

## Расчет баланса металлов и количественной схемы обогащения

На рисунке 1 приведена схема флотации аналогичную схему необходимо, принять при расчетах модульных заданий.

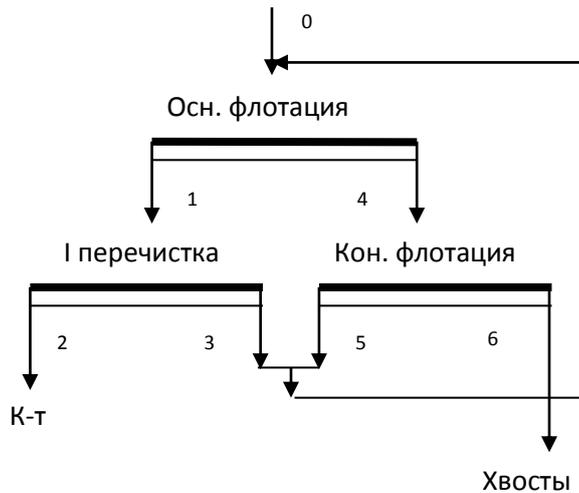


Рисунок 1 – Схема флотации

Содержание в руде, хвостах и концентрате принять при расчетах модульных заданий принять из таблицы согласно своего варианта

Наименование	Содержание меди, %								
	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
К-т	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Хвосты	0,1	0,12	0,14	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
руда	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6

Расчет баланса металлов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Баланс металлов

Наименование	Выход, %	Содержание Pb, %	Извлечение Cu, %
Медный концентрат	4	40	80
Хвосты	96	0,42	20
Руда	100	2	100

По формуле определяем выход концентрата  $\gamma_k = \frac{\alpha - \theta}{\beta - \theta} * 100 = \frac{2 - 0,42}{40 - 0,42} * 100 = 4\%$  по разнице выхода от руды и концентрата определим выход хвостов = 96 %.

По формуле определяем извлечение в концентрат  $\varepsilon_k = \frac{\gamma_k \cdot \beta}{\alpha} = \frac{4 \cdot 40}{2} = 80\%$  по разнице извлечений в руду и в концентрат определим извлечение в хвосты = 20 %.

Далее необходимо задаться всеми содержания согласно правила: основная флотация увеличивает содержание металла в концентрате от 2 до 10 раз примем 10 получим:  $\beta_1 = 2 \cdot 10 = 20\%$ , перерешетка увеличивает содержание металла в концентрате от 1.7 до 2 примем 2 получим:  $\beta_2 = 2 \cdot 20 = 40\%$ . Возвращаемые продукты по содержанию должны быть равны содержанию продукта, куда они возвращаются, следовательно, хвосты 1 перерешетки и к-т контрольной флотации примем содержание  $\beta_3 = \beta_5 = 2,2\%$ . Содержание металла в хвостах основной флотации должно быть ниже содержание в руде в 3 раза  $\beta_6 = 0,6\%$ .

Для расчета схемы флотации необходимо составить систему балансовых уравнений по выходу и по металлу для операции 1 перерешетка

$$\begin{cases} \gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3 \\ \gamma_1 \beta_1^{-74} = \gamma_2 \beta_2^{-74} + \gamma_3 \beta_3^{-74} \end{cases}$$

Решая систему уравнений относительно  $\gamma_3$  находим:  $\gamma_3 = \gamma_2 * \frac{\beta_2^{-74} - \beta_1^{-74}}{\beta_1^{-74} - \beta_3^{-74}} = 4 * \frac{40 - 20}{20 - 2,2} = 4,49\%$ ;  $\gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3 = 4 + 4,49 = 8,49\%$

Для контрольной флотации

$$\begin{cases} \gamma_4 = \gamma_5 + \gamma_6 \\ \gamma_4 \beta_4^{-74} = \gamma_5 \beta_5^{-74} + \gamma_6 \beta_6^{-74} \end{cases}$$

Решая систему уравнений относительно  $\gamma_5$  находим:  $\gamma_5 = \gamma_6 * \frac{\beta_4^{-74} - \beta_6^{-74}}{\beta_5^{-74} - \beta_4^{-74}} = 96 * \frac{0,6 - 0,42}{2,2 - 0,42} = 9,71\%$ ;  $\gamma_4 = \gamma_5 + \gamma_6 = 9,71 + 96 = 105,71\%$

Выполним проверку по выходу:  $\gamma_0 + \gamma_3 + \gamma_5 = \gamma_1 + \gamma_4 = 100 + 4,49 + 9,71 = 8,49 + 105,71$  получим  $114,2 = 114,2$

Выполним проверку по металлу:  $\gamma_0 \beta_0^{-74} + \gamma_3 \beta_3^{-74} + \gamma_5 \beta_5^{-74} = \gamma_1 \beta_1^{-74} + \gamma_4 \beta_4^{-74} = 200 + 9,878 + 21,362 = 169,8 + 63,426$  получим  $231,24 = 233,226$

За счет округлений выходов разница по металлу составила 2 единицы, что находится в пределе допуска и не превышает 1 %.

Результаты расчета схемы флотации занесены в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчета схемы флотации

№ продукта	Выход, %	Количество, т/ч
$\gamma_0$	100	509
$\gamma_1$	8,49	43,21
$\gamma_2$	4	20,36
$\gamma_3$	4,49	22,85
$\gamma_4$	105,71	538,06
$\gamma_5$	9,71	49,42
$\gamma_6$	96	488,64

### Выбор схемы обезвоживания

Обезвоживанию подвергаются флотационный концентрат крупностью 80 % класса -0,074 мм. В связи с транспортировкой концентратов потребителям на большие расстояния, во избежание смерзания концентрата при транспортировке, содержание влаги в нем не должно превышать 12 %.

Схема обезвоживания приведена на рисунке 2.

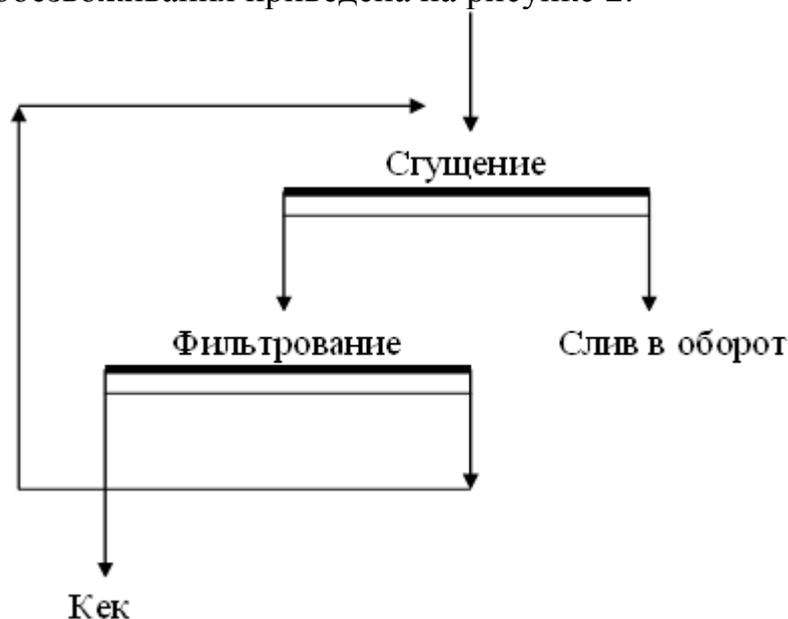


Рисунок 2 - Схема обезвоживания

### Расчет водно-шламовой схемы

Водно-шламовая схема рассчитана на часовую производительность 509 т/ч. Выхода и количество продуктов обогащения приняты по результатам расчетов качественно-количественной схемы. Так же необходимо назначить содержание твердого в продуктах переработки пенные продукты операций флотации, в сгущенном свинцовом концентрате и кеке фильтрации

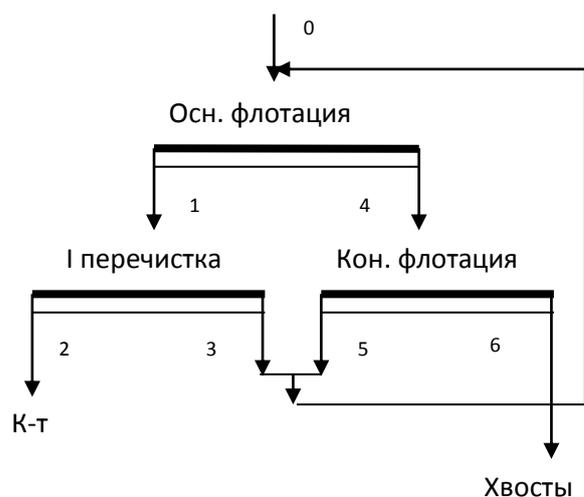
<b>Концентраты:</b>	
Основной Рв флотации	34
Контрольной Рв флотации	32
I Рв перечистка	38
сгущенный Рв концентрат	65
фильтрованный Рв концентрат	88

Таблица 2 – Вспомогательная таблица расчета водно-шламовой схемы

Порядковый номер продукта	Выход продукта, %	Масса продукта, т/ч	Содержание твердого, %	Масса воды в продукте, т/ч	Объем пульпы, м <sup>3</sup> /ч
0	100	509	28,9	1252,2	1421,9
1	8,49	43,21	34	83,88	54,54
2	4	20,36	38	33,22	33,03
3	4,49	22,85			
4	105,71	538,06			
5	9,71	49,42	32	105,02	60,09
6	96	488,64			
Сгущение	4	20,36	65	10,96	42,03
Фильтрование	4	20,36	88	2,78	32,11

Порядок расчета: рассчитывается баланс воды в 1 перечистке, в основной флотации, в контрольной флотации. На смыв концентрата основной флотации подается вода в количестве 1 м<sup>3</sup> на 1 т концентрата, на концентрат контрольной флотации 0,5 м<sup>3</sup> на 1 т концентрата.

В расчетах модульных заданий принять аналогичное количество воды на смыв концентратов.



1 перечистка поступает продукта  $Q_1=43.21$  т/ч, определяем массу воды по формуле:  $W_1 = \frac{Q \cdot (100 - \%)}{\%} = \frac{43.21 \cdot (100 - 34)}{34} = 83.88$  м<sup>3</sup>, на смыв концентрата подается 43.21 м<sup>3</sup> количество  $W_1 = 83.88 + 43.21 = 127.09$  м<sup>3</sup>. В

концентрате 1 перечистки содержится воды  $W_2 = \frac{Q*(100-\%)}{\%} = \frac{20.36*(100-38)}{38} = 33.22 \text{ м}^3$ . Количество воды в хвостах 1 перечистке определится из баланса воды в операции  $W_1 = W_2 + W_3$  откуда  $W_3 = W_1 - W_2 = 127.09 - 33.22 = 93.87 \text{ м}^3$ . Процент твердого в хвостах 1 перечистки определяем по формуле  $\% = \frac{Q_3}{Q_3+W_3} * 100 = \frac{22.85}{22.85+93.87} * 100 = 19.57 \%$ . Аналогично рассчитывается основная флотация. Последней рассчитывается контрольная флотация. Полный расчет приведен в таблице 3

Таблица 3 – Расчет водно-шламовой схемы

Тип операции	Наименование Продуктов	Выход, %	Содержание твердого, %	Количество, т/ч			Объем пульпы, м <sup>3</sup> /ч
				Твер- дого	воды	пульпы	
Основная Рв флотация							
ПОСТУПАЕТ	Слив г/циклона II	100	28,9	509	1252,2	1761,2	1421,9
	Хвосты I перечистки	4,49	19,58	22,85	93,87	116,72	101,48
	Концентрат контрольной Рв флотации	9,71	32	49,42	105,02	154,44	60,09
	Вода				24,71	24,71	24,71
	<b>ИТОГО:</b>	<b>114,20</b>	<b>28,26</b>	<b>581,27</b>	<b>1475,80</b>	<b>2057,07</b>	<b>1608,18</b>
Тип операции	Наименование Продуктов	Выход, %	Содержание твердого, %	Количество, т/ч			Объем пульпы, м <sup>3</sup> /ч
ВЫХОДИТ	Концентрат основной Рв флотации	8,49	34	43,21	83,88	127,09	98,28
	Хвосты основной Рв флотации	105,71	27,88	538,06	1391,92	1929,98	1509,90
	<b>ИТОГО:</b>	<b>114,20</b>	<b>28,26</b>	<b>581,27</b>	<b>1475,80</b>	<b>2057,07</b>	<b>1608,18</b>
I Рв перечистная флотация							
ПОСТУПАЕТ	Концентрат основной флотации	8,49	34	43,21	83,88	127,09	98,28
	Вода				43,21	43,21	43,21
	<b>ИТОГО:</b>	<b>8,49</b>	<b>25,37</b>	<b>43,21</b>	<b>127,09</b>	<b>170,3</b>	<b>141,49</b>
ВЫХОДИТ	Концентрат I Рв перечистки	4	38	20,36	33,22	53,58	40,01
	Хвосты I Рв перечистки	4,49	19,58	22,85	93,87	116,72	101,48
	<b>ИТОГО:</b>	<b>8,49</b>	<b>25,37</b>	<b>43,21</b>	<b>127,09</b>	<b>170,3</b>	<b>141,49</b>
Тип операции	Наименование Продуктов	Выход, %	Содержание твердого, %	Количество, т/ч			Объем пульпы, м <sup>3</sup> /ч
				Твер- дого	воды	пульпы	

Контрольная Рb флотация							
ПОСТУПАЕТ	Хвосты основной Рb флотации	105,71	27,88	538,06	1391,9 2	1929,98	1509,90
	<b>ИТОГО:</b>	<b>105,71</b>	<b>27,88</b>	<b>538,06</b>	<b>1391,9 2</b>	<b>1929,98</b>	<b>1509,90</b>
ВЫХОДИТ	Концентрат контр. Рb флотации	9,71	32	49,42	105,02	154,44	60,09
	Хвосты контр. Рb флотации	96	27,52	488,64	1286,9 0	1775,54	1449,81
	<b>ИТОГО:</b>	<b>105,71</b>	<b>27,88</b>	<b>538,06</b>	<b>1391,9 2</b>	<b>1929,98</b>	<b>1509,90</b>
Сгущение Рb к-та							
ПОСТУПАЕТ	Концентрат I Рb перечистки	4	38	20,36	33,22	53,58	40,01
	Фильтрат				8,18	8,18	8,18
	<b>ИТОГО:</b>	<b>4,00</b>	<b>32,97</b>	<b>20,36</b>	<b>41,40</b>	<b>61,76</b>	<b>48,19</b>
ВЫХОДИТ	Сгущенный концентрат	4	65	20,36	10,96	31,32	17,75
	Слив сгустителя				30,44	30,44	30,44
	<b>ИТОГО:</b>	<b>4,00</b>	<b>32,97</b>	<b>20,36</b>	<b>41,40</b>	<b>61,76</b>	<b>48,19</b>
Фильтрование Рb к-та							
ПОСТУПАЕТ	Сгущенный концентрат	4	65	20,36	10,96	31,32	17,75
	<b>ИТОГО:</b>	<b>4</b>	<b>65</b>	<b>20,36</b>	<b>10,96</b>	<b>31,32</b>	<b>17,75</b>
ВЫХОДИТ	Кек Рb	4	88	20,36	2,78	23,14	9,57
	Фильтрат				8,18	8,18	8,18
	<b>ИТОГО:</b>	<b>4</b>	<b>65</b>	<b>20,36</b>	<b>10,96</b>	<b>31,32</b>	<b>17,75</b>

Баланс воды приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Баланс воды

Поступает	т/ч	Выходит	т/ч
слив гидроциклона	1252,2	хвосты контрольной Рb	1286,90
основная Рb флотация	24,71	слив сгустителя Рb	30,44
первая перечистка флотаций Рb	43,21	кек Рb	2,78
<b>Итого</b>	<b>1320,12</b>	<b>итого</b>	<b>1320,12</b>

Расход воды на хозяйственные нужды 10 % от технологической 132,01 т/ч.

Общий расход воды 1452,13 т/ч. В том числе: оборотной воды (70 % от сбрасываемой в хвостохранилище) 1016,49 т/ч; свежей 303,93 т/ч.

$$\text{Удельный расход воды} = \frac{\text{часовой расход воды } 1320,12}{\text{часовая переработка руды } 509} = 2,59 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

## Оборудование для флотационного обогащения

Для основной и контрольной флотации во всех циклах устанавливаем пневмомеханические машины, для перечистной операции – механические флотомашины.

Количество камер флотомашин рассчитываем по формуле:

$$n = \frac{V \cdot t}{60 \cdot V_k \cdot K}, \quad (17)$$

где:  $V$  – объем пульпы, поступающей на операцию,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$t$  – необходимое время флотации, мин;

$V_k$  – объем одной камеры,  $\text{м}^3$ ;

$K$  – отношение объема пульпы к объему камеры,  $(0.7 \div 0.8)$ .

Время флотации принимаем по результатам лабораторных исследований: основная флотация 7 минут, контрольная флотация 10 минут, перечистная флотация 4 минуты, аналогичное время принять при расчетах модульных заданий.

### Расчет для основной флотации:

Наименование основного параметра или размера	ФПМ-16СЧ	ФПМ-20СЧ	ФПМ-30СЧ	ФПМ-40СЧ	ФПМ-45СЧ	ФПМ-50СЧ	ФПМ-70СЧ	ФПМ-100СЧ	ФПМ-130СЧ
1. Вместимость камеры, $\text{м}^3$	16	25	30	40	45	50	70	100	130
2. Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{мин}$ , не менее	9-22	10-30	15-32	20-35	20-35	25-45	30-55	75-120	90-140
3. Содержание в исходном питании классов крупностью частиц менее 0,074 мм, %, более	50	50	50	50	50	50	50	50	50
4. Мощность электродвигателя привода импеллера, кВт, не более	45	55	55	55	55	75	75	132	132
5. Удельный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{мин} \cdot \text{м}^2$ , не менее	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
6. Число камер в прямоточной нитке не более, шт.	4	4	4	3	3	3	2	2	2

ФПМ100 СЧ Объем одной камеры  $V_k = 100 \text{ м}^3$ . Необходимое время флотации  $t = 7$  мин. Объем пульпы, поступающей на операцию,  $V = 1608,18 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Принимаем  $K = 0,75$  тогда:

$$n = \frac{1608,18 \cdot 7}{60 \cdot 100 \cdot 0,75} = 2,5 = 3 \text{ шт}$$

### Расчет для контрольной флотации:

ФПМ100 СЧ Объем одной камеры  $V_k = 100 \text{ м}^3$ . Необходимое время флотации  $t = 10$  мин. Объем пульпы, поступающей на операцию,  $V = 1509,90 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Принимаем  $K = 0,75$  тогда:

$$n = \frac{1509,9 \cdot 10}{60 \cdot 100 \cdot 0,75} = 3,35 = 4 \text{ шт}$$

Расчет для 1-й перерывной флотации:

Наименование основного параметра или размера	ФМЛ-12С	ФМЛ-25С	ФМ-0,2С	ФМ-0,4С	ФМ-1,2С	ФМ-1,6С	ФМ-3,2С	ФМ-3,5С	ФМ-6,3С	ФМ-6,3С	ФМ-16С
1. Вместимость камеры, м <sup>3</sup>	0,012	0,025	0,2	0,4	1,2	1,6	3,2	3,5	6,3	6,3	16
2. Пропускная способность, м <sup>3</sup> ·мин <sup>-1</sup> , не менее	0,024	0,05	0,4	0,8	2,4	3,2	6,4	7,0	10-12	10-12	9-22
3. Содержание в исходном питании классов крупностью частиц менее 0,074 мм, %, более	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
4. Мощность электродвигателя привода импеллера, кВт, не более	0,55	0,55-1,1	1,1	2,2	5,5	7,5	11	11	22	30	55
5. Число камер в прямоточной нитке не более, шт.	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	4

ФМ-6,3С. Объем одной камеры  $V_k = 6,3 \text{ м}^3$ . Необходимое время флотации  $t = 4 \text{ мин}$ . Объем пульпы, поступающей на операцию,  $V = 141,49 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Принимаем  $K = 0,75$  тогда:

$$n = \frac{141,49 \cdot 4}{60 \cdot 6,3 \cdot 0,75} = 1,99 = 2 \text{ шт}$$

Таблица 5 - Сводная таблица расчета флотомашин

Наименование операций	Объем пульпы, м <sup>3</sup> /ч	Типоразмер флотомашин	Объем камеры, м <sup>3</sup>	Время флотации, мин.	Количество камер, шт.
Основная Рв флотация	1608,18	ФПМ100 СЧ	100	7	3
Контр. Рв флотация	1509,90	ФПМ100 СЧ	100	10	4
I Рв перерывка	141,49	ФМ-6,3С	6,3	4	2

### 3.2.6 Оборудование для обезвоживания

Для сгущения.

Потребная площадь сгущения определяется по формуле:

$$S = Q/q \tag{18}$$

где:  $Q$  – производительность по концентрату, т/сут;  
 $q$  – удельная производительность, т/м<sup>2</sup>/сут.

Площадь сгущения составит:

$$S = 20,36 \cdot 24 / 0,7 = 698 \text{ м}^2;$$

Параметры	СЦ-6А3	СЦ-9А2	СЦ-12А2	СЦ-15А3	СЦ-18А2	СЦ-25А1	СЦ-30А1	СЦ-50А**	СЦ-50А1***
1. Внутренний диаметр чана сгустителя, м	6	9	12	15	18	25	30	50	50
2. Площадь осаждения, м <sup>2</sup>	28	63	110	175	250	490	700	1963	1963
3. Габаритные размеры, м :									
внешний диаметр (D)	6,17	9,17	12,17	15,17	18,17	25,17	30,2	50,3	55,3
ширина (B)	6,4	9,43	12,52	15,6	18,53	27,14	32,14	51,4	51,4
высота(H) *	9,16	9,52	11,22	11,42	11,94	11,6	12,6	15,9	15,9
4. Масса, т :									
с металлическим чаном	16,55	31,2	56,93	78,14	131,33	209,2	270	-	-
без чана	5,09	7,7	12,43	15,84	19,6	33,64	46	68	65,5

Сгуститель СЦ-30А1 в количестве 1 шт.

Для фильтрования.

Потребная площадь фильтрации определяется по формуле:

$$S = Q/q, \text{ м}^2.$$

(19)

где: Q – производительность по концентрату, т/ч;

q – удельная производительность фильтров, т/(м<sup>2</sup> · ч). g=150 кг/м<sup>2</sup>\*ч

Площадь фильтрации для фильтрования составит:

$$S = Q/q = 20,36/0,17 = 120 \text{ м}^2$$

№	Модель вакуумного фильтра	Площадь фильтрования, м <sup>2</sup>	Диаметр дисков, мм	Кол-во дисков	Кол-во секторов в диске	Мощность, кВт, не более	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
1.	Вакуум-фильтр ДОО16-2,5-1У	16	2500	2	12	4,1	2800x3200x3300	5045
2.	Вакуум-фильтр ДОО16-2,5-1К	16	2500	2	12	4,1	2800x3200x3300	4460
3.	Вакуум-фильтр ДОО32-2,5-1У	32	2500	4	12	5,2	3600x3200x3300	6871
4.	Вакуум-фильтр ДОО32-2,5-1К	32	2500	4	12	5,2	3600x3200x3300	5830
5.	Вакуум-фильтр ДОО50-2,5-1У	50	2500	6	12	6,2	4400x3200x3300	10400
6.	Вакуум-фильтр ДОО50-2,5-1К	50	2500	6	12	6,2	4400x3200x3300	8490
7.	Вакуум-фильтр ДОО63-2,5-1У	63	2500	8	12	8,75	5500x3200x3300	11480
8.	Вакуум-фильтр ДОО63-2,5-1К	63	2500	8	12	8,75	5500x3200x3300	9380
9.	Вакуум-фильтр ДОО63-2,5-5У	63	2500	12	12	10,25	5500x3300x3900	12700
10.	Вакуум-фильтр ДОО100-2,5-5У	100	2500	12	12	12,25	7400x3300x3900	17020

К установке принимаем два вакуум-фильтра ДОО63-2,5-1К.