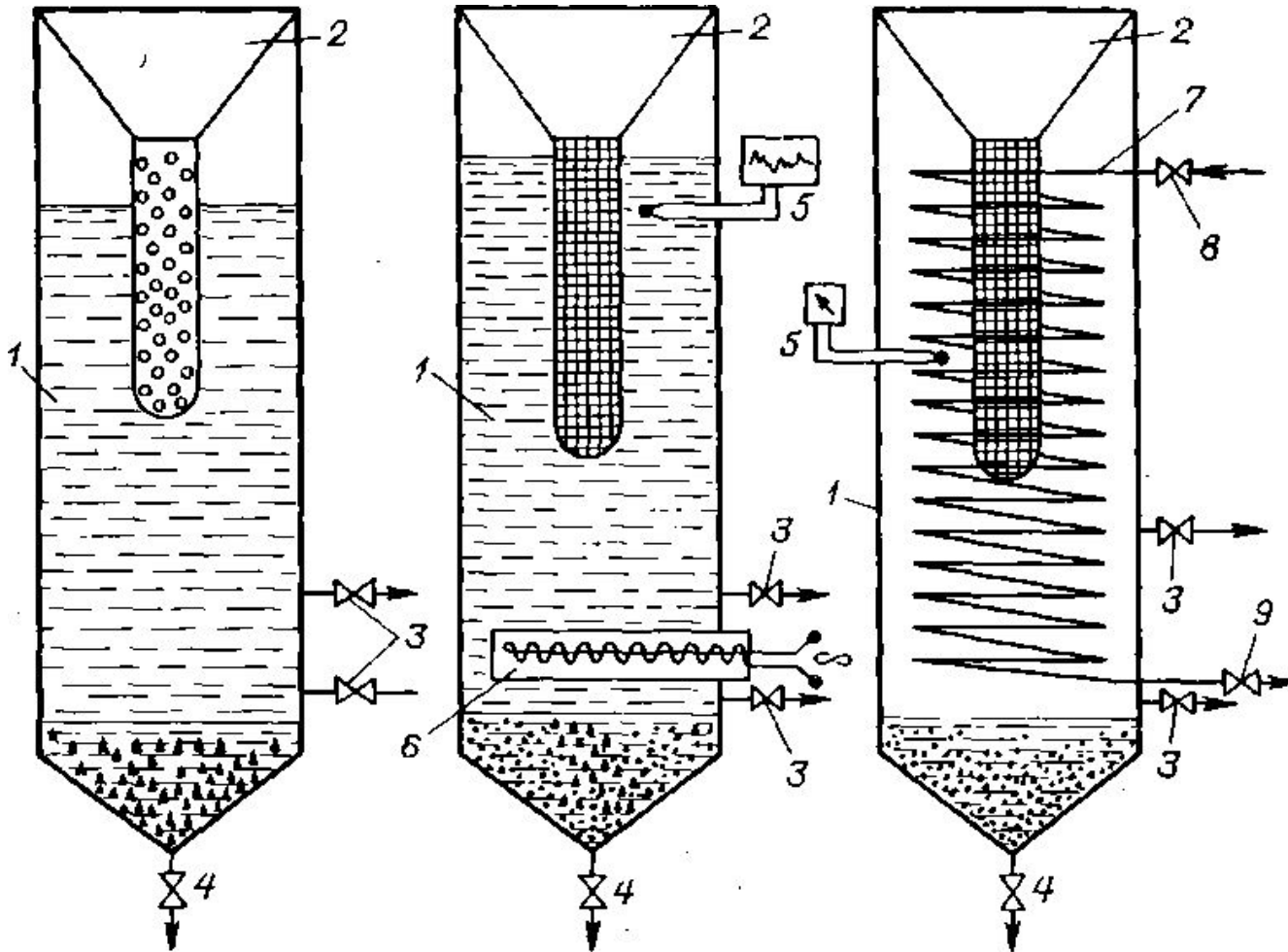
Нефтепродукт	Минимальный размер частицы, мкм
Бензин, реактивное топливо	0,1-3
Дизельное топливо	5-10
Масла	20-40

**Максимальный размер частиц – 100  
мкм**

---



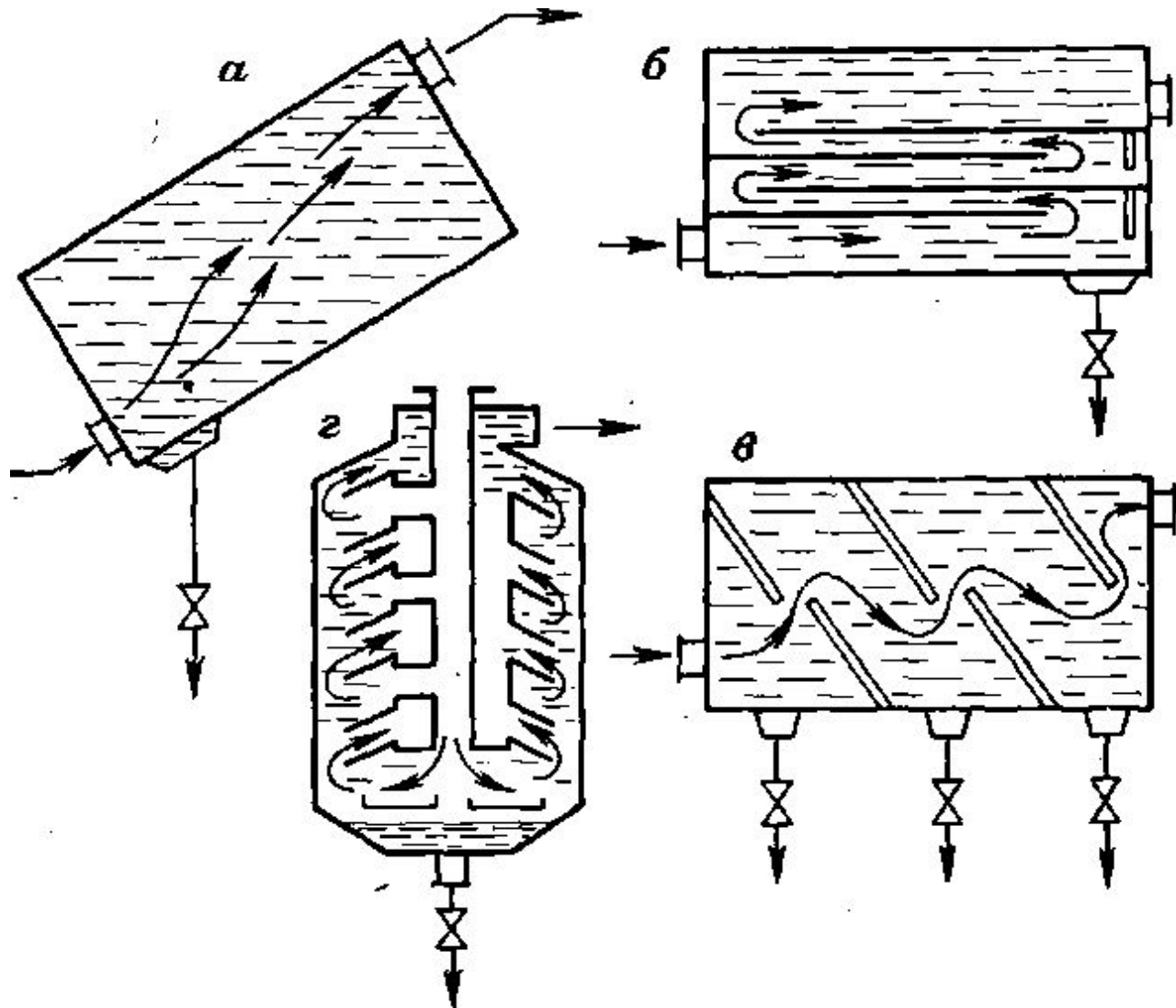
# Отстойники периодического действия



1 — корпус отстойника;  
2 — воронка с сеткой;  
3 — кран для слива отстаивающегося масла;

4 — кран для удаления отстоя;  
5 — датчик температуры;  
6 — электрообогрев;  
7 — паровой змеевик;  
8, 9 — паровые краны.

# Отстойники полунепрерывного действия



*а* — горизон-  
тальный;

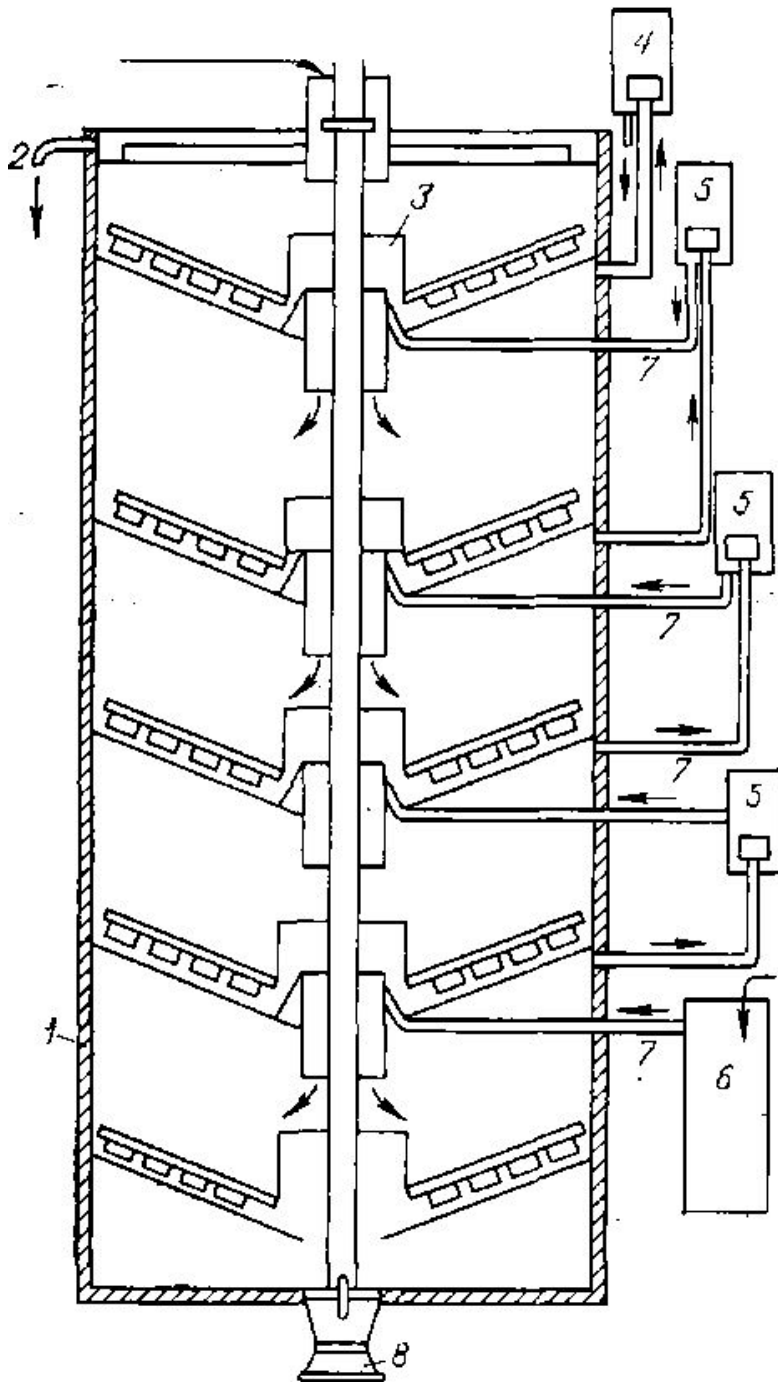
*б* — с промежу-  
точными  
ярусами;

*в* — с наклонными  
перегородками;

*г* — вертикальный  
с коническими  
тарелками

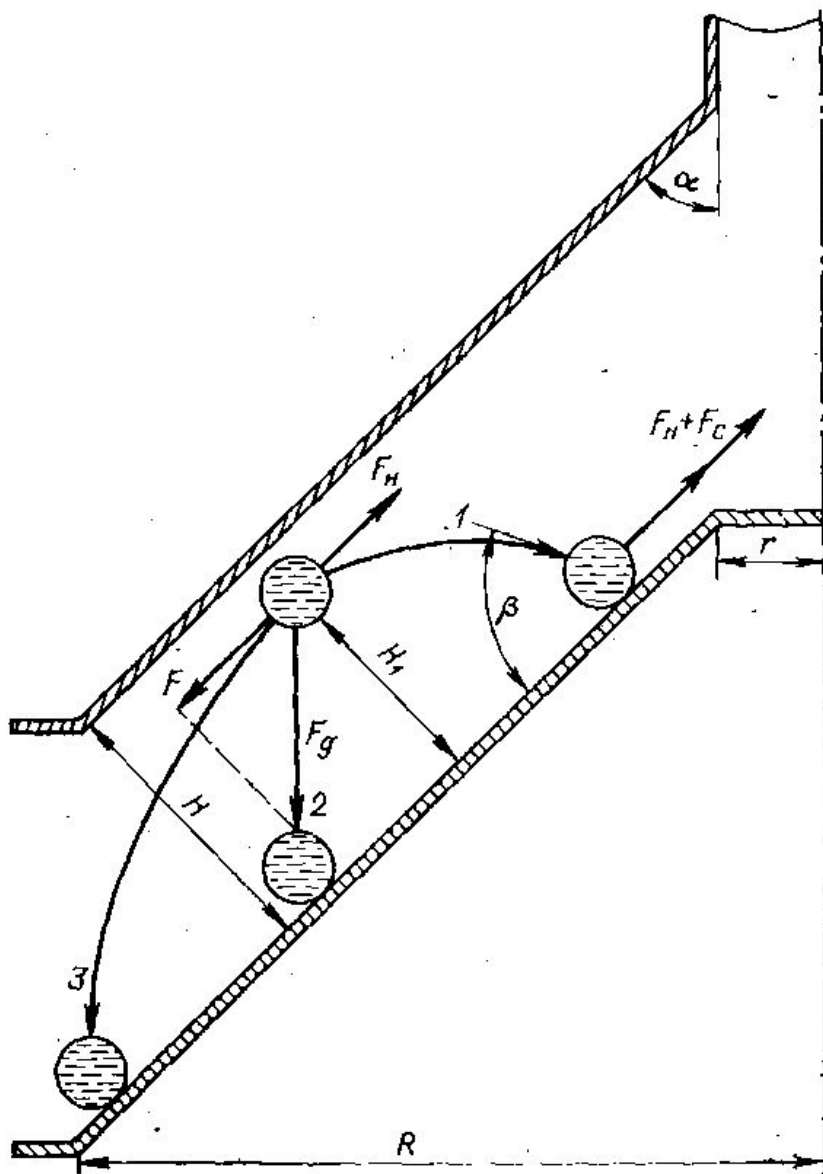


# огоярусный отстойник с промывкой осадка



- 1 — корпус;
- 2 — трубопровод  
жидкости после отстоя;
- 3 — ловушка;
- 4 — бачок для свежей  
промывочной жидкости;
- 5, 6 — бачки для  
промывочной жидкости;
- 7 — трубопроводы;
- 8 — патрубок для  
удаления осадка.

# Схема осаждения капель в тарельчатом отстойнике



$F_n$  - сила потока нефтепродукта  
 $F_g$  - сила тяжести, составляющая которой  $F$  направлена против силы потока

- 1 - кривая движения при  $F_n > F$
- 2 - кривая движения при  $F_n = F$
- 3 - кривая движения при  $F_n < F$

$F_c$  - сила сцепления при касании с поверхностью тарелки;

При  $F > F_n + F_c$  - происходит отделение воды от нефтепродукта

# Определение производительности тарельчатого отстойника

Предположим, что весь объем топлива, находящегося в межтарельчатом пространстве, пройдет его за время  $\tau$

Это время складывается из времени осаждения, укрупнения и скатывания:

$$\tau = \tau_{oc} + \tau_k + \tau_{ск}.$$

Без учета времени скатывания

$$\tau_1 = \tau_{oc} + \tau_k.$$

Время осаждения с известным приближением

$$\tau_{oc} = (H / \sin \beta - d) / \omega_3.$$

Если пренебречь размером капель, то  $\tau_1 = H_1 / (\omega_3 \sin \beta) + \tau_k$

$\tau_1$  будет уменьшаться с увеличением скорости осаждения и уменьшением

$H_1$

# Определение производительности тарельчатого отстойника

---

Пропускная способность отстойника

$$G = VN/\tau_1$$

где N — число тарелок.

Поскольку

$$V = \pi L(R + r)H / \sin \alpha$$


$$G = \pi L(R + r)Hn / \{ \sin \alpha \times [H / (\sin \beta \cdot \omega) + \tau_k] \}$$

Таким образом, пропускная способность отстойника

**Возрастает:** с увеличением длины тарелок, их радиуса, числа; скорости осаждения;

**Уменьшается** с увеличением угла наклона; времени коагуляции капель.

---



# Скорость осаждения частиц кварца в топливе ТС-1

---

Радиус частиц, мкм	Скорость осаждения, м/с	Время, необходимое для осаждения частиц на 1 м
100	$2,9 \cdot 10^{-4}$	51,6 мин
10	$2,9 \cdot 10^{-6}$	85,4 ч
0,1	$2,9 \cdot 10^{-8}$	1 год
0,01	$2,9 \cdot 10^{-10}$	100 лет
0,001	$2,9 \cdot 10^{-12}$	10 000 лет



# Основные методы увеличения скорости отстаивания

---

Основными методами повышения интенсивности отстаивания загрязнений из нефтепродуктов являются:

- а) выбор оптимальной температуры;
- 
- б) проведение отстаивания в изотермических условиях;
- 
- в) применение коагулирующих присадок;
- 
- ▶ □ г) конструктивные методы.

# Центрифугирование

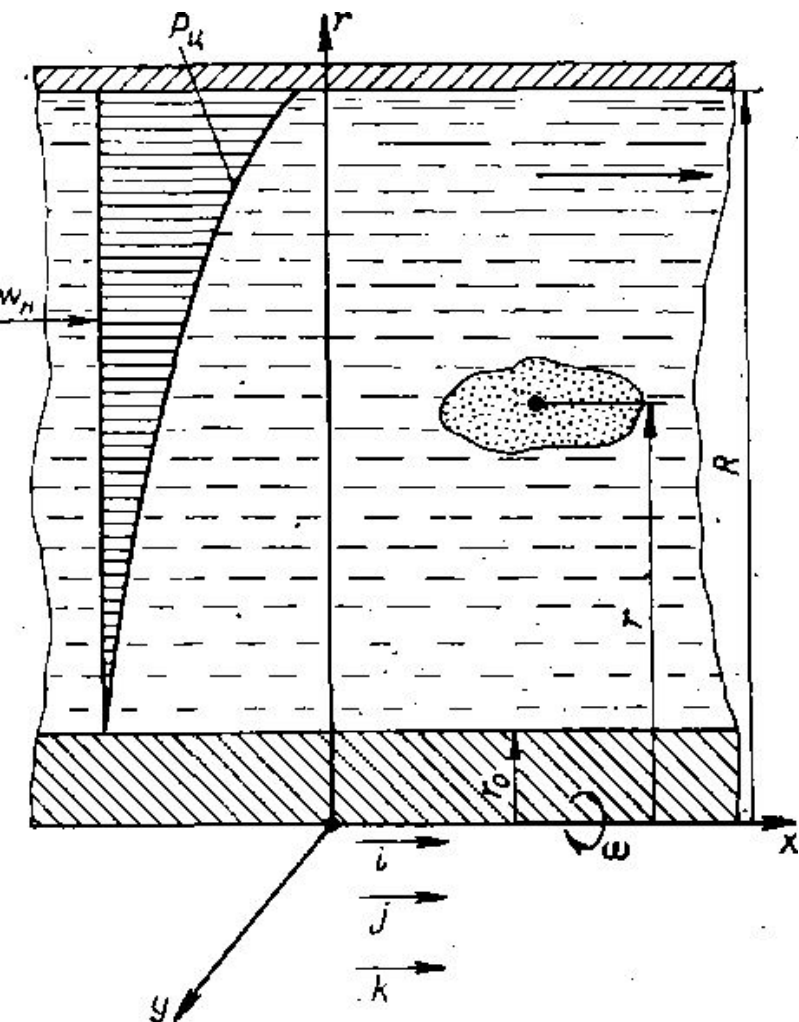
---

- С помощью центрифуг (сепараторов) можно эффективно и быстро очистить нефтепродукты от загрязнений.
  - Центрифугирование позволяет отделить от нефтепродуктов такие мелкие частицы, которые другими методами очистки удалить невозможно.
  - Сепараторы в настоящее время широко применяют для периодической очистки загрязненных или отработанных масел и очистки нефтепродуктов в топливных и масляных системах сухопутных машин, летательных аппаратов, кораблей.
- 



# Теоретические основы

- Сущность очистки с помощью центрифуг заключается в отделении частиц загрязнений и воды в силовом центробежном поле.
- На частицу в центробежном поле действуют массовые и поверхностные силы.
- К массовым силам относятся силы тяжести Кориолиса и центробежные силы инерции;
- к поверхностным—выталкивающая  $F_B$ , Архимеда  $F_A$ , сопротивления движению твердой частицы в нефтепродукте  $F_c$ , трения  $F_{Тр}$ , скольжения  $F_{СК}$  и подъемная  $F_n$ , действующая на частицу в потоке нефтепродукта.
- Силы  $F_{Тр}$  и  $F_A$  значительно меньше остальных, поэтому ими пренебрегают.





Примем, что нефтепродукт течет вдоль оси  $x$  через кольцевое сечение размером  $R$  со скоростью  $\omega$ . Ротор и нефтепродукт вращаются вдоль оси  $x$  с угловой скоростью  $\omega$ . На нефтепродукт действует центробежная сила, которая создает напор:

$$P_u = 0,5\rho_n\omega^2(r^2 - r_0^2).$$

На частицу действует выталкивающая сила

$$dF_s = P_u dS = -0,5\rho_n\omega^2(r^2 - r_0^2)dS.$$

Поскольку

$$dS = dydr_i + dxdr_j + dxdyk,$$

где  $i, j, k$  – единичные векторы по осям  $x, y$  и  $r$ , то

$$F_s = -0,5\rho_n\omega^2\left[i\int\int_S(r^2 - r_0^2)dydr + j\int\int_S(r^2 - r_0^2)dxdr + k\int\int_S(r^2 - r_0^2)dxdy\right].$$

На частицу действует центробежная сила

$$F_u = \iiint_V dm\omega^2 rk = k\omega^2\rho_u\iiint_V rdV = k\omega^2\rho_u V_u r = k\omega^2 m_u r.$$



Результирующая центробежная сила, действующая на частицу,

$$F_{ц.р} = F_{ц} + F_{в} = k\omega^2 r(V_{ц}\rho_{ц} - V_{н}\rho_{н}).$$

---

Если принять, что частица шарообразна, то

$$F_{ц.р} = \pi d_{ц}^3 (\rho_{ц} - \rho_{н}) \omega^2 r / 6.$$

Отсюда следует, что эффективность разделения при прочих равных условиях возрастает с увеличением разности  $\rho_{ц} - \rho_{н}$  и при  $\rho_{ц} = \rho_{н}$  разделить гетерогенную систему невозможно.

Эффективность очистки будет возрастать с увеличением диаметра и скорости вращения центрифуг, разности плотностей загрязнений и нефтепродукта, уменьшением вязкости среды и увеличением размеров частиц загрязнений.

---



# Центрифуги для очистки нефтепродуктов

---

I По назначению различают:

- центрифуги для разделения воды и нефтепродуктов;
- отделения твердых загрязнений от нефтепродуктов;
- комбинированные сепараторы;

2 По устройству основного узла (барабана) различают:

- тарельчатые сепараторы (в барабане имеется набор конических параллельных тарелок. Эти тарелки делят поток в роторе на тонкие слои для увеличения скорости очистки);
  - многокамерные сепараторы с цилиндрическими вставками (Барабан оборудован комплектом концентрических вставок, разделяющих его объем на кольцевые камеры, по которым последовательно проходит центрифугированный нефтепродукт).
- 



# Центрифуги для очистки нефтепродуктов

---

3 По типу загрузки существуют сепараторы:

- с ручной выгрузкой;
- центробежной выгрузкой.

4 По характеру выгрузки различают:

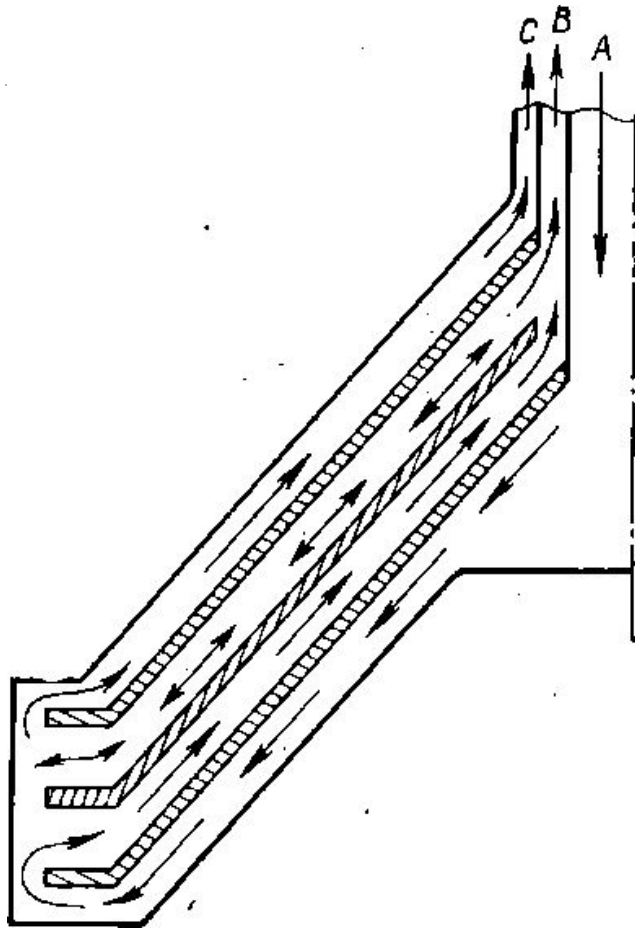
- машины периодического действия;
- непрерывного действия;
- пульсирующего действия.

5 Центрифуги разделяются :

- на вакуумные;
  - и открытого типа.
- 



# центрифуги



**A** — исходный нефтепродукт;  
**B** — очищенный нефтепродукт;  
**C** — концентрат загрязнений в нефтепродукте

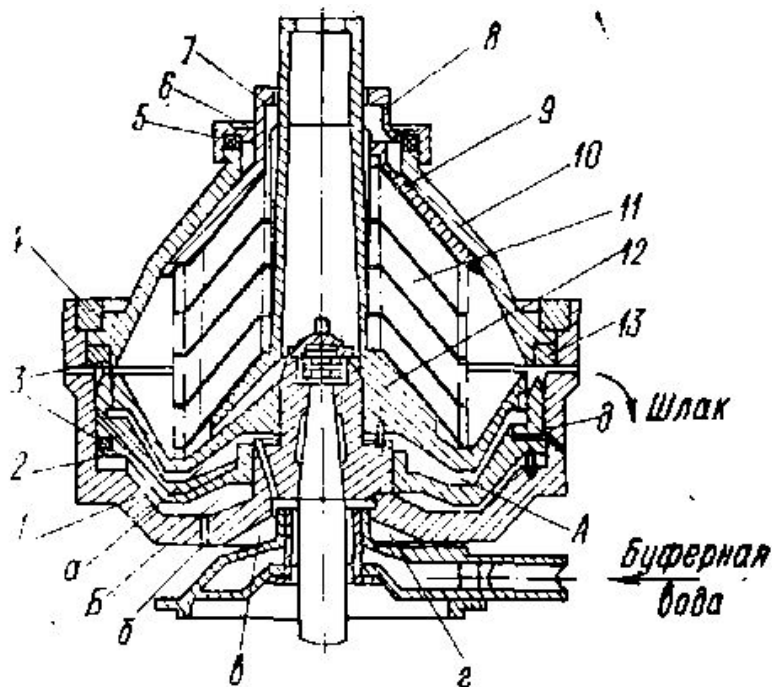
Тарелки наклонены к оси сепаратора под углом 30—40°.

Нефтепродукт и загрязнения под действием центробежной силы подаются к периферии тарелок, при этом они разделяются.

Тарелки сепаратора могут быть сплошными и с отверстиями.

В тарелках с отверстиями нефтепродукт может проходить по каналам, образованным этими отверстиями.

# сепаратора



1 — корпус барабана; 2 — затвор;  
3 — тарелкодержатели; 4 — кольцо уплотнительное;  
5 — крышка барабана; 6 — гайка корпуса; 7 — гайка крышки; 8 — кольцо регулировочное; 9 — горловина водяная; 10 — горловина грязевая; 11 — пакет тарелок; 12 — тарелка защитная; 13 — кольцо.

А, Б — кольцевые полости; а, б, в, г, д — каналы

Загрязнения и вода в центробежном поле отбрасываются к периферии, откуда они выводятся. В центре барабана собирается чистый продукт.

В сепараторе СЦС-3 имеется затвор для периодического выпуска шлама. Разгрузка происходит через каналы в корпусе. При очистке эти каналы закрыты затвором. Затвор приводится в движение с помощью буферной воды.

После того как барабан наберет заданную частоту вращения, подают воду через отверстия в и г в полостях А и Б. Из полости А вода вытекает через отверстие д, а из полости Б — через отверстие б.