

УДК 622.7

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СХЕМЫ В КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Кандинский В.А., студент гр. ОПс-141, V курс,
Удовицкий В.И., зав. кафедрой ОПИ, д.т.н., профессор,
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово,

Шубина Е.Г., учащаяся МАОУ «СОШ № 93», 9 класс «Б», г. Кемерово

При выполнении дипломного проекта производят расчет водно-шламовых схем (ВШС) в зависимости от выбранных процессов и технологии обогащения полезных ископаемых. Основой для расчета ВШС являются курсовые проекты, выполненные по дисциплинам «Гравитационные процессы обогащения» (ГПО) и «Технология обогащения полезных ископаемых» (ТОПИ).

Пример расчета базового варианта водно-шламовой схемы представлен в методических указаниях для выполнения курсового проекта по дисциплине «Технология обогащения полезных ископаемых» с учетом задаваемого содержания твердых частиц в оборотной и осветленной воде [11].

Для автоматизации расчета базового варианта расчета ВШС в курсовом проекте по ТОПИ использован Microsoft Excel.

Таблица 1

Исходные данные для базового варианта расчета ВШС

Производительность, т/час	<i>прил. 1 ТЗ</i>	Q_1	1250,0
Рядовой уголь:			
влажность, %	<i>прил. 1 ТЗ</i>	W_1^r , %	7,00
марка	<i>прил. 1 ТЗ</i>		К
зольность, %	<i>прил. 1 ТЗ</i>	A_1^d	20,10
Плотность твердого во всех продуктах	<i>прил. 2 ТЗ</i>	ρ	1,60
Плотности разделения (суспензии)			
для машинного класса 13-150 мм, кг/м ³	<i>прил. 1 ТЗ</i>	ρ_n или ρ_c	1500,0
	<i>прил. 2 ТЗ</i>	ρ_v	1800,0
Плотность утяжелителя, кг/м ³		ρ_y	4600,0
Зольность концентрата флотации, %		A_{38}^d	8,50
Зольность отходов флотации, %	<i>прил. 1 ТЗ</i>	A_{39}^d	64,00
Содержание твердого в концентрате флотации, т/м ³ :		C_{38}	0,30
Содержание твердого в фильтрате, т/м ³ :		C_{42}	0,03
Содержание твердого в концентрате флотации фильтрата, т/м ³ :		C_{44}	0,20
Содержание твердого в отходах флотации фильтрата, т/м ³ :		C_{45}	0,01

Величина снижения зольности флотокон- центрата фильтрата по сравнению с золь- ностью концентрата основной флотации, %	[1], с. 37		2,00
Влажность кека вакуум-фильтра,		$W_{43}^r, \%$	26,00
Величина снижения зольности кека по сравнению с зольностью питания вакуум- фильтров, %		диапазон 1-2	1,50
Содержание твердого в сгущенном про- дукте сгустителя т/м ³		C_{50}	0,60
Величина увеличения содержания твер- дого в фильтрате фильтр-пресса по сравне- нию с содержанием твердого в осветлени- ной воде, т/м ³		диапазон 0,003-0,005	0,01
Влажность осадка фильтр-пресса		$W_{52}^r, \%$	30,00
Влажность сушеного концентрата		$W_{48}^r, \%$	8,50
содержание твердого, т/м ³ :			
в оборотной воде	прил. 1 ТЗ	$C_{тв}^{об}$	0,03
в осветленной воде	прил. 1 ТЗ	$C_{тв}^{ос}$	0,01
Удельный расход воды на мокрую класси- фикацию	[1]табл. 7.7	$q_I^s, м^3/т$	1,40
Удельный расход воды на отмывку про- дуктов обогащения сепаратора	[1]табл. 5.8	$q_{IV}^s, м^3/т$	0,90
Влажность надрешетного продукта (опера- ция I)	[4]прил. 48	$W_2^r, \%$	9,00
Количество удаляемой суспензии с надре- шетным, в относ. ед.	[1], с. 26	диапазон 0,05-0,10	0,07
Количество удаляемой суспензии с подре- шетным в относ. ед.	[1], с. 26	диапазон 0,05-0,10	0,10
Плотность суспензии, кг/м ³		ρ_c	1500,0
Эффективность отделения шлама на гро- хоте (операции IV, V), %		E_{IV}, E_V, E_{VI}	90,0
Влажность концентрата сепаратора	[1]табл. 5.9	$W_8^r, \%$	7,0
Унос магнетита с продуктами обогащения, кг/т			0,30
Количество КС от исходной суспензии при отмывке продуктов обогащения, %	[1], с. 33		90,00
Отвод КС при отмывке концентрата на регенерацию, %	[1], с. 33		10,00
Влажность промпродукта сепаратора	[1]табл. 5.9	$W_{11}^r, \%$	8,00
Отвод КС при отмывке промпродукта на регенерацию, %	[1], с. 33		20,00
Влажность отходов сепаратора		$W_{14}^r, \%$	13,00

Эффективность выделения утяжелителя в концентрат		E_{VII}	99,80
Влажность концентрата ЭБМ		W_{21}^r , %	20,00
Объем слива от исходного ЭБМ, %			60,00
Влажность надрешетного сита ОСО в операции VIII, %	[1], с. 54	W_{24}^r , %	32,00
Удельный расход воды на отсадку, м ³ /ч	[1], табл. 7.7 [4], прил. 49	q_{IX}^e , м ³ /м	2,90
Влажность промпродукта отсадки, %	[1] табл. 4.8	W_{27}^r	19,00
Влажность отходов отсадки		W_{28}^r	20,00
Эффективность классификации в баггерсборнике, %		E_X	90,00
Влажность обезвоженного в баггерсборнике к-та, %	[1] табл. 4.8	W_{29}^r	18,00
Унос твердого с фугатом центрифуги, в % от исходного центрифуги	[6], с. 173		5,00
Увеличение зольности фугата, %			2,00
Влажность обезвоженного к-та в центрифуге	[1] табл. 4.8		8,00
Влажность обезвоженного промпродукта в центрифуге	[1] табл. 4.8		9,00

В таблице 2 представлены результаты предварительного расчета отдельных операций технологической схемы базового варианта из [11].

Таблица 2

Результаты предварительного расчета отдельных операций технологической схемы базового варианта из [11]

Но- мер про- дукт а	Наименование операций и продук- тов	Выход, %	Зольность, %	Производ., т/ч
I	Мокрая классификация			
1	Поступает: рядовой уголь	100,00	20,10	1250,00
2	Выходит: надрешетный продукт	35,30	27,70	441,25
3	подрешетный продукт	64,70	15,90	808,75
	Итого	100,00	20,07	1250,00
VIII	Обесшламливание			
3	Поступает: подрешетный продукт	64,70	15,90	808,75
24	Выходит: обесшламленный про- дукт	49,00	14,00	612,50

25	шлам	15,70	21,90	196,25
	Итого	64,70	15,92	808,75
II	Обогащение крупного класса			
2	Поступает: надрешетный продукт	35,30	27,70	441,25
	Выходит:			
4	концентрат	24,50	9,90	306,25
4ш	в т.ч. шлам	1,70	14,10	21,25
6	промпродукт	2,80	33,70	35,00
6ш	в т.ч. шлам	0,10	33,70	1,25
7	отходы	8,00	80,20	100,00
7ш	в т.ч. шлам	0,30	80,20	3,75
	Итого	35,30	27,72	441,25
IX	Обогащение мелкого класса			
24	Поступает: обесшламленный продукт	49,00	14,00	612,50
	Выходит:			
26'	концентрат	43,80	7,90	547,50
26ш	в т.ч. шлам	9,30	13,20	116,25
27	промпродукт	1,70	43,50	21,25
28	отходы	3,50	75,70	43,75
	Итого	49,00	13,98	612,50

Выполнив в Microsoft Excel все необходимые вычисления, оформляем результаты расчета базового варианта водно-шламовой схемы в виде таблиц 3, 4, 5 и 6. В методических указаниях [11] эти таблицы не заполнены.

Таблица 3

Результаты расчёта водно-шламовой схемы по отдельным операциям

№ операций и продуктов	Наименование операций и продуктов	Q, т/ч	A ^d , %	W ^e , м³/ч
I	Мокрая классификация			
	<i>Поступает:</i>			
1	Рядовой уголь	1250,000	20,100	94,086
	Оборотная вода	50,627	25,468	1655,914
	Итого	1300,627	20,309	1750,000
	<i>Выходит:</i>			
2	Надрешетный продукт	441,250	27,700	43,640
3	Подрешетный продукт	859,377	16,514	1706,360
	Итого	1300,627	20,309	1750,000
II	Обогащение в СКВП-32 (400 т/ч, 3,2 м)			
	<i>Поступает:</i>			

2	Надрешетный продукт мокрой классиф.	441,250	27,700	43,640
	Дополнительная вода			231,915
	Итого	441,250	27,700	275,556
	<i>Выходит:</i>			
4	Концентрат	306,250	9,900	256,267
5	Микст	135,000	68,080	19,289
	Итого	441,250	27,700	275,556
III	Обогащение в СТК-12 (125 т/ч, 1,2 м)			
	<i>Поступает:</i>			
5	Микст	135,000	68,080	19,289
	Дополнительная вода			105,156
	Итого	135,000	68,080	124,444
	<i>Выходит:</i>			
6	Промпродукт	35,000	33,700	112,000
7	Отходы	100,000	80,200	12,444
	Итого	135,000	68,144	124,444
IV	Отмывка и обезвоживание к-та			
	<i>Поступает:</i>			
4	Концентрат	306,250	9,900	256,267
	Дополнительная вода			275,625
	Итого	306,250	9,900	531,892
	<i>Выходит:</i>			
8	Концентрат ТС	287,125	9,620	21,612
9	КС			230,640
10	НКС	19,125	14,100	279,640
	Итого	306,250	9,900	531,892
V	Отмывка и обезвоживание промпрод.			
	<i>Поступает:</i>			
6	Промпродукт	35,000	33,700	112,000
	Дополнительная вода			31,500
	Итого	35,000	33,700	143,500
	<i>Выходит:</i>			
11	Промпродукт ТС	33,875	33,700	2,946
12	КС			100,800
13	НКС	1,125	33,700	39,754
	Итого	35,000	33,700	143,500
VI	Отмывка и обезвоживание отходов			
	<i>Поступает:</i>			

7	Отходы	100,000	80,200	12,444
	Дополнительная вода			90,000
	Итого	100,000	80,200	102,444
	<i>Выходит:</i>			
14	Отходы ТС	96,625	80,200	14,438
15	НКС	3,375	80,200	88,006
	Итого	100,000	80,200	102,444
VII	Магнитное обогащение			
	<i>Поступает:</i>			
17	КС			23,064
10	НКС	19,125	14,100	279,640
19	КС			20,160
13	НКС	1,125	33,700	39,754
15	НКС	3,375	80,200	88,006
	Итого	23,625	24,476	450,625
	<i>Выходит:</i>			
21	Утяжелитель (магнетит)			23,346
22	Слив в оборот на отмывку			270,375
23	Отходы	23,625	24,476	156,904
	Итого	23,625	24,476	450,625
VIII	Дешламация и контроль крупности			
	<i>Поступает:</i>			
3	Подрешетный продукт мокрой классиф.	859,377	16,514	1706,360
	Итого	859,377	16,514	1706,360
	<i>Выходит:</i>			
24	Надрешетный продукт дешламации	612,500	14,000	288,235
25	Подрешетный продукт дешламации	246,877	22,751	1418,125
	Итого	859,377	16,514	1706,360
IX	Отсадка			
	<i>Поступает:</i>			
24	Надрешетный продукт дешламации	612,500	14,000	288,235
	Оборотная вода	45,493	19,114	1488,015
	Итого	657,993	14,354	1776,250
	<i>Выходит:</i>			
26	Концентрат	592,993	9,248	1760,328
27	Промпродукт	21,250	43,500	4,985
28	Отходы отсадки	43,750	75,70	10,938
	Итого	657,993	14,772	1776,250
X	Багер-сборник			
	<i>Поступает:</i>			
26	Концентрат отсадки	592,993	9,248	1760,328
	Итого	592,993	9,248	1760,328

	<i>Выходит:</i>			
29	Обезвоженный концентрат отсадки	447,424	6,839	98,215
30	Слив багер-сборника	145,569	16,651	1662,113
	Итого	592,993	9,248	1760,328
XII	Обезвож. к-та отсадки в центрифуге			
	<i>Поступает:</i>			
29	Обезвоженный багере концентрат отсадки	447,424	6,839	98,215
	Итого	447,424	6,839	98,215
	<i>Выходит:</i>			
31	Обезвоженный в ц/ф концентрат отсадки	425,053	6,734	36,961
32	Фугат центрифуги после обезвож. к-та отс.	22,371	8,839	61,254
	Итого	447,424	6,839	98,215
XI	Обезвож. пп отсадки в центрифуге			
	<i>Поступает:</i>			
27	Промпродукт отсадки	21,250	43,500	4,985
	Итого	21,250	43,500	4,985
	<i>Выходит:</i>			
33	Фугат центрифуги после обезвож. пп отс.	1,063	43,500	2,988
34	Обезвоженный в ц/ф пп отсадки	20,188	43,500	1,997
	Итого	21,250	43,500	4,985
	Деление шламовой воды			
	<i>Поступает:</i>			
23	Отходы магнитного обогащения	23,625	24,476	156,904
32	Фугат центрифуги после обезвож. к-та отс.	22,371	8,839	61,254
30	Слив багер-сборника	145,569	16,651	1662,113
33	Фугат центрифуги после обезвож. пп отс.	1,063	43,500	2,988
25	Подрешетный продукт дешламации	246,877	22,751	1418,125
	Итого	439,504	20,165	3301,383
	<i>Выходит:</i>			
36	Продукт 36 в оборот	83,497	20,165	627,196
37	Продукт 37 на флотацию	356,007	20,165	2674,187
	Итого	439,504	20,165	3301,383
XIII	Флотация			
	<i>Поступает:</i>			
37	Продукт 37 на флотацию	356,007	20,165	2674,187
	Итого	356,007	20,165	2674,187
	<i>Выходит:</i>			
38	Концентрат флотации	281,179	8,500	761,527
39	Отходы флотации	74,828	64,000	1912,660
	Итого	356,007	20,165	2674,187
XIV	Фильтрация			

	<i>Поступает:</i>			
38	К-т флотации (операция XIII)	281,179	8,500	761,527
44	К-т флотации (операция XV)	15,747	6,500	68,895
	Итого	296,927	8,394	830,422
	<i>Выходит:</i>			
42	Фильтрат	22,440	26,742	733,981
43	Обезвоженный к-т	274,486	6,894	96,441
	Итого	296,927	8,394	830,422
XV	Флотация фильтрата			
	<i>Поступает:</i>			
42	Фильтрат	22,440	26,742	733,981
	Итого	22,440	26,742	733,981
44	Концентрат флотации фильтрата	15,747	6,500	68,895
45	Отходы флотации фильтрата	6,693	74,370	665,086
	Итого	22,440	26,742	733,981
XVI	Термическая сушка			
	<i>Поступает:</i>			
31	Обезвоженный в ц/ф концентрат отсадки	425,053	6,734	36,961
43	Кек фильтрации	274,486	6,894	96,441
	Итого	699,540	6,797	133,402
	<i>Выходит:</i>			
47	Пар			68,418
48	Концентрат после сушки	699,540	6,797	64,985
	Итого	699,540	6,797	133,402
XVII	Сгущение			
	<i>Поступает:</i>			
39	Отходы флотации (операция XIII)	74,828	64,000	1912,660
45	Отходы флотации (операция XIII)	6,693	74,370	665,086
53	Фильтрат фильтр-пресса	0,430	60,544	42,689
	Итого	81,951	64,829	2620,435
	<i>Выходит:</i>			
50	Сгущенный продукт сгустителя	69,328	65,609	72,217
51	Слив сгустителя	12,622	60,544	2548,218
	Итого	81,951	64,829	2620,435
XVIII	Обезвоживание отходов в фильтр-прессе			
	<i>Поступает:</i>			
50	Сгущенный продукт сгустителя	69,328	65,609	72,217
	Итого	69,328	65,609	72,217
	<i>Выходит:</i>			
52	Осадок фильтр-пресса (отходы)	68,899	65,640	29,528
53	Фильтрат фильтр-пресса	0,430	60,544	42,689
	Итого	69,328	65,609	72,217

Таблица 4

Баланс продуктов обогащения

№ продук- тов	Наименование продуктов	Q, т/ч	A ^d , %	W ^e , м³/ч	W ^r , %
8	Концентрат ТС	287,125	9,620	21,612	7,000
48	Концентрат после сушки	699,540	6,797	64,985	8,500
	Итого концентрата	986,665	7,618	86,596	8,069
11	Промпродукт ТС	33,875	33,700	2,946	8,000
34	Обезвоженный в ц/ф пп отсадки	20,188	43,500	1,997	9,000
	Итого промпродукта	54,063	37,359	4,942	8,376
14	Отходы ТС	96,625	80,200	14,438	13,000
28	Отходы отсадки	43,750	75,70	10,938	20,000
52	Осадок фильтр-пресса (отходы)	68,899	65,640	29,528	30,000
	Итого отходов	209,274	74,466	54,904	20,783
	Всего	1250,001	20,096	146,442	

Таблица 5

Баланс воды по фабрике

№ продук- тов	Наименование продуктов	Q, т/ч	A ^d , %	W ^e , м³/ч	W ^r , %
8	Концентрат ТС	287,125	9,620	21,612	7,000
48	Концентрат после сушки	699,540	6,797	64,985	8,500
	Итого концентрата	986,665	7,618	86,596	8,069
11	Промпродукт ТС	33,875	33,700	2,946	8,000
34	Обезвоженный в ц/ф пп отсадки	20,188	43,500	1,997	9,000
	Итого промпродукта	54,063	37,359	4,942	8,376
14	Отходы ТС	96,625	80,200	14,438	13,000
28	Отходы отсадки	43,750	75,70	10,938	20,000
52	Осадок фильтр-пресса (отходы)	68,899	65,640	29,528	30,000
	Итого отходов	209,274	74,466	54,904	20,783
	Всего	1250,001	20,096	146,442	

Таблица 6

Характеристика воды по фабрике

№ продуктов	Наименование продуктов	Q, т/ч	A ^d , %	W ^e , м³/ч	C, т/м³
36	Шламовая вода	83,497	20,165	627,196	0,123
51	Осветленная вода (слив сгустителя)	12,622	60,544	2548,218	0,005
	Итого: оборотная вода	96,119	25,468	3175,414	0,030
22	Слив магнитного сепаратора	-	-	270,375	-

	Свежая вода	-	-	214,860	-
	Всего воды	-	-	3660,649	-

На основании выполненных вычислительных экспериментов в Microsoft Excel по расчету базового варианта водно-шламовой схемы:

- получены значения технологических показателей продуктов обогащения и характеристики воды, представленные в таблицах 3, 4, 5 и 6, отсутствующие в аналогичных таблицах методических указаний [11];
- можно разработать программный продукт в какой-либо среде программирования для изучения влияния параметров водно-шламовой схемы, представленных в таблице 1, на качественные показатели продуктов обогащения.

Работа может быть полезна преподавателям, студентам и инженерно-техническим работникам обогатительных фабрик.

Список литературы

1. Клейн, М. С. Технология обогащения углей [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. обогащения полез. ископаемых. - Кемерово: КузГТУ, 2011. - 128 с. / <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90655&type=utchposob:common/>
2. Авдохин, В.М. Обогащение углей Т. 2 Технологии : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подготовки "Горное дело". - Москва : Горная книга, 2012. - 475 с.
3. Авдохин, В.М. Обогащение углей Т. 1 Процессы и машины : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых" направления подготовки "Горное дело". - Москва : Горная книга, 2012. - 424 с.
4. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых т. 1 Обогательные процессы [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезных ископаемых". - М. : Горная книга, 2008. - 423 с. / <http://www.biblioclub.ru/book/100028/>
5. Авдохин, В. М. Основы обогащения полезных ископаемых т. 2. Технология обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Обогащение полезн. ископаемых" направления подгот. дипломир. специалистов "Горн. дело". - Москва : Горная книга, 2008. - 315 с. / <http://www.biblioclub.ru/book/100029/>
6. Обратное водоснабжение углеобогатительных фабрик / И. С. Благоев, М. А. Борц, Б. И. Вахромеев [и др.]. – М.: Недра, 1980. – 215 с.
7. Федотов, К.В. Проектирование обогатительных фабрик : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. (специальности) 130400 "Горн. дело", специализация "Обогащение полез. ископаемых" / К. В. Федотов, Н. И. Никольская. - Москва: Горная книга, 2012. - 536 с.

8. Нормы технологического проектирования углеобогачительных фабрик / Минуглепром СССР. – М., 1986. – 176 с.

9. Артюшин, С. П. Сборник задач по обогащению углей. – М.: Недра, 1979. – 223 с.

10. Наладка и эксплуатация технологических комплексов углеобогачительных фабрик / В. И. Хайдакин, В. С. Бутовецкий, М. Н. Ковшарь [и др.]. – М.: Недра, 1986. – 223 с.

11. Клейн, М. С. Технология обогащения полезных ископаемых: методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специализации 21.05.04.06 «Обогащение полезных ископаемых» / М. С. Клейн, Т. Е. Вахонина; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. обогащения полез. ископаемых. - Кемерово: КузГТУ, 2019. - 38 с.