

# ОСНОВЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

---

ЛЕКЦИИ 7-8

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ОБОГАЩЕНИЯ

1) ГРАВИТАЦИЯ

# Определение гравитационного процесса обогащения

---

Гравитация - процесс разделения минеральных зерен, отличающихся плотностью, размером или формой, что отражается в различиях **в траектории и скорости движения частиц** в среде разделения под действием силы тяжести и сил сопротивления среды разделения.

# Область применения гравитации

---

Россыпные месторождения минералов редких и благородных металлов

Коренные руды благородных металлов

Гематитовые, марганцевые, хромовые руды и россыпи – оксидные формы минералов черных металлов

Россыпи и кимберлиты алмазов

Удаление неорганических примесей (снижение зольности) - угли

Фосфориты, асбест, другое неметаллорудное сырье

# Физические основы гравитационного обогащения

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

### Плотность

- Различие в плотностях тяжелого и легкого минерала и среды разделения – контрастность свойств

$$K = \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_l - \rho_c}$$

1,75 < K < 2,5 обогащение эффективно

1,5 ≤ K ≤ 1,75 эффективно для зерен крупностью от 0,1 мм

K < 1,5 обогащение затруднено

## РАЗМЕР МИНЕРАЛЬНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ

-20 (-100) +0,1 мм (50 мкм Au+Pt)

- *Крупнозернистый материал*
- *Мелкозернистый материал*
- *Тонкозернистый материал*

Форма частиц, среда разделения, режим сопротивления среды – ламинарный (силы вязкости (трения)), турбулентный (силы инерции)

# Среда разделения

1) Вода  $1000 \text{ кг/м}^3$  или  $1 \text{ г/см}^3$ , или  $1 \text{ т/м}^3$

---

2) Воздух  $1,23 \text{ кг/м}^3$

3) Суспензия  $2700 - 3500 \text{ кг/м}^3$  (ферросилиций ( $6800 - 7200 \text{ кг/м}^3$ ); магнетит ( $4900-5200 \text{ кг/м}^3$ ))

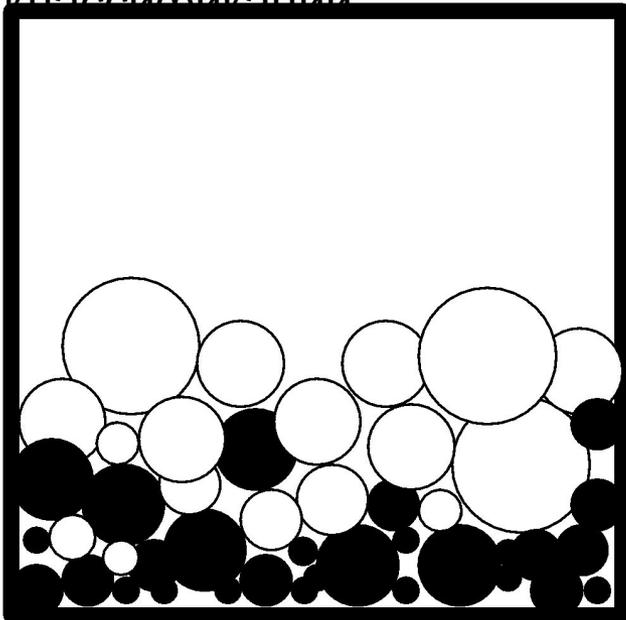
4) Тяжелая жидкость

- $\text{ZnCl}_2$   $2500 \text{ кг/м}^3$ ,
- $\text{CaCl}_2$   $2500 \text{ кг/м}^3$ ,
- жидкость Туле ( $\text{HgI}_2 \cdot 2\text{KI}$ )  $3190 \text{ кг/м}^3$ ,
- жидкость “Клеричи” (равные доли формиата таллия  $\text{HCOOTl}$  и малоната таллия  $\text{Tl}_2[\text{OOCCH}_2\text{COO}]$ )  $4250 \text{ кг/м}^3$

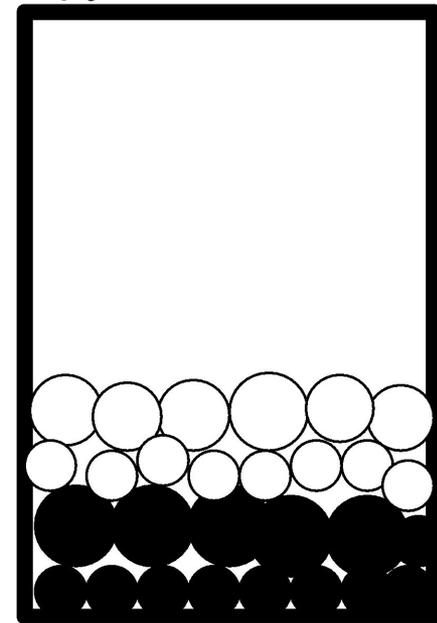
# Сегрегация при гравитационном обогащении

Процесс разделения минеральной суспензии по крупности и плотности при «встряхивании»

Материал без классификации



Узкий диапазон крупности



# Условия движения минеральных зерен

---

Свободные – падение  
одиночного тела в  
безграничной среде

Стесненные – размеры тела  
соизмеримы с размерами  
сосуда, или в нем находятся  
тела на довольно близком  
расстоянии

# Скорость движения частицы

$$u_0 = \varphi u_{шара}$$

## СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ

$F_a = -V\rho_{H_2O}g$

$F_c = \zeta S \frac{\rho_{H_2O} u_0^2}{2}$

$F_{гр} = F_c$

$F_T = V\rho_{ш}g$

$$\frac{\pi d^3}{6} \cdot (\rho_ч - \rho_{жс}) = 3\pi\mu u_0 d,$$

$$u_0 = \frac{d^2 g (\rho_ч - \rho_{жс})}{18\mu}$$

Материал	Значение
Песок	0,5
Кварц	0,65
Уголь	0,44
Графитовая крошка	0,045
Слюда	0,0056
Гипс	0,25

## СТЕСНЕННЫЕ УСЛОВИЯ

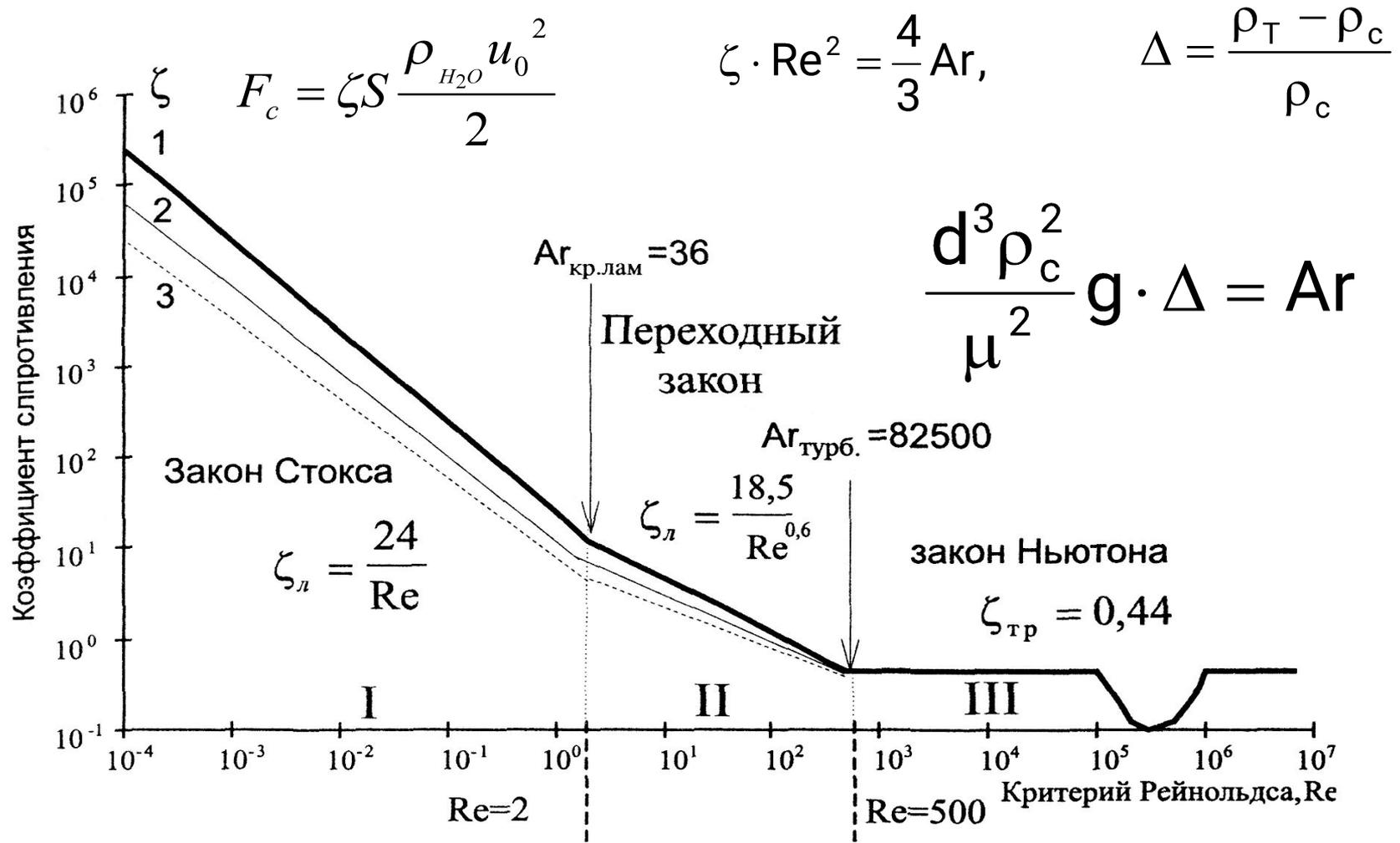
$$u_{ст} = u_0 \cdot m^\lambda$$

$\lambda$  – коэффициент, зависящий от размера, плотности, формы частицы, а также от соотношения размеров частицы и аппарата ( $\lambda=3$ )

$$m = 1 - \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\rho - \rho_0}{\rho}$$

$\varepsilon$  – объемная доля дисперсной фазы



$$Re = \frac{u_0 \cdot d \cdot \rho_{жс}}{\mu} = \frac{u_0 \cdot d}{\eta}$$

$\mu$  – динамическая вязкость жидкости, Па·с; для воды составляет 0,001 Па·с  
 $\eta$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с

# Равнопадаемость зерен

$$K_p = \frac{d_l}{d_m} = \frac{\rho_m - \rho_c}{\rho_l - \rho_c}$$

Тяжелые зерна - галенит

Легкие зерна - кварц

Коэффициент равнопадаемости – это отношение диаметра легкого зерна к диаметру тяжелого зерна, при котором они обладают одинаковыми свойствами в условиях свободного падения

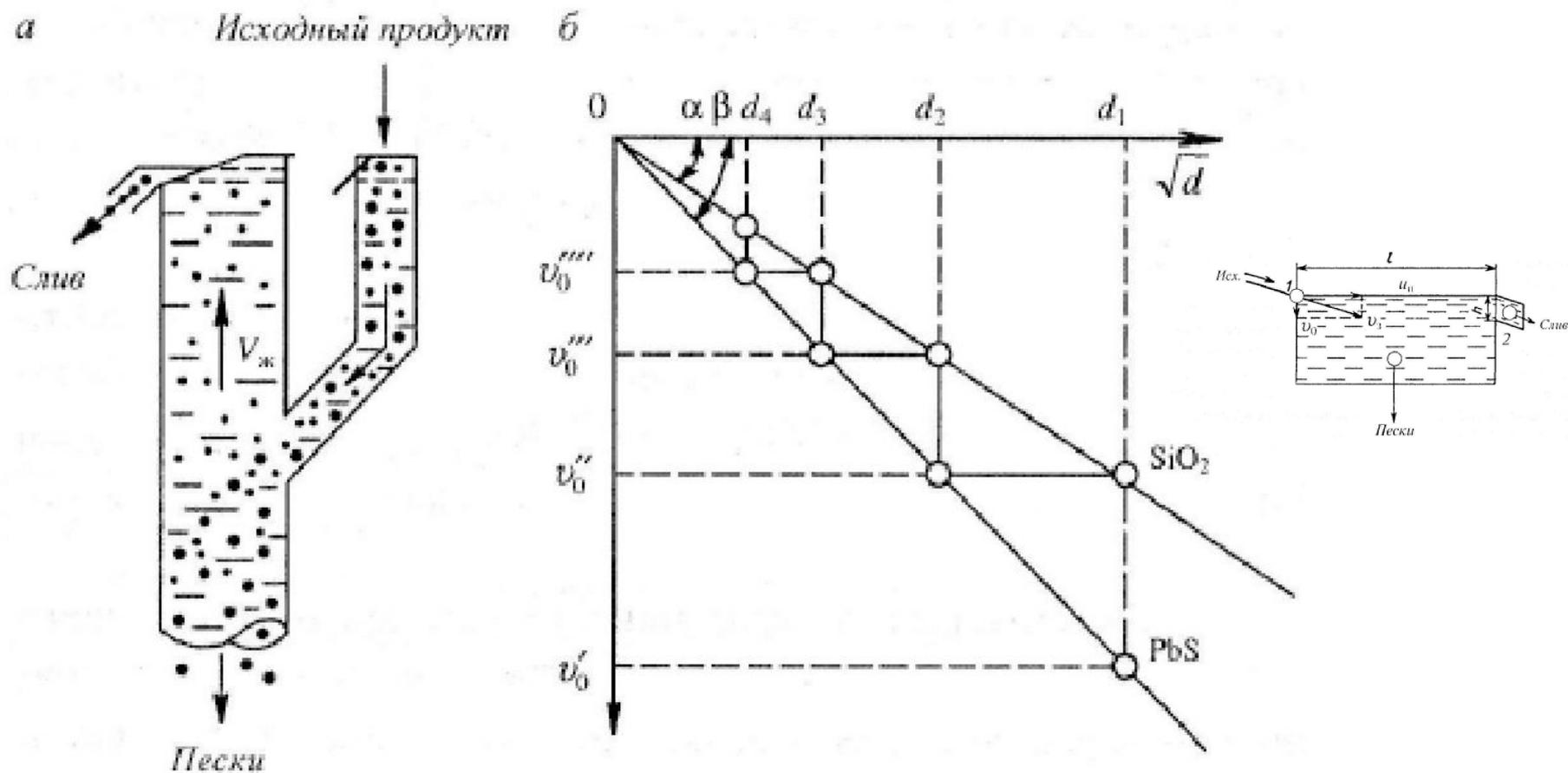
$$K_p = \frac{d_l}{d_m} = \frac{\rho_m - 1}{\rho_l - 1}$$

Так зерна кварца крупностью 4 мм и плотностью 2650 кг/м<sup>3</sup> имеют такую же скорость движения, что и частицы галенита крупностью 1 мм и плотностью 7500 кг/м<sup>3</sup> при движении в неподвижной жидкости или в восходящем потоке.

Для смеси кварц и галенита крупностью – -80 +0,1 мм с целью повышения эффективности разделения его классифицируют на классы: -80 +20; -20 +5; -5 +1,25; -1,25 +0,31 и т.д.

Диаграмма Г.О.

Чечотта



**Рис. 4.2.** Схема разделения материала по крупности в восходящем потоке воды (*а*) и диаграмма Г.О. Чечотта (*б*)



# гравитационных процессов и аппараты разделения

---

## Разделение в безнапорном наклонном потоке воды

- Концентрационный стол
- Шлюз
- Струйные концентраторы (желоба)
- Конусные сепараторы

## Разделение в криволинейном потоке воды

- Винтовые сепараторы
- Винтовой шлюз

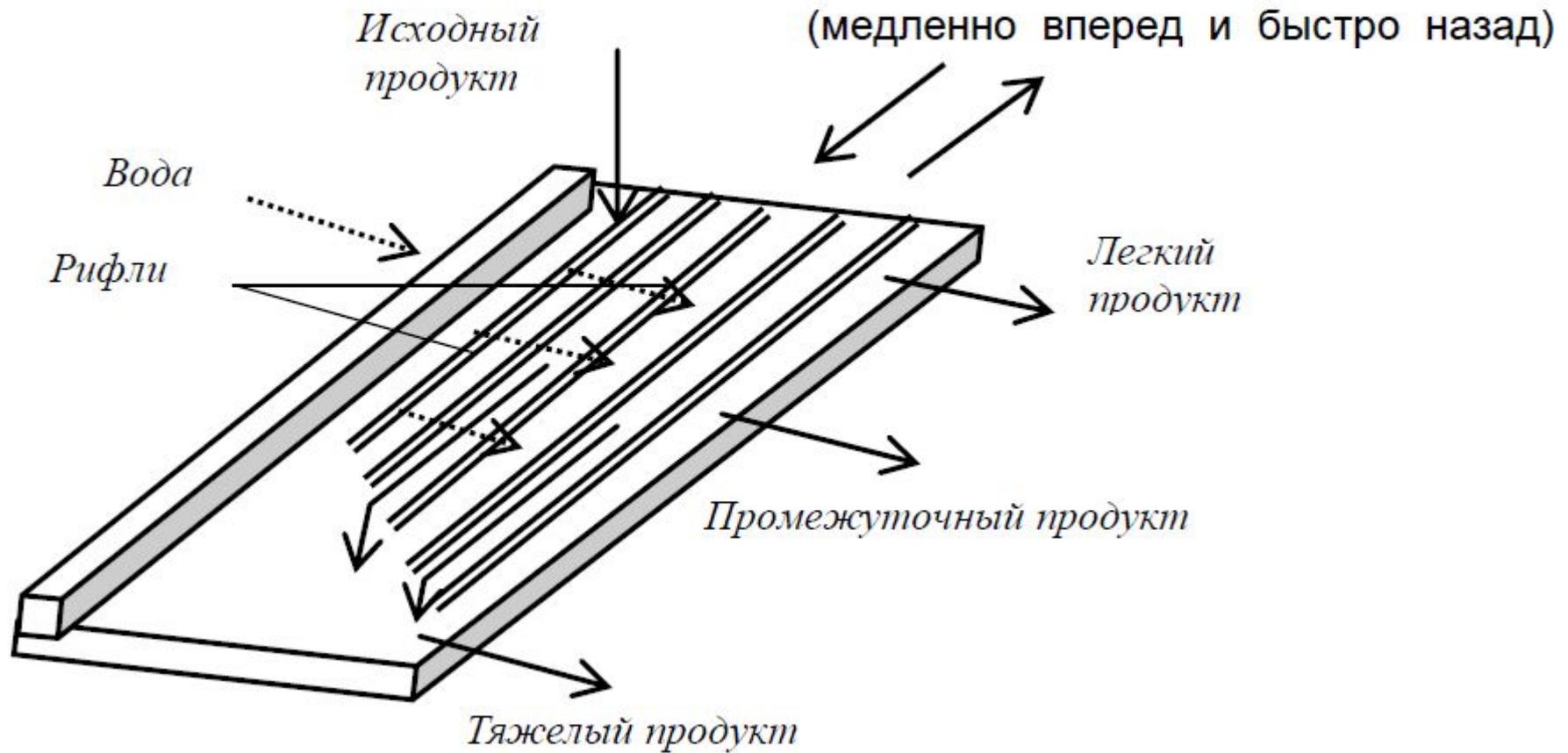
## Разделение по конечным скоростям падения в стесненных условиях

- Отсадка

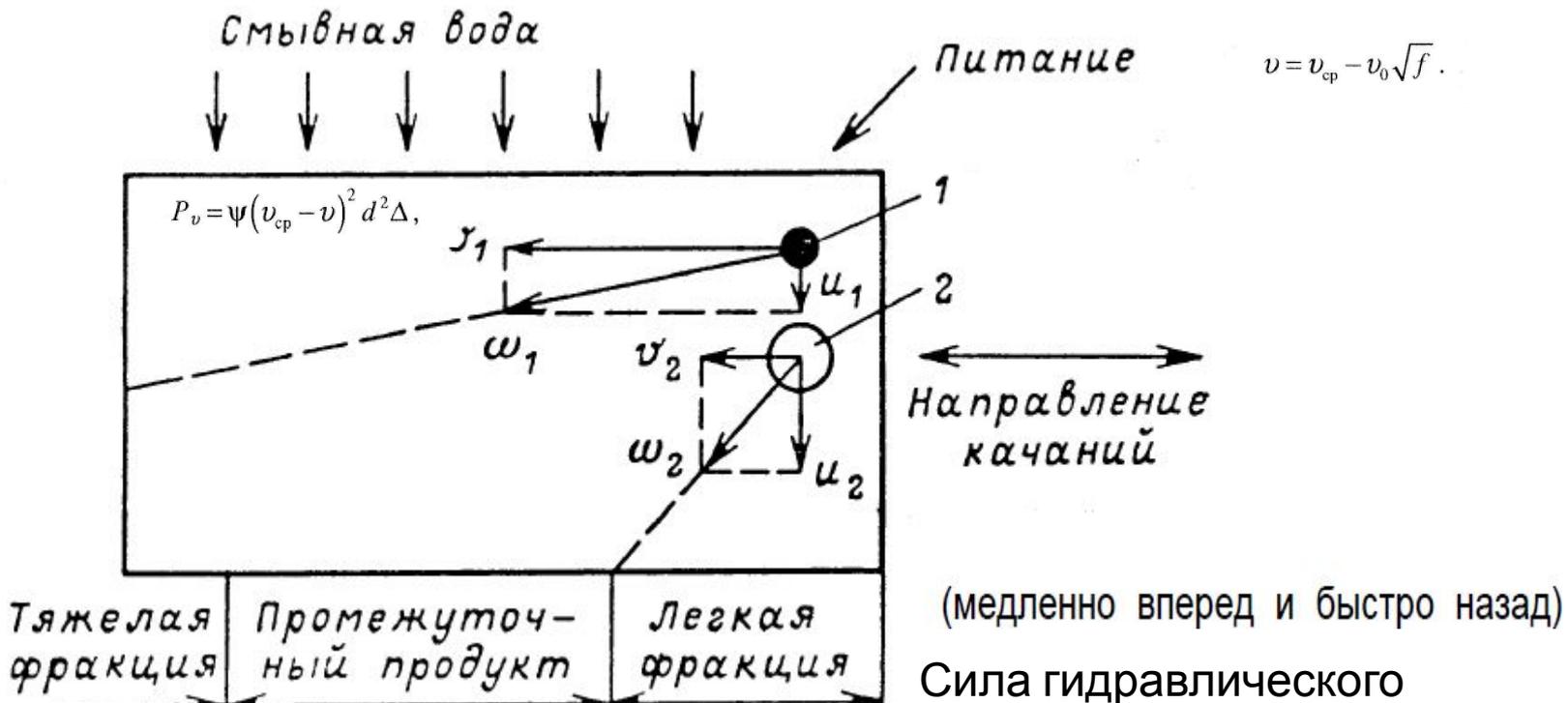
## Разделение под действием центробежных сил

- Короткоконусные гидроциклоны
- Центробежные сепараторы

# Разделение в тонком наклонном потоке воды



Крупность материала, обогащаемого на концентрационных столах –  $3 + 0,04$  мм



Сила гидравлического давления смывной воды

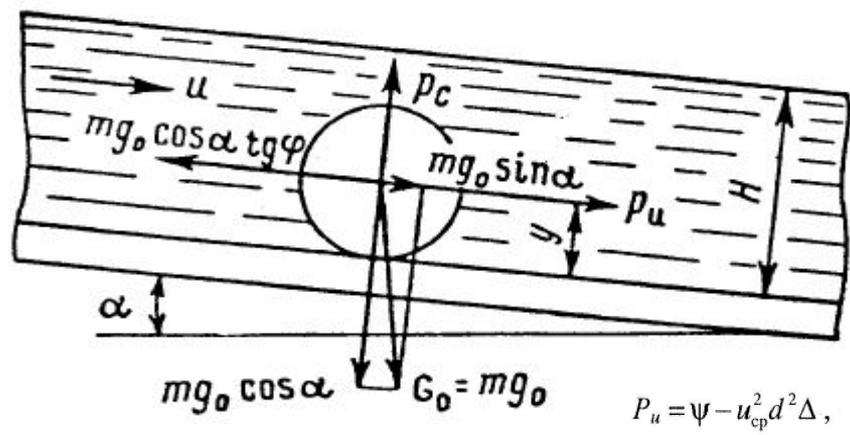
$$P = \zeta_{H_2O} \cdot (w_{H_2O} - u_0)^2 \cdot d^2 \cdot \rho_{H_2O}$$

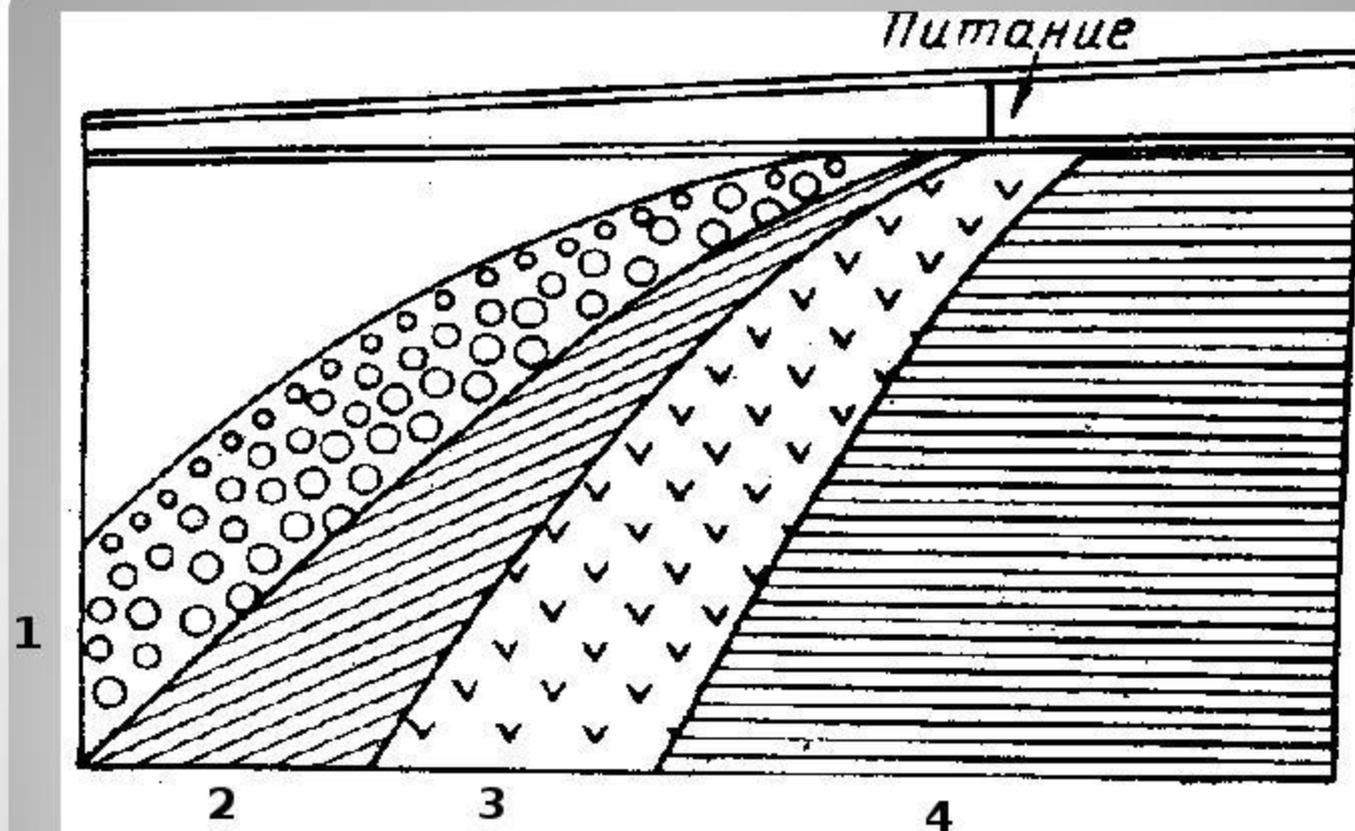
Сила инерции

Сила трения

$$T = (mg_0 \cos \alpha - P_u) f = (mg_0 \cos \alpha - \psi u_{cp}^2 d^2 \Delta) f$$

Гравитационная сила





**Веер продуктов на концентрационном столе: 1 - тяжелые минералы(концентрат), 2 - промпродукт, 3 - отвальные хвосты 4 - шламы и вода**

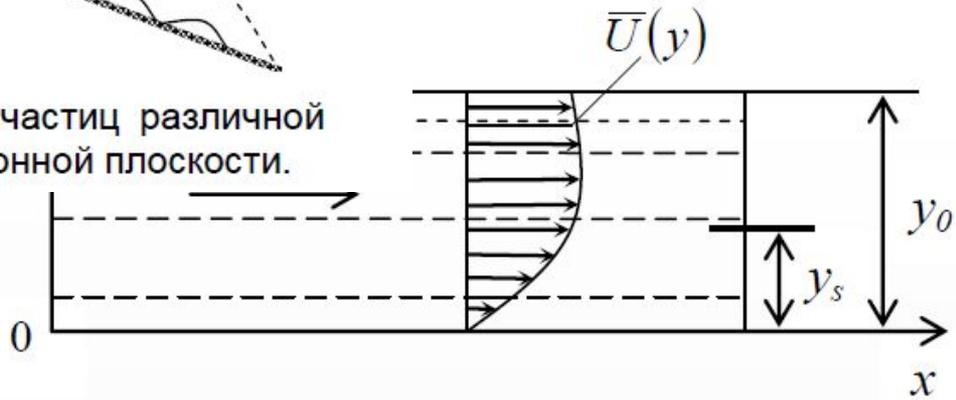
При обогащении крупного материала, который располагается на деке слоем большой высоты, необходима большая амплитуда, при которой создается большая подъемная сила восходящего потока между нарифлениями. Число ходов деки при этом принимается небольшим.

При обогащении мелкого материала, наоборот, большая подъемная сила не требуется, поэтому амплитуда уменьшается, а число ходов увеличивается.



а между нарифлениями

Рис.6.18. Траектории движения частиц различной плотности в потоке воды на наклонной плоскости.



Параметры работы СКМ, СКО и др.: угол наклона деки, амплитуда, число колебаний деки

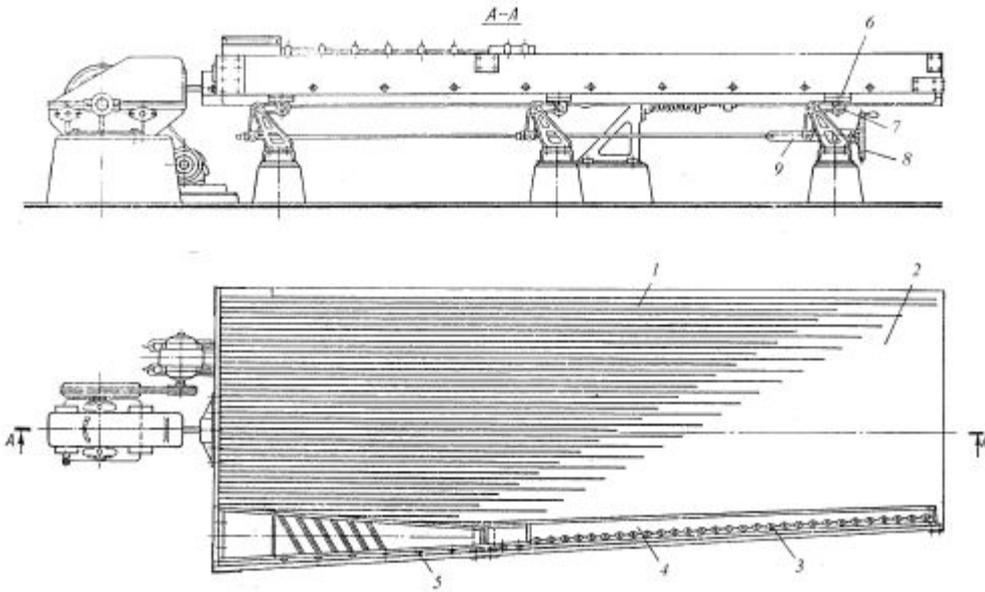


Рис. 6.8. Концентрационный стол СКМ-1  
 1 –рифли; 2 – дека; 3 – лоток для приема питания и смывной воды;  
 4 – загрузочный лоток; 5 – отверстия; 6 – опорная пластина;  
 7 – роликовая опора; 8 маховик; 9 – винт

Длина хода деки

$$l = 18^4 \sqrt{d_{\max}} \text{ , мм,}$$

Число колебаний в минуту

$$n = 250 / \sqrt[5]{d_{\max}} \text{ .}$$



Концентрационный стол Джемени

$H = 0,4-1,5 \text{ м}$

$L = 20-30 \text{ м}$

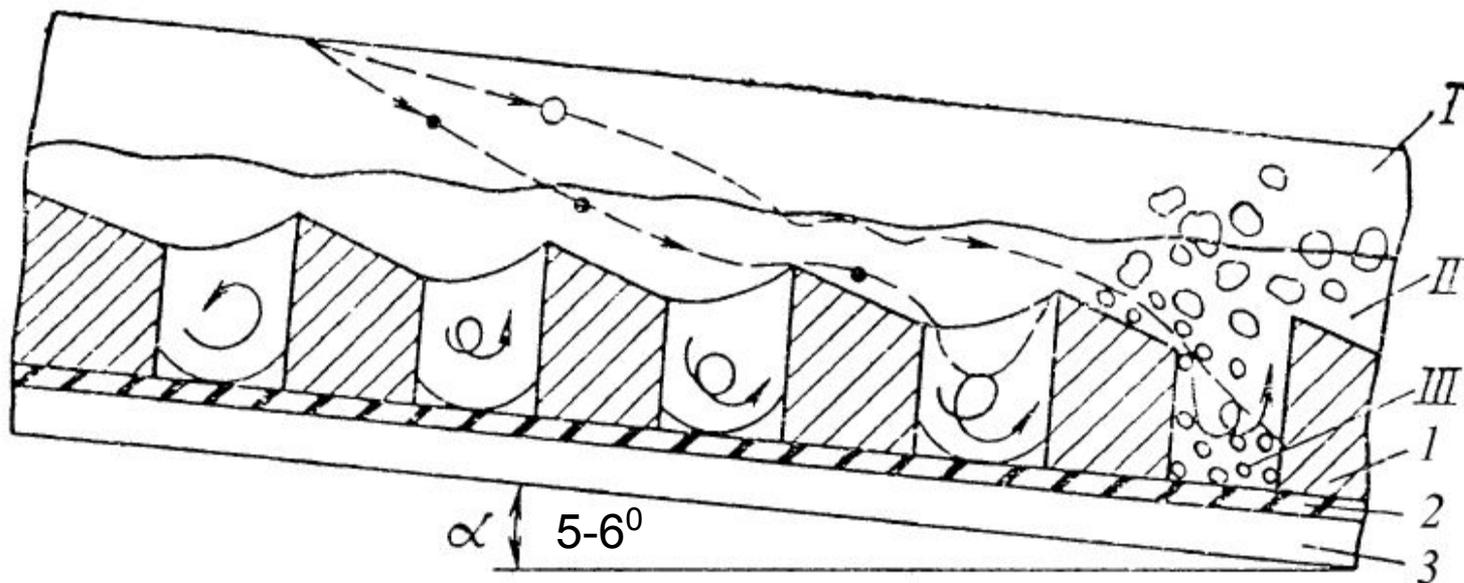
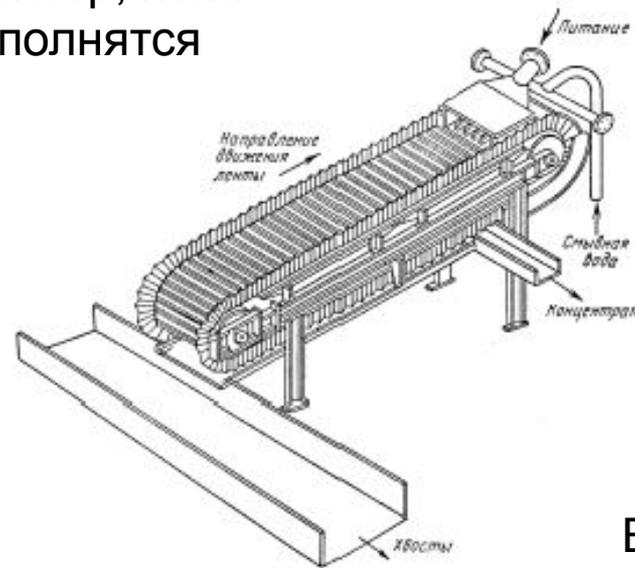


Рис. 6.10. 6.10 Схема разделения зерен на концентрационном шлюзе  
I – слой взвешенных зерен; II – слой первичной концентрации;  
III – слой окончательной концентрации; 1 – трафарет; 2 – мат; 3 – дно



Цикл обогащения  
Цикл снятия концентрата - сполоск

## ШЛЮЗ Ы



Шлюз с подвижным резиновым покрытием

При движении пульпы в наклонном потоке материал расслаивается по плотности и крупности. Тяжелые минералы и часть легких крупных минералов концентрируется на дне шлюза в ячейках трафарета. Материал на шлюз подается до тех пор, пока ячейки трафарета не заполнятся тяжелыми зернами.

Разрыхление постели достигают: созданием скоростного потока; придонной турбулентной пульсацией; вибрационным воздействием; слабыми восходящими потоками воды.

Выход концентрата составляет от сотых долей до единиц процентов с высокой степенью концентрации.

# Условия обогащения на шлюзе

---

- Верхний предел крупности материала на шлюз от (100 – 300) до 500 мм
- В связи с этим перед обогащением на шлюзах необходимо предварительное грохочение по крупности:
  - 100(-200) +16 мм – для шлюзов глубокого наполнения со скоростными потоками до 3 м/с
  - 16(-20; -30) +0 мм для шлюзов малого наполнения со скоростными потоками до 1 –1,5 м/с.
- Шлюзы работают при плотности  $J : T =$  от (5 – 6) до (20 - 40) : 1.

50-60% ТЕ

Питание

типовые размеры: длина 610-1200 мм,  
ширина у загрузочного конца 230 мм, у  
разгрузочного – 25 мм

$h=1,5-2$  мм

$15-20^\circ$

Верх пульпы  
 $h=7-12$  мм

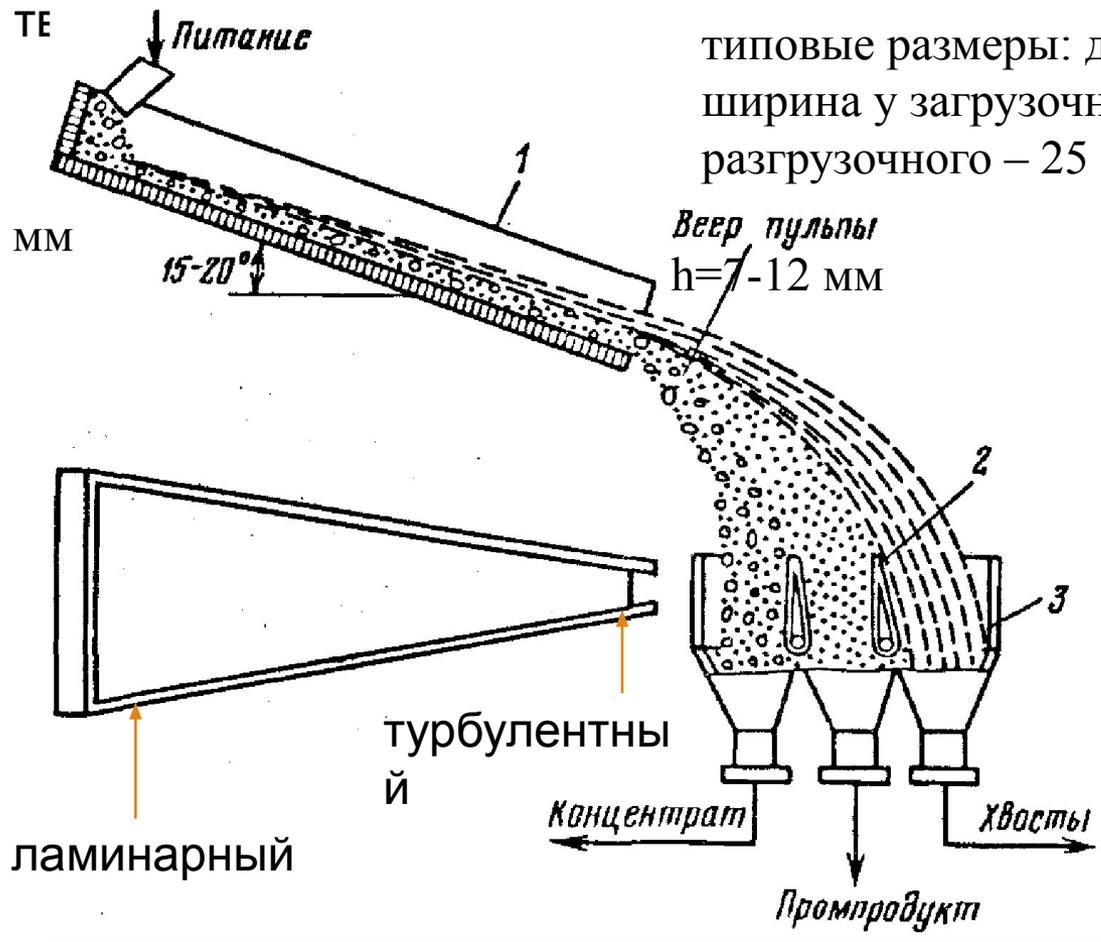
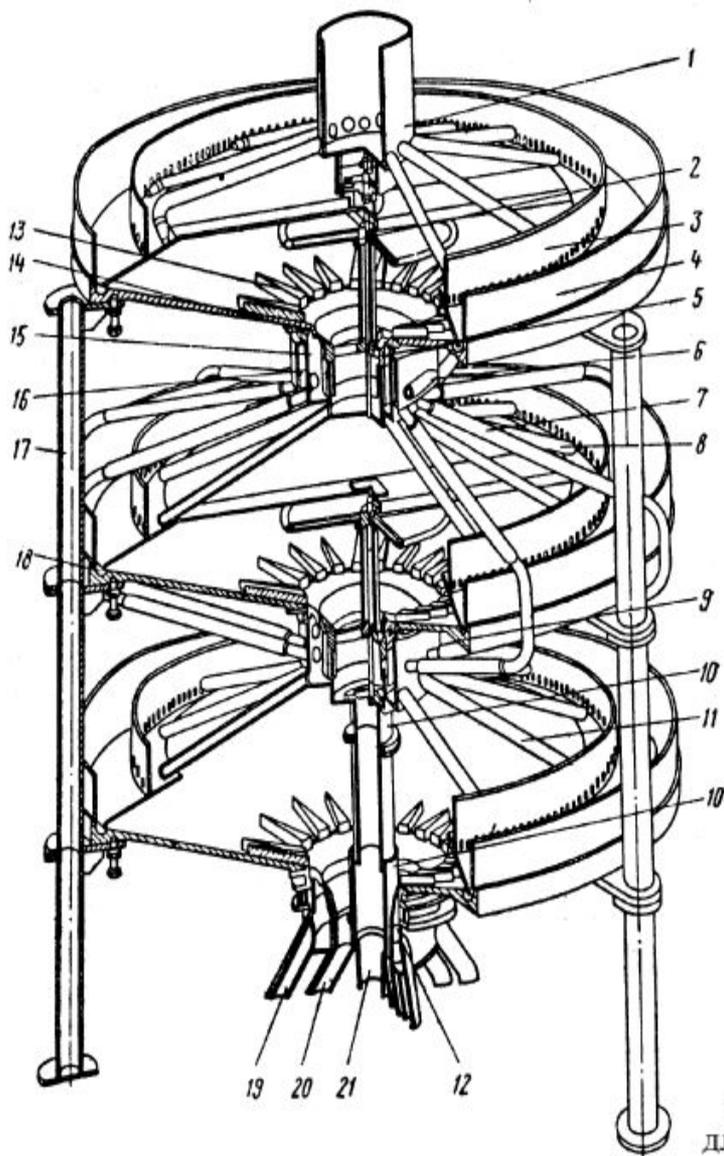


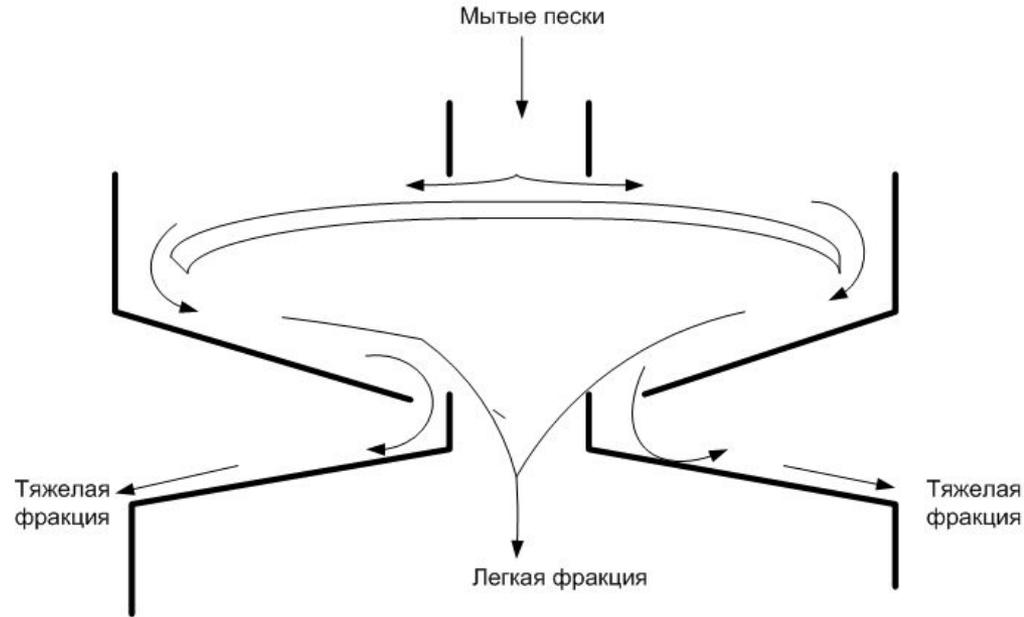
Рис. 6.16. Струйный желоб:

1 – желоб; 2 – шиберные перегородки; 3 – бункеры



окатанные  
зерна

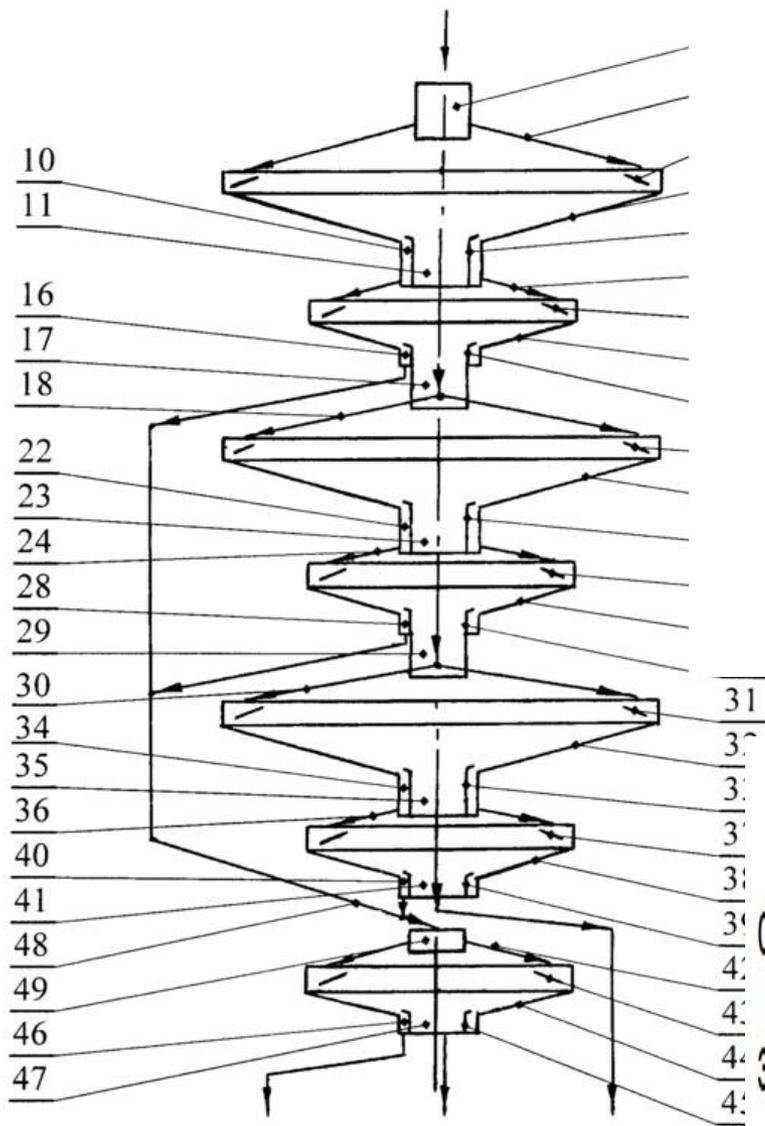
-2 +0,5 мм  
50-60% ТВ



D = 2200-5600 мм

Рис. 6.17. Трехярусный конусный сепаратор  
 1 – загрузочное устройство; 2 – механизм для регулирования положения отсекаелей; 3 – стабилизирующая перегородка; 4 – кожух; 5 – отсекаели; 6 – подвод свежей воды; 7 – трубы для подачи концентрата с конуса верхнего яруса на нижний; 8 – трубы для питания конуса среднего яруса; 9 – рабочий конус; 10 – трубы для вывода хвостов; 11 – трубы для питания конуса нижнего яруса; 12 – коллектор нижнего яруса; 13 – клинья; 14 – отклоняющее кольцо; 15 – щели для распределения воды; 16 – камера для подачи воды в концентрат верхнего и среднего яруса; 17 – опоры; 18 – коллектор среднего яруса; 19 – трубы для сбора концентрата; 20 – трубы для промпродукта; 21 – трубы для хвостов

Исходная пульпа



Концентрат

Хвосты

Промпродукт

Фиг.1



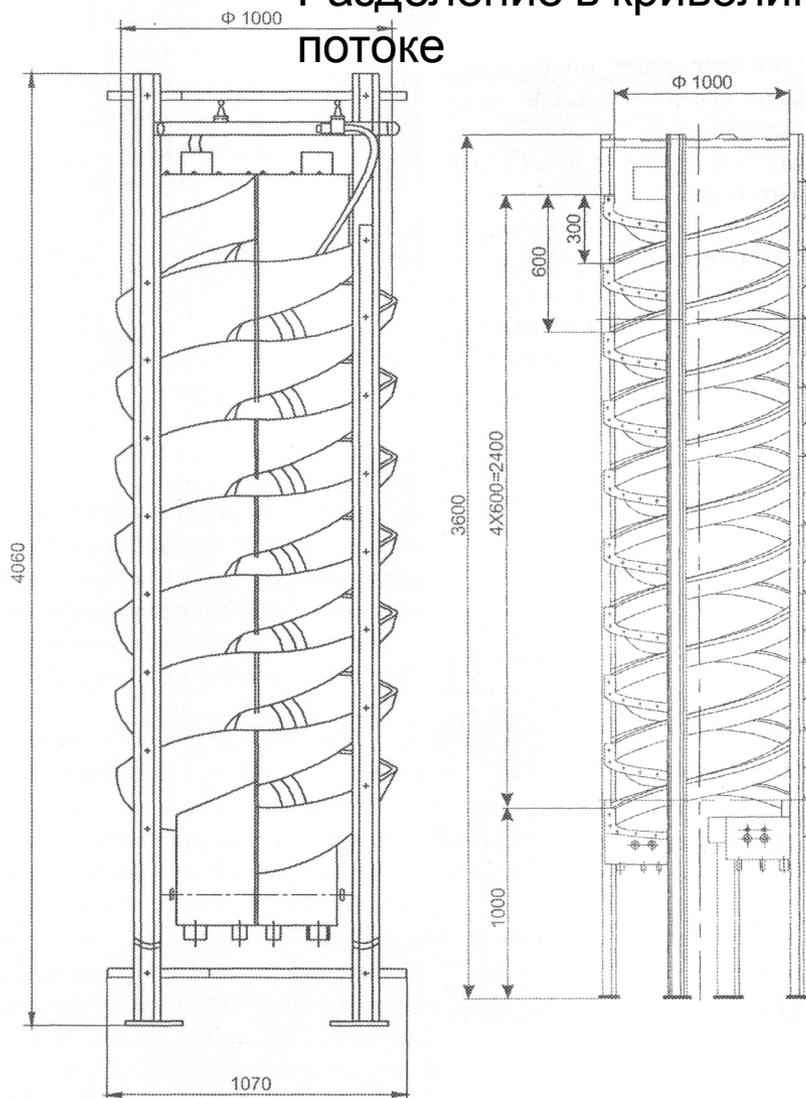
Такое устройство имеют концентратор Кеннона, сепаратор Райхерта, сепаратор ВДГМК. Принципиальным отличием последнего является замена радиальных перегородок радиально расположенными клиньями.

## Разделение в криволинейном тонком потоке

$$M = \frac{\rho_{исх} - \rho_{лег}}{\rho_{лег} - 1}$$

Если  $M > 1$  разделение эффективное,  
 $M \approx 1$  разделение возможно,  
 $M < 0,75$  разделение не возможно;

Для винтовой сепарации характерно:  
 максимальная крупность минеральных зерен 6 - 12 мм, минимальная 0,1 - 0,074 мм;  
 благоприятная форма частиц:  
 вытянутая, слегка уплощенная, но не круглая;  
 плотность пульпы 15 – 40 % твердого;  
 расход сливной воды на каждый виток около 0,6 л/с;  
 желательно предварительное обесшламливание.



Общий вид винтовых приборов: а – винтовой сепаратор СВ2-1000; б – винтовой шлюз ШВ2-1000

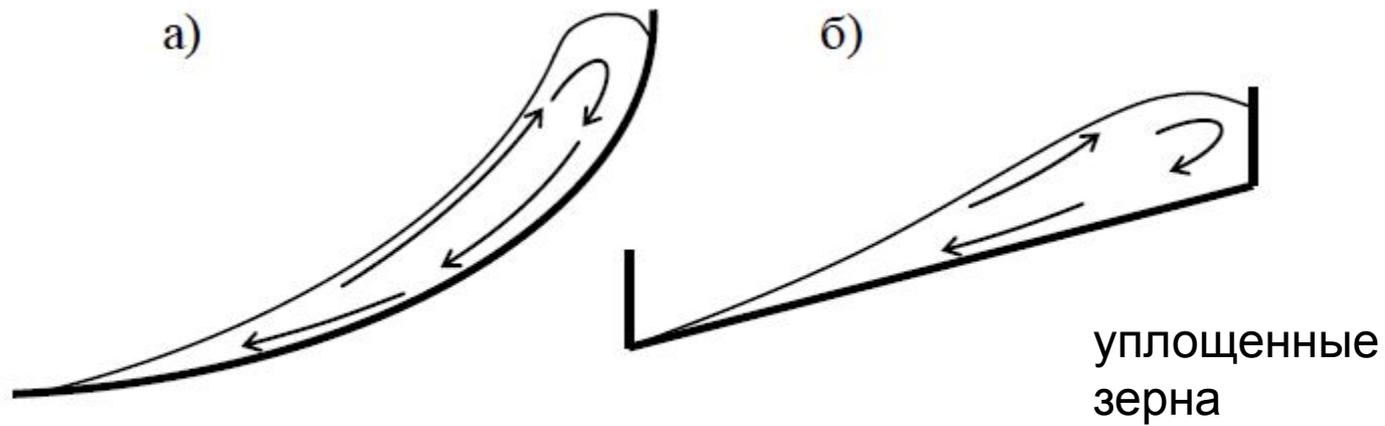


Рис.6.19. Поперечные сечения: а) винтового сепаратора; б) винтового шлюза.

## Тяжелые минералы

### 1) Инерционная сила

У тяжелых частиц больше коэффициент трения и меньше радиус траектории  $\omega^2/r$

### 2) Сила тяжести

$$F=mg$$

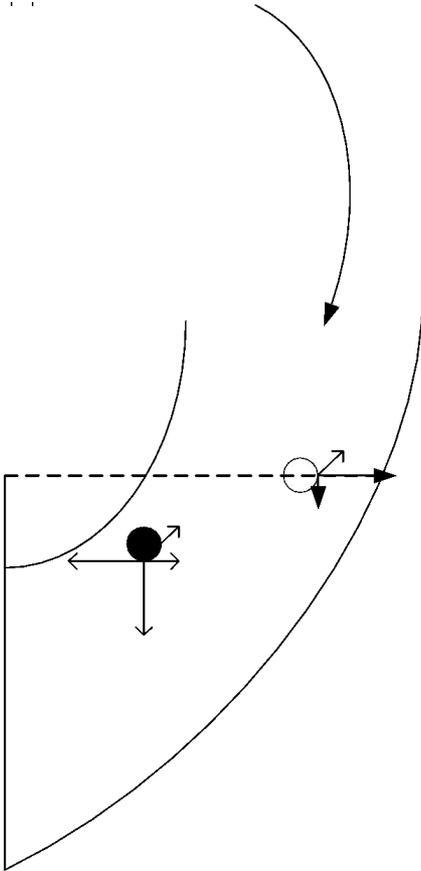
## Легкие

1) Инерционная сила центробежная сила потока  $F_c = m\omega^2 R$

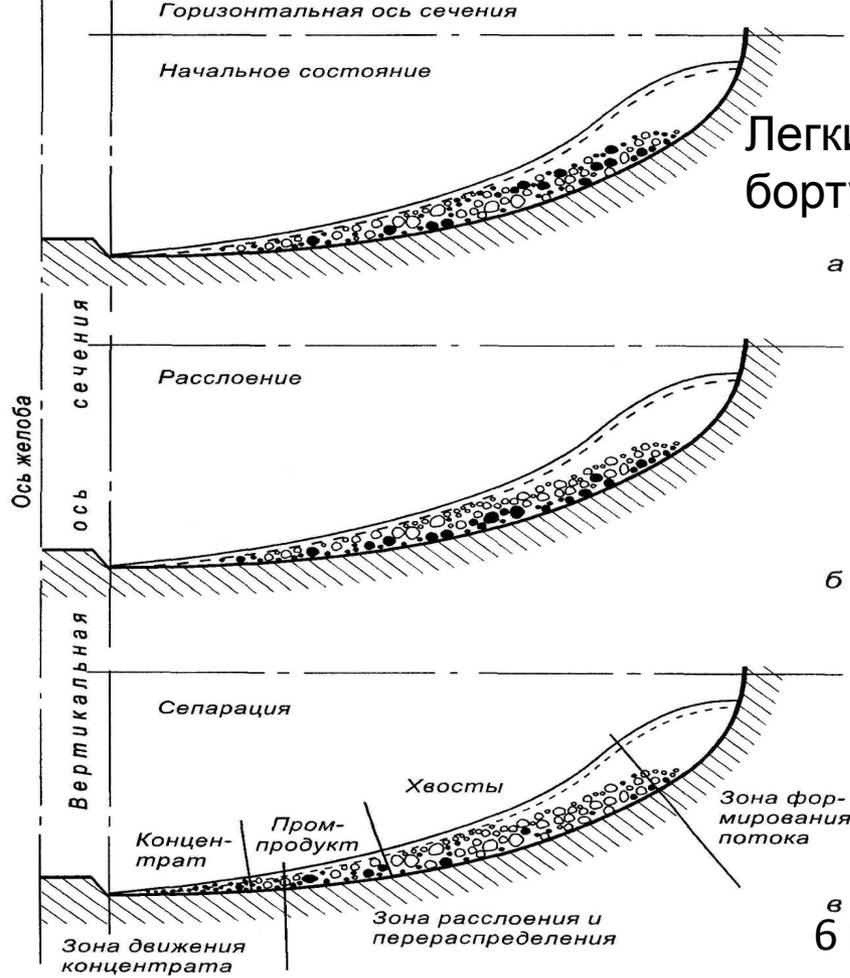
### 2) Сила Кориолиса

$$F_k = m\omega_k^2 R$$

$$w_p = \omega^2 r = v_\tau^2 / r$$



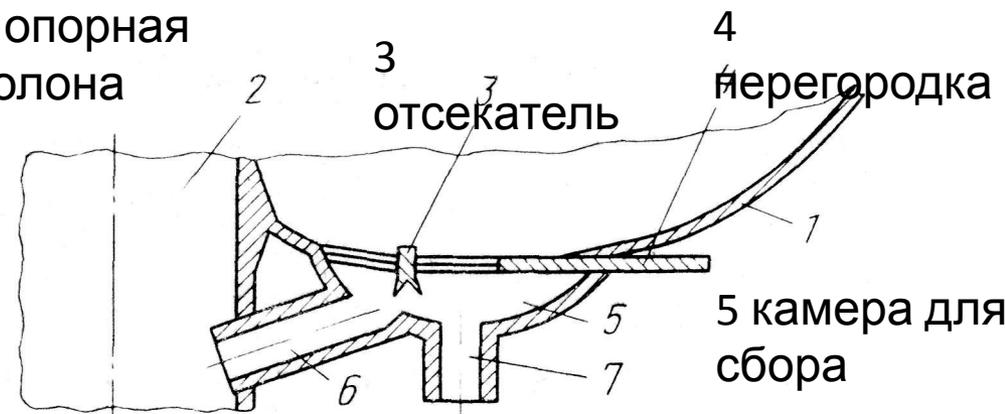
# Схема разделения в криволинейном потоке – веер продуктов на ВИНТОВОМ ШЛЮЗЕ



Легкие минералы концентрируются по внешнему борту

Тяжелые минералы перемещаются поперек потока к внутреннему борту малого радиуса

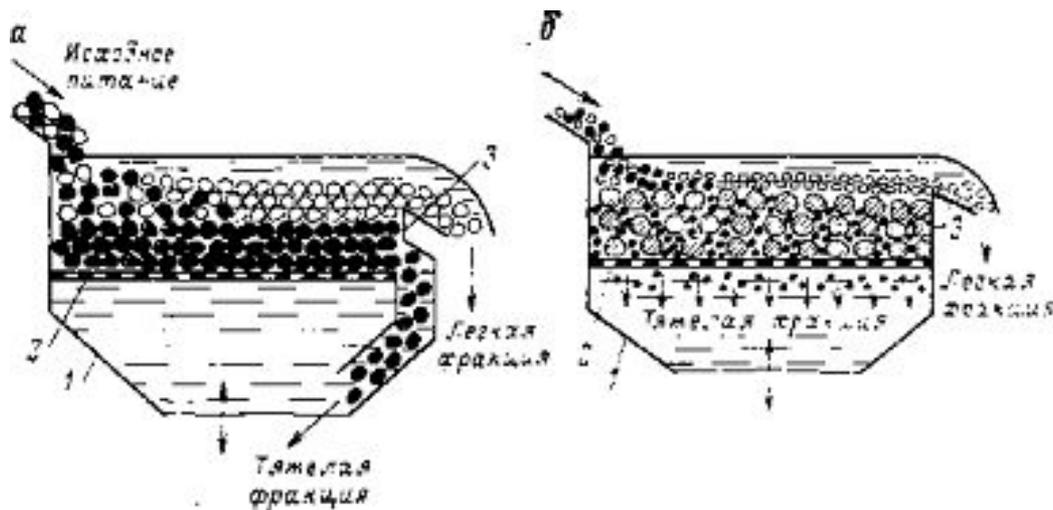
2 опорная колона



Расслаивание зернистого материала на винтовом желобе: а – фракция начальное состояние (I этап); б – процесс расслоения (II этап); в - сепарация (установившееся движение)

# Отсадка

Разделение по скорости движения частиц в стесненных условиях в пульсирующей среде



# Отсадкa

---

На отсадку может поступать материал крупностью от 0,25 (0,5) до 15,0(25,0) мм в зависимости от типа обогащаемого сырья.

Чаще отсадкa применима для крупно- и средне зернистого материала, когда не требуется тонкого измельчения и, когда разделяемые минеральные компоненты значительно отличаются по плотности.

Для россыпей редкометальных и золотосодержащих пределы крупности обогащаемых материалов 25 – 0,05 мм, а плотность основного минерала 6000 – 8000 кг/м<sup>3</sup> и более.

Для коренных руд крупность обогащаемого материала на отсадочных машинах 6 – 0,3 мм и плотность более 6950 – 7350 кг/м<sup>3</sup>. Плотность золота 18000 - 20000 кг/м<sup>3</sup>.

Для угля от 0,5-13 мм

## Классификация отсадочных машин

Тип машины	Способ создания колебаний среды	Крупность обогащаемого материала, мм		Область применения
		max	min	
С подвижным решетом	Движение решета	40	3 (2)	Марганцевая руда, реже железная, вольфрамовая и др.
Поршневая	Движением поршня	40	2 (3)	Марганцевая, оловянная и вольфрамовая руда
Диафрагмовая	Движение конических днищ или диафрагмы	15 (30)	0,5	Руды, в том числе россыпных месторождений
Воздушно-пульсационная	Пульсирующая подача воздуха	4 (60)	0,5	Уголь, реже руда
Пневматическая	То же	13 (25)	0,5(0,3)	Уголь, реже руда

Плотность постели больше плотности легкого минерала и меньше плотности тяжелого. Зерна постели в 2-2,5 раза больше самого крупного зерна разделяемой смеси и в 3-4 раза больше размера отверстия решета.

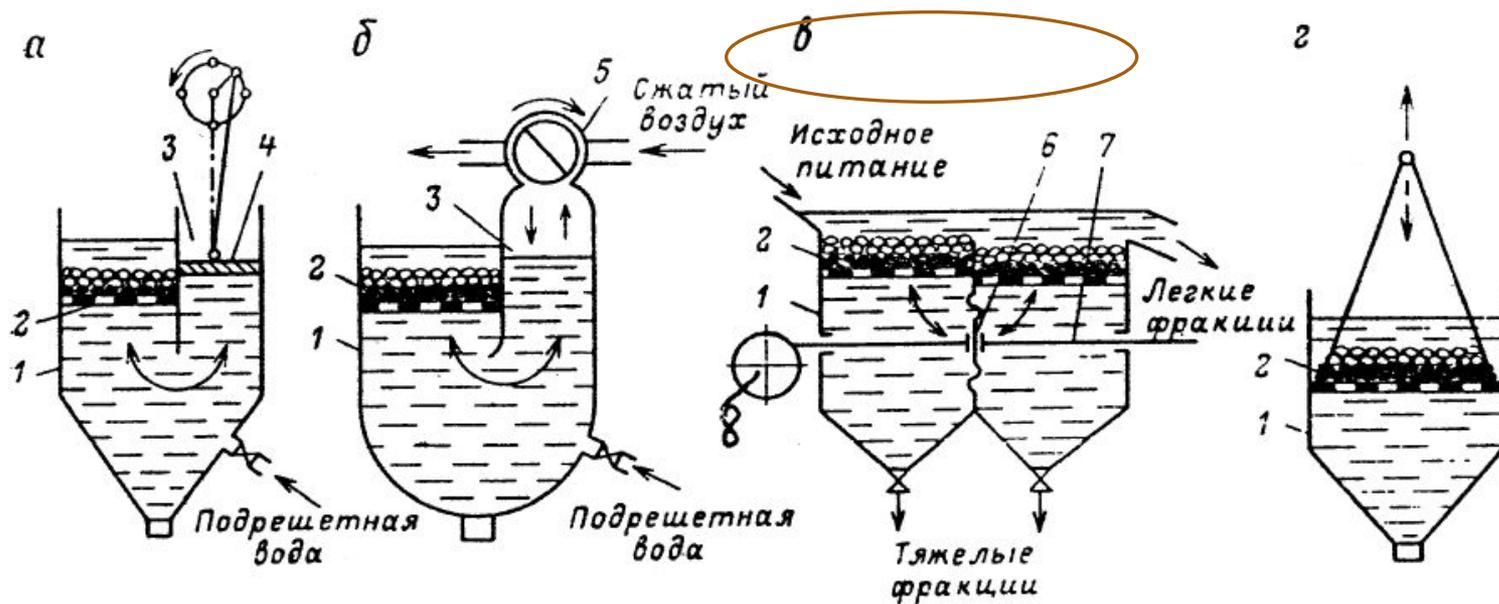
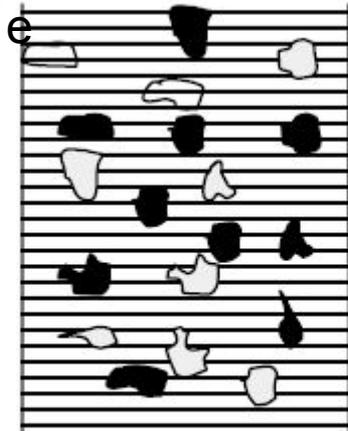
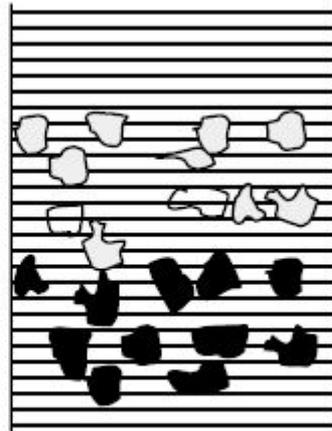


Рис. 6.2. Принципиальные схемы отсадочных машин  
 а – поршневая; б – беспоршневая воздушно-золотниковая;  
 в – диафрагмовая; г- с подвижным решетом;  
 1 – камера; 2 – решето; 3 – поршневое (а) или воздушное (б)  
 отделение ; 4 – поршень; 5 – коллектор сжатого воздуха;  
 6 – диафрагма; 7 – шток; 8 – эксцентриковый привод

а) разрыхлени



б) сплочение



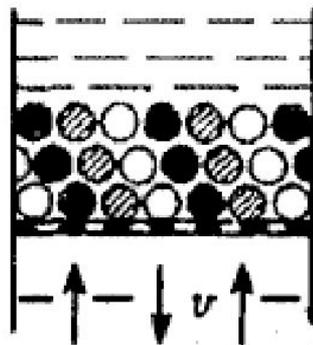
Давление струи нисходящего потока

$$P_v = \psi (v_{cp} - v)^2 d^2 \Delta,$$

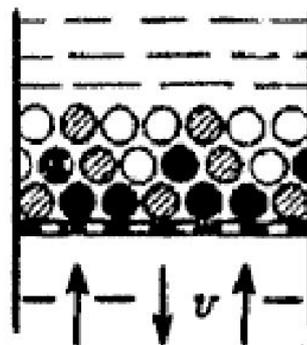
Давление струи воды восходящего потока

$$P_u = \psi - u_{cp}^2 d^2 \Delta,$$

а



б



в

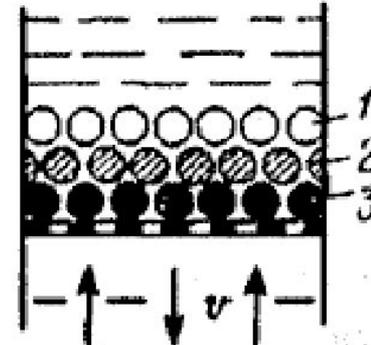
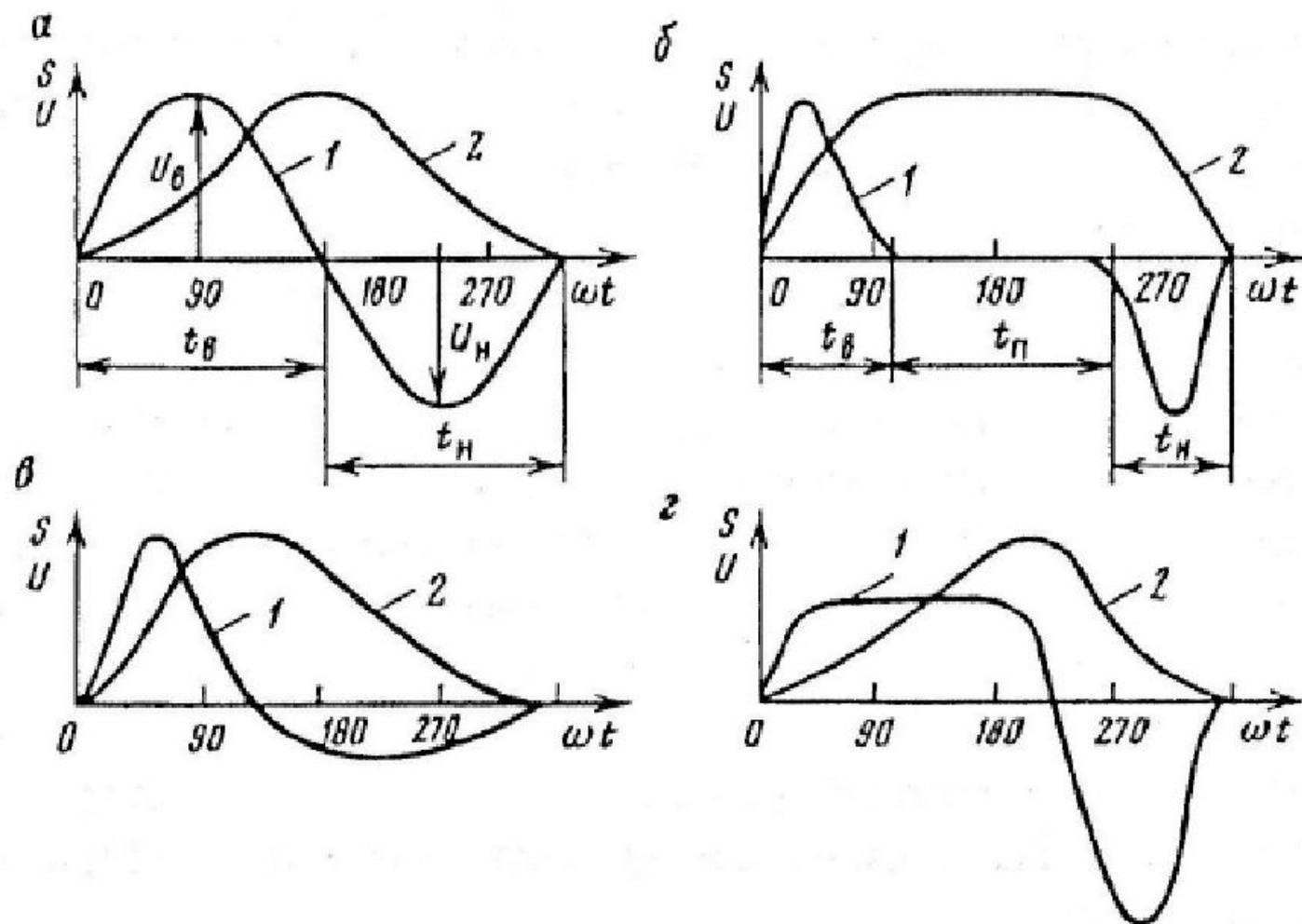


Рис. 7.6. Схема расслоения смеси зерен минералов различной плотности в пульсирующем потоке воды:

а, б и в — начальное, промежуточное, конечное состояние системы; 1 — зерна легкие; 2 и 3 — промежуточной плотности и тяжелые



**Рис. 7.9.** Схемы циклов отсадки:

*a* — гармонический; *б* — цикл Майера; *в* — цикл Берда; *г* — цикл Томаса;  
 1 — путь перемещения среды  $S$ ; 2 — скорость  $u$ ;  $t_B$ ,  $t_H$ ,  $t_H$  — длительность соответственно подъема, паузы и опускания среды

При гармоническом цикле (рис. 7.9, а) перемещение среды (или решета) и изменение ее скорости во времени происходят соответственно по следующим законам:

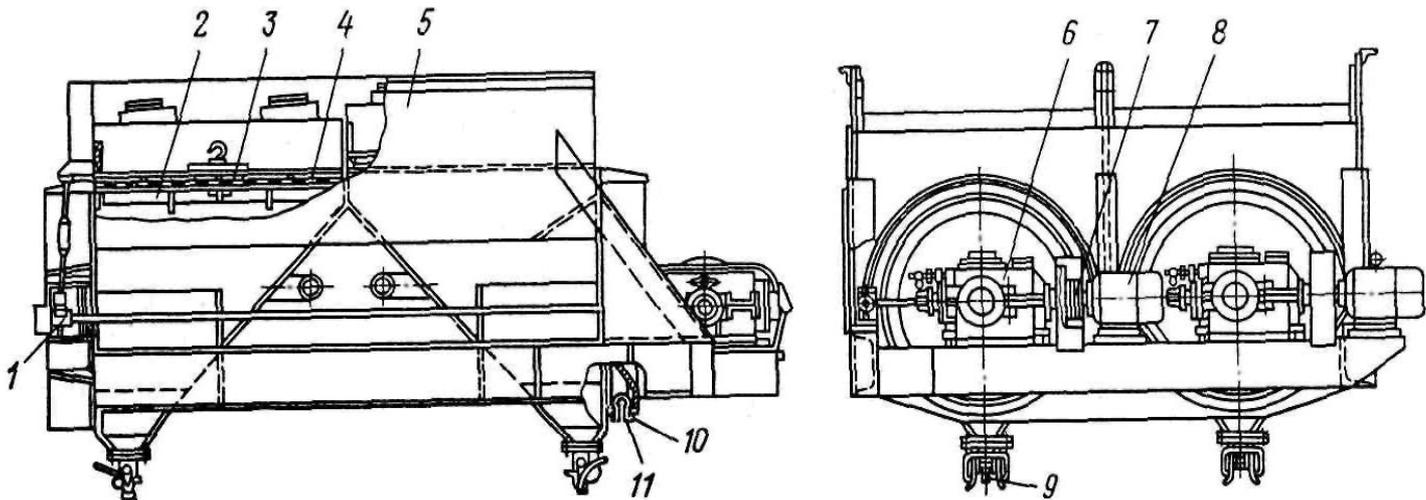
$$S = 0,5l (1 - \cos \omega t); \quad (7.38)$$

$$u = 0,5l\omega \sin \omega t,$$

*Цикл Майера* (рис. 7.9, б) характеризуется кратковременностью действия восходящего и нисходящего потоков и длительностью паузы.

*Цикл Берда* (рис. 7.9, в) характеризуется большей скоростью восходящего потока и малой длительностью его действия по сравнению со скоростью и длительностью действия нисходящего потока; пауза отсутствует ( $t_n = 0$ ).

*Цикл Томаса* (рис. 7.9, г) характеризуется малой скоростью восходящего потока и большей длительностью его действия по сравнению со скоростью и длительностью нисходящего потока. Значительный период скорость восходящего потока имеет постоянное значение.

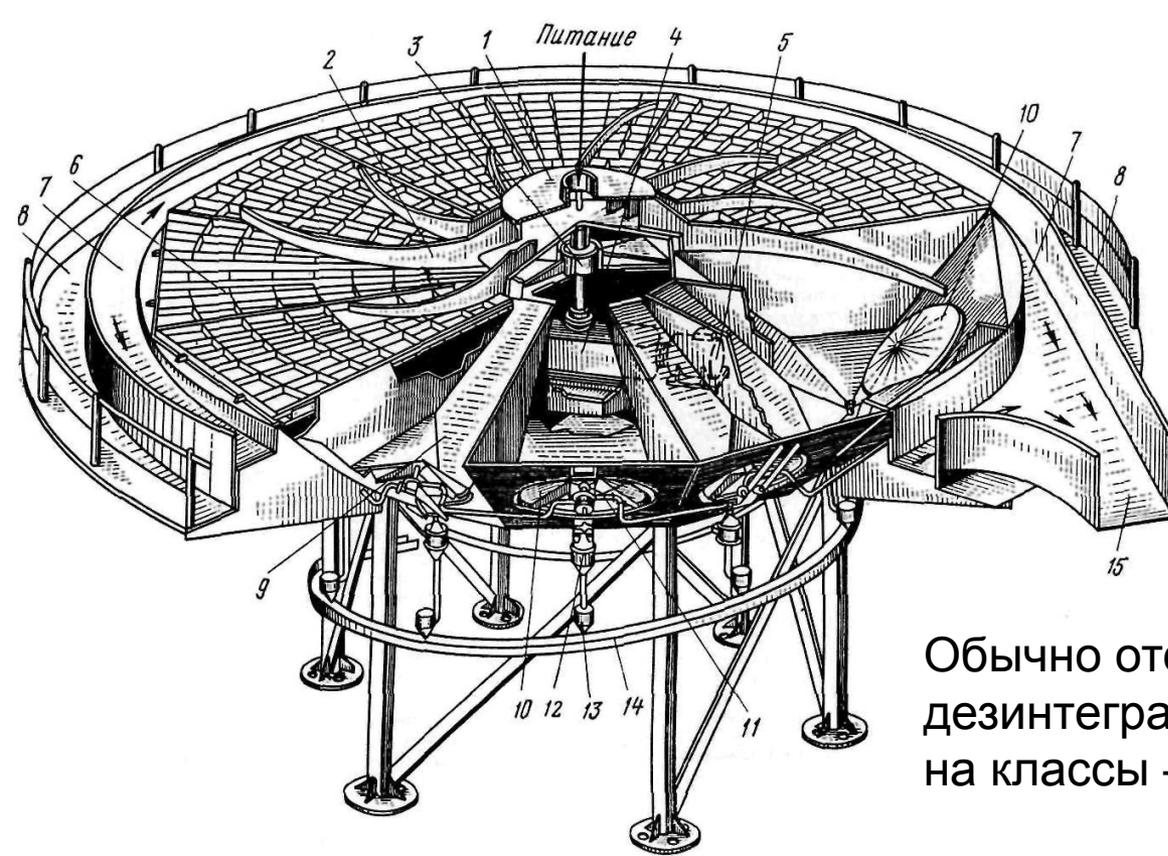


Диафрагмовая отсадочная машина МОД-4: 1 – задняя траверса; 2 – подрешетная рама; 3 – решето; 4 – надрешетная рама; 5 – корпус; 6 – редуктор; 7 – упругая муфта; 8 – электродвигатель; 9 – разгрузочное устройство; 10 – передняя траверса; 11 – манжета

производительность машины 4 – 39 т/ч;  
 площадь решет 0,18 – 9,4 м<sup>2</sup>;  
 число камер 1 – 6;  
 амплитуда колебаний 3 – 50 мм<sup>-1</sup>;  
 крупность питания от 0,1 до 30 мм;  
 мощность электродвигателя 0,6 – 3 кВт.

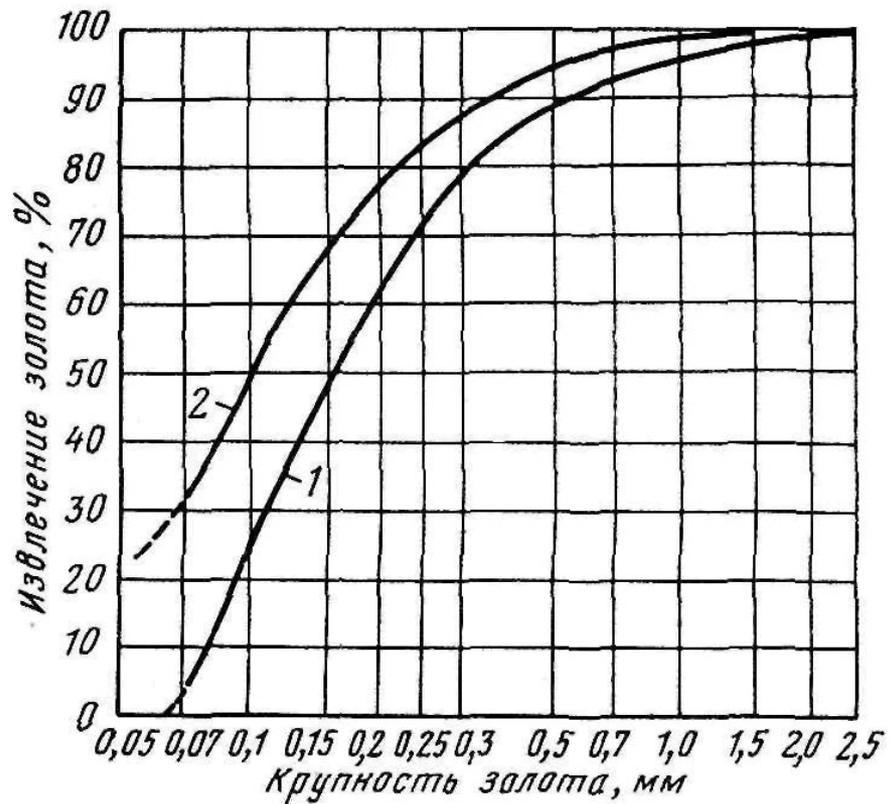
Расход воды на отсадочной машине 1 - 4 м<sup>3</sup>/т:  
 из них 20 % подается в питание, 50 % - под  
 решето I камеры и 30 % под решето II  
 камеры.

Крупность искусственной минеральной постели может быть до 30 - 40 мм.  
 При использовании стальной дроби для мелкозернистого материала, ее  
 крупность составляет 4 - 6 мм.



Обычно отсадке предшествует дезинтеграция и классификация песков на классы  $-25 +6\text{мм}$  и  $-6 +0\text{мм}$ .

Отсадочная машина “Кливленд”: 1 – гребковое устройство; 2 – гребки; 3 – главный подшипник; 4 – редуктор; 5 – электродвигатель; 6 – грохоты с решеткой; 7 – хвостовой желоб; 8 – платформа для обслуживания; 9 – камера-секция; 10 – диафрагма; 11 – привод-вибратор; 12 – клапан-зажим; 13 – спигот циклонного типа; 14 – желоб для концентрата; 15 – хвостовой приемник



Извлечение золота различной крупности:

1 – на шлюзах;

2 – на отсадочной машине

# Центробежные сепараторы

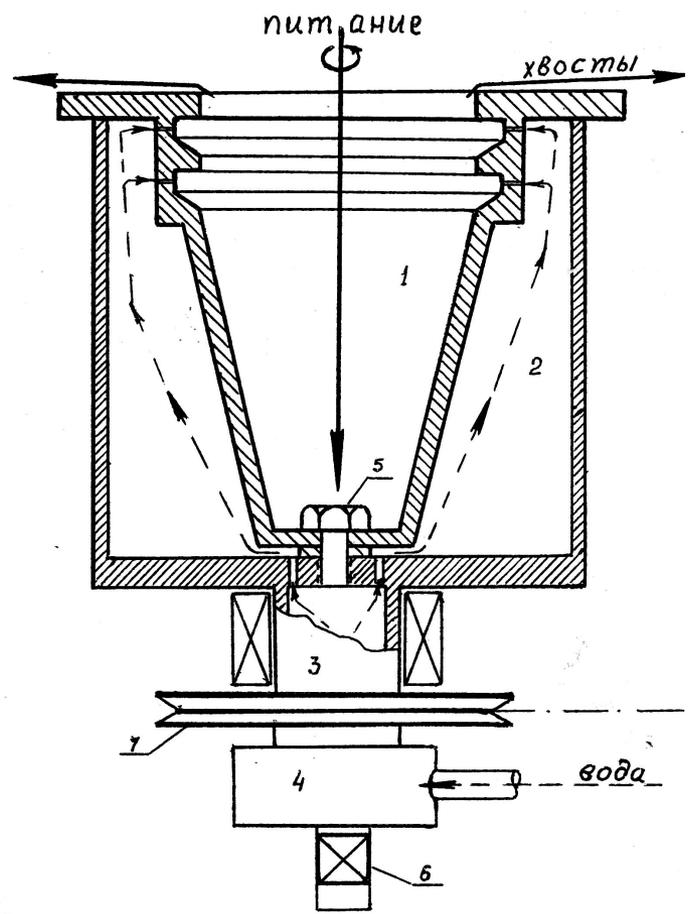
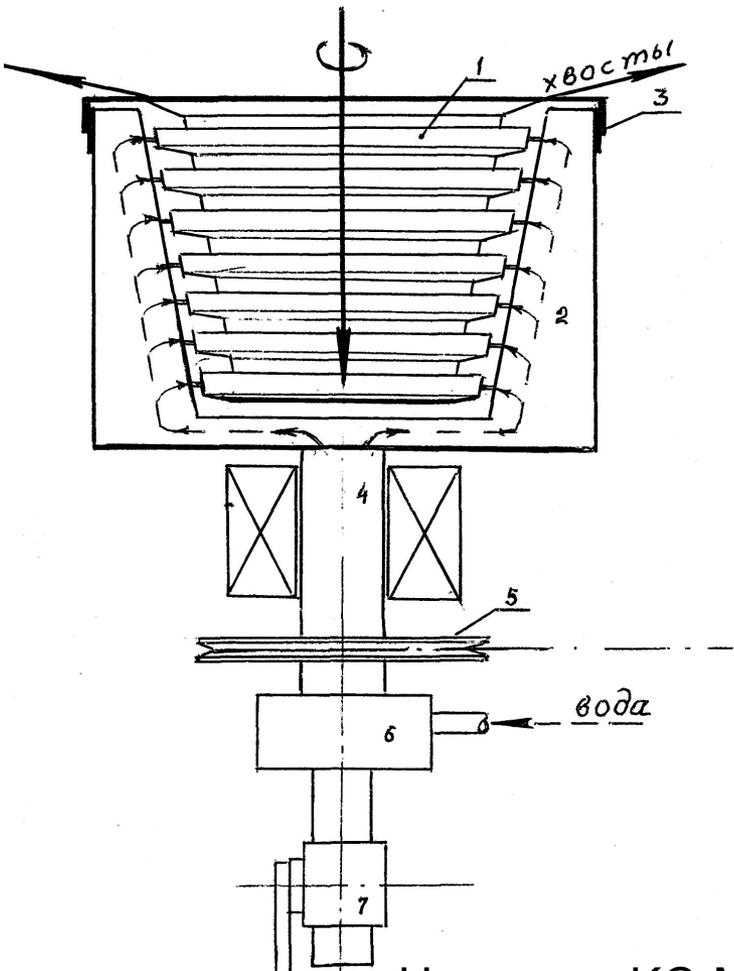
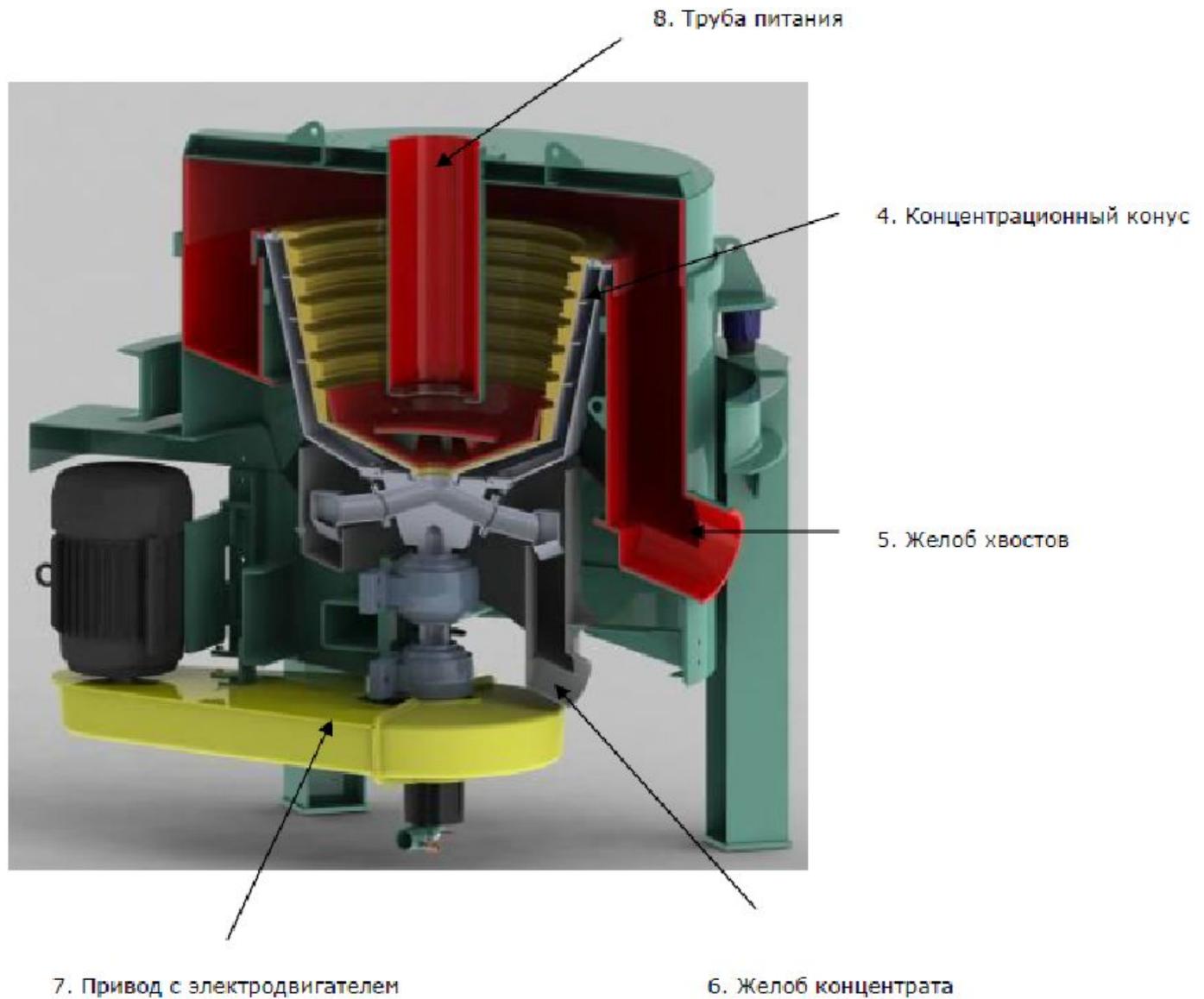


Схема концентратора Нельсона KC-MD3: 1 – полый вал для подачи воды; 2 – ватержакет; 3 – крышка; 4 – полый вал; 5 – шкив; 6 – сальник; 7 – неподвижный патрубков с пробковым краном 7

Схема концентратора Фалькон SB-40: 1- коническая чаша; 2 – ватержакет; 3 – сальник; 4 – полый вал для подачи воды; 5 – винт для выгрузки концентрата; 6 – пробковый кран; 7 – шкив электродвигателя



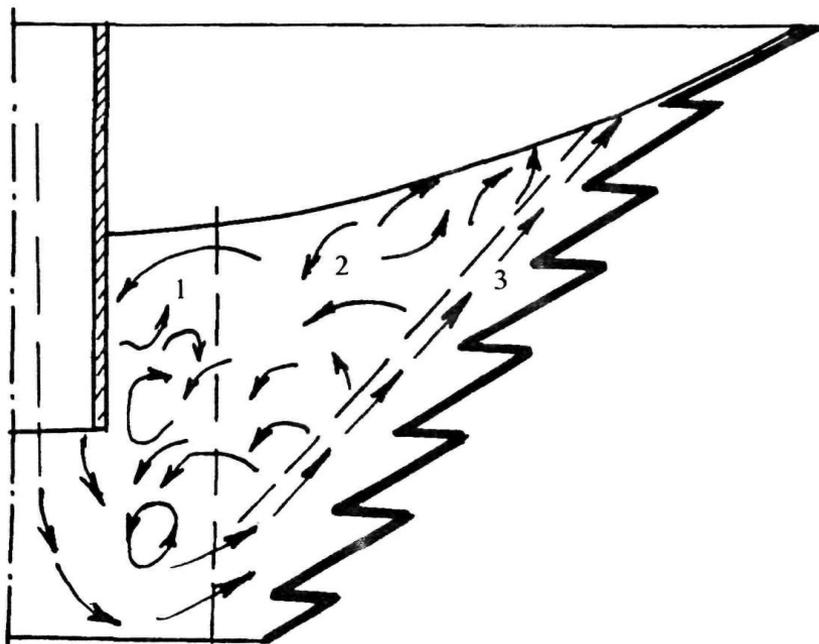


Схема движения потоков в центробежном концентраторе (МИСиС и Гинцветмет): 1 – зона нисходящего потока; 2 – зона турбулентного перемешивания; 3 – зона упорядоченного движения с максимальной окружной скоростью потока

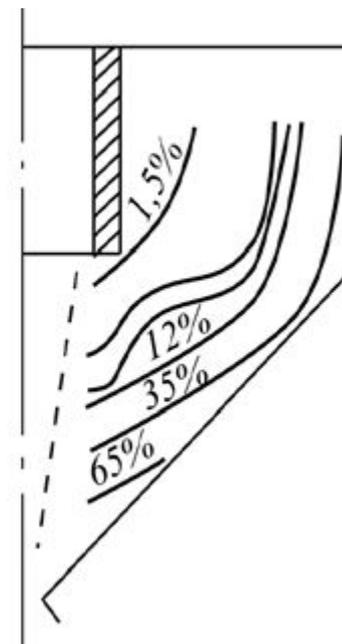
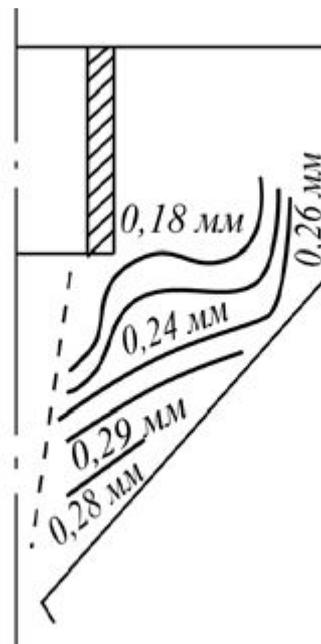
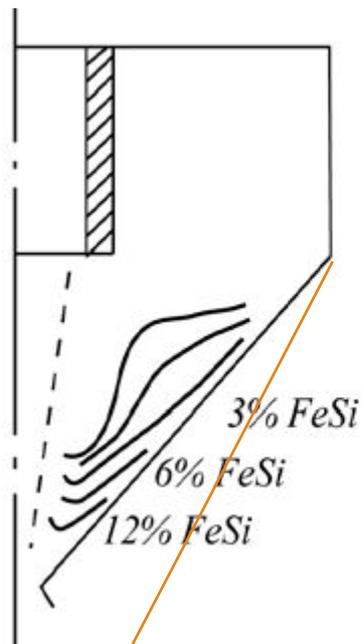
## Концентраторы ИТОМАК



# Коротконусный гидроциклон



КГЦ 50-500  
60, 75, 90, 120 град



# Классификация аппаратов по исходной крупности питания обогащения

---

Тяжелосредняя сепарация (предконцентрация)

Шлюзы

Отсадка

Струйные

Винтовые сепараторы

Центробежные сепараторы

Концентрационные столы

# Классификация аппаратов по технологической роли

---

ЧЕРНОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ

ДОВОДКА

Отсадка

Концентрационные столы

Шлюзы

Струйные желоба

ККГЦ

ЦБК

# Тяжелосредняя сепарация

---

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО  
РАЗМЕРУ КУСКА  
ОБОГАЩАЕМОГО МАТЕРИАЛА

Сепараторы для крупных и  
средних классов

Сепараторы для мелких  
классов

ПО СПОСОБУ  
СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОТНОСТИ  
СУСПЕНЗИИ

С механическим  
перемешиванием

С восходящим-нисходящим  
движением

С горизонтальным движением

С комбинированным  
движением

В качестве утяжелителя для алмазного сырья, галенита используется:

- мелко гранулированный ферросилиций с плотностью 6,7-6,8 г/см<sup>3</sup>

Наиболее широкое промышленные применение для обогащения углей нашли магнетитовые суспензии плотностью от 1300 до 2100 кг/м<sup>3</sup>.

Крупность частиц утяжелителя менее 0,1 (0,2) мм

Таблица 7.1  
Характеристики утяжелителей, применяемых при обогащении

Утяжелитель	Плотность утяжелителя, кг/м <sup>3</sup>	Максимально возможная плотность суспензии, кг/м <sup>3</sup>
Глина	2500	1490
Кварцевый песок (SiO <sub>2</sub> )	2650	1540
Барит (BaSO <sub>4</sub> )	4400	2200
Пирит (FeS <sub>2</sub> )	5000	2500
Магнетит (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	5000	2500
Арсенопирит (FeAsS)	6000	2800
Измельченный ферросилиций (85 % Fe, 15 % Si)	6900	3100
Гранулированный ферросилиций (90 % сферических частиц, 85 % Fe, 15 % Si)	6900	3500
Галенит (PbS)	7500	3300

# Характеристика среды

---

Вязкость - сопротивление относительно движению элементарных слоев  $\mu_c = \mu_{ж}(1 + 2,5C + 7,35C^2 + 16,2C^3)$ ,  $C$  – объемная концентрация, доли ед  $C_0 = 100V_y / V$ :

Устойчивость – способность суспензии сохранять плотность  $\rho_{св} = M_y / \delta_y$  высоте слоя (шламы материалы, добавка бентонитовой глины 0,5-1%)

Плотность суспензии, кг/м<sup>3</sup> -  $\delta_c = 1000 + M_y (\delta_y - 1000) / (V\delta_y)$ ,

# Тяжелосредная сепарация

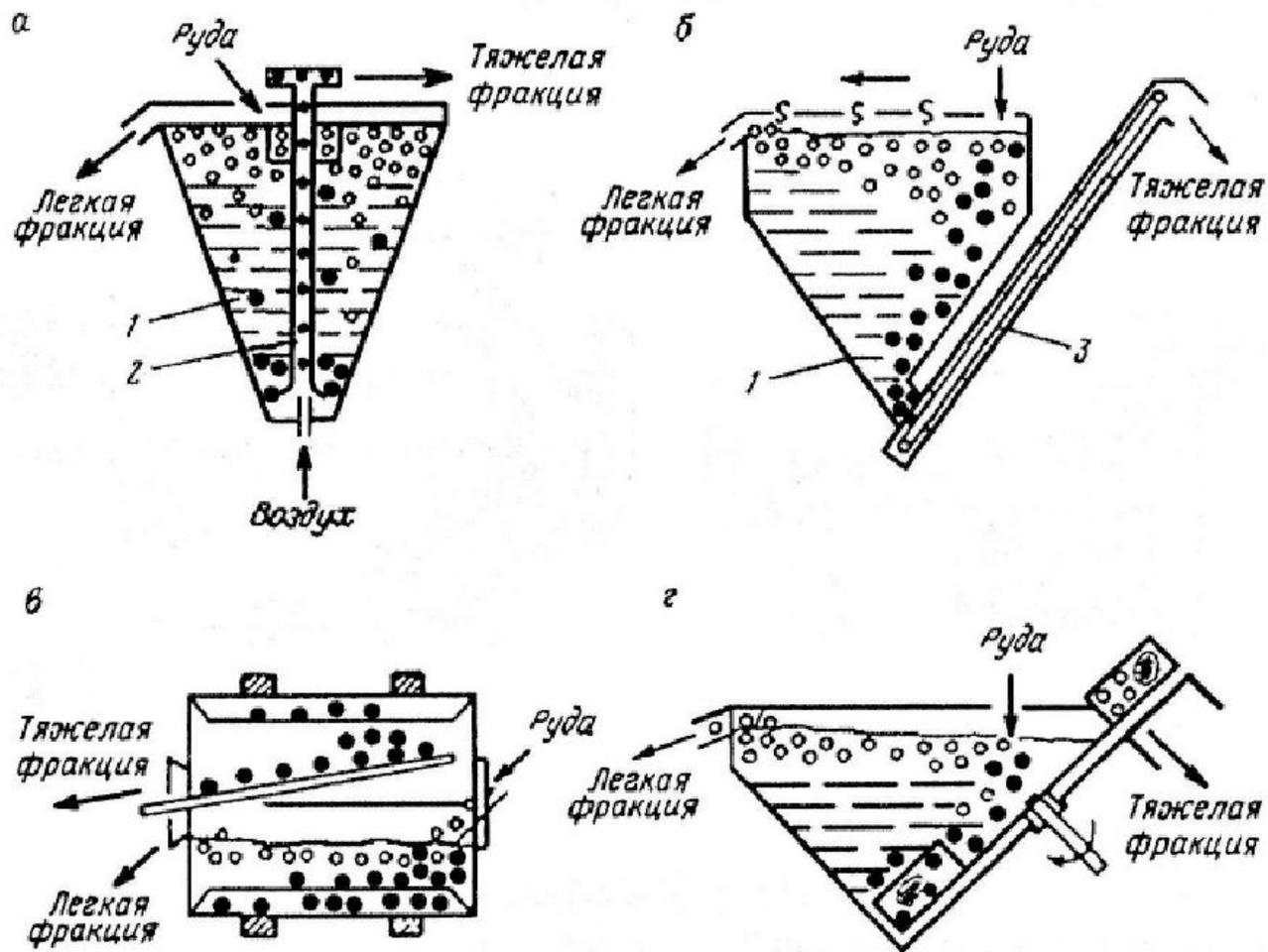
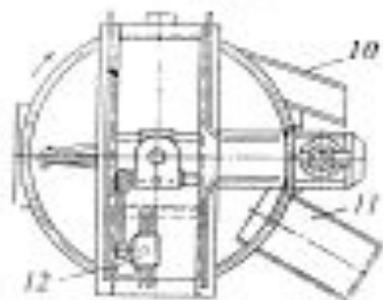
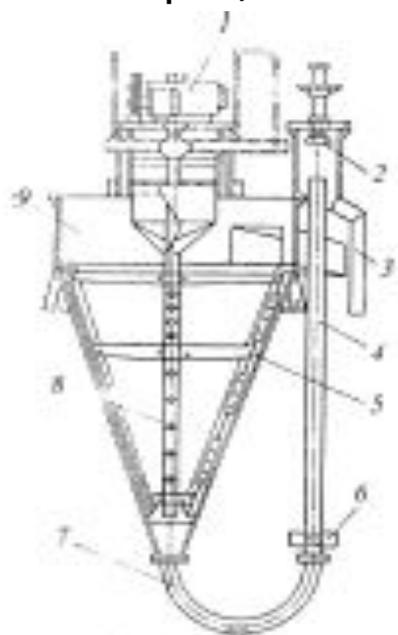


Рис. 7.3. Схемы основных типов тяжелосредных сепараторов:  
а — конусный; б — пирамидальный; в — барабанный; г — корытный

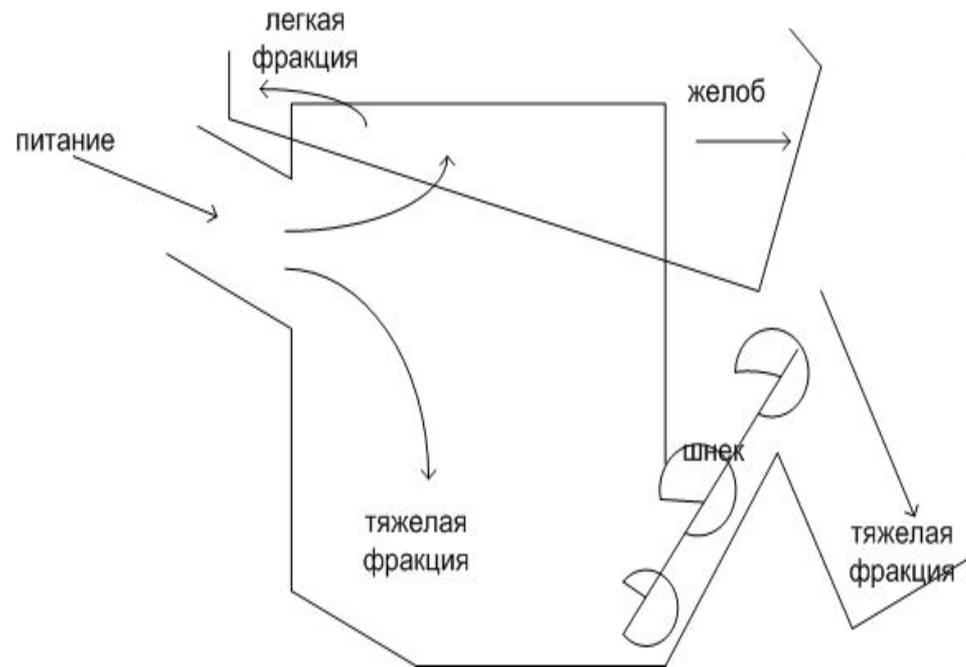
# Тяжелосредняя сепарация



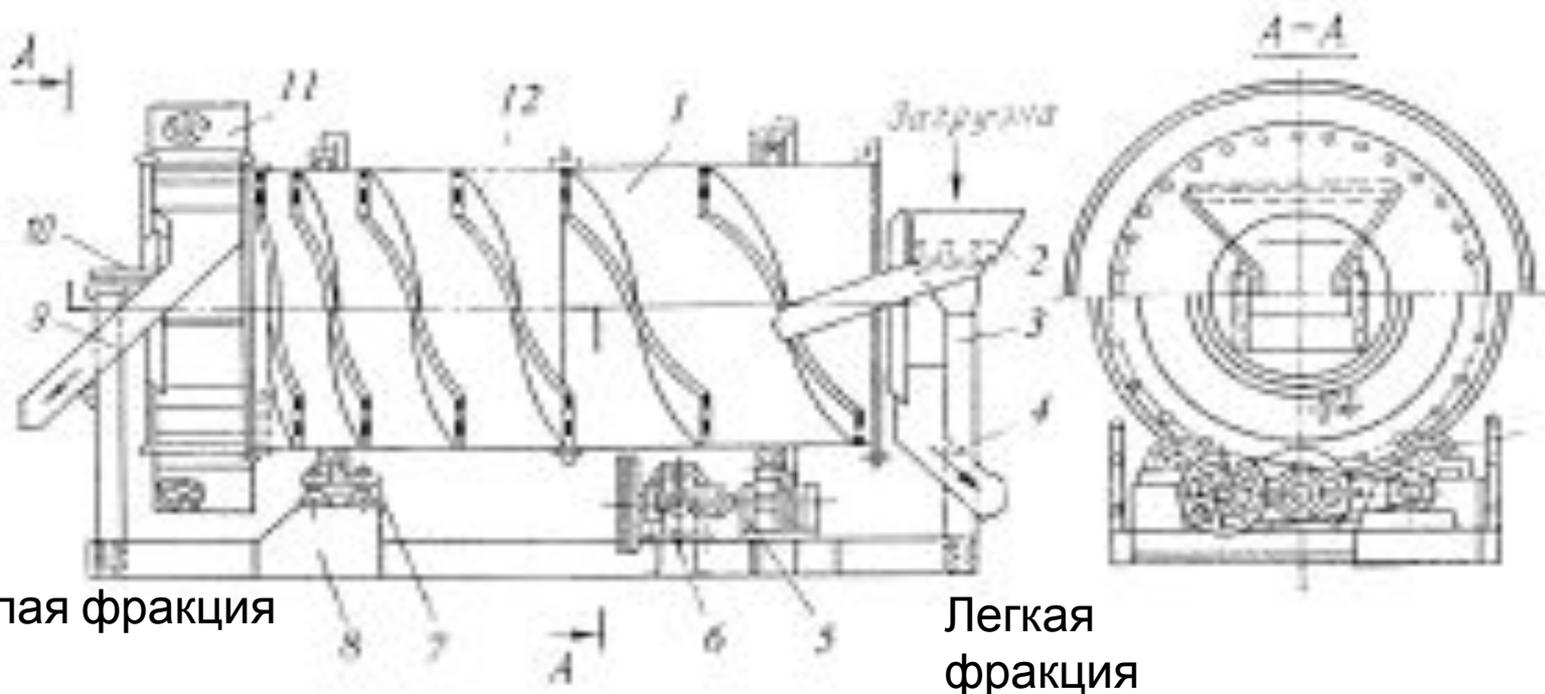
-100+ 2мм

Конусный сепаратор с наружным аэролифтом

1 – привод мешалки; 2 – отбойный зонт; 3 – желоб для разгрузки тяжелого продукта; 4 – аэролифтная труба; 5 – скребки рамочной мешалки; 6 – форсунки для подачи сжатого воздуха; 7 – переходное колено от конуса к аэролифту; 8 – мешалка рамочная; 9 – конус; 10 – желоб для разгрузки легкого продукта; 11 – желоб для подачи исходного материала; 12 – элеватор



## Тяжелосредняя сепарация



Тяжелая фракция

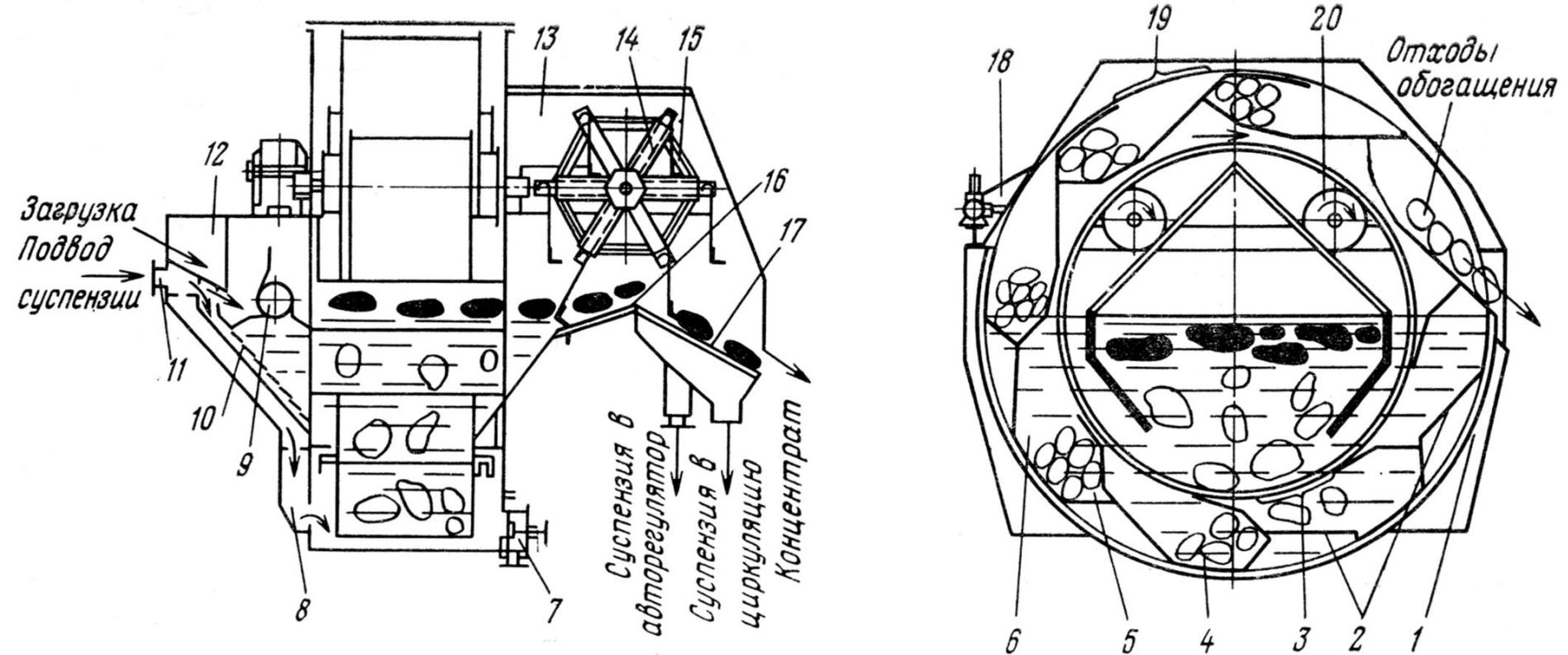
Легкая  
фракция

### Барабанный сепаратор со спиральной разгрузкой СБС

1 – барабан; 2 – загрузочный желоб; 3 – опорная стойка загрузочного желоба; 4 – желоб для разгрузки легкого продукта; 5 – узел малой приводной шестерни; 6 – редуктор; 7 – опорные ролики; 8 – рама сепаратора; 9 – желоб для разгрузки тяжелого продукта; 10 – опорная стойка желоба для разгрузки тяжелого продукта; 11 – лопастной элеватор; 12 – двухшаговая спираль

# Колесный сепаратор для углей

Колесные сепараторы типа СКВ - с элеваторной выгрузкой осевшей фракции получили наибольшее распространение. Область их применения – разделение крупных машинных классов углей (13(6) - 300) мм на два продукта.



Для обогащения рудного материала крупнее 4 мм в условиях статического расслоения рудного материала по плотности использовались барабанные и конусные сепараторы, для материала менее 4мм – гидроциклон.

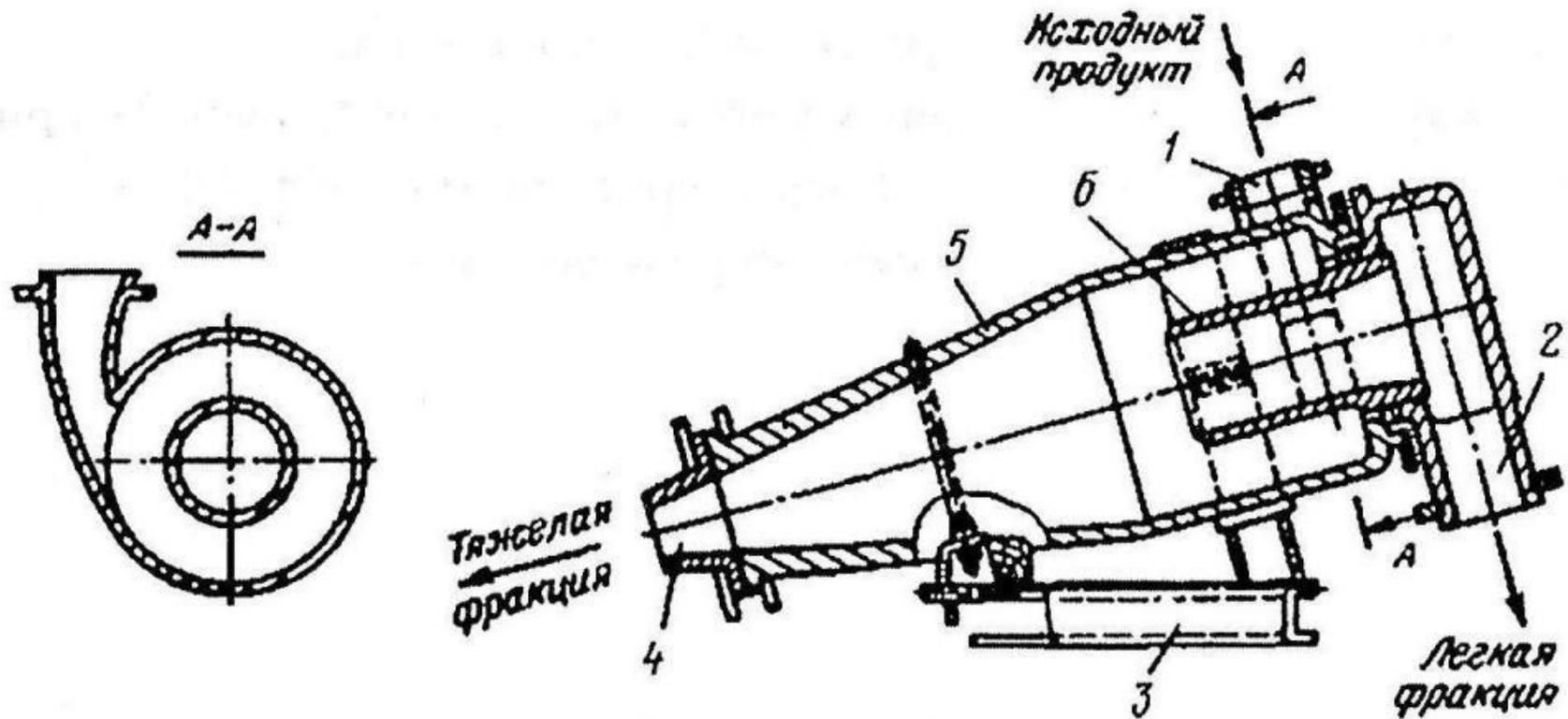
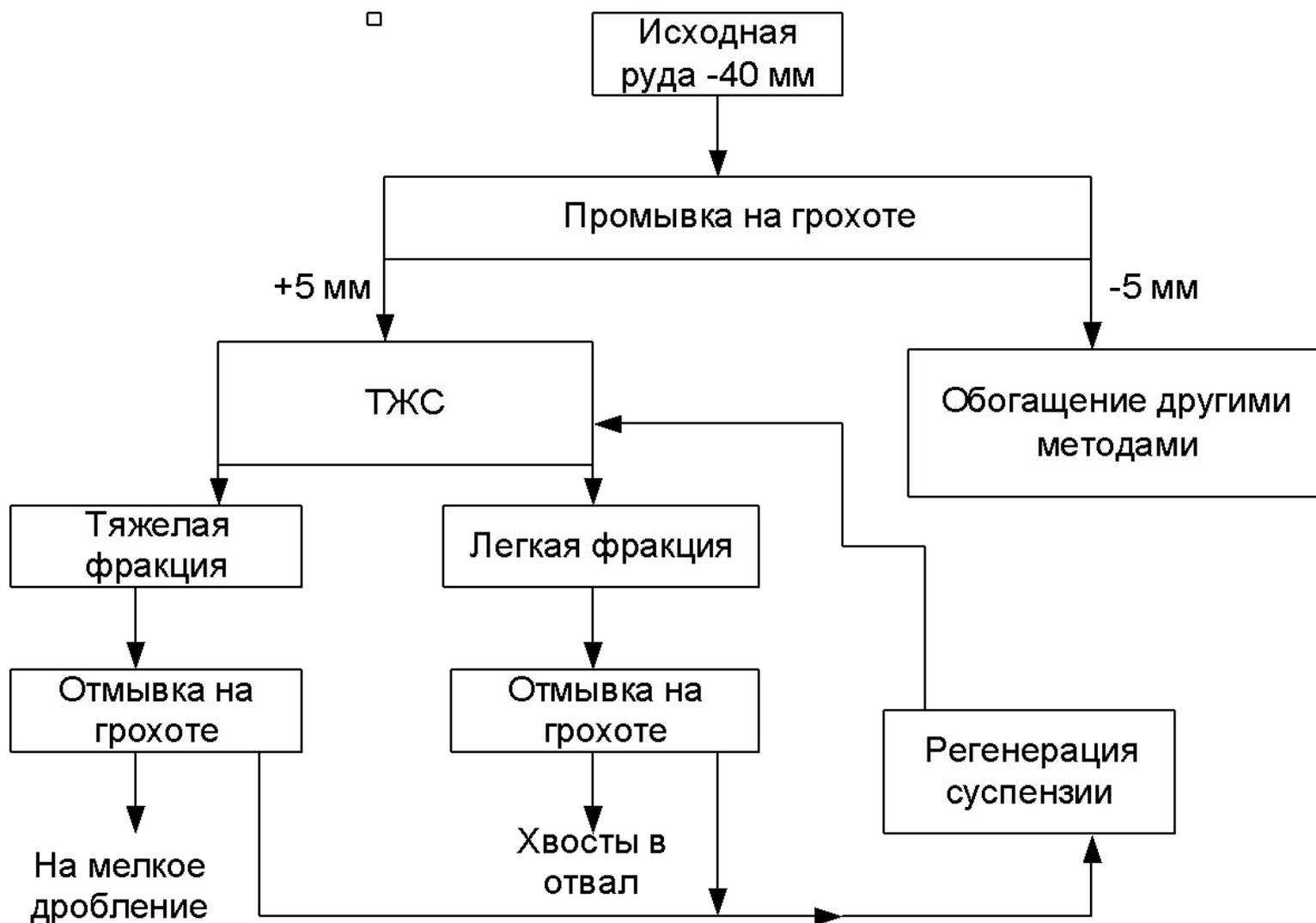


Рис. 7.5. Схема двухпродуктового тяжелосреднего гидроциклона



# Применение гравитации в технологическом процессе

---

Предконцентрация (тяжелосредняя сепарация, отсадка)

Рудоподготовка – промывка, классификация (гидравлическая и гидроциклонирование)

Обогащение

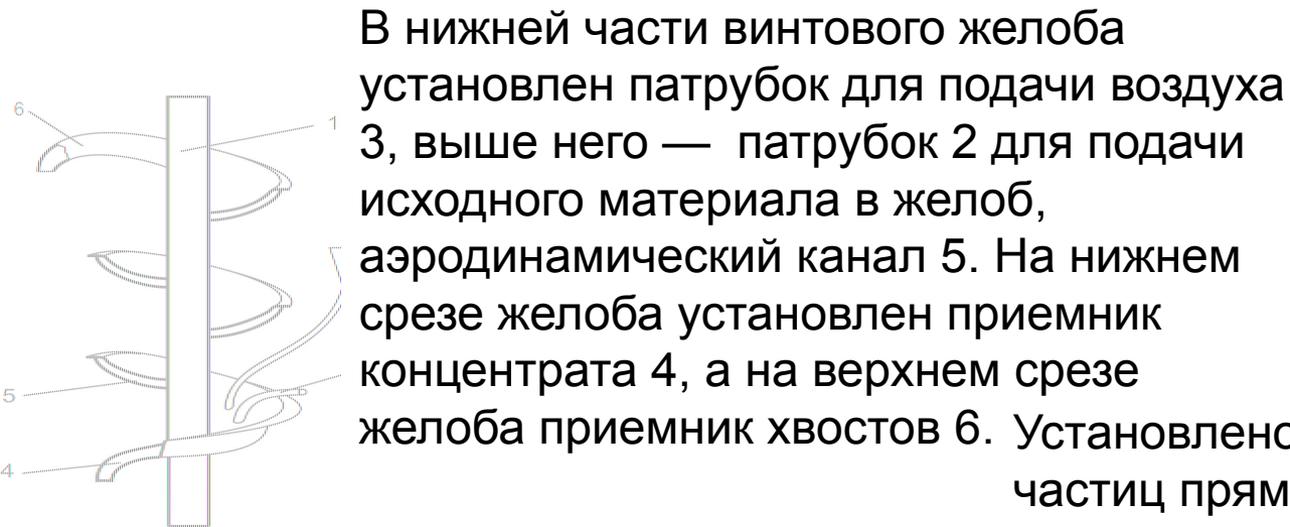
- Основное концентрирование
- Доводка черновых концентратов

# Сравнительная характеристика гравитационных аппаратов

Параметры	Концентрационный стол		Концентрационный сепаратор СК - 3,6/3,6	Струйный концентратор СКГ - 3М	Винтовой сепаратор СВ3 - 1500	Винтовой шлюз ШВ5 - 1500	Короткоконусный гидроциклон КЦ - 500	Отсадочная машина МОД - 3М
	СКО - 05	Gemini						
Производительность, т/ч	0,030 – 0,070	0,10	1,5 – 3,0	1,5 – 3,0	3,75	3,75	12	2
Энергопотребление, кВт/ч	1,4	3,3	–	–	–	–	1,3	0,4 – 0,6
Массовая доля твердого, %	15 – 40	15 – 40	50 – 60	50 – 60	15 – 35	15 – 35	15 – 25	30 – 60
Водопотребление, м <sup>3</sup> /т	2	2 – 4	–	–	0,12	0,07	–	4 – 5
Относительная масса, т/тч	2,0	6,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,03	0,2 – 0,4
Площадь, м <sup>2</sup> на 1 т/ч	4	4-7	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,5 – 0,7

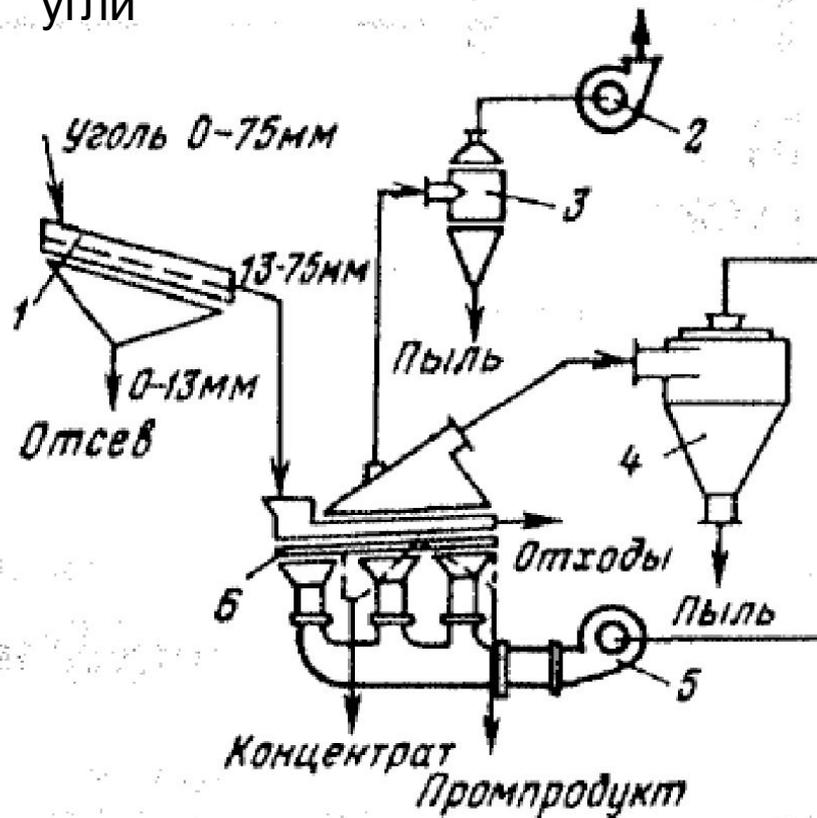
# Пневматическая сепарация

## Отдувка минералов легких пород



В нижней части винтового желоба установлен патрубок для подачи воздуха 3, выше него — патрубок 2 для подачи исходного материала в желоб, аэродинамический канал 5. На нижнем срезе желоба установлен приемник концентрата 4, а на верхнем срезе желоба приемник хвостов 6. Установлено, что скорость витания частиц прямо коррелируется с их гидравлической крупностью, а она в свою очередь зависит лишь от плотности и усредненной толщины частиц, все другие параметры (длина, ширина) на гидравлическую крупность практически не влияют.

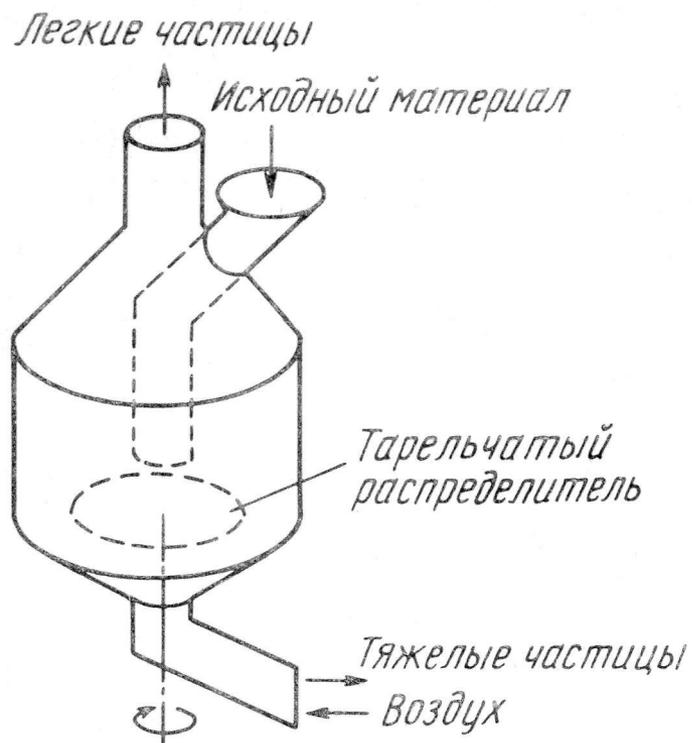
# Легкообогащаемые энергетические каменные угли



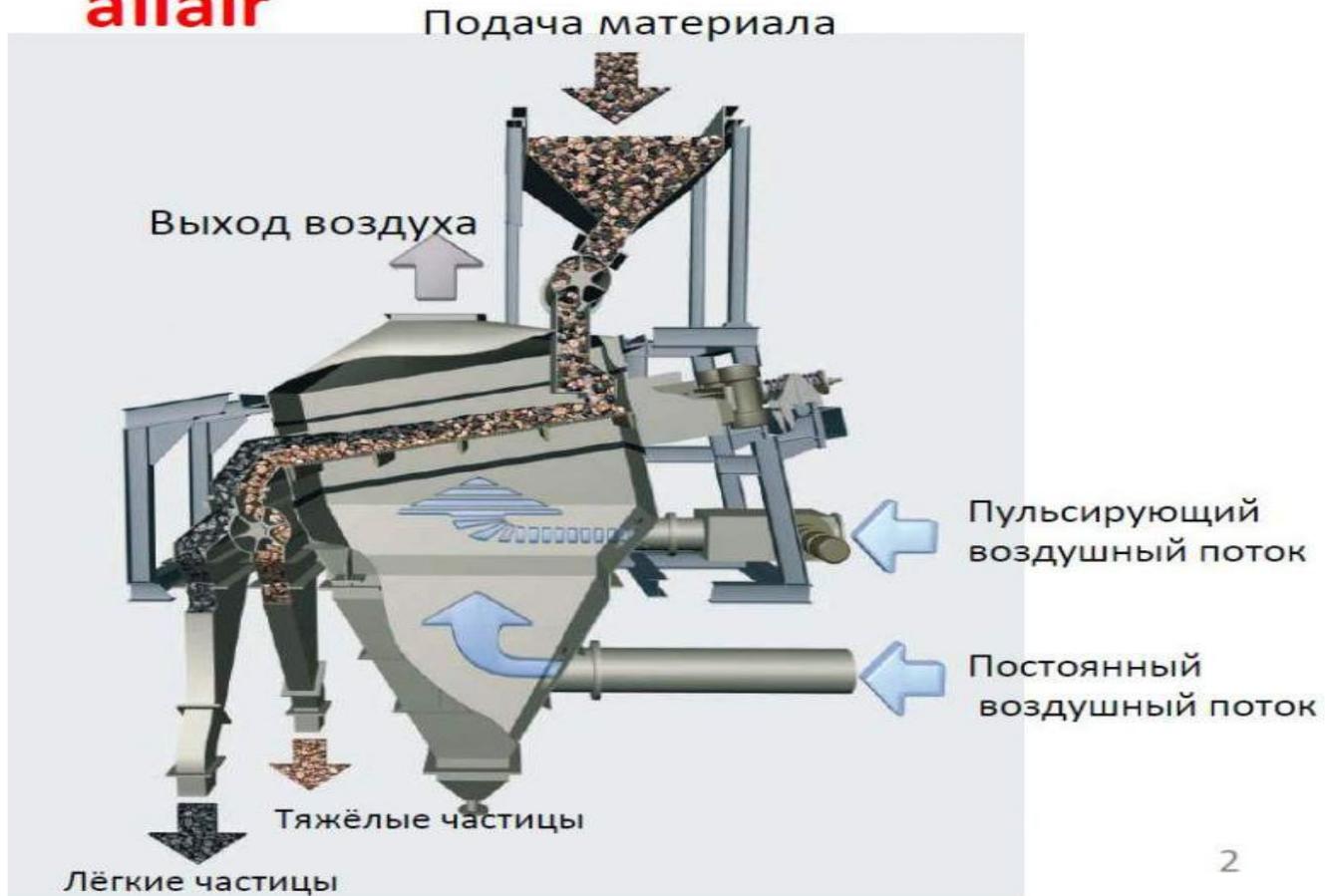
**Рис. 7.29.** Схема цепи аппаратов для пневматического обогащения угля:

1 — грохот; 2 — вытяжной вентилятор; 3 — батарейный циклон; 4 — циклон-пылеуловитель; 5 — технологический вентилятор; 6 — пневматический сепаратор

## Принцип действия пневматического сепаратора



**allair**



2

# Драга для разработки и первичного обогащения россыпей аллювиального типа речной долины



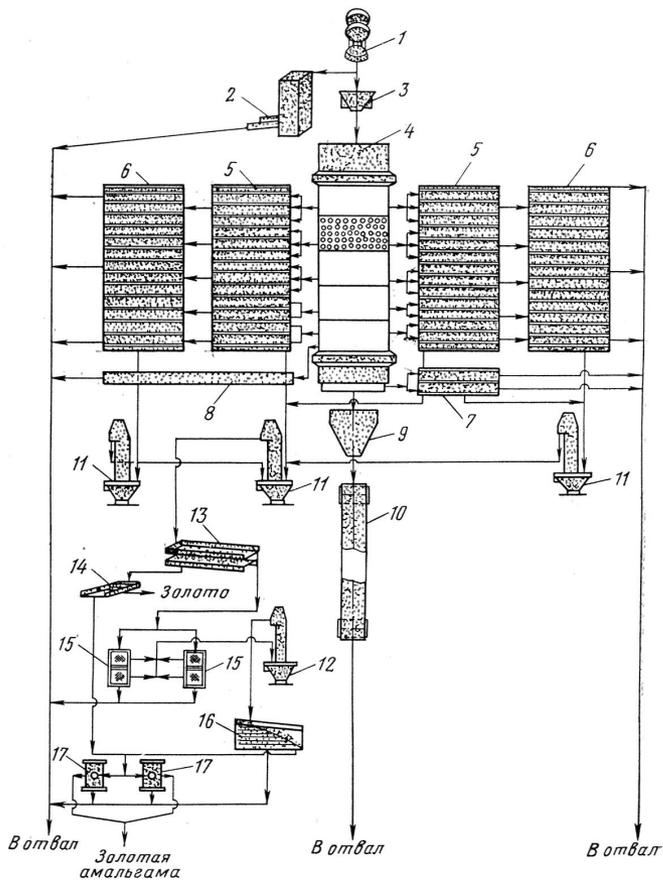


Схема цепи аппаратов драги с подвижными металлическими шлюзами: 1 – черпаковая цепь; 2 – подчерпаковый уловитель; 3 – завалочный люк; 4 – дражная бочка; 5 – головная секция подвижных металлических шлюзов; 6 – хвостовая секция подвижных металлических шлюзов; 7 – шлюзы шестого става; 8 – самородкоулавливающий шлюз; 9 – галечный лоток; 10 – конвейер для гали; 11 – элеватор ЭЛМ-250; 12 – элеватор ЭЛМ -90; 13 – доводочный шлюз; 14 – вашгерд; 15 - отсадочная машина ОВМ-3; 16 – концентрационный стол

# Гравитационные процессы

---

## ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ

Простота процесса

Дешевый процесс

Высокопроизводительный процесс (основная доля)

## ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ

Существенные расходы воды

Необходимость предварительной классификации по узким классам крупности