

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические рекомендации

по изучению учебного предмета
задания для контрольной работы и
рекомендации по ее выполнению
для учащихся заочной формы получения образования
специальности 2-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и
предприятий строительных материалов»
специальности 5-04-0714-10 «Техническая эксплуатация оборудования для
изготовления химических продуктов и строительных материалов»

Преподаватель: _____ Н.М.Илюкович

Методические указания рассмотрены на заседании цикловой комиссии
горного цикла и спецдисциплин по обогащению полезных ископаемых

Протокол № _____ от «_____» _____ 20____ г.

Председатель ЦК _____ Н.М.Илюкович

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Учебная программа учебного предмета «Процессы и аппараты химических производств» предусматривает изучение физико-химической сущности и законов протекания химико-технологических процессов в комплексной производственно-технологической деятельности, принципов работы, устройства оборудования химической промышленности, физико-химических и термодинамических расчетов основных параметров химико-технологических процессов и методов расчета оборудования для определения основных размеров аппаратов, важнейших характеристик и факторов, влияющих на производительность и экономичность установок.

Изучение учебного предмета способствует развитию у учащихся творческого мышления, что позволит применять знания в области современной химической технологии для решения производственных задач, внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность.

Изучение предмета базируется на знаниях физики, химии, математики, материаловедения, механики и экологии применительно к получаемой специальности.

Согласно специфике заочной формы получения образования, учащиеся самостоятельно изучают предмет, используя рекомендуемую литературу. Содержание предмета представлено в тематическом плане и программе по учебному предмету.

С целью закрепления теоретических знаний и приобретения учащимися необходимых практических умений и навыков в период экзаменационной сессии предусматривается выполнение практических работ, что позволит приобрести навыки расчетов основных параметров химико-технологических процессов и расчетов оборудования для определения основных размеров аппаратов, использования справочной литературы для решения поставленных задач, обработки и анализа полученных результатов.

В результате изучения предмета учащиеся должны

знать на уровне представления:

функциональное назначение основных аппаратов химического производства;

тенденции совершенствования конструкций аппаратов, использование усовершенствованных аппаратов в химических технологиях;

знать на уровне понимания:

классификацию процессов и аппаратов химического производства;

гидромеханические процессы, происходящие в аппаратах химического производства;

конструкцию аппаратов, критерии их выбора в зависимости от конкретных условий;

тепловые процессы в теплообменных аппаратах химического производства;

конструкцию теплообменных аппаратов в зависимости от условий теплопередачи и теплоносителя;

массообменные процессы в аппаратах химического производства;

конструкцию аппаратов, условия их выбора в зависимости от конкретных условий;

процессы псевдооживления и применения "кипящего" слоя на обогатительных фабриках;

принципы выбора аппаратов химического производства с учетом их назначения и использования;

методы расчета аппаратов на основании процессов, происходящих в них при транспортировании жидкостей и газов, фильтровании, перемешивании, адсорбции, перегонке, теплообмене, экстракции, кристаллизации и сушке;

методы оптимизации химико-технологических систем и режимов эксплуатации аппаратов;

уметь:

составлять материальный и тепловой балансы химико-технологических процессов, рассчитывать основные показатели процессов химического производства;

осуществлять технологические расчеты основных аппаратов с использованием справочной литературы, производить их подбор в соответствии с ТНПА в зависимости от конкретных условий;

реализовывать меры снижения материало- и энергоемкости технологического процесса химического производства.

Для контроля знаний учащихся предусмотрено выполнение двух домашних контрольных работ, проведение обязательной контрольной работы, проведение экзамена по учебному предмету.

В методических указаниях приведены примерный перечень вопросов к экзамену и критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся по учебному предмету, разработанные на основе десятибалльной шкалы и показателей оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях среднего специального образования.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

по учебному предмету «Процессы и аппараты химических производств»

Раздел, тема	Количество учебных часов		ДКР/ Кон- суль- тации	ОКР/ Экза- мен	
	Всего	в том числе			
		на лек- ции			на прак- тические работы
Введение	2	1			
Раздел 1. Гидромеханические процессы	66	7	6		
Тема 1 Разделение неоднородных систем	58				
1.1 Виды неоднородных систем. Параметры, характеризующие неоднородные системы	8	1			
1.2 Отстаивание <i>Практическая работа №1</i> Расчет производительности отстойника и его основных размеров. Подбор аппарата по каталогу	16	2	2		
1.3 Фильтрация и центрифугирование <i>Практическая работа №2</i> Выбор фильтров. Расчет производительности фильтра	24	2	2		
1.4 Очистка газов	10				
Тема 2 Перемешивание <i>Практическая работа №3</i> Расчет расхода энергии на процесс перемешивания	8	2	2		
Обязательная контрольная работа					
Итого по 1 семестру:	68	8	6	1	

Раздел, тема	Количество учебных часов			ДКР	ОКР/ Экзамен
	Всего	в том числе			
		на лекции	на практические работы		
Раздел 2. Тепловые процессы	46		4		
2.1 Основы теплопередачи	16	2			
2.2 Теплообменные аппараты	18	2			
<i>Практическая работа №4</i>			4		
Подбор кожухотрубного теплообменника					
Определение поверхности теплообмена.					
2.3 Выпаривание	12	2			
Раздел 3. Массообменные процессы	50		6		
3.1 Общие сведения о массообменных процессах	2				
3.2 Основы массопередачи	4	1			
3.3 Абсорбция	6	1			
<i>Практическая работа №5</i>			2		
Определение основных геометрических размеров насадочного абсорбера					
3.4 Дистилляция и ректификация	6	2			
3.5 Экстракция	4				
3.6 Адсорбция	4				
3.7 Кристаллизация	10	2			
<i>Практическая работа №6</i>			2		
Составление материального и теплового баланса процесса кристаллизации					
3.8 Сушка	10	2			
<i>Практическая работа №7</i>			2		
Расчет сушилки. Определение основных конструктивных размеров					
3.9 Псевдооживление.	4				
Применение псевдооживленного слоя в химической промышленности					
Антикоррозийная защита оборудования химической промышленности	2				
Современные проблемы в области процессов и аппаратов химической промышленности	2				
Экзамен					
Итого по 2 семестру:	100	14	10	1	
Всего:	168	22	16	2	

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Название	Автор	Издательство, год издания
1	Процессы и аппараты химической технологии	Плановский А.В., Рамм В.М. Каган С.З.	М. Химия 1968.- 848с.
2	Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых	Серго Е.Е.	М. Недра, 1985.- 285с.
3	Проектирование обогатительных фабрик	Разумов К.А.	М. Недра , 1970.- 592с.
4	Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии	Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.	Л. Химия, 1976.-549с.
5	Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию	Дытнерский Ю.И.	М. Химия, 1991.-349с.
6	Основные процессы и аппараты химической технологии. Книга 1,2	Н.И.Гельперин	М. Химия, 1981
7	Процессы и аппараты химической промышленности	Романков П.Г., Курочкина М.И., Мозжерин Ю.Я.	М. Химия, 1986. – 312с.
8	Технология калийных удобрений	Печковский В.В.	Мн. Вышэйшая школа, 1978.-302с.
9	Обезвоживание и пылеулавливание	Руденко Е.Г., Шемаханов М.М.	М.: Недра, 1981. – 286с.
10	Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды	Чуянов Г.Г.	М.: Недра, 1981. – 268с.
11	Технологический регламент ОФ 1РУ, 2РУ, 3РУ, 4РУ ОАО «Беларуськалий»		2016г.
12	Нормы технологического проектирования Часть 2 и 3	Белгорхимпроект	Мн. 2000
13	Руководства по эксплуатации оборудования обогатительных фабрик ОАО «Беларуськалий»		

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Задания для выполнения контрольной работы учащийся выбирает из таблицы по номеру в списке учащихся в учебном журнале.

Работа оформляется в тетради. На каждой странице необходимо оставить поля для замечаний преподавателя.

Каждое задание записывается полностью, ставится номер задания.

Ответ на теоретический вопрос должен быть полным. При необходимости ответ дополняется схемами или рисунками.

При решении задач записывается сокращенное условие задачи в виде массива обозначений заданных параметров с их числовыми значениями. Дается алгоритм решения задачи в виде последовательно записанных формул, с расшифровкой величин, входящих в формулу и ссылками на литературу. В конце решения записывается ответ, делается вывод. При необходимости решение дополняется схемами, масштабными графиками, рисунками.

В конце работы составляется список использованной литературы. Номера ссылок в тексте работы должны соответствовать номерам источников по списку.

Задания к домашней контрольной работе №1

№ по учебному журналу	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5
1	1	16	49	73	97
2	2	33	50	74	98
3	3	23	51	75	99
4	4	25	52	76	100
5	5	42	53	77	101
6	6	34	54	78	102
7	7	18	55	79	103
8	8	48	56	80	104
9	9	24	57	81	105
10	10	32	58	82	106
11	14	13	59	83	107
12	20	19	60	84	108
13	26	15	61	85	109
14	28	41	62	86	110
15	29	40	63	87	111
16	35	12	64	88	112
17	43	38	65	89	113
18	44	17	66	90	114
19	45	37	67	91	115
20	46	27	68	92	116
21	47	30	69	93	117
22	11	36	70	94	118
23	21	39	71	95	119
24	22	31	72	96	120

Для выполнения домашней контрольной работы учащемуся выдается справочное пособие в электронном виде.

Задания 1, 2 (1- 48).

1. Приведите классификацию основных процессов химической технологии. Поясните. Приведите примеры.
2. Приведите классификацию основных процессов химической технологии по характеру их протекания. Укажите их достоинства и недостатки.
3. Дайте понятие условий равновесия процесса химической технологии.
4. Опишите режимы течения жидкости (ответ поясните рисунком). Критерий Рейнольдса (приведите расчетную формулу, поясните). Факторы, определяющие режим течения жидкости.
5. Дайте понятие эквивалентного диаметра. Приведите формулы для расчета эквивалентного диаметра трубы, кольцевого сечения, межтрубного пространства кожухотрубного теплообменника.
6. Дайте понятие пленочного течения жидкости. Приведите формулы для расчета основных параметров пленочного течения жидкости, поясните.
7. Опишите движение жидкости или газа через зернистый и пористый слой. Дайте характеристику зернистого или пористого слоя. Приведите формулы для определения потери давления при этом движении.
8. Дайте понятие неоднородные системы. Укажите методы их разделения. От чего зависит выбор метода разделения неоднородных систем?
9. Опишите движение твердых тел в жидкостях и газах. Приведите формулы для расчета скорости осаждения, поясните.
10. Раскройте сущность процесса гидравлической классификации. Силы, действующие на частицу при движении в жидкой или газовой среде.
11. Укажите оборудование, применяемое для проведения гидравлической классификации. Опишите устройство и принцип действия спирального классификатора.
12. Опишите устройство и принцип действия гидроциклона СВП-500. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются гидроциклоны СВП-500 (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
13. Опишите устройство и принцип действия блока гидроциклов СР-1300. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются блоки гидроциклов СР-1300 (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
14. Приведите теоретические основы процесс сгущения (отстаивания).
15. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия сгустителя с периферическим приводом П-30. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются сгустители П-30 (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
16. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия пластинчатого сгустителя. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются пластинчатые сгустители (в условиях ОАО «Беларуськалий»).

17. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия сгустителя Брандес. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы получения хлористого калия галургическим способом, в которых применяются сгустители Брандес. (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
18. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия сгустителя Дорр. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы получения хлористого калия галургическим способом, в которых применяются сгустители Дорр (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
19. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия сгустителя с центральным приводом (компактный сгуститель или Ц-18). Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются вышеуказанные сгустители (в условиях ОАО «Беларуськалий»)
20. Теоретические основы процесса фильтрования (понятие фильтрования, способы фильтрования).
21. Приведите классификацию фильтров. Опишите устройство и принцип действия нутч-фильтра.
22. Опишите особенности конструкции и принцип действия фильтр-пресса.
23. Опишите устройство и принцип действия барабанного вакуум-фильтра. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются барабанные вакуум-фильтры (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
24. Опишите устройство и принцип действия дискового вакуум-фильтра. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются дисковые вакуум-фильтры (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
25. Опишите устройство и принцип действия ленточного вакуум-фильтра. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются ленточные вакуум-фильтры (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
26. Укажите факторы, влияющие на производительность вакуум-фильтров.
27. Приведите схему вакуум-фильтрационной установки. Опишите назначение аппаратов установки.
28. Теоретические основы процесса центрифугирования.
29. Приведите классификацию центрифуг.
30. Укажите особенности конструкции и принцип действия центрифуг периодического действия (подвесные с нижней выгрузкой осадка).
31. Укажите особенности конструкции и принцип действия саморазгружающихся центрифуг.
32. Укажите особенности конструкции и принцип действия центрифуг с ножевой выгрузкой осадка.

33. Опишите устройство и принцип действия центрифуги с пульсирующей выгрузкой осадка. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются центрифуги с пульсирующей выгрузкой осадка (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
34. Опишите устройство и принцип действия осадительно-фильтрующей центрифуги. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются осадительно-фильтрующие центрифуги (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
35. Роль операций газоочистки на современном предприятии. Методы очистки газов. Приведите классификацию газоочистительных аппаратов.
36. Опишите устройство и принцип действия пылеосадительных камер.
37. Опишите устройство и принцип действия инерционных пылеуловителей.
38. Опишите устройство и принцип действия центробежных пылеуловителей (циклоны). Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы обогащения хлористого калия флотационным способом, в которых применяются циклоны (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
39. Опишите устройство и принцип действия центробежных пылеуловителей (блоки циклонов).
40. Опишите особенности устройства и работы рукавных фильтров. Укажите их достоинства и недостатки. Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы получения хлористого калия галургическим способом, в которых применяются рукавные фильтры (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
41. Укажите особенности мокрой очистки газов (КОП). Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы получения хлористого калия, в которых применяются вышеуказанные аппараты (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
42. Укажите особенности мокрой очистки газов (скруббер Вентури). Приведите техническую характеристику. Укажите технологические операции схемы получения хлористого калия, в которых применяются вышеуказанные аппараты (в условиях ОАО «Беларуськалий»).
43. Применение операций перемешивания в различных технологических процессах. Цель и способы перемешивания.
44. Перемешивание при помощи лопастных мешалок.
45. Перемешивание при помощи пропеллерных мешалок.
46. Перемешивание при помощи турбинных мешалок.
47. Факторы, определяющие выбор мешалки.
48. Приведите пример использования процесса перемешивания на обогатительных фабриках ОАО «Беларуськалий». Опишите конструкцию используемых мешалок.

Задание 3 (49 – 72).

Рассчитать необходимое число гидроциклонов для проведения одной из операций в технологической схеме производства хлористого калия флотационным способом в условиях ОАО «Беларуськалий». Обеспечить работу обогатительной фабрики с заданной часовой производительностью.

Зада-ние	Обогатительная фабрика, технологическая операция	Установлен-ные гидро-циклоны	Производительность фабрики
49	СОФ-2, 1 стадия обесшламливания	СР-1300	по натуральной руде 13,0 млн. т/год
50	СОФ-2, 1 стадия обесшламливания	СВП-710	по концентрату в K_2O 1,1 млн. т/год
51	СОФ-2, 5 стадия обесшламливания	СВП-500	по натуральному кон- центрату 1,9 млн. т/год
52	СОФ-2, гидроклассификация концентрата	ГЦ-500	по стандартной руде 12,5 млн. т/год
53	СОФ-2, гидросгущение концентрата	ГЦР-500	по натуральной руде 11,6 млн. т/год
54	СОФ-2, гидросгущение хвостов	СВП-500	по концентрату в K_2O 1,0 млн. т/год
55	СОФ-2, гидроклассификация концентрата	ГЦ-650	по натуральному кон- центрату 1,8 млн. т/год
56	СОФ-3, 1 стадия обесшламливания	СР-1300	по натуральной руде 10,8 млн. т/год
57	СОФ-3, 1 стадия обесшламливания	СВП-710	по концентрату в K_2O 1,2 млн. т/год
58	СОФ-3, 5 стадия обесшламливания	СВП-500	по натуральному кон- центрату 1,6 млн. т/год
59	СОФ-3, 5 стадия обесшламливания	ГЦР-500	по стандартной руде 14,0 млн. т/год
60	СОФ-3, классификация хвостов	ГЦ-500	по натуральной руде 11,7 млн. т/год
61	СОФ-3, сгущение в гидроциклонах	СВП-500	по концентрату в K_2O 0,9 млн. т/год
62	СОФ-3, классификация хвостов	СВП-500	по натуральному кон- центрату 1,75 млн. т/год
63	СОФ-1, 1 стадия обесшламливания	СР-1300	по натуральной руде 10,9 млн. т/год
64	СОФ-1, 1 стадия обесшламливания	СВП-710	по концентрату в K_2O 0,95 млн. т/год
65	СОФ-1, 5 стадия обесшламливания	СВП-500	по натуральному кон- центрату 2,0 млн. т/год
66	СОФ-1, гидроклассификация концентрата	СВП-500	по стандартной руде 12,9 млн. т/год
67	СОФ-1, гидросгущение фильтратов и фугатов	ГЦР-500	по натуральной руде 12,0 млн. т/год
68	СОФ-1, классификация хвостов	СВП-500	по концентрату в K_2O 1,05 млн. т/год
69	СОФ-1, гидроклассификация концентрата	ГЦ-500	по натуральному кон- центрату 1,7 млн. т/год
70	СОФ-2, 5 стадия обесшламливания	ГЦ-500	по натуральной руде 11,3 млн. т/год
71	СОФ-2, гидросгущение хвостов	ГЦ-500	по концентрату в K_2O 1,25 млн. т/год
72	СОФ-1, классификация хвостов	ГЦ-500	по натуральному кон- центрату 1,9 млн. т/год

Задание 4 (73 – 96).

Рассчитать необходимое число сгустителей для проведения одной из операций в технологической схеме производства хлористого калия флотационным способом в условиях ОАО «Беларуськалий». Обеспечить работу обогатительной фабрики с заданной часовой производительностью.

Зада-ние	Обогатительная фабрика, технологическая операция	Установлен-ные гидро-циклоны	Производительность фабрики
73	СОФ-1, 2 стадия обесшламливания	П-30	по концентрату в K_2O 1,1 млн. т/год
74	СОФ-1, 3 стадия обесшламливания	П-30	по натуральному концентрату 1,9 млн. т/год
75	СОФ-1, сгущение шламов	П-30	по стандартной руде 12,5 млн. т/год
76	СОФ-1, сгущение хвостов	Пластинчатый сгуститель	по натуральной руде 11,6 млн. т/год
77	СОФ-1, 3 стадия обесшламливания	Ц-18	по концентрату в K_2O 1,0 млн. т/год
78	СОФ-2, 2 стадия обесшламливания	П-30	по натуральному концентрату 1,8 млн. т/год
79	СОФ-2, 2 стадия обесшламливания	Ц-18	по натуральной руде 10,8 млн. т/год
80	СОФ-2, 2 стадия обесшламливания	Пластинчатый сгуститель	по концентрату в K_2O 1,2 млн. т/год
81	СОФ-2, сгущение шламов	П-30	по натуральному концентрату 1,6 млн. т/год
82	СОФ-2, сгущение хвостов	П-30	по стандартной руде 14,0 млн. т/год
83	СОФ-2, сгущение шламов	Компактный сгуститель	по натуральной руде 11,7 млн. т/год
84	СОФ-2, сгущение хвостов	Ц-18	по концентрату в K_2O 0,9 млн. т/год
85	СОФ-3, сгущение шламов	Компактный сгуститель	по натуральному концентрату 1,75 млн. т/год
86	СОФ-3, сгущение хвостов	П-30	по натуральной руде 10,9 млн. т/год
87	СОФ-3, 2 стадия обесшламливания	П-30	по концентрату в K_2O 0,95 млн. т/год
88	СОФ-3, 3 стадия обесшламливания	П-30	по натуральному концентрату 2,0 млн. т/год
89	СОФ-3, сгущение хвостов	Ц-18	по стандартной руде 12,9 млн. т/год
90	СОФ-3, 3 стадия обесшламливания	Ц-18	по натуральной руде 12,0 млн. т/год
91	СОФ-1, 3 стадия обесшламливания	Пластинчатый сгуститель	по концентрату в K_2O 1,05 млн. т/год
92	СОФ-1, сгущение хвостов	П-30	по натуральному концентрату 1,7 млн. т/год
93	СОФ-1, сгущение шламов	Ц-18	по натуральной руде 11,3 млн. т/год
94	СОФ-3, сгущение шламов	П-30	по концентрату в K_2O 1,25 млн. т/год
95	СОФ-3, 3 стадия обесшламливания	Компактный сгуститель	по натуральному концентрату 1,9 млн. т/год
96	СОФ-1, сгущение хвостов	Ц-18	по натуральной руде 13,0 млн. т/год

Задание 5 (97 – 120).

Определить режим движения жидкости при массовой расходе G , кг/с.

Данные для расчета: среда, ее средняя температура $t_{cp.}$, °С, размеры и форма сечения, число труб n приведены в таблице.

Зада-ние	Среда	Расход, G , кг/с	Сечение	$D \times \delta$, мм	$d \times \delta$, мм	n	$t_{cp.}$, °С
97	Анилин	0,29	кольцевое	76x4	25x2		30
98		1,3	круг		25x2		40
99		10,65	трубное пространство		25x2	13	20
100	Толуол	0,48	кольцевое	108x4	57x3		20
101		3,31	круг		38x2		30
102		20,8	трубное пространство		38x2	121	30
103	Метиловый спирт 40%	1,35	кольцевое	108x4	76x4		40
104		3,8	круг		57x3		20
105		18,3	трубное пространство		25x2	43	30
106	Нитро-бензол	3,2	кольцевое	76x4	38x2		20
107		2,6	круг		25x2		30
108		24,0	трубное пространство		38x2	121	30
109	Этиловый спирт 100%	0,52	кольцевое	76x4	25x2		20
110		2,38	круг		38x2		40
111		15,75	трубное пространство		38x2	43	20
112	Метиловый спирт 100%	1,3	кольцевое	108x4	57x3		30
113		0,45	круг		25x2		20
114		11,9	трубное пространство		25x2	13	20
115	Бензол	1,6	кольцевое	108x4	76x4		40
116		2,3	круг		57x3		30
117		21,1	трубное пространство		38x2	121	30
118	Натрий хлористый 20%	4,5	кольцевое	76x4	38x2		20
119		2,1	круг		25x2		40
120		18,3	трубное пространство		25x2	121	20

Расчёт производственной мощности (краткие теоретические сведения)

Производительность обогатительной фабрики можно выражать по руде или по концентрату.

1 При выражении производительности по руде можно учитывать натуральную руду или стандартную.

1.1 Натуральной считается руда, которая подается на фабрику, т.е. по содержанию КСl и н.о. непостоянная и зависит от работы рудника и особенностей залежи месторождения. Производительность обогатительной фабрики по натуральной руде обозначаем $Q_{\text{год}}$, млн.т/год.

1.2 В технологическом регламенте обогатительной фабрики все расчеты представлены на стандартную руду. Стандартной считается руда с таким допустимым содержанием КСl и н.о., при котором при существующем уровне техники и технологии обогатительной фабрики можно получить готовую продукцию с заданными технологическими показателями и процесс обогащения будет экономически выгодным (смотри Промышленный технологический регламент – Характеристика сырья и материалов)

Для расчета производительности фабрики по руде в стандарте $Q_{\text{год}}^{\text{ст}}$, млн.т/год, используем следующую формулу:

$$Q_{\text{год}}^{\text{ст}} = (Q_{\text{год}} \cdot \alpha^{\text{КСl}}) / \alpha_{\text{ст}}^{\text{КСl}},$$

где $\alpha_{\text{ст}}^{\text{КСl}}$ – содержания КСl в стандартной руде, %;

$\alpha^{\text{КСl}}$ – содержания КСl в натуральной руде, %.

При подаче руды с двух рудников содержание компонента в руде можно определить по формуле:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 \cdot a_1 + \alpha_2 \cdot a_2}{a_1 + a_2};$$

где α_1 – содержание компонента в руде первого рудника, %;

α_2 – содержание компонента в руде второго рудника, %;

a_1, a_2 – соотношение подачи руды в % или частях.

1.3 Для дальнейших расчетов технологического процесса используется часовая производительность обогатительной фабрики по руде.

Часовую производительность фабрики по руде определяем по формуле:

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{год}} \cdot k}{a \cdot B},$$

где k – коэффициент неравномерности работы оборудования ($k = 1,15$);

a – количество рабочих (машинных) дней в году ($a = 340$);

B – рабочее число (машинных) часов в сутки (для отделения дробления – 18ч, для остальных отделений ОФ – 22,5ч).

2 При выражении производительности ОФ по концентрату можно вести расчет по КСl или К₂O.

2.1 Зная производительность ОФ по концентрату в К₂O, можно рассчитать производительность по концентрату в КСl (по натуральному концентрату – концентрату, получаемому в процессе производства):

$$A_{\text{н}} = \frac{A_{\text{К}_2\text{O}} \cdot 1,583 \cdot 100^2}{\beta_{\text{нат}}^{\text{КСl}} \cdot (100 - \omega)},$$

где $A_{\text{К}_2\text{O}}$ – производительность по концентрату в 100 % К₂O, т/ч;

$\beta_{\text{нат}}^{\text{КСl}}$ – содержание КСl в сухой фазе концентрата, % (принимается из материального баланса ОФ);

ω – влажность готовой продукции (концентрата) (принимается по нормативному документу), %;

1,583 – коэффициент пересчета К₂O на КСl.

2.2 Для расчета производственной мощности по стандартному концентрату используем следующую формулу:

$$A_{\text{ст.}} = (A_{\text{н.}} \cdot \beta_{\text{нат.}}^{\text{КСl}}) / \beta_{\text{ст.}}^{\text{КСl}},$$

где $\beta_{\text{ст.}}^{\text{КСl}}$ – содержания КСl в продукте по нормативному документу, %.

3 Существует формула, связывающая производительность по руде и по концентрату:

$$A_{\text{К}_2\text{O}} = \frac{Q_{\text{год}} \cdot \alpha^{\text{КСl}} \cdot \varepsilon_{\text{тов}} \cdot 100}{1,583 \cdot 100^3},$$

где $Q_{\text{год}}$ – производительность фабрики по руде, т/год;

$\alpha^{\text{КСl}}$ – содержание КСl в натуральной руде, %;

$\varepsilon_{\text{тов}}$ – товарное извлечение КСl в концентрат, %, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{тов}} = \varepsilon_{\text{технологич.}}^{\text{КСl}} - 1,0, \%$$

где $\varepsilon_{\text{технологич.}}^{\text{КСl}}$ – извлечение КСl в сухой фазе концентрата (общего), % (принимается из материального баланса ОФ);

1,0 – величина механических потерь, %.

Расчет гидроциклонов (краткие теоретические сведения)

Производительность гидроциклонов по исходному питанию ($V, \text{м}^3/\text{ч}$), рассчитывают по формуле:

$$V = 0,3 * K_D * K_\alpha * d_3 * d_c * \sqrt{g * P};$$

где: K_D – поправка на диаметр гидроциклона, определяется по формуле:

$$K_D = 0,8 + 1,2 / (0,1 * D + 1)$$

D – диаметр гидроциклона, см;

K_α – поправка на угол конусности гидроциклона, определяется по формуле:

$$K_\alpha = 0,79 + 0,044 / (0,0379 + \text{tg}(\alpha/2))$$

α – угол конусности, град (при $\alpha = 20^\circ K_\alpha = 1$);

d_3 – эквивалентный диаметр питающего патрубка, см;

d_c – диаметр сливного отверстия, см;

g – ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

P – давление пульпы на входе в гидроциклон, кгс/см².

D, α, d_3, d_c, P – принимаем по технической характеристике гидроциклона.

При расчете блока гидроциклонов СР-1300 сначала находим производительность одного циклона и затем умножаем на 3.

На практике часто необходимо подобрать гидроциклоны и определить необходимое их количество для проведения операции гидроклассификации при обеспечении необходимой производительности обогатительной фабрики.

В этом случае расчет проводим в следующей последовательности:

1. Выбираем гидроциклон в зависимости от крупности разделения, выписываем его техническую характеристику.
2. Рассчитываем объемную производительность гидроциклона по питанию ($V, \text{м}^3/\text{ч}$).
3. Определяем необходимое количество гидроциклонов по формуле:

$$n = V_{\text{пит}} / V;$$

где: $V_{\text{пит}}$ – объем питания, поступающего в гидроциклоны, м³/ч.

4. Поскольку производительность обогатительной фабрики или отделения задается в т/ч по руде (по твердой фазе), необходимо определить объем питания (т.е. учесть жидкую фазу).

$$V_{\text{пит}} = Q_{\text{ТВ}}/\rho_{\text{ТВ}} + Q_{\text{Ж}}/\rho_{\text{Ж}};$$

где: $V_{\text{пит}}$ – объемная производительность по питанию операции (объем питания, поступающего в гидроциклоны), м³/ч;

$Q_{\text{ТВ}}$ – вес твердой фазы, т/ч;

$\rho_{\text{ТВ}}$ – плотность твердой фазы, т/м³;

$Q_{\text{Ж}}$ – вес жидкой фазы, т/ч;

$\rho_{\text{Ж}}$ – плотность жидкой фазы, т/м³.

Вес жидкой фазы можно определить по формуле:

$$Q_{\text{Ж}} = Q_{\text{ТВ}} * R_{\text{опер}}$$

где: $R_{\text{опер}}$ – соотношение жидкого к твердому в операции

5. Проверяем нагрузку на песковое отверстие гидроциклона (q , т/см²*ч) по формуле:

$$q = Q_{\text{ТВ}}^1 / (0,785 * d_{\text{п}}^2);$$

где: $Q_{\text{ТВ}}^1$ – вес твердой фазы песков на 1 гидроциклон, т/ч;

$d_{\text{п}}$ – диаметр пескового отверстия, см.

Вес твердой фазы песков на 1 гидроциклон можно рассчитать по формуле:

$$Q_{\text{ТВ}}^1 = Q_{\text{ТВ}}^{\text{пес}} / n$$

Нагрузка на песковое отверстие гидроциклона должна быть в пределах 0,5-2,5 т/см²*ч. Если она получилась больше, то необходимо принять к установке больше гидроциклонов (например $n+1$) и еще раз пересчитать нагрузку на песковое отверстие.

6. Проверяем размер граничных зерен в сливе гидроциклона по формуле:

$$d_{\text{Гр}} = \frac{0,9 * \sqrt{D * \beta_{\text{И}}^{\text{ТВ}} * d_{\text{с}}}}{d_{\text{п}} * \sqrt[4]{P} * \sqrt{\rho_{\text{ТВ}} - \rho_{\text{Ж}}}}, \text{ МКМ}$$

где: $\beta_{\text{И}}^{\text{ТВ}}$ – содержание твердого в исходном питании, %.

Содержание твердого в исходном питании можно определить по формуле:

$$\beta_{\text{И}}^{\text{ТВ}} = 100 / (R + 1)$$

Техническая характеристика гидроциклона блока СР – 1300

Наименование основных параметров и характеристик	Показатели
Диаметр гидроциклона, D, мм	650
Диаметр питающей насадки, мм	200
Диаметр сливного отверстия, dс, мм	210
Диаметр песковой насадки, dп, мм	160
Количество гидроциклонов в блоке, штук	3
Давление во входном патрубке, МПа	0,09...0,15
Производительность одного гидроциклона, м ³ /ч	400

Техническая характеристика гидроциклонов.

Параметр	СВП-710	СВП-500	ГЦ-350	ГЦ-500	ГЦ-750	ГЦР-500
Диаметр гидроциклона, D, мм	710	500	350	500	750	500
Угол конусности, град	20	20	20	20	20	20
Эквивалентный диаметр питающего патрубка, dэ, мм	150-180	150-180	50; 68	60-100	155;175	130
Диаметр сливного отверстия, dс, мм	260	160	78	100-215	150; 200; 250	160
Диаметр песковой насадки, dп, мм	48; 75; 150	140	24; 34; 48	34-150	50; 75; 100	48-150
Давление на входе в гидроциклон, МПа	0,03-0,25	0,1-0,25	0,1-0,25	0,1-0,25	0,1 – 0,25	0,04-0,15

Пример выполнения задания 3

Рассчитать необходимое число гидроциклонов СВП-500 для проведения 5-стадии обесшламливания в условиях СОФ-2 ОАО «Беларуськалий». Обеспечить работу обогатительной фабрики с заданной часовой производительностью.

Согласно задания производительность обогатительной фабрики по руде 13,9 млн.т в год.

1. Часовую производительность фабрики по руде определяем по формуле:

$$Q_{\text{час}} = (Q_{\text{год}} \cdot k) / a \cdot B,$$

где k – коэффициент неравномерности работы оборудования;

a – количество рабочих (машинных) дней в году;

B – рабочее число (машинных) часов в сутки.

$$Q_{\text{час}} = (13,9 \cdot 10^6 \cdot 1,15) / 340 \cdot 22,5 = 2089,54 \text{ т/ч.}$$

2. Выписываем техническую характеристику гидроциклона СВП-500.

Параметр	СВП-500
Диаметр гидроциклона, D , мм	500
Угол конусности, град	20
Эквивалентный диаметр питающего патрубка, d_3 , мм	150-180
Диаметр сливного отверстия, d_c , мм	160
Диаметр песковой насадки, d_p , мм	140
Давление на входе в гидроциклон, МПа	0,1-0,25

3. Производительность гидроциклона по исходному питанию ($V, \text{м}^3/\text{ч}$), рассчитываем по формуле:

$$V = 0,3 \cdot K_D \cdot K_\alpha \cdot d_3 \cdot d_c \cdot \sqrt{g \cdot P};$$

где: K_D – поправка на диаметр гидроциклона, определяется по формуле:

$$K_D = 0,8 + 1,2 / (0,1 \cdot D + 1)$$

D – диаметр гидроциклона, см;

K_α – поправка на угол конусности гидроциклона, определяется по формуле:

$$K_\alpha = 0,79 + 0,044 / (0,0379 + \text{tg}(\alpha/2))$$

α – угол конусности, град (при $\alpha = 20^\circ K_\alpha = 1$);

d_3 – эквивалентный диаметр питающего патрубка, см;

d_c – диаметр сливного отверстия, см;

g – ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

P – давление пульпы на входе в гидроциклон, кгс/см^2 .

D, α, d_3, d_c, P – принимаем по технической характеристике гидроциклона.

4. Определяем поправку на диаметр гидроциклона, K_D :

$$K_D = 0,8 + 1,2 / (0,1 * 50 + 1) = 1$$

5. Так как угол конусности $\alpha = 20^\circ$, то $K_\alpha = 1$.

6. Производительность гидроциклона будет равна:

$$V = 0,3 * 1 * 1 * 18 * 16 * \sqrt{9,81 * 2,5} = 427,87 \text{ м}^3/\text{ч}$$

7. Определим необходимое количество гидроциклонов для проведения 5-стадии обесшламливания при обеспечении необходимой производительности обогатительной фабрики.

$$n = V_{\text{пит}} / V;$$

где: $V_{\text{пит}}$ – объем питания, поступающего в гидроциклоны, $\text{м}^3/\text{ч}$.

8. Поскольку производительность обогатительной фабрики задана в т/ч по руде (по твердой фазе), необходимо определить объем питания (т.е. учесть жидкую фазу).

$$V_{\text{пит}} = Q_{\text{ТВ}} / \rho_{\text{ТВ}} + Q_{\text{Ж}} / \rho_{\text{Ж}};$$

где: $V_{\text{пит}}$ – объемная производительность по питанию операции (объем питания, поступающего в гидроциклоны), $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\text{ТВ}}$ – вес твердой фазы, т/ч;

$\rho_{\text{ТВ}}$ – плотность твердой фазы, $\text{т}/\text{м}^3$;

$Q_{\text{Ж}}$ – вес жидкой фазы, т/ч;

$\rho_{\text{Ж}}$ – плотность жидкой фазы, $\text{т}/\text{м}^3$.

Необходимо воспользоваться качественно-количественной схемой обогатительной фабрики (смотри электронную папку). Вычерчиваем качественно-количественную схему операции, в которой установлены гидроциклоны согласно задания.

	$\gamma, \%$	
$Q_{\text{пит}}, \text{т}$	$\beta_{\text{ККЛ}}, \%$	$\beta_{\text{Н.О.}}, \%$
R	$E_{\text{ККЛ}}, \%$	$E_{\text{Н.О.}}, \%$

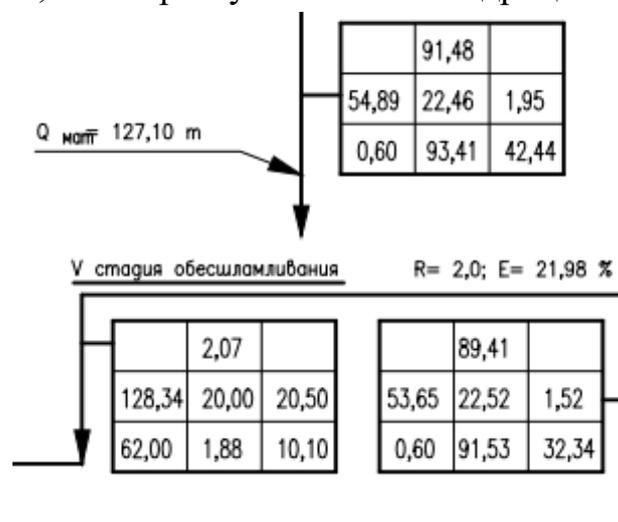


Рисунок - Качественно-количественная схема

операции 5 стадия обесшламливания

Согласно данным схемы: $\gamma_{\text{опер. ТВ}} = 91,48\%$; $R_{\text{опер.}} = 2$; $\rho_{\text{ТВ}} = 2\text{т/м}^3$; $\rho_{\text{ж}} = 1,234\text{т/м}^3$.

Определим вес твердой фазы питания операции с учетом часовой производительности обогатительной фабрики:

$$Q_{\text{ТВ}} = Q_{\text{час}} * \gamma_{\text{опер. ТВ}} / 100, \text{ т/ч}$$

$$Q_{\text{ТВ}} = 2089,54 * 91,48 / 100 = 1911,51 \text{ т/ч.}$$

Определим вес жидкой фазы питания операции:

$$Q_{\text{ж}} = Q_{\text{ТВ}} * R_{\text{опер.}} = 1911,51 * 2 = 3823,02 \text{ т/ч}$$

Определим объем питания, поступающего в гидроциклоны:

$$V_{\text{пит}} = Q_{\text{ТВ}} / \rho_{\text{ТВ}} + Q_{\text{ж}} / \rho_{\text{ж}} = 1911,51 / 2 + 3823,02 / 1,234 = 4053,83 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Определим необходимое количество гидроциклонов:

$$n = V_{\text{пит}} / V = 4053,83 / 427,87 = 9,47$$

Принимаем к установке 10 гидроциклонов. Уточняем производительность одного гидроциклона:

$$V = V_{\text{пит}} / n = 4053,83 / 10 = 405,38 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

9. Проверяем нагрузку на песковое отверстие гидроциклона (q , $\text{т/см}^2 * \text{ч}$) по формуле:

$$q = Q_{\text{ТВ}}^1 / (0,785 * d_{\text{п}}^2);$$

где: $Q_{\text{ТВ}}^1$ – вес твердой фазы песков на 1 гидроциклон, т/ч;

$d_{\text{п}}$ – диаметр пескового отверстия, см.

Вес твердой фазы песков на 1 гидроциклон рассчитаем по формуле:

$$Q_{\text{ТВ}}^1 = Q_{\text{ТВ}}^{\text{пес}} / n, \text{ т/ч}$$

Вес твердой фазы песков определим как: $Q_{\text{ТВ}}^{\text{пес}} = Q_{\text{час}} * \gamma_{\text{пес. ТВ}} / 100, \text{ т/ч}$

Согласно данным схемы: $\gamma_{\text{пес. ТВ}} = 89,41\%$;

Тогда: $Q_{\text{ТВ}}^{\text{пес}} = Q_{\text{час}} * \gamma_{\text{пес. ТВ}} / 100 = 2089,54 * 89,41 / 100 = 1868,26 \text{ т/ч}$

$$Q_{\text{ТВ}}^1 = Q_{\text{ТВ}}^{\text{пес}} / n = 1868,26 / 10 = 186,82 \text{ т/ч}$$

$$q = Q_{\text{ТВ}}^1 / (0,785 * d_{\text{п}}^2) = 186,82 / (0,785 * 14^2) = 1,86 \text{ т/см}^2 * \text{ч}$$

Нагрузка на песковое отверстие гидроциклона должна быть в пределах 0,5-2,5 т/см²*ч. Наше значение соответствует допустимому.

10. Проверим размер граничных зерен в сливе гидроциклона по формуле:

$$d_{гр} = \frac{0,9 * \sqrt{D * \beta_{и}^{ТВ} * d_c}}{d_{п} * \sqrt[4]{P} * \sqrt{\rho_{ТВ} - \rho_{ж}}}, \text{ мкм}$$

где: $\beta_{и}^{ТВ}$ – содержание твердого в исходном питании, %.

Содержание твердого в исходном питании определим по формуле:

$$\beta_{и}^{ТВ} = 100 / (R + 1) = 100 / (2 + 1) = 33,33\%$$

$$\text{Тогда: } d_{гр} = \frac{0,9 * \sqrt{D * \beta_{и}^{ТВ} * d_c}}{d_{п} * \sqrt[4]{P} * \sqrt{\rho_{ТВ} - \rho_{ж}}} = \frac{0,9 * \sqrt{50 * 33,33 * 16}}{14 * \sqrt[4]{2,5} * \sqrt{2 - 1,234}} = 38 \text{ мкм}$$

Ответ: для обеспечения заданной производительности обогатительной фабрики на 5 стадии обесшламливания устанавливаем 10 гидроциклонов СВП-500, расчетная производительность циклона составит 405,38 м³/ч, размер граничных зерен в сливе гидроциклона 38 мкм.

Расчет сгустителей (краткие теоретические сведения)

Расчет сгустителей можно провести несколькими способами.

Если не известна скорость осаждения частиц.

Определим необходимую площадь осаждения по формуле:

$$F_{\text{ос}} = \frac{1,3 * \left(1 - \frac{a}{a_1}\right) * G_{\text{сусп}}}{\rho_{\text{ж}} * \omega_{\text{ос}}^1}, \text{ м}^2$$

где: $G_{\text{сусп}}$ – часовой расход суспензии, кг/ч;

a, a_1 – весовая доля твердого в суспензии и в сгущенном продукте,
доли ед.;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкой фазы, кг/м³;

$\omega_{\text{ос}}^1$ – скорость стесненного осаждения частиц, м/ч.

Определим скорость стесненного осаждения по формуле:

$$\omega_{\text{ос}}^1 = \omega * 0,5, \text{ м/с}$$

где: ω – скорость свободного осаждения частиц, м/ч.

Скорость свободного осаждения при расчете сгустителей можно определить по формуле:

$$\omega = \frac{g * (\rho_{\text{ТВ}} - \rho_{\text{ж}}) * d_{\text{ч}}^2}{18 * \mu_{\text{ж}}}, \text{ м/с}$$

где: $d_{\text{ч}}$ – диаметр осаждаемых частиц, м;

g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

$\rho_{\text{ТВ}}, \rho_{\text{ж}}$ – плотность твердой и жидкой фаз, кг/м³;

$\mu_{\text{ж}}$ – вязкость жидкой фазы, Па*с.

Определив площадь осаждения, рассчитываем диаметр сгустителя и по диаметру по ГОСТ выбираем сгуститель.

$$D = \sqrt{\frac{4 * F_{\text{ос}}}{\pi}}$$

Если известна скорость осаждения, то площадь осаждения можно определить по формуле:

$$F_{\text{ос}} = \frac{V_{\text{слива}}}{\omega}$$

где: $V_{\text{слива}}$ – объем слива, м³/ч, который можно определить по формуле:

$$V_{\text{слива}} = \frac{G_{\text{слива}}}{\rho_{\text{слива}}}; \quad \rho_{\text{слива}} = \rho_{\text{ж}}$$

Часовой расход слива можно определить из материального баланса процесса осаднения:

$$G_{\text{слива}} = G_{\text{сусп.}} - G_{\text{осадка}}; \quad G_{\text{осадка}} = \frac{a * G_{\text{сусп.}}}{a_1}$$

Для курсового и дипломного проектирования.

Определим по данным качественно-количественной схемы процесса удельную площадь осаднения:

$$f_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{опер.}} - R_{\text{осадка}}}{\omega * \rho_{\text{ж}}}; \quad \text{м}^2 * \text{ч} / \text{т}$$

где: $R_{\text{опер.}}$ – Ж:Т суспензии поступающей на сгущение (обесшламливание)
 $R_{\text{осадка}}$ – Ж:Т осадка (сгущенного продукта);
 ω – заданная скорость осаднения частиц, м/ч (скорость слива);
 $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкой фазы, т/м³.

Зная удельную площадь осаднения рассчитываем общую площадь осаднения:

$$F_{\text{ос}} = f_{\text{уд}} * Q_{\text{осадка}_{\text{ТВ}}}, \quad \text{м}^2$$

где: $Q_{\text{осадка}_{\text{ТВ}}}$ – вес твердой фазы осадка (сгущенного продукта), т/ч.

Вес твердой фазы можно определить из качественно-количественной схемы:

$$Q_{\text{осад.}_{\text{ТВ}}} = Q_{\text{час}} * \gamma_{\text{осад}_{\text{ТВ}}} / 100, \quad \text{т/ч}$$

где: $\gamma_{\text{осад}_{\text{ТВ}}}$ – выход осадка (сгущенного продукта) по твердой фазе, т/ч.
 Q – часовая производительность обогатительной фабрики по руде, т/ч.

Необходимое число сгустителей для проведения процесса можно определить по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{ос}}}{F^1},$$

где: F^1 – площадь осаднения одного сгустителя, м².

Площадь осаднения одного сгустителя

Сгуститель	Компактный	Ц-18	П-30	Пластинчатый
Площадь осаднения, м ²	78,5	254,5	700	2200

Скорость осаднения частиц (скорость слива)

Технологическая операция	2стадия обесшламливания	3стадия обесшламливания	Сгущение хвостов	Сгущение шламов
Скорость, м/ч	2,1 - 2,4	1,5 - 1,8	0,7 – 0,8	0,5 – 0,6

Пример выполнения задания 4

Рассчитать необходимое число сгустителей П-30 для проведения 2 стадии обесшламливания в условиях СОФ-2 ОАО «Беларуськалий». Обеспечить работу обогатительной фабрики с заданной часовой производительностью.

Согласно задания производительность обогатительной фабрики по руде 13,9 млн.т в год.

1. Пример расчета производительности смотри Пример выполнения задания 3.

2. Определим по данным качественно-количественной схемы процесса удельную площадь осаждения:

$$f_{уд} = \frac{R_{опер.} - R_{осадка}}{\omega * \rho_{ж}}, \text{ М}^2 * \text{ч/Т}$$

где: $R_{опер.}$ – Ж:Т суспензии поступающей на сгущение (обесшламливание)
 $R_{осадка}$ – Ж:Т осадка (сгущенного продукта);
 ω – заданная скорость осаждения частиц, м/ч (скорость слива);
 $\rho_{ж}$ – плотность жидкой фазы, т/м³.

Необходимо воспользоваться качественно-количественной схемой обогатительной фабрики (смотри электронную папку). Вычерчиваем качественно-количественную схему операции, в которой установлены сгустители согласно задания.

	$\gamma, \%$	
$Q_{мат}, \text{Т}$	$\beta_{ккл}, \%$	$\beta_{н.о.}, \%$
R	$\epsilon_{ккл}, \%$	$\epsilon_{н.о.}, \%$

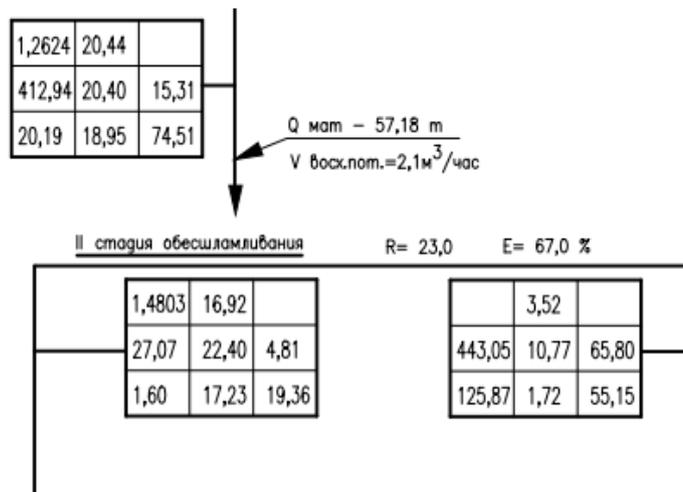


Рисунок - Качественно-количественная схема операции 2 стадия обесшламливания

Согласно данным схемы: $\gamma_{\text{осадок}_{\text{ТВ}}} = 16,92\%$; $R_{\text{опер.}} = 23$; $R_{\text{осадка}} = 1,6$; $\rho_{\text{ж}} = 1,234 \text{ т/м}^3$.

Скорость слива для второй стадии обесшламливания принимаем $2,3 \text{ м/ч}$.

Тогда:

$$f_{\text{уд}} = \frac{R_{\text{опер.}} - R_{\text{осадка}}}{\omega * \rho_{\text{ж}}} = \frac{23 - 1,6}{2,3 * 1,234} = 7,54 \text{ м}^2 * \text{ч/т}$$

3. Зная удельную площадь осаждения, рассчитаем общую площадь осаждения:

$$F_{\text{ос}} = f_{\text{уд}} * Q_{\text{осадка}_{\text{ТВ}}}, \text{ м}^2$$

где: $Q_{\text{осадка}_{\text{ТВ}}}$ – вес твердой фазы осадка (сгущенного продукта), т/ч.

Вес твердой фазы можно определить из качественно-количественной схемы:

$$Q_{\text{осад}_{\text{ТВ}}} = Q_{\text{час}} * \gamma_{\text{осад}_{\text{ТВ}}} / 100, \text{ т/ч}$$

где: $\gamma_{\text{осад}_{\text{ТВ}}}$ – выход осадка (сгущенного продукта) по твердой фазе, т/ч.

Q – часовая производительность обогатительной фабрики по руде, т/ч.

Тогда: $Q_{\text{осад}_{\text{ТВ}}} = Q_{\text{час}} * \gamma_{\text{осад}_{\text{ТВ}}} / 100 = 2089,54 * 16,92 / 100 = 353,55 \text{ т/ч}$

$$F_{\text{ос}} = f_{\text{уд}} * Q_{\text{осадка}_{\text{ТВ}}} = 7,54 * 353,55 = 2665,77 \text{ м}^2$$

4. Необходимое число сгустителей для проведения процесса определим по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{ос}}}{F^1},$$

где: F^1 – площадь осаждения одного сгустителя, м^2 .

Для сгустителей П-30 площадь осаждения одного сгустителя $F^1 = 700 \text{ м}^2$.

Тогда: $n = \frac{F_{\text{ос}}}{F^1} = \frac{2665,77}{700} = 3,8$

Принимаем к установке 4 сгустителя.

Ответ: для обеспечения заданной производительности обогатительной фабрики на 2 стадии обесшламливания устанавливаем 4 сгустителя П-30.

Определение режима течения жидкости (краткие теоретические сведения)

По величине критерия Рейнольдса судят о характере движения жидкости.

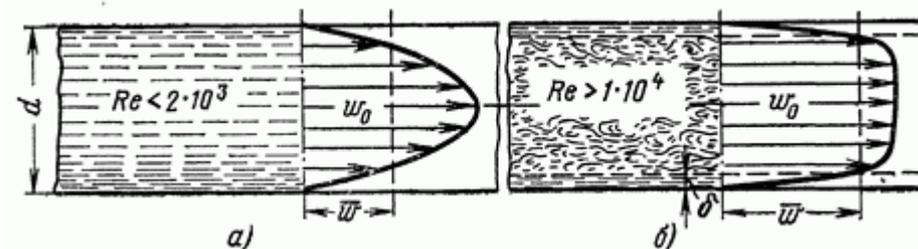
Если $Re < 2300$, то режим движения жидкости – ламинарный.

При ламинарном движении жидкости она движется параллельными струйками, не смешивающимися друг с другом. Струйки обладают различными скоростями, но скорость каждой постоянна и направлена вдоль оси потока.

Если $Re = 2300 - 10000$, то режим движения жидкости - переходный.

Если $Re > 10000$, то режим движения жидкости - турбулентный.

При турбулентном режиме частицы жидкости движутся с большими скоростями в различных направлениях, по пересекающимся путям. Движение носит беспорядочный характер, причем частицы движутся как в осевом так и в радиальном направлении.



Распределение скоростей в трубе при различных режимах движения жидкости:
а – ламинарный; б – турбулентный.

1. Для определения режима течения жидкости необходимо рассчитать величину критерия Рейнольдса по формуле:

$$Re = \frac{\omega * \rho * d_{\text{эквив}}}{\mu},$$

где: $d_{\text{эквив}}$ – эквивалентный диаметр сечения, м;

ω – скорость движения жидкости, м/с;

ρ – плотность жидкости, кг/м³ (принимается по справочным таблицам по температуре [1]);

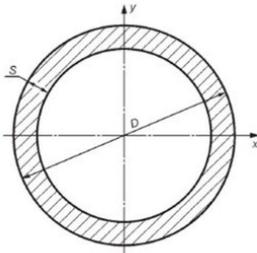
μ – вязкость жидкости, Па*с (принимается по справочным таблицам по температуре [1]).

2. Скорость течения жидкости и эквивалентный диаметр зависят от формы сечения канала, по которому протекает жидкость.

2.1 Если жидкость течет по трубе, то форма сечения канала – круг.

Для круга:

$$d_{\text{эквив.}} = d_{\text{вн.}} = d_{\text{нар.}} - 2 * \delta_{\text{ст.трубки}}$$



где: $d_{\text{вн.}}$ – внутренний диаметр трубки, м;
 $d_{\text{нар.}}$ – наружный диаметр трубки, м;
 $\delta_{\text{ст.трубки}}$ – толщина стенки трубки, м

$$\omega = \frac{G}{0,785 * d_{\text{эквив.}}^2 * \rho}$$

2.2 Если жидкость течет в канале «труба в трубе», то форма сечения канала кольцо.

Для кольца:

$$d_{\text{эквив.}} = D_{\text{вн.}} - d_{\text{нар.}}$$



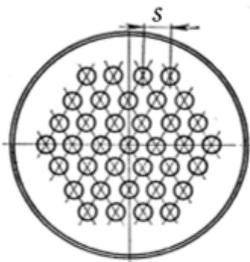
где: $D_{\text{вн.}}$ – внутренний диаметр большой трубы, м;
 $d_{\text{нар.}}$ – наружный диаметр трубки, м;

$$\omega = \frac{G}{0,785 * (D_{\text{вн.}}^2 - d_{\text{нар.}}^2) * \rho}$$

2.3 Если жидкость течет в трубном пространстве кожухотрубного теплообменника, то форма сечения канала – сложная (все трубки).

Для трубного пространства кожухотрубного теплообменника:

$$d_{\text{эквив.}} = d_{\text{вн.}} = d_{\text{нар.}} - 2 * \delta_{\text{ст.трубки}}$$



$$\omega = \frac{G}{0,785 * d_{\text{вн.}}^2 * \rho * n}$$

Пример выполнения задания 5

Определить режим движения хлорбензола при массовой расходе 2,5 кг/с по трубному пространству кожухотрубного теплообменника при средней температуре 40°C, если количество труб равно 42, диаметр трубки 25x2мм.

1. Для определения режима течения хлорбензола рассчитаем величину критерия Рейнольдса по формуле:

$$Re = \frac{\omega * \rho * d_{эквив}}{\mu},$$

где: $d_{эквив}$ – эквивалентный диаметр сечения, м;

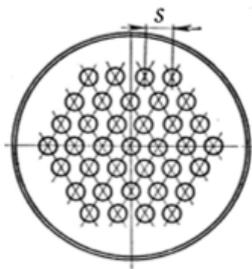
ω – скорость движения жидкости, м/с;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

μ – вязкость жидкости, Па*с.

2. Эквивалентный диаметр зависит от формы сечения канала, по которому протекает жидкость.

Согласно задания жидкость течет в трубном пространстве кожухотрубного теплообменника. Для трубного пространства кожухотрубного теплообменника:



$$d_{эквив} = d_{вн.}$$

$$d_{вн.} = d_{нар.} - 2 * \delta_{ст.трубки}$$

где: $d_{вн.}$ – внутренний диаметр трубки, м;

$d_{нар.}$ – наружный диаметр трубки, м;

$\delta_{ст.трубки}$ – толщина стенки трубки, м

$$d_{вн.} = 0,025 - 2 * 0,002 = 0,021 \text{ м}$$

$$d_{эквив} = 0,021 * 42 = 0,882 \text{ м}$$

3. Определим скорость течения жидкости:

$$\omega = \frac{G}{0,785 * d_{вн.}^2 * \rho * n} = \frac{2,5}{0,785 * 0,021^2 * 1085 * 42} = 0,158 \text{ м/с}$$

4. Определим величину критерия Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega * d_{эквив} * \rho}{\mu} = \frac{0,158 * 0,882 * 1085}{0,64 * 10^{-3}} = 5625$$

Так как $Re=2300-10000$, то режим движения жидкости - переходный.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Приведите классификацию основных процессов химической технологии. Поясните.
2. Приведите классификацию основных процессов химической технологии по характеру их протекания. Укажите их достоинства и недостатки.
3. Режимы течения жидкости. Критерий Рейнольдса.
4. Дайте понятие неоднородные системы. Укажите методы их разделения.
5. Теоретические основы процесс сгущения (отстаивания). Скорость осаждения.
6. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия сгустителя с центральным приводом.
7. Типы сгустителей. Опишите устройство и принцип действия сгустителя с периферическим приводом.
8. Теоретические основы процесса фильтрования (понятие фильтрования, способы фильтрования).
9. Приведите классификацию фильтров.
10. Опишите особенности конструкции и принцип действия барабанного вакуум-фильтра.
11. Опишите особенности конструкции и принцип действия ленточного вакуум-фильтра.
12. Опишите особенности конструкции и принцип действия дискового вакуум-фильтра.
13. Приведите схему вакуум-фильтрационной установки.
14. Опишите устройство и принцип действия гидроциклона.
15. Теоретические основы процесса центрифугирования.
16. Приведите классификацию центрифуг.
17. Укажите особенности конструкции и принцип действия центрифуг с пульсирующей выгрузкой осадка.
18. Роль операций газоочистки на современном предприятии. Методы очистки газов. Приведите классификацию газоочистительных аппаратов.
19. Опишите устройство и принцип действия центробежных пылеуловителей (циклоны).
20. Опишите особенности устройства и работы рукавных фильтров. Укажите их достоинства и недостатки.
21. Укажите особенности мокрой очистки газов. Опишите применяемое оборудование.
22. Применение операций перемешивания в различных технологических процессах. Цель и способы перемешивания.
23. Перемешивание при помощи лопастных мешалок.
24. Перемешивание при помощи пропеллерных мешалок.
25. Перемешивание при помощи турбинных мешалок.
26. Перечислите существующие виды передачи тепла. Дайте понятие каждому виду. Укажите какой вид передачи тепла имеет место на каждой стадии теплового процесса теплообмена через однослойную стенку.
27. Понятие теплового баланса. Приведите формулу, поясните величины, в нее входящие. Понятие тепловой нагрузки.

28. Определение тепловой нагрузки теплоносителя при различных условиях протекания теплового процесса (нагревание, охлаждение).

29. Определение тепловой нагрузки теплоносителя при различных условиях протекания теплового процесса (при изменении агрегатного состояния теплоносителя)

30. Дайте понятие видов теплообмена по взаимному направлению теплоносителей. Объясните физический смысл среднего температурного напора и приведите порядок его определения.

31. Приведите классификацию теплообменных аппаратов. Поясните.

32. Опишите устройство и принцип действия кожухотрубчатого теплообменника.

33. Дайте определение процесса выпаривания. С какой целью проводится? Какие способы проведения выпаривания используются? В чем преимущества каждого способа?

34. Приведите формулу для определения температуры кипения раствора. Дайте понятие полной депрессии и ее составляющих.

35. Запишите уравнение материального баланса выпаривания. Дайте пояснения.

36. Дайте определение процесса кристаллизации. Область применения.

37. Объясните устройство и принцип работы вакуум-кристаллизаторов.

38. Объясните устройство и принцип работы вспомогательного оборудования ВКУ (конденсаторы, эжектор).

39. Дайте общую характеристику массообменных процессов. Что является движущей силой процесса? Дайте определение основным видам массообменных процессов.

40. Дайте определение процесса абсорбции. Область применения. Физические основы процесса.

41. Объясните устройство и принцип действия насадочного абсорбера. Разновидности насадок и способов их укладки.

42. Объясните устройство и принцип действия абсорбера с тарелками и колпачками.

43. Раскройте сущность процесса адсорбции. Приведите основные области применения процесса. Приведите характеристику адсорбентов.

44. Раскройте сущность процесса экстракции. Приведите основные области применения.

45. Раскройте сущность процесса ректификации. Объясните устройство и принцип действия ректификационной установки непрерывного действия.

46. Раскройте сущность процесса сушки, способов сушки. Запишите уравнение материального и теплового баланса сушки.

47. Перечислите основные свойства влажного газа (воздуха). Использование $I - x$ диаграммы влажного воздуха для определения этих свойств.

48. Объясните устройство и принцип действия барабанной сушилки. Приведите основные параметры процесса сушки в условиях СОФ.

49. Объясните устройство и принцип действия сушилки кипящего слоя. Сравните с барабанной сушилкой.

50. Перечислите виды износа оборудования. Каким образом производится защита оборудования, эксплуатируемого в условиях СОФ.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Отметка в баллах	Показатели оценки
1 (один)	Различие объектов изучения программного учебного материала, предъявленных в готовом виде (основных терминов, понятий, расчетных формул, вида оборудования); осуществление соответствующих практических действий
2 (два)	Воспроизведение части программного учебного материала по памяти (фрагментарный пересказ и перечисление изученных явлений и процессов) (процесса, типа аппарата, принципа действия, элементов химических аппаратов и т.д.); осуществление умственных и практических действий по образцу (выбор параметров по исходным данным, определение характеристик по таблицам и номограммам, выбор расчетных формул и т. д.)
3 (три)	Воспроизведение большей части программного учебного материала (описание с элементами объяснения изученных явлений, процессов, методик) (перечисление основных и вспомогательных аппаратов установки, составных частей аппаратов, описание принципа работы); применение знаний в знакомой ситуации по образцу (выбор параметров по исходным данным, определение характеристик по таблицам и номограммам, выбор расчетных формул, расчет); наличие единичных существенных ошибок
4 (четыре)	Осознанное воспроизведение большей части программного учебного материала (описание с объяснением изученных явлений, процессов, методик) (физико-химической сущности процессов с объяснением принципа работы аппарата, назначения основных узлов, деталей, соединений и т.д.), применение знаний в знакомой ситуации по образцу (чтение схем аппаратов, узлов, выполнение этапов расчета по заданному алгоритму); наличие несущественных ошибок
5 (пять)	Полное знание и осознанное воспроизведение всего программного учебного материала, владение программным учебным материалом в знакомой ситуации (описание и объяснение изученных явлений, процессов, методик) (описание процессов с объяснением принципа работы аппарата, назначения основных узлов, деталей, соединений и т.д.), выполнение заданий по образцу на основе предписаний (построение графиков процесса, схем аппаратов, узлов, выполнение расчета по заданному алгоритму); наличие несущественных ошибок
6 (шесть)	Полное, прочное знание и воспроизведение программного учебного материала, владение учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение изученных явлений, процессов и методик; формулирование выводов) (процессов с объяснением принципа работы аппарата, назначения основных узлов, деталей, соединений, формулирование выводов и т.д.), недостаточно самостоятельное выполнение заданий (построение графиков процесса, схем аппаратов, узлов, выполнение расчета), наличие единичных несущественных ошибок

7 (семь)	Полное, прочное, глубокое знание и воспроизведение программного учебного материала, оперирование программным учебным материалом в знакомой ситуации (развернутое описание и объяснение изученных явлений, процессов, методик; формулирование выводов) (процессов; полное объяснение принципа работы аппарата, назначения основных узлов, деталей, соединений с анализом конструкции аппарата, формулирование выводов и т.д.), самостоятельное выполнение заданий (построение графиков процесса, схем работы аппаратов, полное выполнение расчета, анализ полученных результатов), наличие единичных несущественных ошибок
8 (восемь)	Полное, прочное, глубокое знание и воспроизведение программного учебного материала, оперирование программным учебным материалом в знакомой ситуации; самостоятельное выполнение заданий; оперирование программным материалом в частично измененной ситуации (развернутое описание процессов; полное объяснение принципа работы аппарата, назначения основных узлов, деталей, соединений с анализом конструкции аппарата, выдвижения предположений и гипотез, формулирование выводов и т.д.); наличие единичных несущественных ошибок
9 (девять)	Полное, прочное, глубокое системное знание программного учебного материала, свободное оперирование программным материалом в частично измененной ситуации (разбор производственных ситуаций, самостоятельный выбор способов их разрешения) (развернутое описание процессов; полное объяснение принципа работы аппарата, назначения основных узлов, деталей, соединений с анализом конструкции аппарата, выдвижения предположений и гипотез, поиск новых способов решения практических заданий, формулирование выводов и т.д.)
10 (десять)	Свободное оперирование программным учебным материалом, применение знаний и умений в незнакомой ситуации (самостоятельные действия по описанию, объяснению изученных явлений, процессов, методик) (самостоятельное описание процессов, объяснение с использованием новых примеров, анализ и сопоставление элементов конструкции аппаратов; верное решение без ошибок, рациональным способом, полное технически грамотное обоснование алгоритма решения практического задания, формулирование выводов и т.д.); предложение новых подходов к организации процессов, наличие элементов творческого характера при выполнении заданий