

# *Гравитационные методы обогащения*

Лекция 9 Обогащение руд отсадкой

**Преподаватель:** Мотовилов Игорь Юрьевич  
доктор PhD. Кафедры «Металлургия и обогащение  
полезных ископаемых»

[motovilov88@inbox.ru](mailto:motovilov88@inbox.ru)

# *Содержание*

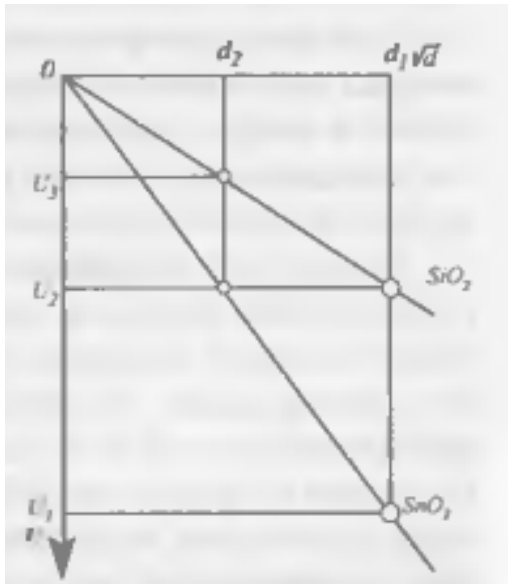
- 1. Общие сведения**
- 2. Параметры отсадки и их влияние на процесс**

## Общие сведения

**Отсадка** – процесс разделения смеси минеральных частиц крупностью более **0,1-0,5 мм** по плотности в вертикальном потоках воды (воздуха) на основе различий в гидравлической крупности. Известна более тысячи лет и широко применяется при обогащении марганцевых, железных, оловянных, вольфрамовых, золотосодержащих и других руд и россыпей, в том числе в комбинации с другими гравитационными и прочими методами переработки минерального сырья.

Процесс отсадки впервые теоретически обосновал австрийский ученый обогатитель **П. Риттингер (1867)**, исходя из скорости свободного падения частиц в воде.

$$v_0 = 0,16 \sqrt{d(\rho_T - 1000)}$$



**Диаграмма Чечотта для определения для определения скорости падения двух минералов различной плотности**

При наличии в руде трех минералов – касситерита, пирита и кварца, предварительное грохочение должно осуществляться по наименьшему коэффициенту равнопадаемости минеральных частиц.

## Общие сведения

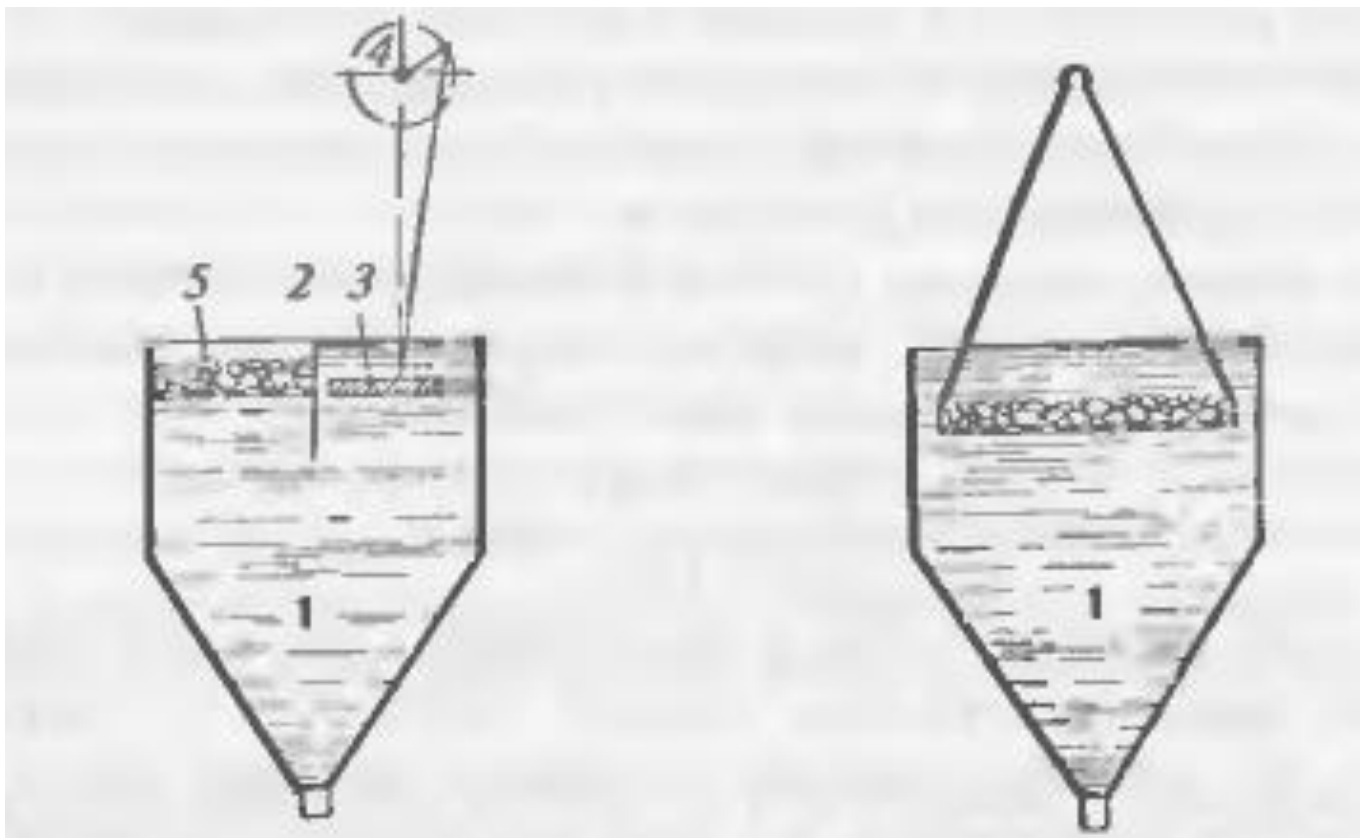


Схема отсадочной машины с  
неподвижным решетом:

**1** – корпус; **2** – перегородка; **3** –  
поршень; **4** – эксцентриковый вал;  
**5** – решето

Схема отсадочной машины с  
неподвижным решетом

## Параметры отсадки и их влияние на процесс

**Решето** отсадочной машины характеризуется прежде всего размером отверстий. При надрешетной разгрузки тяжелых фракций размер отверстий должен быть меньше крупности частиц исходного материала. Подрешетная разгрузка тяжелого продукта возможна при размере отверстий, несколько больше максимальной величины частицы плотного минерала в питании.

Размер отверстий при подрешетной разгрузке **влияет на плотность разделения минералов, степень разрыхления материала и производительность отсадочной машины.**

**Постель** слой дисперсного материала на решете отсадочной машины, состоящий из смеси твердой и жидкой фаз. В разрыхленном состоянии слой представляет собой взвесь частиц твердой и жидкой фаз. В разрыхленном состоянии слой представляет собой взвесь частиц твердой фазы в потоке воды (воздуха) с текучими свойствами жидкости – псевдожидкость. Естественная отсадочная постель **характеризуется: степенью разрыхления, крупностью частиц, гранулометрическим составом, толщиной слоя и плотности.**

**Степень (коэффициент) разрыхления  $\Theta$**  определяется отношением объема промежутков между взвешенными частицами ко всему объему  $V$  занятому взвесью:  $\Theta = \frac{V - V_T}{V} = \frac{V_{\text{ж}}}{V_{\text{ж}} - V_T}$

За период разрыхления слоя **значение  $\Theta$ :**  $\Theta = \Theta_0 + \frac{1 - \Theta_0}{1 + h_0 / (S_a - S_b)}$

$\Theta$  зависит от соотношения скорости восходящего потока и гидравлической крупности частиц:  $\Theta = \frac{n \sqrt{\vartheta_{\text{ст}}}}{\sqrt{\vartheta_0^2}}$

**В сплоченном состоянии  $\Theta$  определяют:**  $\Theta = \frac{\delta - \delta_{\text{н}}}{\delta}$

## Параметры отсадки и их влияние на процесс

**Толщина постели** зависит от крупности обогащаемого материала. Максимальная крупность кусков в исходном питании при обогащении руд достигает 60 мм, для угля 250 мм.

При максимальной крупности кусков в питании более 100 мм толщина постели  $h$  составляет  $3-4 d_{max}$ ; при 20-40 мм  $h = 7-12 d_{max}$ ; при менее 2 мм  $h = 20-40 d_{max}$ .

**Гранулометрический состав** исходного материала влияет на реологические свойства постели и в целом на эффективность отсадки. Известны случаи, когда отсадка не удавалась из-за неудовлетворительного гранулометрического состава.

**Гидродинамические параметры** включают факторы, определяющие колебательный режим отсадки: **размах и частота колебаний поршня, расход подрешетной воды и режим ее подачи**, что в совокупности определяет скорость потоков и их изменение во времени.

**Размах колебаний** рассчитывается по эмпирической формуле:  
$$L_{\Pi} = 8,1 d_{max}^{0,6}$$

**Частоту колебаний  $n$**  определяют из следующих условий:

- 1) Скорость восходящего потока воды должна быть достаточной для взвешивания частиц максимальной гидравлической крупности в стесненных условиях;
- 2) Ускорение среды не должно превышать ускорение силы тяжести

$$n > 273 \vartheta_{ст} / L_{\Pi} \beta K$$

## Параметры отсадки и их влияние на процесс

| Материал                                  | Крупность, мм | Размах, мм | Частота колебаний, мин <sup>-1</sup> | Способ создания колебаний |
|-------------------------------------------|---------------|------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Железная руда                             | 50-8          | До 200     | 55                                   | Воздух                    |
|                                           | 12-0          | 16         | 180                                  | Конус подвижный           |
|                                           | 6-0           | 14-10      | 250-300                              |                           |
|                                           | 4-0           | 12-8       | 250-300                              |                           |
|                                           | 2-0           | 12-6       | 150-190                              | Воздух                    |
|                                           | 1-0           | 6-4        | 260                                  | Конус                     |
| Марганцевая руда                          | 50-3          | До 200     | 67                                   | Воздух                    |
|                                           | 25-12         | 40-50      | 100-120                              |                           |
|                                           | 12-2          | 30-50      | 110-140                              | Решето                    |
|                                           | 4-0           | 35-40      | 120-130                              | Воздух                    |
|                                           | 2-0           | 6-14       | 250-350                              | Конус подвижный           |
|                                           | 1-0           | 4-5        | 350                                  |                           |
| Золотоносные пески (россыпь)              | 1-0           | 15-30      | 125-180                              | Диафрагма                 |
|                                           | -             | 6-7        | 180-250                              |                           |
| Оловянные и оловянно-вольфрамовые россыпи | 16-8          | 50-70      | 140-190                              | Диафрагма                 |
|                                           | 10-6          | 25-28      | 180-210                              | Поршень                   |
|                                           | 6-1,5         | 16-19      | 150-205                              |                           |
|                                           | 1,5-0         | 10-15      | 240-285                              | Диафрагма                 |
| Оловянная руда                            | 15-0          | 12-14      | 250                                  | Диафрагма                 |
|                                           | 3-0           | 10-12      | 250-280                              |                           |
|                                           | 1-0           | 8-9        | 280-300                              |                           |
| Уголь                                     | 13-0          | 76         | 30                                   | Воздух                    |
|                                           |               | 69         | 40                                   |                           |
|                                           |               | 26         | 60                                   |                           |

Гидродинамические условия отсадки должны удовлетворять соотношению:  $\vartheta_{кр} > \vartheta_{ср} > \vartheta_{min}$

## Параметры отсадки и их влияние на процесс

**Подрешетная вода** увеличивает скорость восходящего потока и, таким образом, повышает **разрыхленность постели**; уменьшает скорость нисходящего потока и снижает засасывание мелких классов под решето; уменьшает перепад гидростатического давления; вместе с транспортной водой подрешетная вода перемещает верхние слои постели к сливному порогу.

| Характеристика углей    |               |                      | Удельный расход воды, м³/т |             | Общий<br>удельный<br>расход, м³/т |
|-------------------------|---------------|----------------------|----------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Обогатимость            | Крупность, мм | Содержание породы, % | транспортной               | подрешетной |                                   |
| Легкая и средняя        | Мелкий <13    | До 15                | 1,1                        | 0,9         | 2,0                               |
|                         |               | 15-25                | 1,3                        | 1,1         | 2,4                               |
|                         |               | >25                  | 1,6                        | 1,4         | 3,0                               |
|                         | Крупный >13   | До 15                | 1,3                        | 1,1         | 2,4                               |
|                         |               | 15-25                | 1,5                        | 1,3         | 2,8                               |
|                         |               | >25                  | 1,9                        | 1,6         | 3,5                               |
| Трудная и очень трудная | Мелкий <13    | До 15                | 1,2                        | 1,0         | 2,2                               |
|                         |               | 15-25                | 1,4                        | 1,2         | 2,6                               |
|                         |               | >25                  | 1,7                        | 1,6         | 3,3                               |
|                         | Крупный >13   | До 15                | 1,4                        | 1,2         | 2,6                               |
|                         |               | 15-25                | 1,6                        | 1,4         | 3,0                               |
|                         |               | >25                  | 2,0                        | 1,8         | 3,8                               |

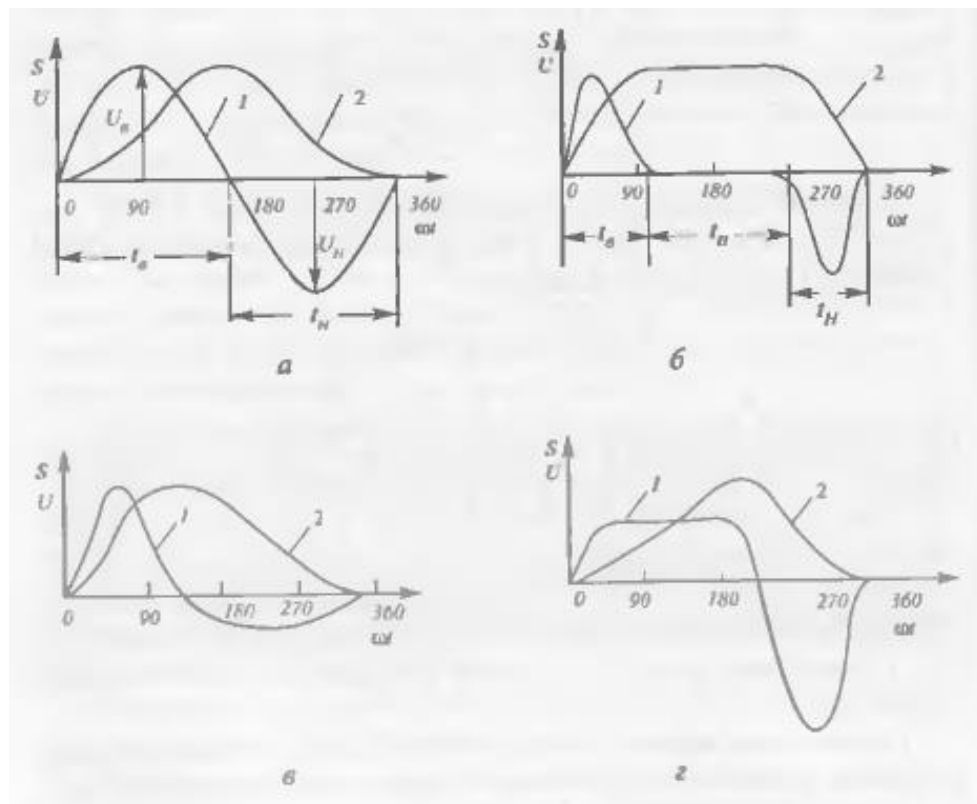


## Параметры отсадки и их влияние на процесс

**Цикл отсадки** - закономерность вертикального перемещения воды (решета) в течение одного периода колебаний. Элементами цикла являются подъем, пауза, опускание воды.

Наиболее распространен гармонический цикл при котором перемещение среды  $S$  и изменение ее скорости  $\vartheta$  во времени выражаются следующими формулами:

$$S = 0,5L(1 - \cos\omega t); \quad \vartheta = 0,5L\omega \sin\omega t$$



**Схемы циклов отсадки:**  
**а** – гармоничный; **б** – цикл Майера; **в** – цикл Берта; **г** – цикл Томаса; **1** – путь  $S$  перемещения среды; **2** – скорость  $\vartheta$  перемещения;  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{п}}$ ,  $t_{\text{н}}$  – длительность, соответственно, подъема, паузы и опускания среды

## Параметры отсадки и их влияние на процесс

К технологическим параметрам относят: фракционный, ситовой состав, количество шлама в исходном материале и удельную производительность отсадочной машины.

Разгрузка продуктов разделения имеет свои закономерности и может быть выделенной в отдельную завершающую стадию процесса отсадки.

Разгрузка легкой фракции производится через сливной порог в конце отсадочной машины. Разгрузка тяжелой фракции может быть:

**Подрешетной** – через искусственную постель;

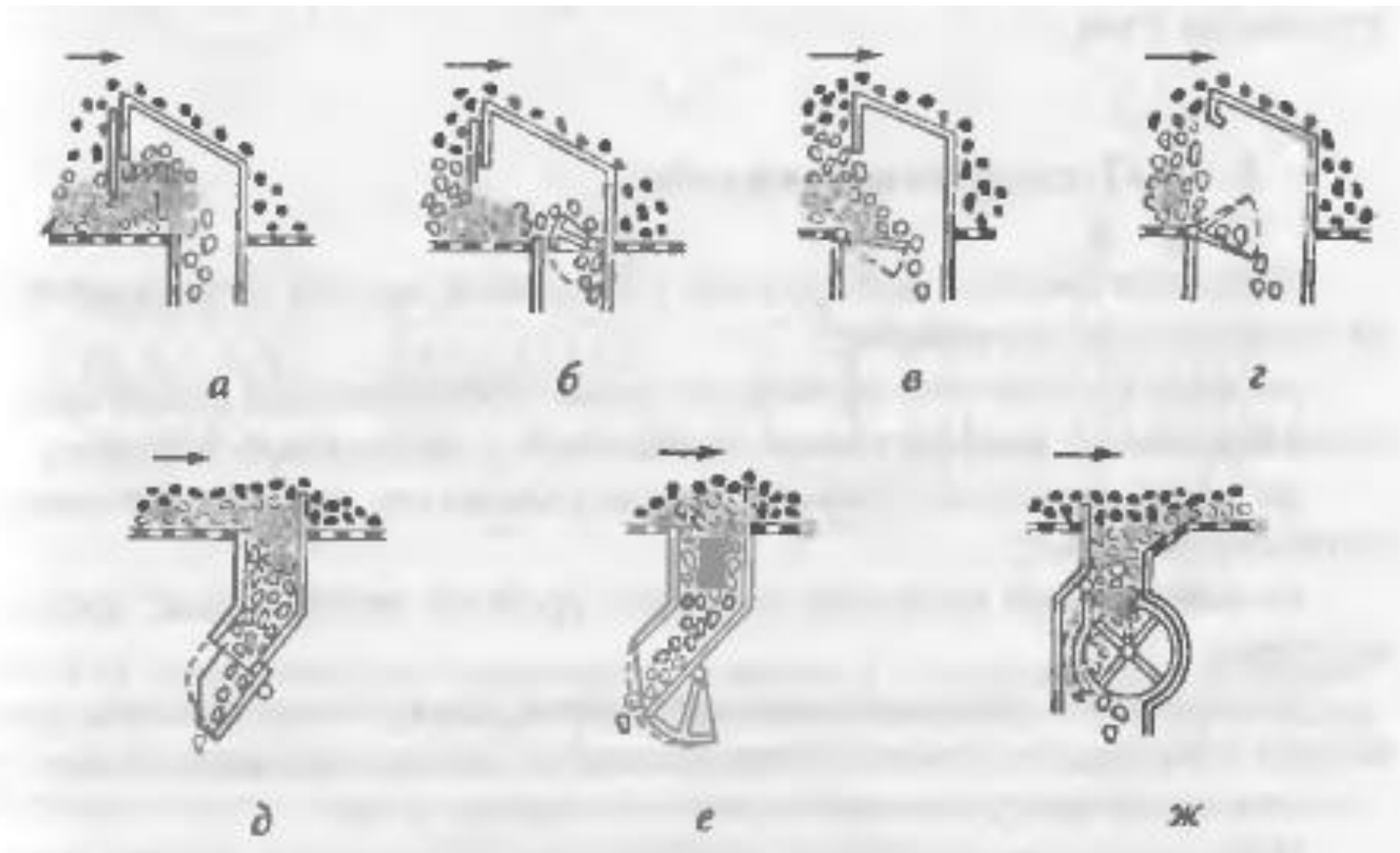
**Надрешетной** – через щели с затворами различной конструкции;

**Комбинированной** – с подрешетной разгрузкой мелкого и надрешетной разгрузкой крупного классов.

Крупность частиц искусственной постели должна быть больше размера отверстий решета и не менее чем в **2-3 раза** больше максимальных кусков тяжелого минерала в исходном питании.

| Характер применяемой постели для рудного сырья | Качество получаемых продуктов |                         |         |
|------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------|
|                                                | Концентрата                   | Промежуточных продуктов | Хвостов |
| Тонкая из крупных зерен                        | Плохое                        | Хорошее                 | Чистое  |
| Толстая из крупных зерен или тонкая из мелких  | Среднее                       | Среднее                 | Среднее |
| Толстая из мелких зерен                        | Чистое                        | Плохое                  | Плохое  |

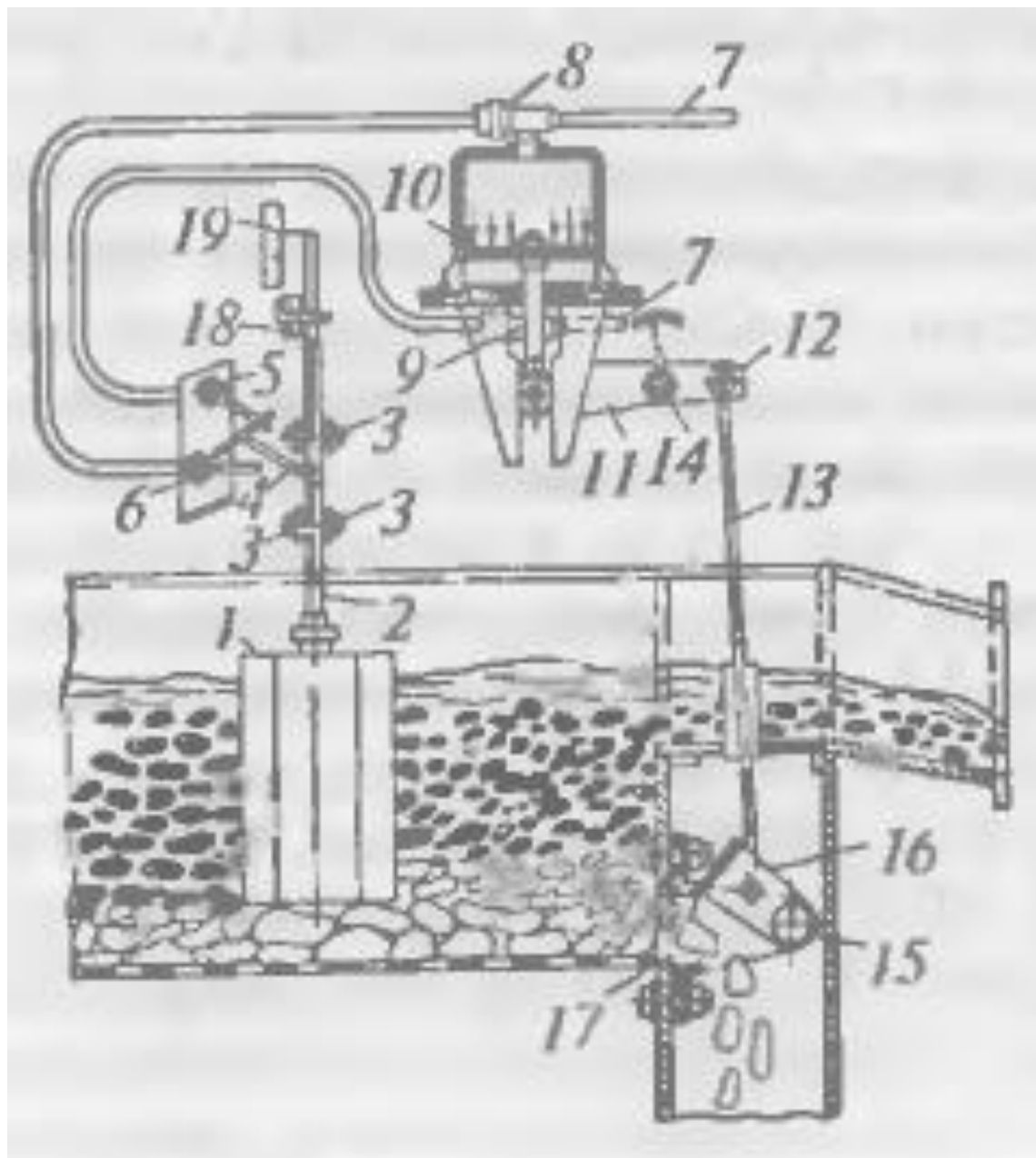
## Параметры отсадки и их влияние на процесс



**Схемы разгрузочных устройств отсадочных машин:**

**а** – плоский шибер; **б** – секторный шибер; **в** - консольный качающийся шибер; **г** – качающийся лоток; **д** – лотковый затвор; **е** – секторный затвор; **ж** – роторный затвор

## Параметры отсадки и их влияние на процесс



**Автоматический регулятор «Гипрококс – АРПГ» пневматического действия:**

**1** – поплавок; **2** – штанга; **3** – направляющие ролики; **4** – рычаг поплавка; **5, 6** – клапана для впуска воздуха; **8, 9** – тройники; **10** – поршень; **11, 12, 13** – система рычагов; **14, 15** – неподвижные оси; **16** – секторная заслонка; **17** – выпускная щель; **18** – кольца для регулировки массы поплавка; **19** – шкала высоты постели тяжелого продукта