СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

Гравитационные методы обогащения

Лекция 6 **Классификация в центробежном поле сил**

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

motovilov88@inbox.ru

Содержание

1. Классификация в центробежных полях
2. Конструкции гидроциклонов
3. Теоретические представления о движении жидкости и зерен в гидроциклоне
4. Влияние конструктивных и технологических факторов на эффективность классификации в гидроциклонах

Классификация в центробежных полях

Центробежные классификаторы применяют главным образом для выделения мелких частиц от 200 до 5 мкм. В настоящее время это лучшие классифицирующие аппараты. Применяются также для обогащения в тяжелых суспензиях, а также для гравитационного обогащения тонкоизмельченных, например золотосодержащих материалов в водной среде.

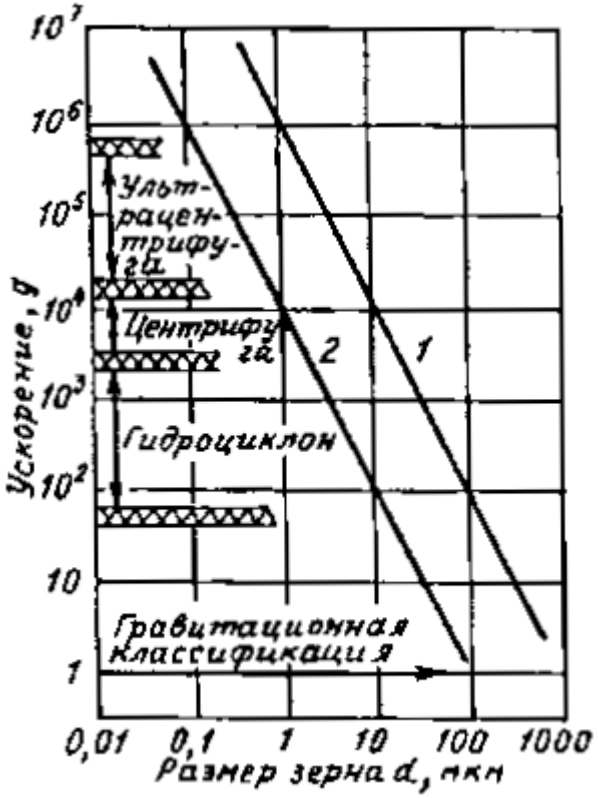


Диаграмма Хукки при высокой (1) и низкой (2) производительности

Центробежные классификаторы подразделяют на:

гидроциклоны и турбоциклоны – неподвижные цилиндроконические аппараты, пульпа в которые подается под давлением (от 0,5 до 3) 10^5 Па, центробежным насосом тангенциально к внутренней поверхности цилиндра; в турбоциклонах внутри аппарата имеется ротор, создающий дополнительное центробежное поле;

осадительные центрифуги, в которых пульпа получает вращение от рабочей поверхности ротора аппарата. В основном применяют для ***обезвоживания.***

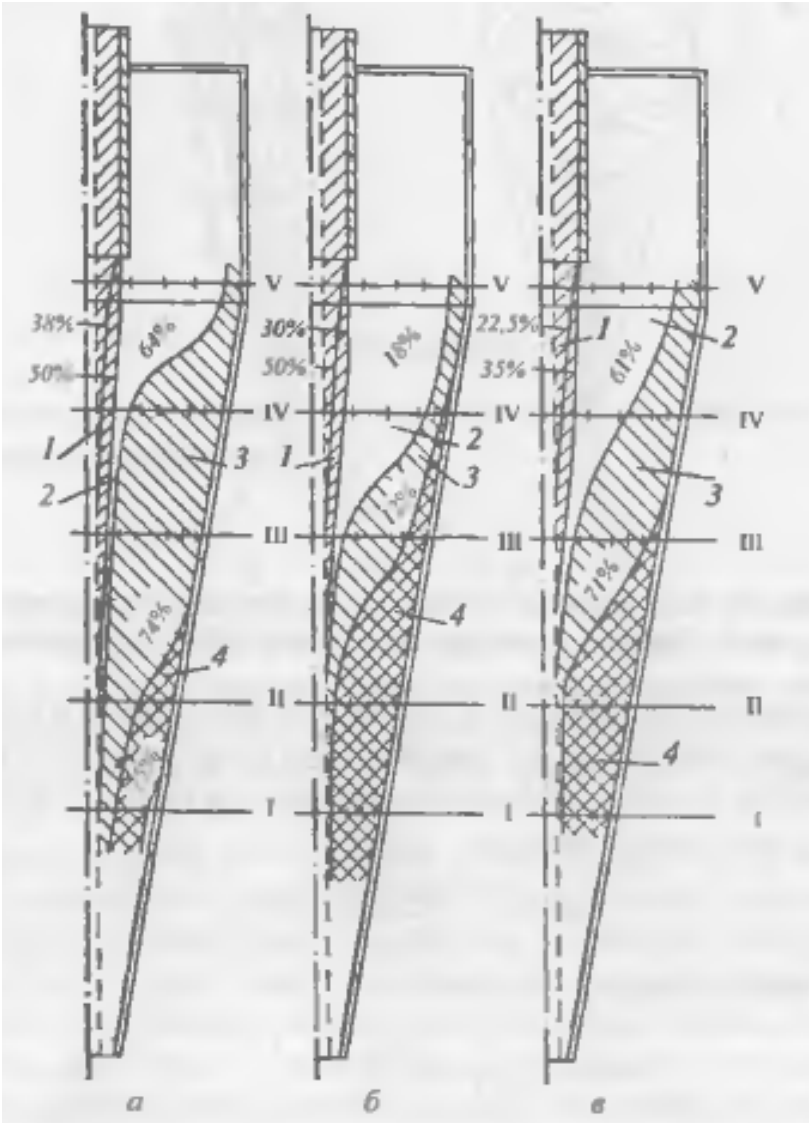
Отношение ускорений силовых полей (центробежного и гравитационного) называют фактором разделения $F_{разд}$:

$$F_{\text{разд}} = \frac{\vartheta_1^{\,2}}{Rg} = \left(\frac{\pi Rn}{30}\right)^2 \frac{1}{Rg} \approx \frac{Rn^2}{900}$$

В промышленности работают гидроциклоны диаметром от 25 до 1400 мм.

Гидроциклоны имеют различный угол при вершине конической части: обесшламливающие и сгустительные 10°; классифицирующие 20°; тяжелосредные 40-60°; обогатительные (или короткоконусные) более 90°.

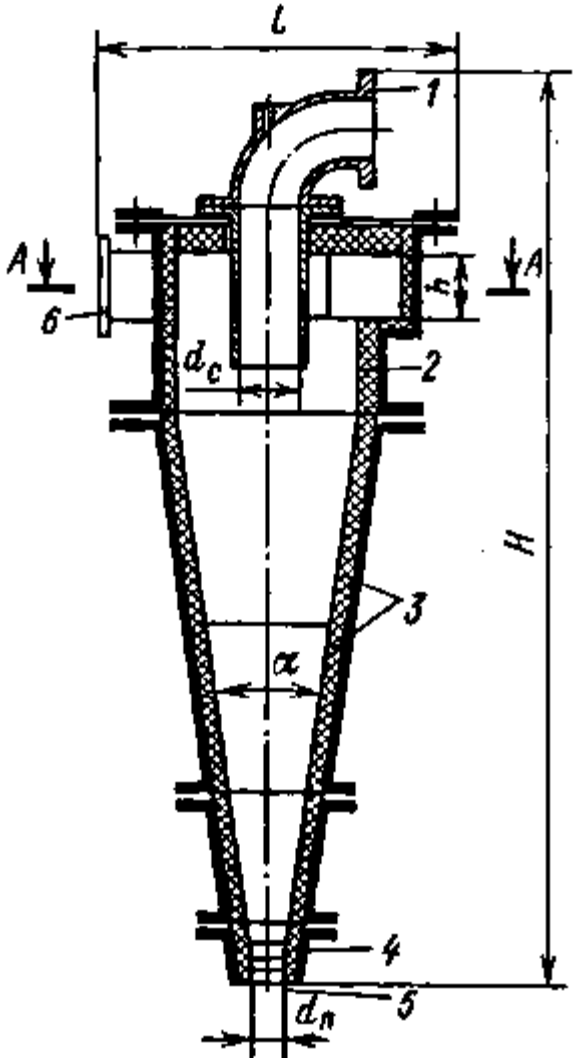
Классификация в центробежных полях

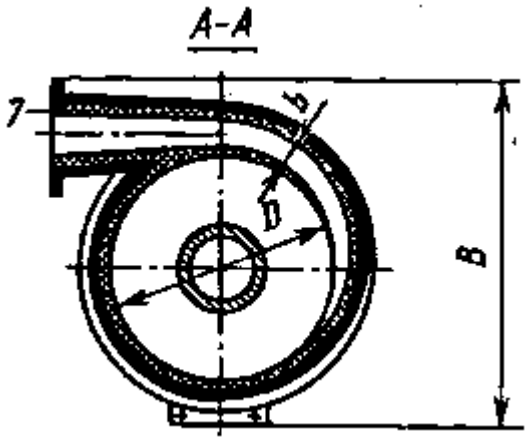


Распределение содержания твердого (а), содержания классов - 0,035 мм (б) и +0,16 мм (в) в объеме циклона:

1 **– зона слива;** ***2*** **– промежуточная зона;** ***3*** **– зона питания;** ***4*** **– зона песков;** ***I-V*** **– сечения по высоте гидроциклона**

Конструкции гидроциклонов





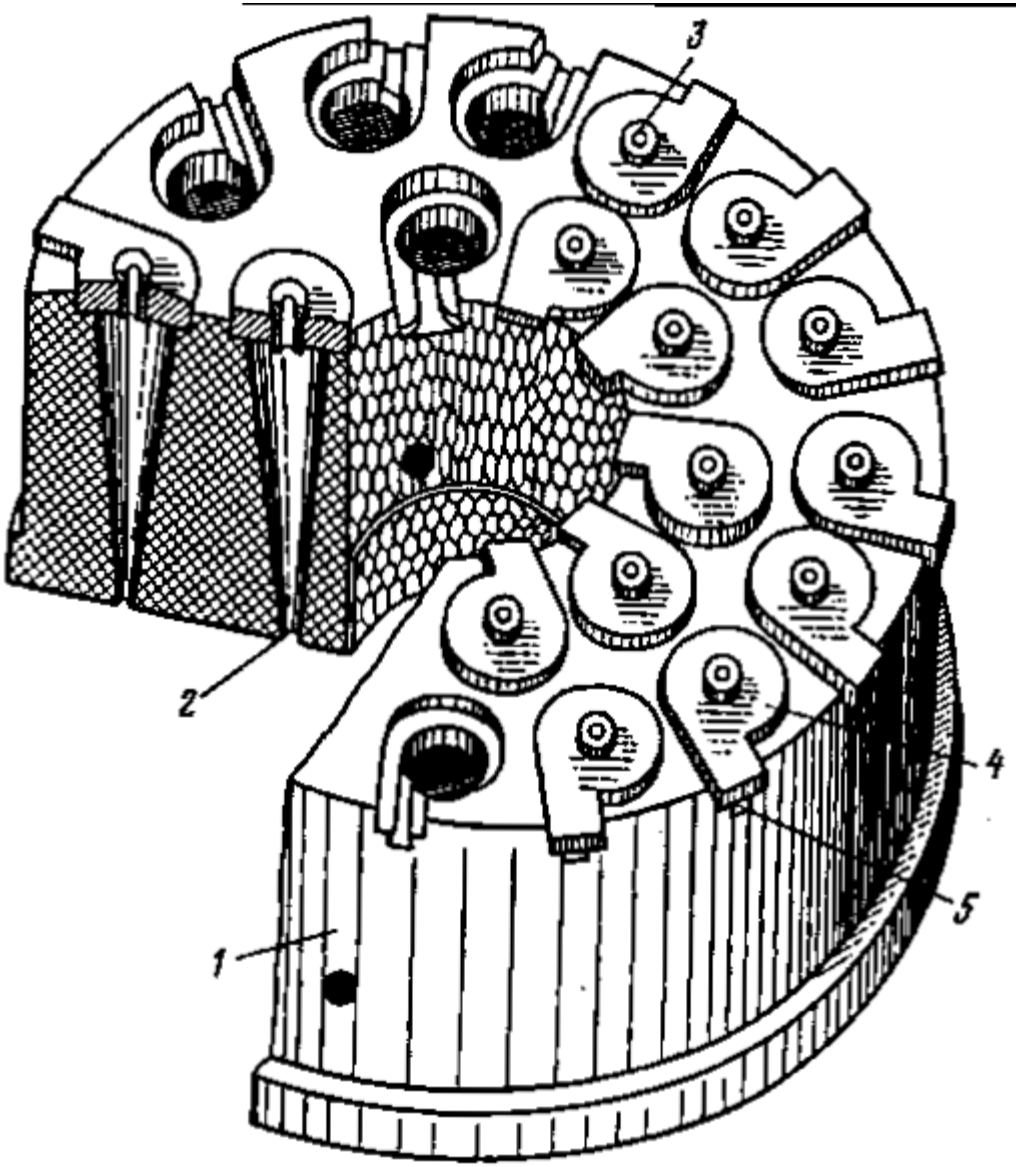
Классифицирующий конический гидроциклон:

1 **– сливной патрубок;** ***2*** **– цилиндр;** ***3*** **– конусы;** ***4*** **– конус из колец;** ***5*** **– песковая насадка;** ***6*** **– питательный патрубок;** ***7*** **- вкладыш**

Конические гидроциклоны отличаются между собой

- **способом подачи исходного продукта – тангенциальным и спиральным;**
- **способом удаления слива;**
- **способом установки;**
- **Числом выдаваемых продуктов;**
- **способ подачи воды;**
- **конструкциями песковых насадок и способом их крепления**

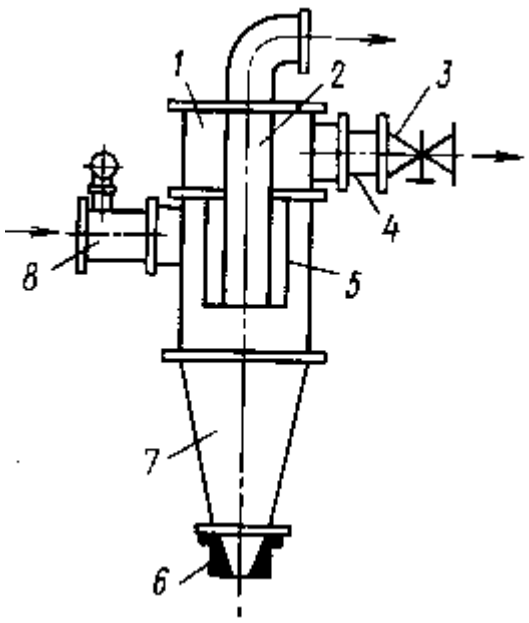
Конструкции гидроциклонов



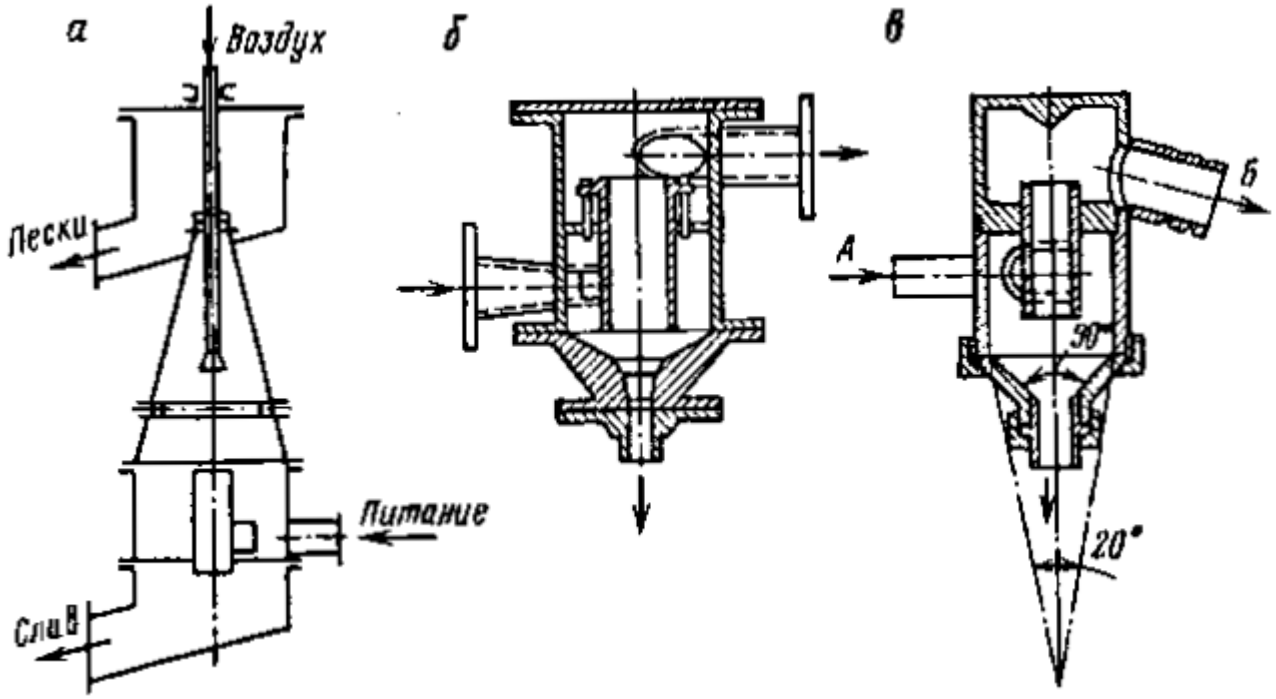
Батарейный гидроциклон:
1 **– корпус;** ***2*** **– конус;** ***3*** **– слив;** ***4*** **– крышка;** ***5*** **– ввод питания**

Батарейные гидроциклоны используют в тех случаях, когда требуется при высокой производительности получать тонкозернистый слив. Отличаются между собой числом гидроциклонов, образующих батарею, их размерами, конструкцией, компоновкой, способом загрузки и разгрузки

Конструкции гидроциклонов



Трехпродуктовый гидроциклон:
1 **– цилиндр;** ***2*** **– сливная насадка;** ***3*** **– задвижка;** ***4*** **– труба;** ***5*** **– промпродуктовй патрубок; 6 – песковая насадка; 7 – конус; 8 – питающий патрубок.**



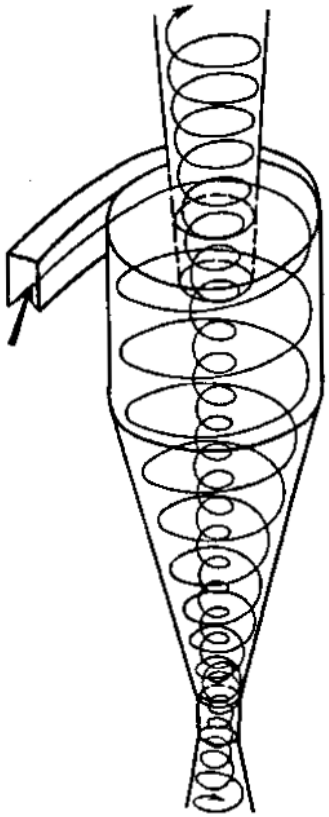
Обогатительные гидроциклоны:
а **– вихревой;** ***б*** **– компаунд-циклон (Канада);** ***в*** **- короткоконусный**

Гидроциклоны отличаются от других классифицирующих аппаратов своими малыми размерами и высокой производитеьностью.

Производительность по питанию от 0,5 до 1500 м^3/ч. Наиболее распространены гидроциклоны диаметром 350; 500; 750; 1000 мм.

Теоретические представления о движении жидкости и зерен в гидроциклоне

В гидроциклоне существуют два вихревых потока, вращающихся в одну сторону, но имеющих противоположное осевое перемещение – *внешний нисходящий и внутренний восходящий.*



Качественная картина вихревых потоков в циклоне

Скорость движения жидкости в каждом элементарном объеме потока в гидроциклоне можно разложить на три составляющие:

- **Тангенциальную скорость u_t, направленную перпендикулярно к радиусу вращения элементарного объема в горизонтальном сечении;**
- **Радиальную скорость u_r, направленную к оси вдоль радиуса гидроциклона**
- **Вертикальную скорость u_z, направленную вверх или вниз (по перпендикуляру к первым двум).**

Влияние конструктивных и технологических факторов на эффективность классификации в гидроциклонах

Эффективность классификации в гидроциклонах выше, чем в механических классификаторах, и достигает *80 %*. Наиболее трудная работа классифифцирующих гидроциклонов в замкнутых циклах измельчения, где эффективность их колеблется: в первых стадиях *от 30-50 %,* во вторых *до 50-60 %*, в третьих стадиях и операциях доизмельчения *до 60-80 %.* Важное преимущество гидроциклонов по сравнению с механическими классификаторами – возможность получения более *плотных сливов* (при одинаковой крупности их), особенно в гидроциклонах малых размеров.

К конструктивным факторам **относят: форму и геометрические размеры самого гидроциклона, питающего патрубка, сливного и пескового отверстий, способ установки гидроциклонов. *К технологическим* – относят: свойства обрабатываемой пульпы – содержание твердого в пульпе, его гранулометрический и вещественный составы и режимные параметры.**

Конструктивные факторы

Диаметр гидроциклона D. **С увеличением диаметра гидроциклона его производительность возрастает пропорционально квадрату диаметра, увеличивается крупность слива.**

Длина гидроциклона. **С увеличением длины гидроциклона его производительность растает пропорционально отношению** $(L/27D)^{0,36}$ **где** L **– расстояние между сливным и песковым отверстиями. Крупность слива снижается, увеличивается степень сгущения.**

Размер и форма отверстия питающего патрубка $d_{пит}$**.** **Изменение диаметра питающего патрубка влияет на производительность гидроциклона при постоянном давлении она прямо пропорциональна** $d_{пит}$ **крупность слива изменяется мало. Форма отверстия питающего патрубка выполняют прямоугольной с соотношением высоты щели к ширине 2:1. эквивалентный диаметр патрубка устанавливают в пределах** $d_{пит}=(0,08\text{-}0,25)D.$

Размер сливного патрубка $d_{сл}$**.** **Этот параметр влияет на все показатели работы гидроциклона. Оптимальное значение** $d_{сл}=(0,2\text{-}0,4)D.$ **Также** $d_{сл}$ **выбирают на 20-25 % больше** $d_{пит}$**.**

Глубина погружения сливного патрубка **обычно соответствует уровню соединения цилиндра и конуса.**

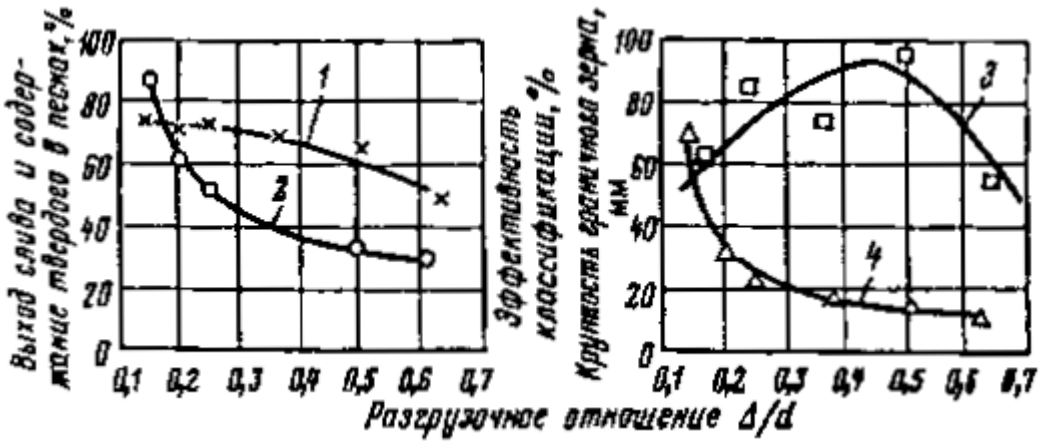
Конструктивные факторы

Размер пескового отверстия $d_п$. **Изменение диаметра пескового отверстия не влияет на производительность, но влияет на качественные показатели классификации. С уменьшением диаметра увеличивается содержание твердого в песках до 80 %, увеличивается крупность слива, уменьшается выход песков, увеличивается выход слива.**

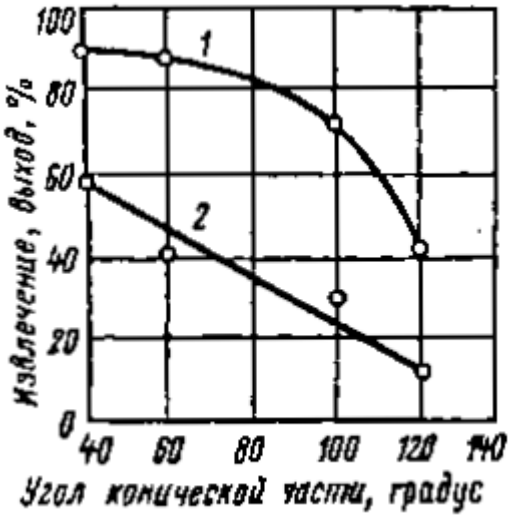
На практике размер выбирают в пределах $d_п=(0,15-0,8)D$.

Отношение $d_п$ к $d_{сл}$ называют *песковым отношением* это основной параметр при наладке и регулировке работы гидроциклонов, максимальная эффективность достигается при песковом отношении (0,3-0,5).

Угол конусности α. **С изменением угла конусности увеличивается или уменьшается объем гидроциклона и изменяется в нем время пребывания частиц.**



Зависимости показателей работы гидроциклона от отношения размеров пескового и сливного отверстий:
1 **– содержание твердого в песках;** ***2*** **– выход слива;** ***3*** **– эффективность классификации;** ***4*** **– крупность разделения**



Изменение показателей работы гидроциклонов при увеличении угла конусности:
1 **– извлечение;** ***2*** **- выход**

Конструктивные факторы

Угол установки гидроциклона. **Аппараты большого диаметра и с удлиненной цилиндрической частью следует эксплуатировать в наклонном положении, меньшего диаметра вертикально. При изменении угла установки изменяется не только крупность разделения, но и соотношение выходов слива и песков.**

Давление на входе р. **Для получения удовлетворительных результатов требуется поддержания постоянного и достаточно высокого давления равного (10-30) 10^4 Па.**

Ориентировочные соотношения для выбора давления при заданной крупности слива

Параметры	Максимальная крупность слива, мм						
	0,59	0,417	0,295	0,210	0,147	0,104	0,074
Содержание класса -0,074 мм в сливе, %	44	52	63	72	81	89	95
Необходимое давление не менее 10^5 Па	0,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	1,6

Технологические факторы

Гранулометрический состав материала. **При работе гидроциклонов на крупнозернистых материалах слив получается более крупным, чем при работе в тех же условиях, но на более мелких продуктах. Пески получаются более плотными. Лучшие результаты классификации получают в тех случаях, когда исходный материал содержит небольшую долю классов промежуточной крупности.**

Содержание твердого в исходном питании Т. **Изменение содержания твердого в исходном продукте влияет на крупность и плотность песков и слива. Получение мелкого слива всегда требует достаточно высоких разжижений исходной пульпы.**

Содержание твердого в исходном питании гидроциклонов, работающих в циклах измельчения, изменяются до *20 %* в последних стадиях, до *50 %* в первых. При обесшламливании содержание твердого может достигать *10 %* и менее. С точки зрения эффективности работы самого гидроциклона разбавление исходной пульпы оказывает положительный эффект.