

Расчет схемы измельчения и выбор оборудования для измельчения и классификации

Пример расчета гидроциклонов

Основные исходные данные для выбора гидроциклонов принимаются из расчетов количественной и водно-шламовой схемы.

Подберем гидроциклоны для схемы рассчитанной схемы измельчения. Количество секций измельчения – 2.

Расчет гидроциклонов поверочной классификации I стадии

На схеме питание гидроциклона:

твердого – 1934.2 т/ч;

жидкого – 828.9 т/ч;

добавляется воды – 5.7 т/ч;

содержание класса –0.074 мм в сливе – 42 %.

Объем пульпы в гидроциклонирование составит:

$$V_{\Pi} = V_{\text{ж}} + V_{\text{ТВ}} = W_2 + L_{\Pi} + \frac{Q_2}{\delta_T} = 828.9 + 5.7 + \frac{1934.2}{3.0} = 1479.3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Содержание твердого в питании гидроциклона составит:

$$T_{\Pi} = \frac{Q_{\text{ПИТ}}}{Q_{\text{ПИТ}} + W_{\Pi} + L} = \frac{1934.2}{1934.2 + 828.9 + 5.7} = 69.86 \text{ \%}.$$

На одну секцию измельчения объем пульпы в питании составит:

$$V_{\text{СЕКЦ}} = V_{\Pi}/N = 1479.3/2 = 739.65 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Номинальная крупность слива гидроциклона с содержанием 42 % класса –0.074 мм в соответствии с формулами составит:

$$R_{+74} = 100 - \beta_c^{-74} = 100 - 42 = 58 \text{ \%},$$

$$d_{\Pi} = \frac{96.274}{2 - \lg R_{+74}} = \frac{96.274}{2 - \lg 58} = 407 \text{ мкм}.$$

Граничная крупность слива в соответствии с формулой составит:

$$d_r = d_n / 1.75 = 407 / 1.75 = 233 \text{ мкм.}$$

По таблице 1 такая граничная крупность обеспечивается гидроциклоном с $D = 710$ мм.

Таблица 1 – Данные для выбора гидроциклонов

D , мм	150	250	360	500	710	1000	1400
d_r , мкм	20–50	30–100	40–150	50–200	60–250	70–280	80–300

В расчете определяется объемная производительность и проверяется граничная крупность слива и удельная нагрузка по пескам.

Объемная производительность гидроциклона рассчитывается по формуле:

$$V = 3 * K_\alpha * K_D * d_\Pi * d_c * P_0^{0.5}, \text{ м}^3/\text{ч};$$

граничная крупность слива определяется по формуле:

$$d_r = 1.5 * \sqrt{\frac{D * d_c * T_\Pi}{\Delta * K_D * P_0^{0.5} * (\delta_T - 1)}}, \text{ мкм};$$

удельная нагрузка по пескам определяется по формуле:

$$q = \frac{Q_\Pi * 4}{N * \pi * \Delta^2}, \text{ т}/(\text{см}^2 * \text{ч}).$$

В формулах:

V – объемная производительность гидроциклона, $\text{м}^3/\text{ч}$;

K_α – поправка на угол конусности.

Для $\alpha = 20^\circ$ $K_\alpha = 1.0$, для $\alpha = 10^\circ$ $K_\alpha = 1.15$;

K_D – поправка на диаметр гидроциклона. Принимается по таблице 50;

d_Π – эквивалентный диаметр питающего отверстия, см;

d_c – диаметр сливного отверстия, см;

P_0 – рабочее давление пульпы на входе в гидроциклон, МПа;

d_r – граничная крупность слива, мкм;

D – диаметр гидроциклона, см;

T_Π – содержание твердого в питании гидроциклона, %;

Δ – диаметр песковой насадки, см;

δ_T – плотность твердого в пульпе, $\text{т}/\text{м}^3$;

q – удельная нагрузка по пескам, $\text{т}/(\text{см}^2 * \text{ч})$;

Q_Π – песковая нагрузка по твердому, т/ч;

N – количество рабочих гидроциклонов на одну секцию, шт.

Объемная производительность гидроциклона для $P_0 = 0.1$ МПа в соответствии с формулой составит:

$$V = 3 * K_{\alpha} * K_D * d_{\Pi} * d_C * P_0^{0.5} = 3 * 1 * 0.95 * 15 * 20 * 0.1^{0.5} = 270.4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

K_{α} – поправка на угол конусности.

Для $\alpha = 20^{\circ}$ $K_{\alpha} = 1.0$, для $\alpha = 10^{\circ}$ $K_{\alpha} = 1.15$;

Таблица– Значение коэффициента K_D

D, мм	25	50	75	150	250	360	500	710	1000	1400	2000
K_D	1.76	1.60	1.48	1.28	1.15	1.06	1.00	0.95	0.91	0.88	0.81

Необходимое количество гидроциклонов на одну секцию составит:

$$N = V_{\text{СЕКЦ}}/V = 739.65 / 270.4 = 3 \text{ шт.}$$

С учетом трех резервных гидроциклонов в каждой секции устанавливается шесть гидроциклонов ГЦ–710.

Граничная крупность слива для диаметра песковой насадки $\Delta=7.5$ см в соответствии с формулой составит:

$$d_{\Gamma} = 1.5 * \sqrt{\frac{71 * 20 * 69.86}{7.5 * 0.95 * 0.1^{0.5} * (3 - 1)}} = 223 \text{ мкм, что меньше 233 мкм.}$$

Нагрузка по пескам выбранных гидроциклонов составляет $1216.5 / 2 = 608.25$ т/ч. Удельная нагрузка в соответствии с формулой составит:

$$q = \frac{Q_{\Pi} * 4}{N * \pi * \Delta^2} = \frac{608.25 * 4}{3 * 3.14 * 7.5^2} = 4.59 \text{ т}/(\text{см}^2 * \text{ч}),$$

что больше допустимых значений. Для $\Delta = 15$ см удельная нагрузка в соответствии с формулой составит:

$$q = \frac{608.25 * 4}{3 * 3.14 * 15^2} = 1.15 \text{ т}/(\text{см}^2 * \text{ч}),$$

что находится в допустимых пределах. Окончательно следует принять диаметр пескового насадка $\Delta = 15$ см.

Расчет гидроциклонов контрольной классификации I стадии

На схеме питание гидроциклона:

твердого – 717.7 т/ч;

жидкого – 530.5 т/ч;

содержание твердого – 57.5 %;

содержание класса –0.074 мм в сливе – 53 %.

Объем пульпы в гидроциклонирование составит:

$$V_{\Pi} = 530.5 + \frac{717.7}{3.0} = 769.7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На одну секцию измельчения объем пульпы в питании составит:

$$V_{\text{СЕКЦ}} = 769.7/2 = 384.85 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Номинальная крупность слива гидроциклона с содержанием 53 % класса –0.074 мм в соответствии с формулами составит:

$$R_{+74} = 100 - 53 = 47 \%,$$

$$d_{\text{H}} = \frac{96.274}{2 - \lg 47} = 294 \text{ мкм}.$$

Граничная крупность слива в соответствии с формулой составит:

$$d_{\text{r}} = 294/1.75 = 168 \text{ мкм}.$$

По таблице 1 такая граничная крупность обеспечивается гидроциклоном с $D = 500$ мм.

Таблица 1 – Данные для выбора гидроциклонов

D , мм	150	250	360	500	710	1000	1400
d_{r} , мкм	20–50	30–100	40–150	50–200	60–250	70–280	80–300

Объемная производительность гидроциклона для $P_0 = 0.1$ МПа в соответствии с формулой составит:

$$V = 3 * 1 * 1 * 13 * 16 * 0.1^{0.5} = 197.3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Необходимое количество гидроциклонов на одну секцию составит:

$$N = V_{\text{СЕКЦ}}/V = 384.85 / 197.3 = 2 \text{ шт}.$$

С учетом двух резервных гидроциклонов в каждой секции устанавливается четыре гидроциклона ГЦ–500.

Граничная крупность слива для диаметра песковой насадки $\Delta=7.5$ см в соответствии с формулой составит:

$$d_{\Gamma} = 1.5 * \sqrt{\frac{50 * 16 * 57.5}{7.5 * 1 * 0.1^{0.5} * (3 - 1)}} = 148 \text{ мкм, что меньше 168 мкм.}$$

Нагрузка по пескам выбранных гидроциклонов составляет $208.7 / 2 = 104.35$ т/ч. Удельная нагрузка в соответствии с формулой составит:

$$q = \frac{104.35 * 4}{2 * 3.14 * 7.5^2} = 1.18 \text{ т/(см}^2 * \text{ч)},$$

что находится в допустимых пределах.

Расчет гидроциклонов контрольной классификации II стадии

На схеме питание гидроциклона:

твердого – 1761.1 т/ч;

жидкого – 1302.9 т/ч;

добавляется воды – 485.9 т/ч;

содержание класса –0.074 мм в сливе – 85 %.

Объем пульпы в гидроциклонирование составит:

$$V_{\Pi} = W_8 + L_v + \frac{Q_8}{\delta_{\Gamma}} = 1302.9 + 485.9 + \frac{1761.1}{3.0} = 2375.9 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Содержание твердого в питании гидроциклона составит:

$$T_{\Pi} = \frac{1761.1}{1761.1 + 1302.9 + 485.9} = 49.61 \text{ \%}.$$

На одну секцию измельчения объем пульпы в питании составит:

$$V_{\text{СЕКЦ}} = V_{\Pi} / N = 2375.9 / 2 = 1187.95 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Номинальная крупность слива гидроциклона с содержанием 85 % класса –0.074 мм в соответствии с формулами составит:

$$R_{+74} = 100 - 85 = 15 \text{ \%},$$

$$d_H = \frac{96.274}{2 - \lg 15} = 117 \text{ мкм.}$$

Граничная крупность слива в соответствии с формулой составит:

$$d_T = 117/1.75 = 67 \text{ мкм.}$$

По таблице 1 такая граничная крупность обеспечивается гидроциклоном с $D = 360$ мм.

Таблица 1 – Данные для выбора гидроциклонов

D , мм	150	250	360	500	710	1000	1400
d_T , мкм	20–50	30–100	40–150	50–200	60–250	70–280	80–300

Объемная производительность гидроциклона для $P_0 = 0.25$ МПа в соответствии с формулой составит:

$$V = 3 * 1 * 1.06 * 9 * 11.5 * 0.25^{0.5} = 164.6 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Необходимое количество гидроциклонов на одну секцию составит:

$$N = V_{\text{СЕКЦИ}}/V = 1187.95 / 164.6 = 8 \text{ шт.}$$

С учетом восьми резервных гидроциклонов в каждой секции устанавливается шестнадцать гидроциклонов ГЦ–360.

Граничная крупность слива для диаметра песковой насадки $\Delta=7.5$ см в соответствии с формулой составит:

$$d_T = 1.5 * \sqrt{\frac{30 * 11.5 * 49.61}{7.5 * 1.06 * 0.25^{0.5} * (3 - 1)}} = 70 \text{ мкм, что больше 67 мкм.}$$

Для песковой насадки $\Delta=9.6$ см граничная крупность слива в соответствии с формулой составит:

$$d_T = 1.5 * \sqrt{\frac{30 * 11.5 * 49.61}{9.6 * 1.06 * 0.25^{0.5} * (3 - 1)}} = 62 \text{ мкм, что меньше 67 мкм.}$$

Нагрузка по пескам выбранных гидроциклонов составляет $1251.1 / 2 = 625.55$ т/ч. Удельная нагрузка в соответствии с формулой составит:

$$q = \frac{625.55 * 4}{8 * 3.14 * 9.6^2} = 1.08 \text{ т/(см}^2\text{*ч)},$$

что находится в допустимых пределах.

Выбор и технологический расчет оборудования для перекачки пульпы

Подача пульпы в гидроциклоны осуществляется песковыми насосами. Выбор насосов производится по заданной объемной производительности ($\text{м}^3/\text{ч}$), содержанию твердого в пульпе и необходимому манометрическому напору.

Производительность насоса по воде определяется по формуле (112):

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{П}} * (1 + T_{\text{П}}), \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (112)$$

где: $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объемная производительность насоса по воде, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $V_{\text{П}}$ – объемная производительность насоса по пульпе, $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $T_{\text{П}}$ – содержание твердого в пульпе, д.е.

Расчет насосов для перекачки пульпы в гидроциклоны поверочной классификации I стадии

Объем перекачиваемой пульпы на одну секцию – $739.65 \text{ м}^3/\text{ч}$
 содержание твердого в перекачиваемой пульпе – $0.6986 \text{ д.е. (69.86 \%)}.$

В соответствии с формулой производительность насоса по воде составит:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{П}} * (1 + T_{\text{П}}) = 739.65 * (1 + 0.6986) = 1256.4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По таблице Б.6 приложения Б принимается к установке насос ГРА–1400/40 в количестве двух штук (1 раб., 1 рез.) на одну секцию.

Расчет насосов для перекачки пульпы в гидроциклоны конт-рольной классификации I стадии

Объем перекачиваемой пульпы на одну секцию – $384.85 \text{ м}^3/\text{ч}$;
 содержание твердого в перекачиваемой пульпе – $0.575 \text{ д.е. (57.5 \%)}.$

В соответствии с формулой производительность насоса по воде составит:

$$V_{H_2O} = V_{II} * (1 + T_{II}) = 384.85 * (1 + 0.575) = 606.1 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По таблице Б.6 приложения Б принимается к установке насос ГРА–700/40 в количестве двух штук (1 раб., 1 рез.) на одну секцию.

Расчет насосов для перекачки пульпы в гидроциклоны конт-рольной классификации II стадии

Объем перекачиваемой пульпы на одну секцию – 1187.95 м³/ч;
содержание твердого в перекачиваемой пульпе – 0.4961 д.е. (49.61 %).

В соответствии с формулой производительность насоса по воде составит:

$$V_{H_2O} = V_{II} * (1 + T_{II}) = 1187.95 * (1 + 0.4961) = 1777.3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По таблице Б.6 приложения Б принимается к установке насос ГРА–1800/67 в количестве двух штук (1 раб., 1 рез.) на одну секцию.